



Manual de instalaciones de GLP



Estimado Colaborador:

En 1996 publicamos nuestro 1.º Manual de Especificaciones Técnicas para depósitos fijos de CEPSA ELF GAS, S.A.

Ahora, con el comienzo del milenio, publicamos una nueva edición en formato CD, no solo ampliada con Envasado, sino también abundando en materias que hemos considerado de utilidad completar, en razón de vuestras consultas realizadas.

Estamos seguros que será de vuestra utilidad este nuevo Manual y, como siempre, quedamos a vuestra disposición para cualquier aclaración que necesitéis.

José Emilio López Sopeña
JEFE DE ASISTENCIA TÉCNICA

Este Manual ha sido elaborado por:

La Dirección Técnica de CEG y en particular su Departamento de Asistencia Técnica. Queremos agradecer especialmente a D. Emilio Guerra Chavarino por su inestimable colaboración en la ampliación de esta obra, así como a D. Mario Sanz, D. Vicente Muñoz Izquierdo, D. Pedro Blanco, D. Jorge López y D. José A. Cantalapiedra, por sus aportaciones desinteresadas.

ÍNDICE DEL CONTENIDO

	<i>Páginas</i>
Tema 1: LOS GLP. SISTEMAS DE UNIDADES. CONCEPTOS BÁSICOS	18
T1: 1 Los GLP	19
T1: 1.1 Características físicas y químicas de los GLP	19
T1: 1.2 Gráfico: Temperatura-Tensión de vapor de los GLP	21
T1: 1.3 Algunas consideraciones sobre el manejo de los GLP	21
T1: 1.4 Masa en volumen de los GLP	22
T1: 2 Sistemas de unidades	22
T1: 2.1 Unidades del SI y del Sistema Anglosajón	22
T1: 2.2 Equivalencias entre los Sistemas de unidades SI y Anglosajón	25
T1: 2.2.1 Longitud (<i>length</i>)	25
T1: 2.2.2 Masa (<i>mass</i>)	25
T1: 2.2.3 Temperatura (<i>temperature</i>)	25
T1: 2.2.4 Masa en volumen (<i>density</i>)	26
T1: 2.2.5 Velocidad	26
T1: 2.2.6 Caudal (<i>flow</i>)	26
T1: 2.2.7 Fuerza (<i>force</i>)	26
T1: 2.2.8 Presión (<i>pressure</i>)	26
T1: 2.2.9 Energía (<i>heat</i>)	27
T1: 2.2.10 Potencia	27
T1: 3 Conceptos básicos	27
T1: 3.1 Caudales	28
T1: 3.2 Caudal de simultaneidad	28
T1: 3.3 Potencia nominal de utilización simultánea (potencia de diseño)	29
T1: 3.4 Factor de simultaneidad. Caudal máximo probable de una instalación común	29
T1: 3.5 Grado de llenado de un envase	31
T1: 3.6 Presión de salida del Emisor de gas	32

Tema 2: BOTELLAS DE GLP	33
T2: 1 Botellas	34
T2: 1.1 Generalidades: Tipos de botellas. Descripción. Características	34
T2: 1.2 Fabricación de los envases	35
T2: 1.3 Llaves de las botellas. Válvulas y Adaptadores	36
T2: 1.4 Tubos flexibles	37
T2: 1.5 Energía contenida en una botella de GLP	39
T2: 2 Vaporización de las botellas de GLP	39
T2: 2.1 Caudal máximo de una botella	41
T2: 2.2 Criterios de selección entre gas butano y propano	43
T2: 2.3 Número de botellas máximo en una instalación	43
T2: 2.4 Tipos de descarga de gas en las botellas de GLP	44
T2: 3 Cálculo de una instalación con botellas de GLP. Proyecto	49
T2: 3.1 Cálculo del emisor	49
T2: 3.1.1 Datos de los aparatos a alimentar. Caudal de cálculo	50
T2: 3.1.2 Cálculo de la capacidad de almacenamiento del Emisor	53
T2: 3.1.2.1 Cálculo por vaporización	53
T2: 3.1.2.2 Cálculo por autonomía	55
T2: 3.1.3 Diseño del Emisor. Normativa	59
T2: 3.1.3.1 Reglamento RIGLO	59
T2: 3.1.3.2 Botellas domésticas (CTB)	59
T2: 3.1.3.3 Botellas industriales (NDM)	60
T2: 3.1.3.3.1 Ubicación de botellas	60
T2: 3.1.3.3.2 Distancias de seguridad	61
T2: 3.1.4 Diseño de la Caseta. Tipos de caseta	61
T2: 3.1.5 Propuesta sobre instalación de botellas de GLP en terrazas y azoteas	64
T2: 3.2 Cálculo de la Instalación de gas. Normativa	65
T2: 3.2.1 Escalonamiento de presiones	70
T2: 3.2.2 Cálculo de los elementos puntuales	71
T2: 3.2.3 Dimensionado de la instalación de gas	71
ANEXOS:	
T2: Anexo 2.1: Acoplamiento del adaptador a la botella doméstica	72
T2: Anexo 2.2: Acoplamiento de las botellas a la instalación de consumo	72
T2: Anexo 2.3: Recomendaciones de uso y medidas de seguridad en el manejo de la instalación	73
T2: Anexo 2.4: Actuación ante una fuga de gas	75

TEMA 3: DEPÓSITOS DE GLP	77
CAPÍTULO 1	78
T3 1.1 Conceptos y Generalidades	78
T3: 1.1.1 Definiciones. Memorando de Términos usados en instalaciones de gas	78
T3: 1.1.2 Símbolos empleados en los esquemas de instalaciones	92
T3: 1.1.2.1 Símbolos de aparatos de gas y accesorios	92
T3: 1.1.2.2 Recipientes de gas y accesorios. Depósitos y botellas	92
T3: 1.1.2.3 Reguladores de presión	93
T3: 1.1.2.4 Limitadores de presión	
T3: 1.1.2.5 Inversores y elementos diversos	93
T3: 1.1.2.6 Válvulas	93
T3: 1.1.2.7 Elementos de conducciones	93
T3: 1.1.2.8 Equipos de trasvase y visores	94
T3: 1.2 Velocidad del gas en una conducción	97
T3: 1.2.1 Corrección de diámetros por velocidad del gas	97
T3: 1.2.2 Nomograma para el cálculo de la velocidad del gas en BP	97
T3: 1.3 Determinación de diámetros interiores en conducciones. Longitud de cálculo	98
T3: 1.3.1 Pérdida de carga. Fórmulas de Renouard	98
T3: 1.3.2 Nomograma para el cálculo rápido de potencias y raíces	99
T3: 1.3.3 Caudales usuales para las potencias a utilizar	100
T3: 1.3.4 Corrección de longitudes por pérdida de carga puntual. Longitud de cálculo	100
T3: 1.3.5 Pérdida de carga admisible	101
T3: 1.3.6 Pérdida de carga lineal. JOTA	102
T3: 1.3.7 Nomogramas para el cálculo de diámetros de conducción o de las pérdidas de carga	102
T3: 1.3.7.1 Nomograma para GLP en BP, fase gaseosa	102
T3: 1.3.7.2 Nomograma para GLP en MP, fase gaseosa	104
T3: 1.3.7.3 Nomograma para GLP en fase líquida	106
T3: 1.3.7.4 Nomograma para GLP en instalaciones de botellas de propano. Tramos con presión inicial de 0,8 bar y presión final 0,6 bar	107
T3: 1.3.7.5 Tablas para la obtención de diámetros interiores (BP)	108
T3: 1.4 Cálculos de vaporización: fórmulas y tablas	109
T3: 1.4.1 Fórmulas de vaporización natural	109
T3: 1.4.2 Tablas de vaporización natural	110
T3: 1.5 Materiales y Herramientas. Especificaciones	115
T3: 1.5.1 Materiales constructivos	116
T3: 1.5.1.1 Acero	116
T3: 1.5.1.2 Acero inoxidable	119
T3: 1.5.1.3 Cobre	120
T3: 1.5.1.4 Polietileno	121

T3: 1.5.1.5 Tubos flexibles	123
T3: 1.5.1.6 Vainas, conductos y pasamuros	125
T3: 1.5.1.7 Conjuntos de regulación y reguladores	125
T3: 1.5.1.8 Válvulas de seguridad por mínima presión	125
T3: 1.5.1.9 Contadores de gas	126
T3: 1.5.1.10 Llaves	126
T3: 1.5.1.11 Tomas de presión	127
T3: 1.5.2 Uniones en las canalizaciones	127
T3: 1.5.2.1 Uniones fijas	128
T3: 1.5.2.2 Uniones desmontables	131
T3: 1.5.2.3 Uniones roscadas	133
T3: 1.5.3 Uniones metal-tubo flexible	133
T3: 1.5.3.1 Conexión de botellas de GLP a la IRG	134
T3: 1.5.3.2 Conexión de aparatos a la IRG o a una botella de GLP	135
T3: 1.5.4 Materiales para pruebas	136
T3: 1.5.5 Herramientas	136
T3: 1.5.6 Normas UNE	137
T3: 1.6 Cálculo de instalaciones. Ejemplos	138
T3: 1.6.1 Cálculo de instalación de GLP a granel	141
T3: 1.6.2 Cálculo de instalación de GLP canalizado. Depósito en azotea	147
T3: 1.6.3 Cálculo de instalación de GLP canalizado. Urbanización	151
T3: 1.6.4 Cálculo de instalación industrial de GLP	153
CAPÍTULO 2. CENTROS DE ALMACENAMIENTO. DEPÓSITOS	158
T3: 2.1 Clasificación de los centros de almacenamiento	160
T3: 2.2 Estación de GLP	160
T3: 2.2.1 Diseño constructivo del centro de almacenamiento de GLP	161
T3: 2.2.2 Cerramiento	163
T3: 2.2.3 Muros o pantallas	164
T3: 2.3 Depósitos de superficie. Aéreos	166
T3: 2.3.1 Emplazamiento	166
T3: 2.3.2 Accesibilidad de los dispositivos del depósito. Escaleras	166
T3: 2.4 Depósitos enterrados o semienterrados	167
T3: 2.4.1 Emplazamiento	167
T3: 2.4.2 Fosas	168
T3: 2.4.3 Cálculo de la plataforma o solera	169
T3: 2.4.4 Cálculo de los espárragos de sujeción	170
T3: 2.5 Depósitos de GLP en patios	171
T3: 2.6 Depósitos de GLP en azoteas	173

T3: 2.7 Canalizaciones de centro de almacenamiento	175
T3: 2.7.1 Normas generales	175
T3: 2.7.2 Uniones de tuberías	175
T3: 2.7.3 Tendido de canalizaciones	176
T3: 2.7.4 Pararrayos	176
T3: 2.8 Dispositivos de maniobra, seguridad y control de los depósitos	177
T3: 2.8.1 Llaves	177
T3: 2.8.2 Válvulas	179
T3: 2.8.3 Accesorios de los depósitos fijos de GLP	180
T3: 2.8.3.1 <i>Dispositivo de llenado. Boca de carga directa y a distancia</i>	181
T3: 2.8.3.2 <i>Indicador de nivel</i>	184
T3: 2.8.3.3 <i>Indicador de máximo llenado (punto alto)</i>	187
T3: 2.8.3.4 <i>Control de presión. Manómetros</i>	188
T3: 2.8.3.5 <i>Válvula de seguridad por alivio de presión (VAS)</i>	189
T3: 2.8.3.6 <i>Toma de la fase gaseosa</i>	192
T3: 2.8.3.7 <i>Toma de la fase líquida</i>	193
T3: 2.8.3.8 <i>Dispositivo de drenaje</i>	194
T3: 2.8.3.9 <i>Toma de tierra</i>	195
T3: 2.8.3.10 <i>Válvula de compensación de fase vapor (fase gas)</i>	195
T3: 2.8.3.11 <i>Multiválvulas</i>	195
T3: 2.8.4 Composición y disposición de la valvulería sobre el depósito	196
T3: 2.8.5 Recomendaciones generales para el montaje	198
T3: 2.9 Protección contra la corrosión	199
T3: 2.9.1 Protección pasiva	199
T3: 2.9.2 Protección activa	199
T3: 2.10 Protección contra incendios	202
T3: 2.10.1 Prevención de incendios	203
T3: 2.10.2 Materia extintora	204
T3: 2.10.3 Suministro de agua	205
T3: 2.10.4 Elementos complementarios	206
T3: 2.10.5 Medidas para reducir el riesgo de fuga, incendio y explosión	207
T3: 2.10.6 Extinción de incendios	207
T3: 2.10.7 Emergencias	208
T3: 2.10.8 Consignas de seguridad	208
T3: 2.10.9 Causas posibles de que el gas no salga del depósito	208
T3: 2.11 Sistemas de trasvase de GLP. Llenado, vaciado, o trasvase entre depósitos	209
T3: 2.11.1 Bombas. Principio de funcionamiento. Utilización	211
T3: 2.11.2 Compresores	214
T3: 2.12 Estación de compresión que forme parte de una red principal de conducción de gas	216
T3: 2.13 Vaciado de un depósito	216

T3: 2.14 Instalación de un depósito y primer llenado	217
T3: 2.14.1 Ubicación de los depósitos	217
T3: 2.14.2 Retimbrado (prueba de presión). Eliminación del agua utilizada	217
T3: 2.14.3 Accesorios	217
T3: 2.14.4 Inertizado	217
T3: 2.14.5 Primer llenado	219
T3: 2.14.6 Puesta en marcha de los aparatos de consumo	220
T3: 2.15 Llenado y vaciado de depósitos sin equipo propio de trasvase	220
T3: 2.15.1 Llenado de depósito sin boca de carga a distancia	220
T3: 2.15.2 Llenado de depósito con boca de carga a distancia	220
T3: 2.15.3 Vaciado del depósito sin boca de carga a distancia	221
T3: 2.15.4 Vaciado del depósito con boca de carga a distancia	221
T3: 2.16 Llenado y vaciado de depósitos con equipo propio de trasvase: con bomba	222
T3: 2.16.1 Operación de llenado y vaciado	223
T3: 2.16.2 Elementos del equipo de trasvase con bomba	223
T3: 2.17 Llenado y vaciado de depósitos con equipo propio de trasvase: con compresor	224
T3: 2.17.1 Operación de llenado y vaciado	225
T3: 2.17.2 Elementos del equipo de trasvase con compresor	225
T3: 2.17.3 Vaciado de depósitos utilizando el equipo compresor portátil de CEPSA	226
T3: 2.18 Drenaje de un depósito	227
T3: 2.19 Toma de muestras de un depósito	228
T3: 2.20 Equipo y conjuntos de regulación	228
T3: 2.20.1 Regulador de presión	228
T3: 2.20.1.1 <i>Diagrama característico de los reguladores</i>	229
T3: 2.20.1.2 <i>Tipos de reguladores</i>	230
T3: 2.20.2 Dispositivos de seguridad	231
T3: 2.20.3 Definición y características del equipo de regulación	232
T3: 2.20.3.1 <i>Puesta en marcha del equipo de regulación de presión</i>	233
T3: 2.20.3.2 <i>Ubicación del equipo de regulación de presión</i>	234
T3: 2.20.3.3 <i>Equipo de regulación de presión con vaporización forzada</i>	235
T3: 2.20.3.4 <i>Equipo de regulación de presión con válvula de seguridad</i>	235
T3: 2.20.4 Elección del equipo de regulación de presión	236
T3: 2.20.5 Elección del sistema de regulación de presión	236
T3: 2.21 Equipo de vaporización	237
T3: 2.21.1 Introducción	237
T3: 2.21.2 Vaporizadores eléctricos	238
T3: 2.21.3 Vaporizadores húmedos	238
T3: 2.21.3.1 <i>Principio de la autorregulación en un vaporizador húmedo</i>	239
T3: 2.21.3.2 <i>Sistemas de intercambio</i>	240
T3: 2.21.3.3 <i>Instalación feed-back</i>	240

T3: 2.21.3.4 Pérdidas de calor	241
T3: 2.21.3.5 Elementos del equipo vaporización	241
T3: 2.21.3.6 Circuito de calefacción	241
T3: 2.21.3.7 Circuito de GLP	242
T3: 2.21.3.8 Ajuste del equipo de regulación	242
T3: 2.21.4 Seguridades en los vaporizadores	242
T3: 2.21.5 Cálculos	244
T3: 2.21.5.1 Elección del caudal del vaporizador	244
T3: 2.21.5.2 Cálculo del generador de calor	244
T3: 2.21.6 Puesta en marcha del equipo vaporizador	244
T3: 2.21.7 Construcción civil	245
T3: 2.21.8 Herramientas y útiles para la obra mecánica	246
T3: 2.21.9 Mantenimiento del vaporizador	246
T3: 2.21.10 Puesta fuera de servicio del vaporizador	246
CAPÍTULO 3. CANALIZACIONES	247
T3: 3.1 Generalidades	247
T3: 3.1.1 Definición y reglamentación	247
T3: 3.2 Diseño y trazado	248
T3: 3.2.1 Cruce de vías públicas	248
T3: 3.2.2 Profundidad del enterramiento	248
T3: 3.2.3 Zanjas	250
T3: 3.2.4 Arquetas	251
T3: 3.2.5 Tubería por calzada	252
T3: 3.2.6 Pasamuros	253
T3: 3.2.7 Venteo	253
T3: 3.2.8 Uniones	253
T3: 3.3 Tuberías de polietileno	253
T3: 3.3.1 Introducción	253
T3: 3.3.2 Propiedades mecánicas	253
T3: 3.3.3 El Polietileno en conducciones de gas	253
T3: 3.3.4 Construcción y uniones	254
T3: 3.3.4.1 Soldeo a tope y por enchufe	254
T3: 3.3.4.2 Soldeo por electrofusión	256
T3: 3.3.5 Accesorios	257
T3: 3.3.5.1 Tomas en carga	258
T3: 3.3.5.2 Enlace mecánico de tuberías de PE. Enlaces de transición	259
T3: 3.3.6 Tendido de tuberías de PE	260
T3: 3.3.7 Trabajos de mantenimiento en conducciones de PE	262
T3: 3.4 Tuberías de cobre	262
T3: 3.4.1 Introducción	262
T3: 3.4.2 Construcción y uniones	263

T3: 3.4.3 Protección de la tubería enterrada	265
T3: 3.4.3.1 Vainas de protección. Pasamuros	266
T3: 3.5 Tuberías de acero	268
T3: 3.5.1 Introducción	268
T3: 3.5.2 Construcción	268
T3: 3.5.3 Uniones	268
T3: 3.5.4.1 Protección pasiva anticorrosiva de tuberías de acero enterradas	269
T3: 3.5.4.2 Protección pasiva anticorrosiva de tuberías aéreas	271
T3: 3.5.5 Colocación de tuberías en zanjas	271
T3: 3.5.6 Protección activa	271
T3: 3.6 Especificaciones para llaves	272
T3: 3.6.1 Llaves de red. Tipos	272
T3: 3.6.2 Llaves de purga	273
T3: 3.6.3 Certificado	273
T3: 3.7 Acometidas interiores	274
T3: 3.7.1 Definiciones	274
T3: 3.7.2 Acometida interior	274
T3: 3.7.2.1 Especificaciones para acometidas interiores en Polietileno enterradas	274
T3: 3.7.2.2 Especificaciones para acometidas interiores en cobre	277
T3: 3.7.2.3 Especificaciones para acometidas interiores en acero	277
T3: 3.8 Contadores	279
T3: 3.8.1 Contadores para usos domésticos	280
T3: 3.8.2 Contadores para usos comerciales, industriales o colectivos	280
T3: 3.9 Instalaciones individuales domésticas: viviendas unifamiliares	282
T3: 3.9.1 Contadores para viviendas unifamiliares	282
T3: 3.9.2 Equipo de gas para viviendas unifamiliares	283
T3: 3.9.3 Equipo de regulación para viviendas unifamiliares	284
T3: 3.10 Instalaciones receptoras individuales en bloques de viviendas	285
T3: 3.10.1 Centralización de contadores, condiciones generales para su instalación	285
T3: 3.10.2 Contadores en locales o armarios	285
T3: 3.10.3 Equipo de gas y accesorios en armario de contadores	286
T3: 3.10.4 Instalación de contadores en conducto técnico	289
T3: 3.10.5 Distintos tipos de instalaciones de contadores	290
T3: 3.11 Obra mecánica	290
T3: 3.11.1 Obra mecánica en polietileno	291
T3: 3.11.2 Obra mecánica en cobre	291
T3: 3.11.3 Obra mecánica en acero	291
T3: 3.12 Puesta en servicio	292
T3: 3.12.1 Instalaciones de gas que precisan proyecto para su ejecución	292
T3: 3.12.2 Pruebas a realizar en la instalación receptora	292
T3: 3.12.3 Puesta en servicio de las instalaciones receptoras	295
T3: 3.12.4 Certificados necesarios para cada tipo de instalación	296

ÍNDICE TEMÁTICO

A

Accesorios	T3: 2.14.3
Accesorios de los depósitos fijos de GLP	T3: 2.8.3
Accesorios PE	T3: 3.3.5
Acero	T3: 1.5.1.1
Acero inoxidable	T3: 1.5.1.2
Acometida interior	T3: 3.7
En acero Especificaciones	T3: 3.7.2.3
En cobre Especificaciones	T3: 3.7.2.2
En PE Especificaciones	T3: 3.7.2.1
Acoplamiento de botellas a instalación de consumo	Anexo 2: 2
Del adaptador a la botella doméstica	Anexo 2: 1
Actuación ante una fuga de gas:	Anexo 2: 4
Adaptadores	T2: 1.3
Armario de contadores Equipo de gas y accesorios	T3: 3.10.3
Arquetas	T3: 3.2.4

B

Bloques de viviendas. IRG individuales	T3: 3.10
Boca de carga directa y a distancia	T3: 2.8.3.1
Bombas.	T3: 2.11.1
Botellas. Características	T2: 1.1
Botellas de GLP	T2:
Descripción	T2: 1.1
Fabricación.	T2: 1.2
Llaves.	T2: 1.3
Tipos	T2: 1.1
Ubicación	T2: 3.1.3.3.1
Válvulas	T2: 1.3
Vaporización	T2: 2
Instalación en terrazas y azoteas	T2: 3.1.5

C

Cálculo	
Capacidad almacenamiento por autonomía	T2: 3.1.2.2
Capacidad almacenamiento vaporización	T2: 3.1.2.1
De instalación de GLP a granel	T3: 1.6.1
De instalación de GLP canalizado. En azotea	T3: 1.6.2
De instalación de GLP canalizado.	T3: 1.6.3

De instalación industrial de GLP	T3: 1.6.4
De instalaciones. Ejemplos	T3: 1.6
De la Instalación de gas.	T2: 3.2
De la plataforma o solera	T3: 2.4.3
De los elementos puntuales	T2: 3.2.2
De los espárragos de sujeción	T3: 2.4.4
Instalación con botellas de GLP. Proyecto	T2: 3.
De vaporizadores	T3: 2.21.5
Del Centro Emisor de gas	T2: 3.1
Del generador de calor de vaporizadores	T3: 2.21.5.2
De vaporización: fórmulas y tablas	T3: 1. 4
Calefacción	T3: 2.21.3.6
Canalizaciones	T3: Capítulo 3
Canalizaciones de centro de almacenamiento	T3: 2.7
Capacidad de almacenamiento del Emisor	T2: 3.1.2
Caseta. Tipos	T2: 3.1.4
Caseta. Diseño	T2: 3.1.4
Caudal (flow)	T1: 2.2.6; T1: 3.1
De cálculo	T2: 3.1.1
De simultaneidad	T1: 3.2
Máximo de una botella	T2: 2.1
Máximo probable de una instalación común	T1: 3.4
Caudales usuales para las potencias a utilizar	T3: 1.3.3
Causas de que el gas no salga del depósito	T3: 2.10.9
Centralización de contadores	T3: 3.10.1
Centros de almacenamiento. Depósitos	T3: Capítulo 2; T3: 2
Cerramiento.	T3: 2.2.2
Certificado de Llaves	T3: 3.6.3
Certificados para cada tipo de instalación	T3: 3.12.4
Clasificación de los centros de almacenamiento	T3: 2.1
Cobre	T3: 1.5.1.3
Compresores	T3: 2.11.2
Conceptos básicos	T1: 3
Conducto técnico	T3: 3.10.4
Conexión de aparatos a IRG o a botella de GLP	T3: 1.5.3.2
Conexión de botellas de GLP a la IRG	T3: 1.5.3.1
Conjuntos de regulación	T3: 1.5.1.7; T3: 2.20
Consignas de seguridad	T3: 2.10.8
Construcción civil	T3: 2.21.7
Contadores de gas	T3: 1.5.1.9; T3: 3.8
Contadores en conducto técnico	T3: 3.10.4
En locales o armarios	T3: 3.10.2
Instalaciones	T3: 3.10.5
Comerciales, industriales o colectivos	T3: 3.8.2
Para usos domésticos	T3: 3.8.1
Para viviendas unifamiliares	T3: 3.9.1
Criterios de selección entre gas butano y propano.	T2: 2.2
Cruce de vías públicas	T3: 3.2.1.
CTB	T2: 3.1.3.2
Curva característica de los reguladores	T3: 2.20.1.1

D

Definiciones.	T3: 1.1.1
Depósitos aéreos	T3: 2.3
De GLP	Tema 3
De GLP en azotea	T3: 2.6
De GLP en patios	T3: 2.5
De superficie.	T3: 2.3
Enterrados	T3: 2.4
Semienterrados	T3: 2.4
Ubicación	T3: 2.14.1
Diámetros interiores en conducciones.	T3: 1.3
Diseño del centro de almacenamiento GLP	T3: 2.2.1
Diseño del Emisor	T2: 3.1.3
Diseño y trazado de Canalizaciones	T3: 3.2
Dispositivo de drenaje	T3: 2.8.3.8
Dispositivos de control de los depósitos	T3: 2.8
De maniobra, de los depósitos	T3: 2.8
De seguridad de los depósitos	T3: 2.8
De seguridad	T3: 2.20.2
Distancias de seguridad botellas	T2: 3.1.3.3.2
Drenaje de un depósito	T3: 2.18

E

Emergencias	T3: 2.10.7
Energía (heat)	T1: 2.2.9
Energía contenida en una botella de GLP	T2: 1.5
Enlace de tuberías de PE.	T3: 3.3.5.2
Equipo de regulación con válvula de seguridad	T3: 2.20.3.4
De regulación	T3: 2.20; T3: 2.20.3; T3: 2.21.3.8
De regulación con vaporización forzada	T3: 2.20.3.3
De regulación de presión	T3: 2.20.3.2; T3: 2.20.4
De regulación para viviendas unifamiliares	T3: 3.9.3
De trasvase con bomba	T3: 2.16.2
De trasvase con compresor	T3: 2.17.2
De vaporización	T3: 2.21; T3: 2.21.3.5
Escaleras Accesibilidad dispositivos del depósito	T3: 2.3.2
Escalonamiento de presiones	T2: 3.2.1
Estación de compresión	T3: 2.12
Estación de GLP	T3: 2.2
Extinción de incendios	T3: 2.10.6

F

Factor de simultaneidad.	T1: 3.4
Feed-back	T3: 2.21.3.3
Fórmulas de Renouard	T3: 1.3.1
Fosas	T3: 2.4.2
Fuerza (force)	T1: 2.2.7

G

GLP	T1: 1
GLP Características físicas y químicas	T1: 1.1
Grado de llenado de un envase	T1: 3.5

	H	
Herramientas		T3: 1.5.5
Herramientas y útiles para la obra mecánica		T3: 2.21.8
	I	
Indicador de máximo llenado		T3: 2.8.3.2
Indicador de nivel		T3: 2.8.3.2
Inertizado		T3: 2.14.4
Instalación de un depósito		T3: 2.14
IRG individuales en bloques de viviendas		T3: 3.10
	J	
JOTA		T3: 1.3.6
Juntas dieléctricas		T3: 3.4.3
	L	
Longitud (length)		T1: 2.2.1
Longitud de cálculo		T3: 1.3; T3: 1.3.4
Longitudes. Corrección por PC puntual.		T3: 1.3.4
Llaves		T3: 1.5.1.10; T3: 3.6; T3: 2.8.1; T2: 1.3
De purga		T3: 3.6.2
Tipos		T3: 3.6.1
Llenado de depósitos		T3: 2.11; T3: 2.15
Llenado de depósitos con bomba		T3: 2.16
Llenado de depósitos con compresor		T3: 2.17
	M	
Manejo de los GLP		T1: 1.3
Manómetros		T3: 2.8.3.4
Mantenimiento del vaporizador		T3: 2.21.9
Mantenimiento en conducciones de PE		T3: 3.3.7
Masa (mass)		T1: 2.2.2
Masa en volumen (density)		T1: 2.2.4
Masa en volumen de los GLP		T1: 1.4
Materia extintora		T3: 2.10.2
Materiales constructivos		T3: 1.5.1
Para pruebas		T3: 1.5.4
Y Herramientas		T3: 1.5
Memorando de Términos usados en instalaciones		T3: 1.1.1
Multiválvulas		T3: 2.8.3.11
Muros		T3: 2.2.3
	N	
NDM		T2: 3.1.3.3
Nomograma Cálculo rápido de Potencias y raíces		T3: 1.3.2
Para GLP en BP, fase gaseosa		T3: 1.3.7.1
Para GLP en fase líquida		T3: 1.3.7.3
Para GLP en instalaciones de botellas.		T3: 1.3.7.4
Para GLP en MP, fase gaseosa		T3: 1.3.7.2
Para el cálculo de diámetros		T3: 1.3.7
Normas UNE		T3: 1.5.6
Normativa		T2: 3.2
Número de botellas máximo en una instalación		T2: 2.3

O

Obra mecánica	T3: 3.11
Obra mecánica en acero	T3: 3.11.3
En cobre	T3: 3.11.2
En polietileno	T3: 3.11.1
Operación de llenado	T3: 2.16.1; T3: 2.17.1
De vaciado	T3: 2.16.1; T3: 2.17.1

P

Pantallas	T3: 2.2.3
Pararrayos	T3: 2.7.4
Pasamuros	T3: 1.5.1.6
Pasamuros	T3: 3.2.6
Pérdida de carga.	T3: 1.3.1
Pérdida de carga admisible	T3: 1.3.5
Pérdida de carga lineal.	T3: 1.3.6
Pérdidas de calor	T3: 2.21.3.4
Polietileno	T3: 1.5.1.4
Potencia	T1: 2.2.10
Potencia de diseño	T1: 3.3
Potencia nominal de utilización simultánea	T1: 3.3
Potencias y raíces Nomograma Cálculo rápido	T3: 1.3.2
Presión (pressure)	T1: 2.2.8
Presión de salida del Emisor de gas	T1: 3.6
Prevención de incendios	T3: 2.10.1
Primer llenado	T3: 2.14.5
Primer llenado de un deposito	T3: 2.14
Principio de autorregulación vaporizador húmedo	T3: 2.21.3.1
Profundidad del enterramiento Canalizaciones	T3: 3.2.2
Propiedades mecánicas PE	T3: 3.3.2
Protección activa	T3: 2.9.2
Activa	T3: 3.5.6
Contra incendios	T3: 2.10
Contra la corrosión	T3: 2.9
De la tubería de cobre enterrada	T3: 3.4.3
Pasiva de tuberías aéreas	T3: 3.5.4.2
Pasiva de tuberías de acero enterradas	T3: 3.5.4.1
Pasiva	T3: 2.9.1
Proyecto de Instalaciones de gas	T3: 3.12.1
Pruebas a realizar en la instalación receptora	T3: 3.12.2
Puesta en marcha de los aparatos de consumo	T3: 2.14.6
Del equipo de regulación	T3: 2.20.3.1
Del equipo vaporizador	T3: 2.21.6
Puesta en servicio	T3: 3.12
Puesta en servicio de las instalaciones receptoras	T3: 3.12.3
Puesta fuera de servicio del vaporizador	T3: 2.21.10
Punto alto	T3: 2.8.3.3

R

Recomendaciones de uso y medidas de seguridad	ANEXO 2:3
Regulador de presión	T3: 2.20.1
Reguladores	T3: 1.5.1.7
Retimbrado (prueba de presión).	T3: 2.14.2

Riesgo de explosión	T3: 2.10.5
De fuga,	T3: 2.10.5
De incendio,	T3: 2.10.5
RIGLO	T2: 3.1.3.1

S

Símbolos en los esquemas de instalaciones	T3: 1.1.2
Sistema de regulación de presión	T3: 2.20.5
Sistemas de intercambio en vaporizadores	T3: 2.21.3.2
De trasvase de GLP	
De Unidades	T1: 2.
De unidades Equivalencias SI/Anglosajón	T1: 2.2
Soldeo a tope PE	T3: 3.3.4.1
Por electrofusión PE	T3: 3.3.4.2
Por enchufe PE	T3: 3.3.4.1
Suministro de agua	T3: 2.10.3

T

Tablas para obtención de diámetros interiores (BP)	T3: 1.3.7.5
Temperatura (temperature)	T1: 2.2.3
Tendido de canalizaciones	T3: 2.7.3
Tendido de tuberías de PE	T3: 3.3.6
Tensión de vapor de los GLP.	T1: 1.2
Tipos de caseta	T2: 3.1.4
Tipos de descarga de gas en las botellas de GLP.	T2: 2.4
Tipos de reguladores	T3: 2.20.1.2
Toma de la fase gaseosa	T3: 2.8.3.6
Toma de la fase líquida	T3: 2.8.3.7
Toma de muestras de un depósito	T3: 2.19
Toma de tierra	T3: 2.8.3.9
Tomas de presión	T3: 1.5.1.11
Tomas en carga PE	T3: 3.3.5.1
Trasvase entre depósitos	T3: 2.11
Tuberías por calzada	T3: 3.2.5
De acero	T3: 3.5
De cobre	T3: 3.4
De polietileno	T3: 3.3
Tubos flexibles	T2: 1.4; T3: 1.5.1.5

U

Unidades del SI	T1: 2.1
Unidades del Sistema Anglosajón	T1: 2.1
Uniones	T3: 3.2.8
De tuberías	T3: 2.7.2
Desmontables	T3: 1.5.2.2
En las canalizaciones	T3: 1.5.2
Fijas	T3: 1.5.2.1
Metal-tubo flexible	T3: 1.5.3
Polietileno	T3: 3.3.4.
Roscas	T3: 1.5.2.3
Tuberías de acero	T3: 3.5.3
Tuberías de cobre	T3: 3.4.2

V

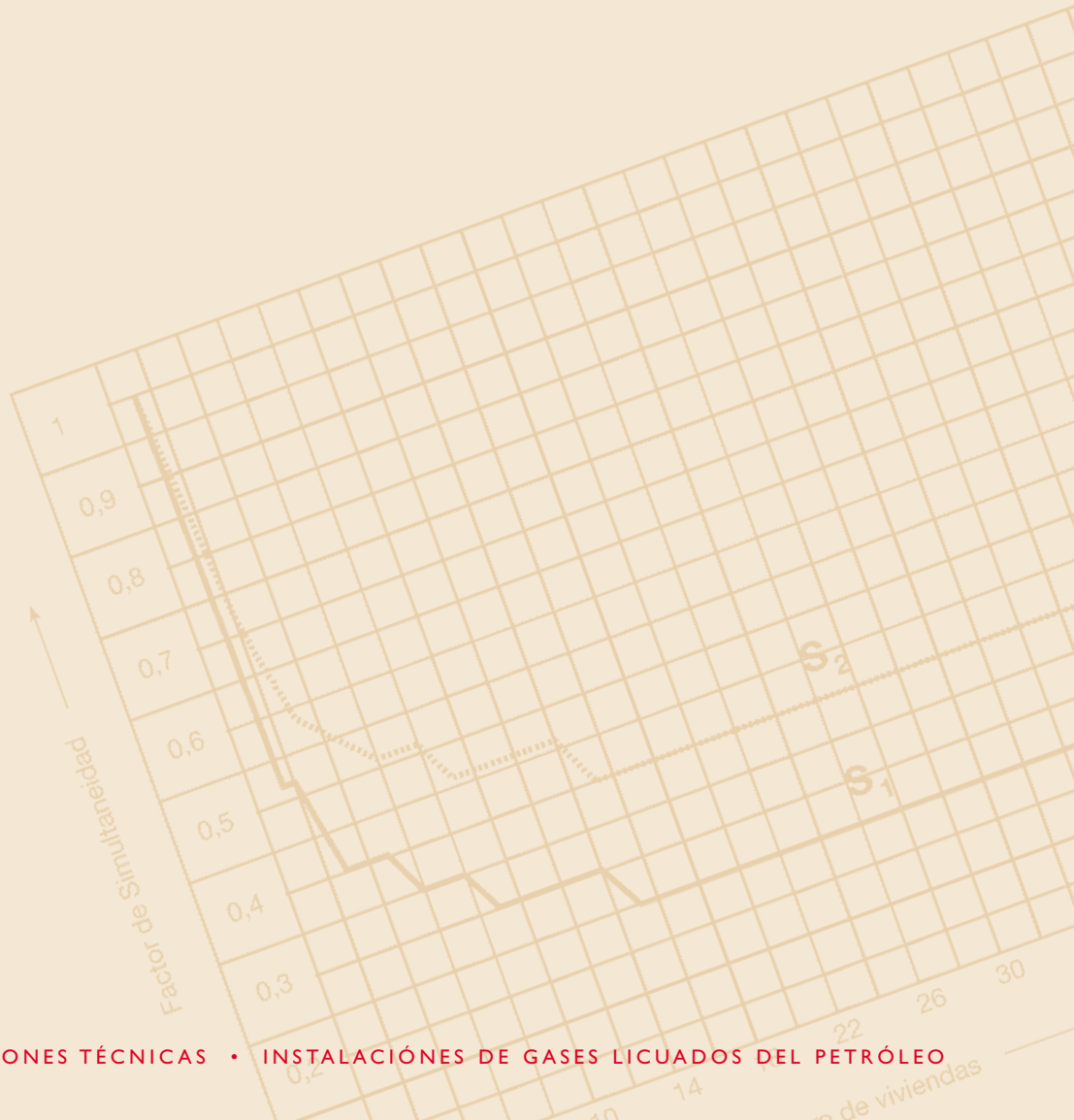
Vaciado,	T3: 2.11
De depósito	T3: 2.15.3; T3: 2.13; T3: 2.15.4
De depósitos con bomba	T3: 2.16
De depósitos con compresor	T3: 2.17
De depósitos. Compresor portátil de CEPSA	T3: 2.17.3
Vainas de protección de la tubería de cobre.	T3: 3.4.3.1
Vainas, conductos	T3: 1.5.1.6
Válvulas	T3: 2.8.2
De compensación de fase gaseosa	T3: 2.8.3.10
De seguridad por alivio de presión. (vas)	T3: 2.8.3.5
De seguridad por mínima presión	T3: 1.5.1.8
valvulería en depósito. Disposición	T3: 2.8.4
Vaporización natural Fórmulas	T3: 1.4.1
Tablas	T3: 1.4.2
Vaporizador. Elección del caudal	T3: 2.21.5.1
Vaporizadores eléctricos	T3: 2.21.2
Húmedos	T3: 2.21.3
Seguridades	T3: 2.21.4
Velocidad	T3: 1.2
Velocidad del gas Corrección de diámetros	T3: 1.2.1
En una conducción	T3: 1.2.
Nomograma para el cálculo en BP	T3: 1.2.2
Venteo	T3: 3.2.7
Viviendas unifamiliares Equipo de gas	T3: 3.9.2
Equipo de regulación	T3: 3.9.3

Z

Zanjas	T3: 3.2.3
Zanjas. Colocación de tuberías	T3: 3.5.5

Tema 1

LOS GLP. SISTEMAS DE UNIDADES. CONCEPTOS BÁSICOS.



T1: 1 LOS GLP

GLP es el acrónimo de los Gases licuados del petróleo butano y propano comerciales, en adelante butano y propano.

Los GLP son hidrocarburos combustibles que en estado normal se encuentran en estado (fase) gaseosa. Se obtienen del refinado del petróleo por destilación fraccionada, del mismo modo que se obtienen otros derivados del petróleo como la gasolina. Los GLP se almacenan en botellas y depósitos en estado (fase) líquida al someterlos a presión.

T1: 1.1 Características físicas y químicas de los GLP

Los GLP más comunes son el propano y el butano comerciales. Ambos se comercializan cumpliendo las especificaciones vigentes (BOE. núm. 303 de 19/12/84 y núm. 227 de 22/09/82). Son básicamente butano y propano y sus mezclas, como vemos en forma resumida en la siguiente tabla:

	PROPORCIONES EN VOLUMEN	
	Propano comercial	Butano comercial
Propano (C3)	mín. 80 %	max. 20 %
Butano (C4)	max. 20 %	mín. 80 %

Las mezclas (C3/C4) utilizadas en automoción, una aplicación importante de los GLP, tienen una proporción que oscila entre 70/30 y 60/40.

Inflamabilidad y combustión. Ambos gases forman con el aire mezclas inflamables y necesitan una gran cantidad de aire para su combustión. Resultan inflamables en el aire solo cuando se mezclan en una cierta proporción:

Propano: entre el 2,2 y el 9,5 % de propano
Butano: entre el 1,9 y el 8,5 % de butano

Presiones de utilización más usuales de los GLP:

Propano comercial 37 y 50 mbar
Butano comercial 28 mbar

Valores característicos básicos de los GLP comerciales.

VALORES CARACTERÍSTICOS	PROPANO COMERCIAL		BUTANO COMERCIAL	
Tensión de vapor absoluta a 20° C	8,5 bar abs.		2,25 bar abs.	
Temperatura de ebullición a presión atm.	- 45° C		- 0,5° C	
Masa en volumen del gas a 20° C y presión atmosférica (ρ) (valores SEDIGAS)	2,095 kg/m ³		2,625 kg/m ³	
Densidad en fase gas (respecto al aire)	1,62		2,03	
Masa en volumen del líquido a 20° C (ρ)	506 kg/m ³		580 kg/m ³	
Densidad en fase líquida (respecto al agua)	0,506		0,580	
Poder Calorífico Superior -Hs-	12 000 kcal/kg	13,95 kWh/kg	11 900 kcal/kg	13,83 kWh/kg
	25 140 kcal/m ³	29,23 kWh/m ³	31 240 kcal/m ³	36,32 kWh/m ³
Poder Calorífico Inferior -Hi-	10 900 kcal/kg	12,67 kWh/kg	10 820 kcal/kg	12,47 kWh/kg
	22 835 kcal/m ³	26,55 kWh/m ³	28 400 kcal/m ³	33,02 kWh/m ³
Presión atmosférica = 1,01325 bar; Masa en volumen del aire ρ = 1,293 kg/m ³ ; Masa en volumen del agua ρ = 1000 kg/m ³ .				

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

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

Olor. Los GLP carecen de color y de olor natural por lo que, para poder detectar por el olfato las eventuales fugas que pudieran ocasionarse, se les añade antes de su distribución un odorizante peculiar a base de mercaptanos. El olor es sentido cuando todavía se encuentra la mezcla muy por debajo del límite inferior de inflamabilidad.

Contaminación. La energía GLP es el combustible ecológicamente más respetuoso con la naturaleza pues su combustión no contamina la atmósfera. Al estar estos gases exentos de azufre, plomo y sus óxidos, la combustión es limpia, no produce olores ni residuos (hollín, ni humos). Los productos de la combustión (PDC) son solamente CO_2 y H_2O . Los GLP no se disuelven en el agua ni la contaminan por lo que se pueden utilizar en embarcaciones como carburantes y como combustible.

Grado de llenado. Los GLP en fase líquida se dilatan por la temperatura más que los recipientes que los contienen. Por tanto, éstos no se han de llenar plenamente para así poder absorber el diferencial de dilatación pues de lo contrario se producirían excesos de presión no deseables. El grado de llenado máximo está establecido reglamentariamente en un 85 %, considerando la masa en volumen a 20°C (ver punto 1.2.1).

Los GLP en estado gaseoso pesan el doble que el aire. Si se produjera una fuga, se expandiría tendiendo a depositarse en las partes bajas del local. Este es el motivo por el que se hace obligatoria la realización de un orificio en la parte inferior del local. En caso de fuga y existiendo una correcta ventilación en el local, la corriente de aire que se origina es suficiente para no permitir la decantación de los GLP. Está prohibido situar los envases de GLP en sótanos, escaleras y en lugares de tránsito.

Los GLP en estado líquido pesan la mitad que el agua. Si un envase de GLP contuviera también agua, ésta quedaría en el fondo. Si el envase contuviera agua en vez de gas, pesaría un 30% más.

Resumen

Los GLP son más pesados que el aire, por lo que sus fugas tenderán a acumularse en las partes bajas.

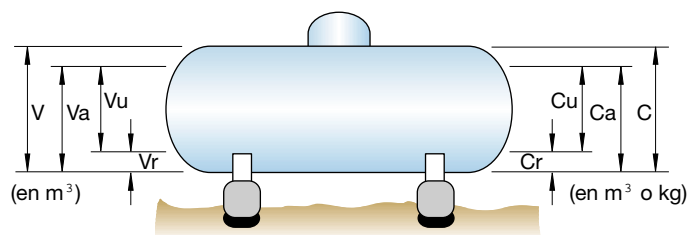
No son tóxicos

No son corrosivos con los materiales usuales (acero, cobre, etc.)

Son inflamables mezclados con aire en un rango más estrecho que otros gases combustibles.

Comparación con otros combustibles. Conocidos los poderes caloríficos de los GLP, podremos compararlos con los de otros combustibles:

		Hs	Hi
Gas Natural	→	9 500 a 10 200 kcal /m ³	11 a 11,86 kWh/m ³
Gasóleo	→	8 200 a 8 650 kcal/l	9,53 a 10,06 kWh/l
Madera (valor medio)	→	3 000 a 4 500 kcal/kg	3,5 a 4,6 kWh/kg



Ejemplo para un propano a 20°C , cuyas masas en volúmenes son:
Para fase líquida: $\rho_L = 503\text{ kg/m}^3$ y fase vapor: $\rho_v = 17,6\text{ kg/m}^3$.

$V, C = \text{Vol. y Cap. del depósito}$	$V = C = 5\text{ m}^3$
$V_a, C_a = \text{Vol. y Cap. de almacenamiento}$	$V_a = 0,85 \cdot V = 4,25\text{ m}^3$; $C_a = 4,25\text{ m}^3$ equivalentes a: $C_a \cdot \rho_L = 4,25 \cdot 503 = 2\,137\text{ kg}$
$V_r, C_r = \text{Vol. y Cap. de reserva}$	$V_r = 30\% \cdot V = 1,5\text{ m}^3$; $C_r = 1,5\text{ m}^3$ equivalentes a: $1,5 \cdot 503 = 754,5\text{ kg}$
$V_u, C_u = \text{Vol. y Cap. útil}$	$V_u = 4,25 - 1,5 = 2,75\text{ m}^3$; $C_u = 2,75\text{ m}^3$ equivalentes a: $2,75 \cdot 503 = 1\,383\text{ kg}$

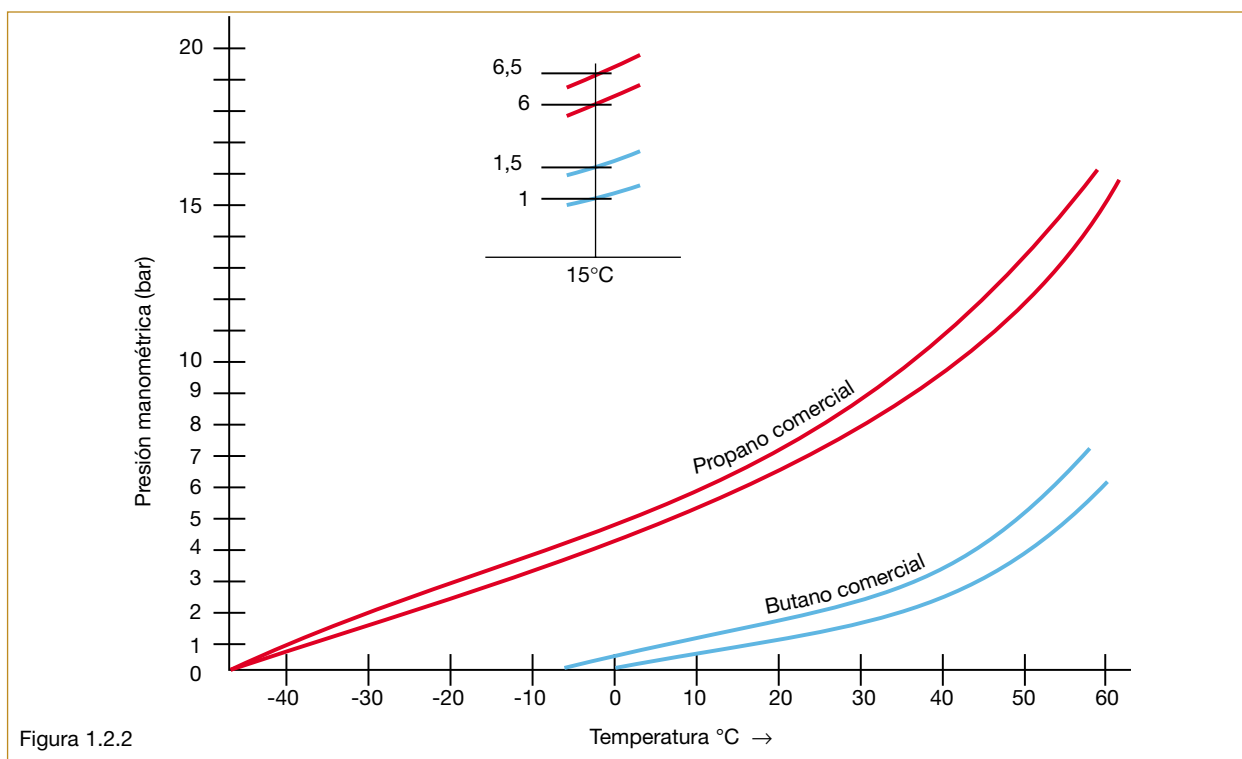
Para un contenido señalado del 40 %, se obtiene:

Fase líquida: masa = $40\% \cdot 5 \cdot 503 = 1\,006,0\text{ kg}$	} Masa total del propano: 1 057,8 kg
Fase vapor: masa = $60\% \cdot 5 \cdot 17,6 = 52,8\text{ kg}$	

Figura 1.1

T1: 1.2 Gráfico: Temperatura-Tensión de vapor de los GLP

Antes de entrar en las gráficas de vaporización natural mostraremos las curvas de tensión de vapor del butano y propano comerciales usuales.



Ejemplo de lectura: A 15° C, el butano comercial se encuentra a una presión entre 1 y 1,5 bar, mientras que el propano comercial se encuentra a una presión entre 6 y 6,5 bar. La diferencia real entre la tensión y la presión radica en la presión atmosférica, que por ser variable, se toma el valor normal de 1,01325 bar.

Debido a que la vaporización natural es crítica cuando el recipiente (depósito o botella) está más vacío, mostraremos una gráfica de la vaporización de un depósito para un llenado del 20 %, para varias presiones de salida del regulador y para temperaturas ambiente diferentes y para el caso de enterrados.

T1: 1.3 Algunas consideraciones sobre el manejo de los GLP

Las instalaciones de GLP deben realizarse con materiales autorizados y manipularse con las herramientas adecuadas.

Los GLP se almacenan licuados a presión por la gran economía de espacio que ello supone. Un volumen en fase líquida se transforma en aproximadamente 240 volúmenes en fase gaseosa. Una pequeña fuga en fase líquida se convierte en grandes volúmenes en fase gas.

Aunque el límite de inflamabilidad es muy bajo, se requiere revisar periódicamente la instalación en previsión de pequeñas fugas y así garantizar su estanquidad.

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

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

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

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

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

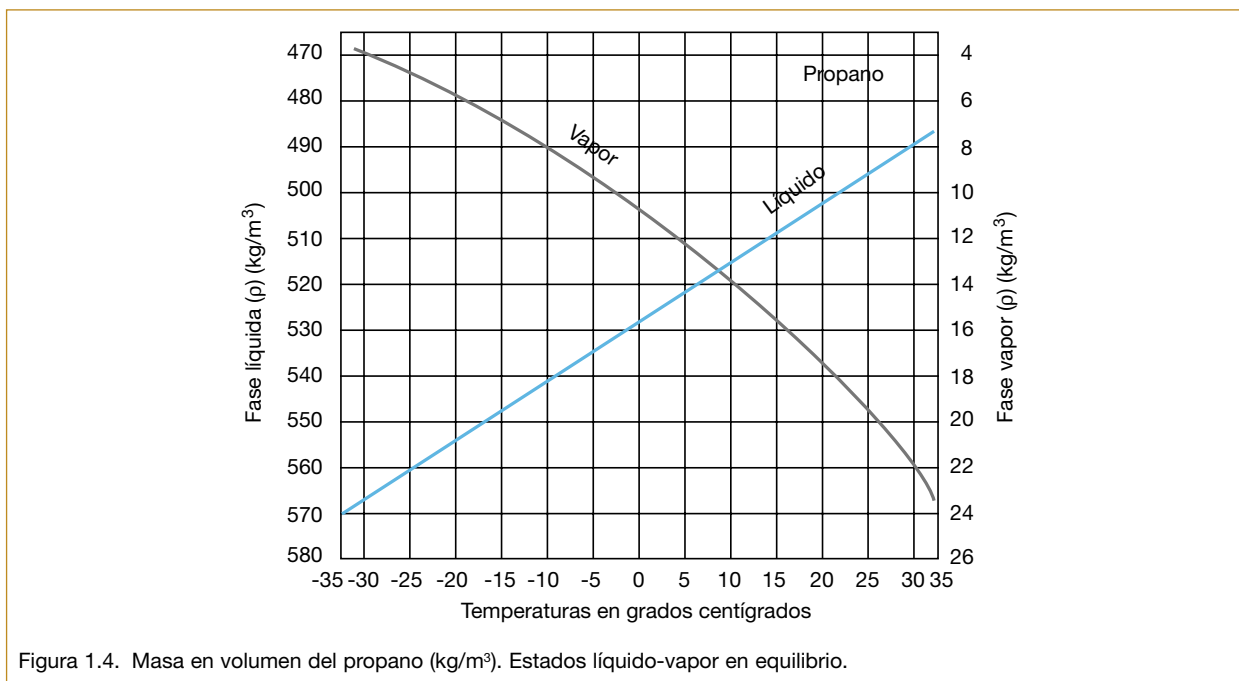
El gas posibilita disponer de aparatos de alta potencia, los que permite un rápido calentamiento. La producción de calor es inmediata en todos los aparatos que lo consumen. La temperatura deseada en cualquier aplicación se alcanza muy rápidamente, con inercia muy pequeña y en algunos servicios de forma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

El GLP supone una amplia oferta de energía, importante en la economía popular. Versatilidad: una sola fuente de energía puede satisfacer todas las necesidades energéticas ⁽¹⁾

Los GLP tienen un alto Poder calorífico.

T1: 1.4 Masa en volumen de los GLP

La masa en volumen de los GLP, tanto de la fase líquida como de la fase gas, varía en función de la temperatura, según las curvas dadas en la Figura 1.4.



T1: 2 SISTEMAS DE UNIDADES

El sistema legal de unidades en la Unión Europea es el Sistema Internacional (SI).

Debido a que todavía importamos diversos elementos de las instalaciones de los EE.UU, país donde utilizan el Sistema anglosajón (ENGLISH SYSTEM OF MEASUREMENT), indicaremos las unidades de cada uno de ellos, y posteriormente daremos las equivalencias en nuestro sistema.

T1: 2.1 Unidades del SI y del Sistema Anglosajón

UNIDADES "SI" BÁSICAS				
MAGNITUD			UNIDADES	
	Símbolo	Dimensión	Nombre	Símbolo
Longitud	L	L	metro	m
Masa	m	M	kilogramo	kg
Tiempo	s	T	segundo	s
Temperatura termodinámica	K	K	Kelvin	K

⁽¹⁾ Una botella doméstica de butano contiene una energía evaluada en $12,5 \text{ kg} \times 11\,800 \text{ kcal/kg} = 147\,500 \text{ kcal}$ (171 kWh). Esta botella puede suministrar un caudal entre 0,25 y 2 kg/h de gas, dependiendo de la duración de la toma y de la temperatura ambiente existente. Este caudal es equivalente a una potencia de unas 20 000 kcal/h (unos 23 kW).

El gas canalizado suministra unos $(6 \text{ m}^3 \times 2 \text{ kg/m}^3 \times 13,95 \text{ kWh/kg}) = 167 \text{ kWh}$. Toda esta potencia aplicada a un servicio hace que se alcance muy rápidamente la temperatura deseada y en algunas aplicaciones, de forma instantánea, lo que con electricidad sólo podría alcanzarse con potencia de orden industrial.

Además son básicas la intensidad de corriente eléctrica, la intensidad luminosa y la cantidad de sustancia.

UNIDADES "SI" DERIVADAS				
MAGNITUD			UNIDADES	
Nombre	Símbolo + Definición	Dimensión	Símbolo	Nombre
Superficie	$A = L \cdot L$	L^2	m^2	metro cuadrado
Volumen	$V = L \cdot L \cdot L$	L^3	m^3	metro cúbico
Velocidad	$v = L / s$	$L \cdot T^{-1}$	m / s	metro por segundo
Aceleración	$a = L / s^2$	$L \cdot T^{-2}$	m / s^2	metro por segundo cuadrado
Masa en volumen	$\rho = M / V$	$M \cdot L^{-3}$	kg / m^3	kilogramo por metro cúbico
Caudal en volumen	$qv = V / s$	$L^3 \cdot T^{-1}$	m^3 / s	metro cúbico por segundo
Caudal másico	$qm = M / s$	$M \cdot T^{-1}$	kg / s	kilogramo por segundo
Densidad	$d = \rho / \rho$	—	—	—
Fuerza	$F = M \cdot a$ (aceleración)	$M \cdot L \cdot T^{-2}$	$kg \cdot m \cdot s^{-2}$	newton (N)
Peso	$G = M \cdot g$ (gravedad)	$M \cdot L \cdot T^{-2}$	$kg \cdot m \cdot s^{-2}$	newton (N)
Presión	$P = F / A$	$M \cdot L^{-1} \cdot T^{-2}$	$kg \cdot m^{-1} \cdot s^{-2}$	pascal (Pa = N/m ²)
Energía, trabajo, cantidad de calor	$E = F \cdot L$ Q	$M \cdot L^2 \cdot T^{-2}$	$kg \cdot m^2 \cdot s^{-2}$	joule (J = N · m = W · s)
Potencia	$P = E / s$	$M \cdot L^2 \cdot T^{-3}$	$kg \cdot m^2 \cdot s^{-3}$	watt (W = J · s ⁻¹)
Flujo térmico (*)	$G = Q / s$			
Poder calorífico	volúmico: $H = E / V$ másico: $H = E / M$	$M \cdot L^{-1} \cdot T^{-2}$ $L^2 \cdot T^{-2}$	$kg \cdot m^{-1} \cdot s^{-2}$ $m^2 \cdot s^{-2}$	joule por metro cúbico joule por kilogramo
Calor latente	Q / M	$L^2 \cdot T^{-2}$	$m^2 \cdot s^{-2}$	joule por kilogramo
Calor másico (específico)	$Q / M \cdot K = J / kg \cdot K$	$L^2 \cdot T^{-2} \cdot K^{-1}$	$m^2 \cdot s^{-2} \cdot K^{-1}$	joule por kilogramo y por Kelvin

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

Masa de un cuerpo. Masa es la cantidad de materia que dicho cuerpo contiene. Se mide con la báscula, utilizando "pesas tipo" para comparación con ellas. La escala es en kilogramo (en la práctica a los kilogramos obtenidos se les relaciona equivocadamente al peso). La unidad de masa en el SI es el kilogramo (kg) y la libra (lb) y la onza, en el sistema americano. Distinguir de peso.

Tiempo: Es la duración de los sucesos. La unidad de tiempo es el segundo, unidad no centesimal que dificulta los cálculos numéricos. En el cálculo de instalaciones de gas, tanto en el SI como en el Anglosajón, se utiliza la hora, salvo en el de la velocidad del gas que se utiliza el segundo.

Temperatura. Es el grado de mayor o menor energía calorífica en los cuerpos. Se mide cuando el calor pasa a otro cuerpo que se encuentra menos caliente. Las variaciones de temperatura experimentada por este motivo se miden mediante termómetros. La escala termométrica del SI es la Celsius (antigua centígrada) cuyo cero es el punto de congelación del agua. Cuando utilizamos la ecuación de los gases perfectos interviene la temperatura absoluta que considera como punto cero la temperatura Celsius $-273^\circ C$ por ser ésta la menor temperatura conseguible. La temperatura absoluta se obtiene al sumar a la temperatura termométrica, los 273° (bajo cero). El grado Celsius es igual al grado Kelvin.

En el sistema americano se utiliza la escala Fahrenheit que tiene como unidad el grado Fahrenheit.

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

Es curioso observar que los americanos nombran a la masa en volumen "density" lo que nos induce a traducir por densidad.

Densidad (d): La densidad de un cuerpo en estado líquido, es la relación por cociente entre su masa en volumen (ρ) y la del agua (los GLP en fase líquida son más ligeros que el agua). La densidad en estado gaseoso, se calcula respecto a la masa en volumen del aire (ρ) (los GLP en fase gaseosa son más pesados que el aire). No tiene dimensiones (UNE 60 002).

LÍQUIDOS

$$d = \rho_L / \rho_{\text{agua}} = \rho_L / 1000$$

GASES

$$d = \rho_G / \rho_{\text{aire}} = \rho_G / 1,293$$

Velocidad. Es la longitud de conducción que el gas recorre en un segundo. La unidad usual en el SI es el m/s (ft/s en el sistema americano).

Caudal. El caudal es la cantidad de un fluido que pasa por un punto en la unidad de tiempo. El caudal en volumen se expresa en m³/h y el caudal másico en kg/h. En el sistema americano se mide en lb/h, ft³/min, y en gal/min.

El caudal depende de la velocidad y de la sección ($Q = V \times S$), variando con la temperatura y la presión.

Para convertir el caudal volumétrico (Q_v) de una fase gaseosa en caudal másico (Q_m) será necesario multiplicarlo por la masa en volumen (ρ).

$$Q_v = V/t; \quad Q_m = Q_v \times \rho = \frac{V \cdot \rho}{t} = \frac{V \cdot m}{t \cdot V} = \frac{m}{t}$$

Cuando nos referimos a la cantidad de gas que pasa por una conducción la llamamos caudal, pero la norma le cambia el nombre a consumo, cuando llega al aparato.

Fuerza. La fuerza es el producto de la masa donde se aplica, por la aceleración adquirida. La magnitud fuerza se mide con dinamómetros estando la escala en Newton (N). En el sistema anglosajón se utiliza la libra fuerza.

Peso. Es la fuerza ejercida por la acción de la aceleración de la gravedad ($P = M \times g$). Se mide con dinamómetros pero se utilizan normalmente balanzas graduadas en unidades de masa, asignando equivocadamente el resultado al peso.

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

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

En el sistema anglosajón, se ha de distinguir, como en el SI, entre los valores absolutos y relativos:

- Presión absoluta: pounds per square inch absolute: psia (lb/in² abs.).
- Presión relativa: pounds per square inch gauge: psig (lb/in² gauge).

La diferencia entre ambas es la standard atmosphere (1 atm).

Al igual que entre nosotros es común al hablar de presión, expresándola en kilos, olvidando los cm², los anglosajones hablan de libras, olvidando las pulgadas cuadradas. Por ejemplo: 3 000 libras corresponde a 207 bar (211 kg/cm²).

Energía. Esta magnitud es usada para medir energías de todo tipo (calor, trabajo, etc.). Recordemos que la energía y el trabajo son la misma magnitud. El trabajo deriva de la fuerza aplicada por la distancia recorrida. Además el trabajo se relaciona con el calor, que es lo que en general mediremos nosotros.

La energía contenida por el gas suministrado a un aparato se obtiene multiplicando el caudal consumido por el poder calorífico del gas.

Se utiliza como unidad el kWh con preferencia a las unidades propias de energía o trabajo como el Julio o sus múltiplos. Mientras que utilizando el kWh basta con dividir por el tiempo en horas para obtener la potencia en kW, con el julio, además, habría que hacer intervenir el factor de conversión 3 600 para pasar de segundos a horas.

Potencia. La potencia es el trabajo realizado en la unidad de tiempo o ciéndonos más a nuestro ámbito, sería el trasvase de energía calorífica por unidad de tiempo. La unidad utilizada es el kilovatio (kW), que sustituye a la antigua kcal/h. Se dice que un quemador es más potente que otro cuando el mismo calentamiento lo realiza en menos tiempo. En el sistema anglosajón, la unidad utilizada es la BTU/hr (obsérvese que los americanos añaden una erre al símbolo de la hora).

Flujo térmico. Es la potencia producida en un aparato a gas expresada en kW. Si se considera el poder calorífico superior se habla de la potencia superior o potencia nominal (Ps o Pn). Si se considera el poder calorífico inferior se habla del consumo calorífico o potencia inferior (Pi).

Poder calorífico (H) de un gas. Ver la definición en 1.2.2. Se distinguen, por tanto, el poder calorífico en volumen (expresado en kWh/m³ de gas seco, a 0° C y 1,013 bar) o másico (expresado en kWh/kg). Se utiliza el kWh por las razones expuestas al tratar de la Energía.

Rendimiento de un aparato. La potencia calorífica que estamos utilizando realmente en el aparato es la potencia útil. Pero realmente lo que consumimos es la potencia “superior” o “inferior”. La relación entre ambos es el rendimiento que se define del siguiente modo:

$$R = P_u / P$$

P_u es la potencia útil (ver 1.1 Definiciones) y
 P es la potencia calorífica (superior o inferior)

T1: 2.2 Equivalencias entre los sistemas de unidades SI y anglosajón

No olvidemos que nuestro signo decimal es la coma, a diferencia con el sistema americano que utilizan el punto.

Lamentablemente todas las calculadoras utilizan el sistema americano (el punto como signo decimal); Por este motivo, el sistema SI no permite utilizar el punto como signo de mil y un millón, recomendando que los grupos de cifras se agrupen de tres en tres dejando un hueco entre ellos.

Por ejemplo: Una libra equivale a 0,453 592 37 kg.

T1: 2.2.1 Longitud (length)

	m	mm	ft	in
m	1	1 000	3,281	39,370
mm	0,001	1	0,003	0,039
foot (ft) = pie	0,304 8	304,8	1	12
inch (in) = pulgada (1")	0,025 4	25,4	0,083	1

Ejemplo de lectura: ¿A cuantos milímetros equivale un pie? En la línea de ft y en la columna de mm se encuentra la equivalencia: 304,8 mm.

- 2,5 ft serán: 2,5 ft x 304,8 mm/ft = 762 mm
- Un pié (ft) equivale a 12 pulgadas (in)

T1: 2.2.2 Masa (mass)

	kg	libra (lb)	onza
kg	1	2,204 622 9	35,273 9
pound (lb) libra	0,453 592 37	1	16
onza	0,0283495	0,0625	1

Una libra (lb) equivale a 0,453 592 37 kg

Una libra por pie lineal equivale a 1,4881 kg/m

T1: 2.2.3 Temperatura (temperature)

El 0° C corresponde a -32 F y 100° C a 212 F. Un grado Fahrenheit equivale a $100/180 = 5/9$ ° C.

La temperatura standard para la medida de volúmenes gaseosos en el sistema anglosajón: 60F

Forma de traducir valores Fahrenheit a la escala Celsius.

- Valor equivalente en el Sistema Internacional (SI): Por ejemplo: Los 60 F equivalen a:
 $C = 5/9 \cdot (F-32)$; $5/9 \cdot (60-32) = 15,5555^\circ C$
- Tratándose de una elevación de temperatura: En el SI corresponderá a: $\Delta C = 5/9 \cdot \Delta F$
 Por ejemplo, para un $\Delta F = 18 F$, corresponderá: $5/9 \cdot 18 = 10^\circ C$
- Tratándose de un calentamiento que se realiza a una velocidad de 18 F/h, equivaldrá a:
 $\Delta C/h = 5/9 \cdot \Delta F/h = 5/9 \cdot 18 F/h = 10^\circ C/h$

Temperatura standard para la medida de volúmenes gaseosos en el sistema anglosajón: 60 F. Valor equivalente en el Sistema Internacional (SI):

$$C = 5/9 \times (F-32) = 5/9 \times (60-32) = 15,5555^\circ C \quad (\text{se considera } 15^\circ C)$$

T1: 2.2.4 Masa en volumen (density)

	kg/m ³	lb/ft ³	lb/in ³
kg/m ³	1	0,062 428	0,000 036
lb/ft ³ (libra por pie cúbico)	16,018 406	1	0,000 578 70
lb/in ³ libra por pulgada cúbico	27 680	1,728	1

Una libra por pulgada cúbico equivale a 27 680 kg/m³

T1: 2.2.5 Velocidad

$$1 \text{ ft/s} = 0,3048 \text{ m/s}$$

T1: 2.2.6 Caudal (flow)

	m ³ /h	l/min	ft ³ /min	gal/min ³
m ³ /h	1	16,667	0,589	4,403
l/min	0,06	1	0,035	0,264
ft ³ /min (pies cúbicos por minuto)	1,699	28,317	1	7,481
gal/min (galones por minuto)	0,227	3,785	0,134	1

recordemos: 1 lb = 0,45359 kg

Ejemplo de aplicación: 5 pies cúbicos por minuto equivalen a $5 \times 1,699 = 8,495 \text{ m}^3/\text{h}$

T1: 2.2.7 Fuerza (force)

(Libra fuerza en el sistema americano).

$$1 \text{ lbf} = 4,48 \text{ N}$$

T1: 2.2.8 Presión (pressure)

1 atm = 30 in Hg (normal atmosphere presure) = $30 \cdot 25,4 \text{ mm Hg} / \text{in} = 761,970 \text{ mm Hg} = 1,036 \text{ kg/cm}^2$

1 at (técnica) = 1 kp/cm²

	bar	kg/cm ²	psi	g/cm ²	mm cda	Pa
bar	1	1,019716	14,5037	1.019,716	10.000	100.000
kg/cm ²	0,980665	1	14,2233	1.000	9.806,65	98.066,5
psi	0,06894	0,07031	1	70,3069	689,4757	6.894,7547
g/cm ²	0,00098	0,001	0,01422	1	9,80665	98,0665
mm cda	$9,80665 \cdot 10^{-5}$	0,000109	0,00145	0,10197	1	9,80665
Pa	0,00001	0,0000109	0,000145	0,01019	0,1	1

Ejemplo de aplicación:

$$5 \text{ psi equivalen a } 5 \times 0,06894 = 0,3447 \text{ bar}$$

psi significa pound scuar inch (libras por pulgada cuadrada). Existen expresiones como 3 000 libras (entiéndase 3 000 psi), que equivalen a $3 000 \times 0,06894 = 206,82 \text{ bar}$

T1: 2.2.9 Energía (Heat)

	kJ	kcal	BTU	kWh
kJ	1	0,239	0,948	1/3 600
kcal	4,187	1	3,968	0,001
BTU (²)	1,055 852 62	0,252	1	2,930 7 10 ⁻⁴
kWh	3 600	859,8 (*)	3 412	1

Ejemplo de aplicación:

Por un lado, 1 kcal equivale a 4,187 kJ

1 kJ equivale a 1/3 600 kWh, luego 1 kcal equivaldrá a $4,187/3\ 600 = 1/859,804$ kWh,

luego: 1 kWh = 859,804 kcal. En la práctica se toma: (*) **1 kWh = 860 kcal**

T1: 2.2.10 Potencia

	kJ/h	W	kcal/h	BTU/hr
kJ/h	1	1/3,6	0,2388	0,9478
W	3,6	1	0,859 8 (*)	3,4122
kcal/h	4,1868	1,163	1	3,968
BTU/hr (¹)	1,055	0,293071	0,252	1

En el punto anterior, al hablar de energía, hemos determinado la equivalencia práctica entre las kcal y los kWh:

1 kWh = 860 kcal. Lo dicho es válido también para la potencia: (*) **1 kW = 860 kcal /h**

Ejemplo de aplicación:

15 000 kcal/h equivalen a $15\ 000 \times 1,163 = 17,445$ kW

Al reconocerse en la normativa la equivalencia de 860 kcal/h por kW, se podrá obtener la equivalencia dividiendo por 860: 15 000 kcal/h equivaldrán a $15\ 000 / 860 = 17,44186$ kW (valor no tan exacto como el anterior pues es ligeramente menor).

T1: 3 CONCEPTOS BÁSICOS

En los aparatos se especifica su **Consumo calorífico** o potencia inferior (Pi), cumpliendo la normativa europea, pero en los cálculos trabajaremos como hasta ahora, con la **Potencia (nominal) superior (Ps)**. La diferencia radica en que con el la potencia inferior se considera el poder calorífico inferior (Hi), mientras que con la **Potencia superior**, es el superior (Hs) el que se utiliza. La relación entre ellos es: $Hs = 1,1 \times Hi$, por un lado, y $Ps = 1,1 \times Pi$, por otro. Respecto al **Gasto Calorífico** mejor olvidémonos de él.

Recordemos:

POTENCIA INFERIOR o Consumo calorífico (PI)	POTENCIA SUPERIOR (PS)	POTENCIA ÚTIL (Pu)
Potencia consumida referida al Hi Pi = caudal de gas x Hi (en kW)	Potencia producida referida al Hs Ps = caudal de gas x Hs (en kW)	Potencia transmitida al agua = = caudal de agua x Ce x Δt
	Potencia nominal de utilización simultanea. Hace referencia a Σ Ps considerando simultaneidad.	Pu = Ps menos las pérdidas (en kW)
Ce = calor másico (específico). Para el agua vale 1/860.		

(²) El BTU ha dejado de ser autorizado en UK para el uso, a partir del 1-9-1980.

Ejemplo: Se trata de un calentador instantáneo de agua (comercialmente conocido por 10 litros), del que el fabricante dice tener:

	$H_i = 12,67 \text{ kWh/kg}$	$H_i = 26,55 \text{ kWh/m}^3$
• Un Caudal de gas consumido	$Q = 1,6 \text{ kg/h}$	$Q = 1,6/2,095 = 0,76 \text{ m}^3/\text{h}$
• Un Consumo calorífico	$P_i = 12,67 \times 1,6 = 20,27 \text{ kW}$	$P_i = 26,55 \times 0,76 = 20,27 \text{ kW}$
• Una Potencia superior	$P_s = 1,1 \times P_i = 22,30 \text{ kW}$	$P_s = 1,1 \times P_i = 22,30 \text{ kW}$
• Una Potencia útil de 17,44 kW, (caudal de agua de 10 litros/min. para un $\Delta t = 25^\circ \text{C}$)	$(10 \times 60 \times 1 \times 25 / 860 = 17,44 \text{ kW})$	

El fabricante vende el aparato con una potencia (útil) nominal de 17,44 kW por tratarse de un calentador pero, para lograr una uniformidad, debería hacer referencia a la potencia superior 22,30 kW como se hace con las cocinas, radiadores murales, estufas, etc.

El rendimiento respecto al P_i será: $\rho = P_u / P_i = 17,44 / 20,27 = 86\%$

El rendimiento respecto a la P_s será: $\rho = P_u / P_s = 17,44 / 22,30 = 78,2\%$

T1: 3.1 Caudales

Con GLP se trabaja normalmente con caudales expresados en kg/h. Tan solo, cuando se han de calcular las conducciones, se han de expresar los caudales en m^3/h . La transformación de la expresión másica a volúmica se realiza dividiendo por la masa en volumen del gas en fase gaseosa.

La masa en volumen del propano es de $2,095 \text{ kg/m}^3$ (para cálculos se puede tomar 2 kg/m^3)

Ejemplo: Se dispone de un caudal en masa (Q_M) de propano de 3 kg/h; su equivalencia en volumen (Q_V) será:

$$Q_V = \frac{Q_M}{\rho} = \frac{3 \text{ kg/h}}{2 \text{ kg/m}^3} = 1,5 \text{ m}^3/\text{h}$$

Nuestro consejo es convertir directamente los caudales másicos en volumétricos, antes de realizar cualquier cálculo (recordar que el poder calorífico volúmico del gas es 29,23 (H_s) y 26,55 (H_i) kWh/ m^3).

El caudal de gas necesario para obtener la potencia superior (P_s) o aprovechar la potencia útil (P_u), se deduce conociendo el Poder Calorífico superior (H_s) del gas:

$$Q = \frac{P_s}{H_s}$$

Ejemplo: Sea una caldera de 24 kW de potencia superior (P_s) alimentada con propano.

	$H_s = 13,95 \text{ kWh/kg}$	$H_s = 29,23 \text{ kWh/m}^3$
El caudal nominal que consume será: P_s/H_s	$24/13,95 = 1,72 \text{ kg/h}$	$24/29,23 = 0,82 \text{ m}^3/\text{h}$

La $P_s = 24 \text{ kW}$ corresponde a un $P_i = P_s/1,1 = 21,82 \text{ kW}$. Utilizándolo, los cálculos correspondientes nos llevan al mismo resultado:

	$H_i = 12,67 \text{ kWh/kg}$	$H_i = 26,55 \text{ kWh/m}^3$
El caudal nominal que consume será: P_i/H_s	$21,82/12,67 = 1,72 \text{ kg/h}$	$21,82 / 26,55 = 0,82 \text{ m}^3/\text{h}$

T1: 3.2 Caudal de simultaneidad

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

Siendo las potencias nominales de los aparatos $P_A, P_B, P_C, P_D, \dots$, los caudales nominales respectivos serán:

$$Q_A = P_A/H_s; \quad Q_B = P_B/H_s; \quad Q_C = P_C/H_s; \quad Q_D = P_D/H_s;$$

El caudal resultante se calcula utilizando la siguiente fórmula:

$$Q_{SI} = Q_A + Q_B + \frac{Q_C + Q_D + \dots + Q_N}{2}$$

donde: Q_{si} es el caudal máximo probable o de simultaneidad (en m^3/h o en kg/h).

Q_A y Q_B son los caudales nominales de los aparatos de mayor consumo (en m^3/h o en kg/h).

Q_C , Q_D y Q_N son los caudales nominales del resto de los aparatos (en m^3/h o en kg/h).

Ejemplo: Sean tres aparatos de potencias nominales: 10 kW, 15 kW y 20 kW. Sus caudales serán:

Consumen un propano de 13,95 kWh/kg	Consumen un propano de 29,23 kWh/m ³
$Q_A = 10/13,95 = 0,72 \text{ kg/h};$	$Q_A = 10/29,23 = 0,34 \text{ m}^3 / \text{h};$
$Q_B = 15/13,95 = 1,08 \text{ kg/h};$	$Q_B = 15/29,23 = 0,51 \text{ m}^3 / \text{h};$
$Q_C = 20/13,95 = 1,43 \text{ kg/h}.$	$Q_C = 20/29,23 = 0,68 \text{ m}^3 / \text{h}.$

El caudal máximo probable valdrá:

$Q_{si} = 1,43 + 1,08 + \frac{1}{2} 0,72 = 2,87 \text{ kg/h}$	$Q_{si} = 0,68 + 0,51 + \frac{1}{2} 0,34 = 1,36 \text{ m}^3 / \text{h}$
---	---

T1: 3.3 Potencia nominal de utilización simultánea (Potencia de diseño)

La Potencia Nominal de Utilización Simultánea (potencia de diseño) de las instalaciones individuales se calcula mediante la fórmula:

$$P_{si} = Q_{si} \cdot H_s$$

siendo: P_{si} la potencia nominal de utilización simultánea de la instalación individual, en kW (Potencia de diseño).

Q_{si} El caudal simultáneo individual en m^3/h o en kg/h

H_s el poder calorífico superior del gas en kWh/m^3 o kWh/kg

Directamente y con menos error, se puede obtener la Potencia Nominal de Utilización Simultánea (Potencia superior), sumando las potencias superiores de los aparatos, según la expresión:

$$P_{si} = P_A + P_B + \frac{P_C + P_D + \dots P_N}{2}$$

Para el ejemplo anterior, se tienen los siguientes valores de la P_{si} :

Primer sistema:	$2,87 \text{ kg/h} \times 13,95 \text{ kWh/kg} = 40,03 \text{ kW}$	$1,36 \text{ m}^3 / \text{h} \times 29,23 \text{ kWh} / \text{m}^3 = 39,75 \text{ kW}$
Segundo sistema:	$20 \text{ kW} + 15 \text{ kW} + \frac{1}{2} 10 \text{ kW} = 40 \text{ kW}$	$20 \text{ kW} + 15 \text{ kW} + \frac{1}{2} 10 \text{ kW} = 40 \text{ kW}$

Como se puede comprobar, con el Primer sistema se obtiene un resultado por exceso o por defecto debido al redondeo de los decimales. Con el segundo sistema el resultado es exacto.

T1: 3.4 Factor de simultaneidad. Caudal máximo probable de una instalación común

Si se quiere calcular el caudal de diseño (máximo probable) para varias viviendas integrantes de un grupo, hay que tener en cuenta un factor de simultaneidad (S) porque no es probable que todos los aparatos funcionen simultáneamente. El valor del caudal máximo probable de la instalación común se obtiene como la suma de cada caudal máximo probable individual (Q_{si}) por el factor de simultaneidad que corresponda (tabla a continuación), aplicando la fórmula:

$$Q_{sc} = \sum Q_{si} \cdot S$$

Si en el grupo existieran viviendas con Q_{si} diferentes, habría que agruparlas en grupos que lo tengan igual, obteniendo un Q_{sc} parcial de cada grupo, empleando la fórmula:

$$Q_{sc} = N \cdot Q_{si} \cdot S$$

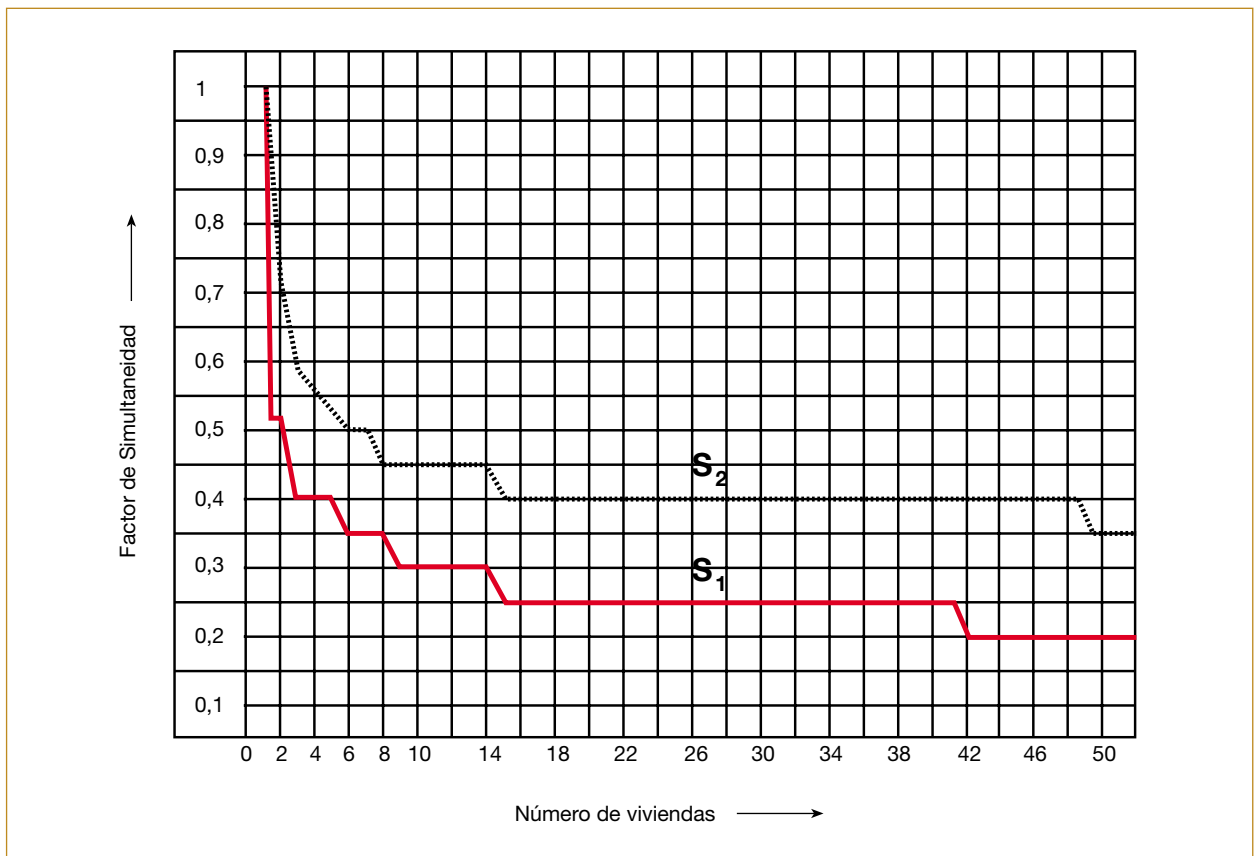
Siendo: N = Número de viviendas que tienen igual el caudal máximo probable individual

S = Factor de simultaneidad correspondiente a ese número de viviendas iguales. Existen dos factores:

- S_1 para viviendas sin calefacción
- S_2 para viviendas con calefacción.

Número de Viviendas	SIN calefacción S_1	Número de viviendas	CON calefacción S_2
1	1	1	1
2	0,50	2	0,70
3 a 5	0,40	3	0,60
6 a 8	0,30	4	0,55
9 a 14	0,25	5 a 7	0,50
15 a 39	0,20	8 a 14	0,45
40 a 50	0,15	15 a 49	0,40
		50	0,35

(Nota: Algunas Comunidades Autónomas disponen de diferentes factores de simultaneidad).



El caudal máximo probable Q_{SC} de toda la instalación común será la suma de los Q_{SC} de cada grupo.

Ejemplo: En un bloque de viviendas existen 10 viviendas con un $Q_{SI} = 2,87$ kg/h y 15 viviendas con $Q_{SI} = 2,00$ kg/h. El caudal máximo probable de la instalación común será:

$Q_{SC} = \sum (N \times Q_{SI} \times S_2)$	$10 \times 2,87 \times 0,45 + 15 \times 2,00 \times 0,40 =$ $= 12,9 + 12 = 24,9$ kg/h	$10 \times 1,37 \times 0,45 + 15 \times 0,95 \times 0,40 =$ $= 6,17 + 5,7 = 11,87$ m ³ /h
--	--	---

El mismo resultado se obtendría pasando los kg/h resultantes a m³/h al dividirlos por la masa en volumen:

$$(24,9 \text{ kg/h}) / (2,095 \text{ kg/m}^3) = 11,88 \text{ m}^3/\text{h}$$

T1: 3.5 Grado de llenado de un envase (ver T1: 1.1)

Los gases butano y propano se almacenan licuados a presión porque en ese estado queda reducido su volumen unas 240 veces aproximadamente.

El GLP se encuentra en los envases a presión que es la denominada “Tensión de vapor” (bar abs). Recordemos que el valor absoluto de la presión es el dado por el manómetro, añadiendo el valor de la presión atmosférica en el momento de la medición).

La presión del gas en el interior de un envase, a una temperatura de 15° C, es de aproximadamente 8,0 bar abs. para el propano y 2 bar abs. para el butano. A una temperatura máxima de trabajo de 60° C, las presiones respectivas son aprox. 20 y 7,5 bar.

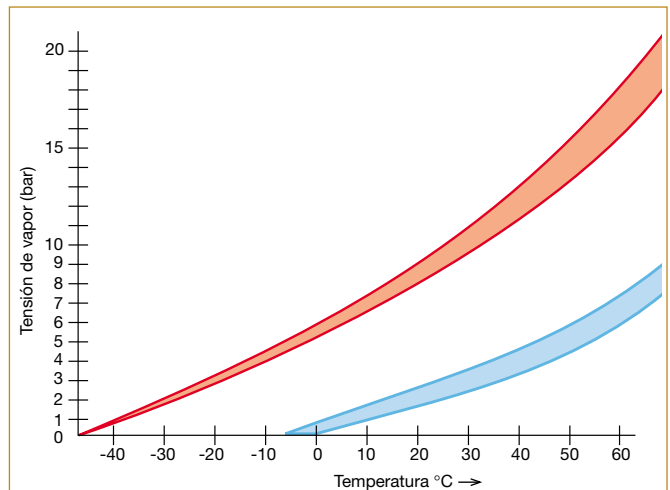
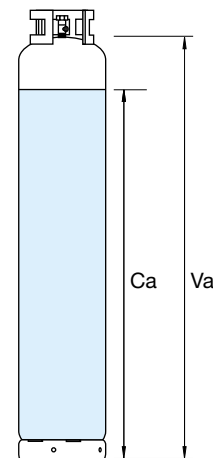


Figura 3.5a: Gráfico Temperatura-Tensión de vapor

El llenado de un envase no puede sobrepasar el 85 % de su volumen quedando el 15 % restante ocupado por el GLP en fase gaseosa. Esta limitación en el llenado se debe a que, caso de que se caliente un envase, el líquido contenido se dilataría más que el acero utilizado para realizarla y si se encontrara totalmente llena, podría llegar a romperse.

El **volumen** de almacenamiento (V_a) de un envase es su volumen geométrico interior total expresado en metros cúbicos. Se mide en condiciones estándar (temperatura ambiente de 15° C). Es llamado también capacidad en agua.

La **capacidad** de almacenamiento (C_a) de un envase es el volumen máximo que puede llegar a ser ocupado por el GLP para protegerlo de la posibilidad de rotura antes mencionada. Se expresa en metros cúbicos (capacidad volúmica) o en kilogramos (capacidad másica). La normativa lo limita al 85% del volumen de almacenamiento. Para expresarlo en porcentaje en masa, se tendrá en cuenta la masa en volumen del GLP a 20° C



$$C_a = 85 \% \cdot V_a$$

Siendo:

V_a = Volumen de almacenamiento (m^3)
(capacidad en agua).

C_a = Capacidad de almacenamiento (m^3)
(multiplicado por la masa en volumen de la fase líquida, se obtiene el valor en kg).

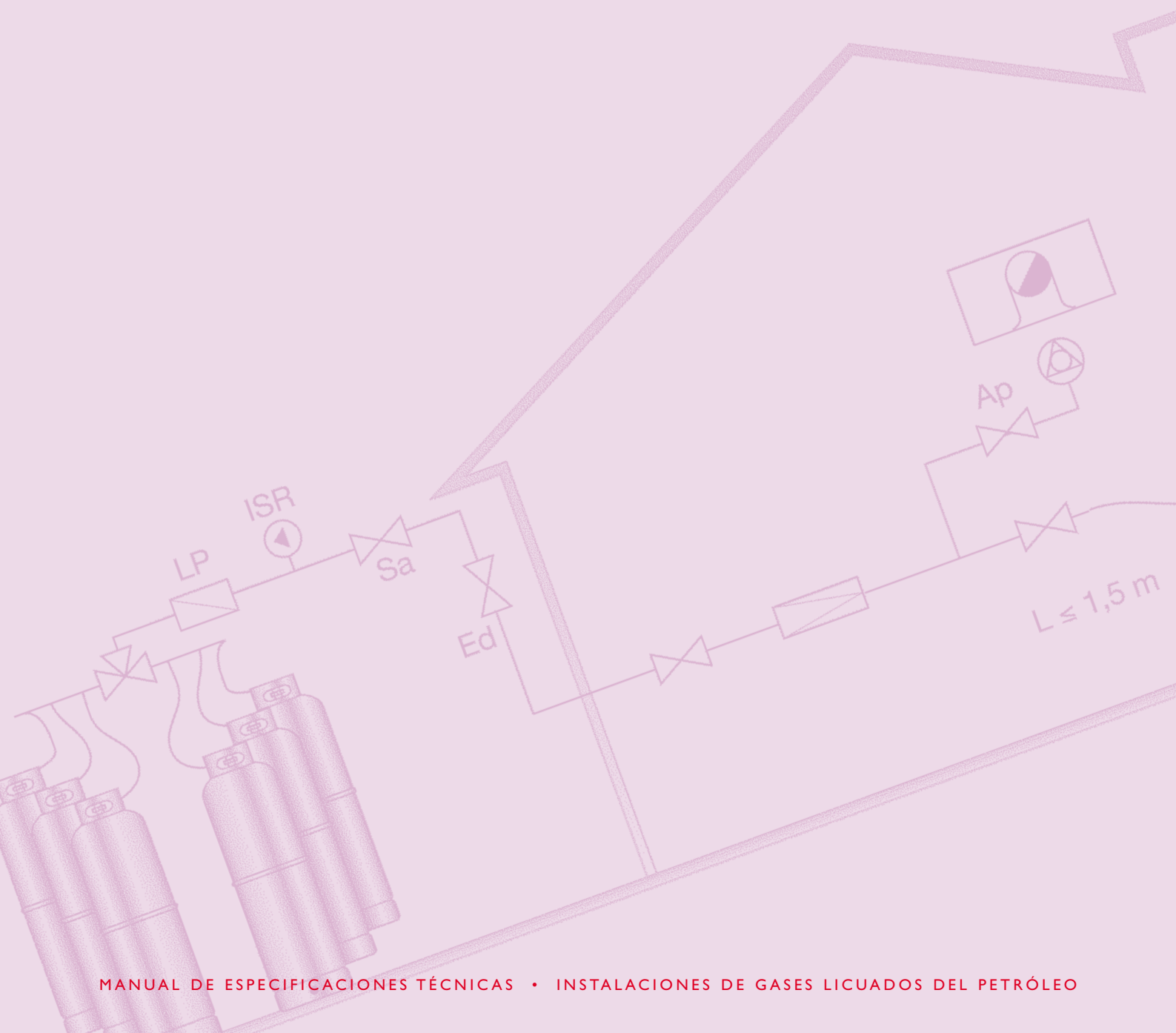
Figura 3.5b: botella con niveles de V_a y C_a .

T1: 3.6 Presión de salida del Emisor de gas

INSTALACIONES ALIMENTADAS DESDE	REDES DE DISTRIBUCIÓN DE GAS CANALIZADO	La instalación a diseñar debe disponer de un sistema de regulación dotado de:		
		en MPB o MPA con presión de servicio superior a 150 mbar.	<ul style="list-style-type: none"> • Regulador de presión. • VIS máx. • VIS mín. en cada instalación individual. 	
		en MPA a una presión de servicio \leq 150 mbar	<ul style="list-style-type: none"> • Regulador de presión. • VIS mín. en cada instalación individual. 	
	en BP	Debe consultarse con la Empresa suministradora la necesidad de equipar las instalaciones individuales con regulador de presión y/o con VIS mín.		
	DEPÓSITOS FIJOS, BOTTLLAS INDUSTRIALES DE GLP O BOTTLLAS DOMÉSTICAS EN EL EXTERIOR	<p>Previamente a estas instalaciones, debe existir un conjunto de regulación dotado de una VISmx. que garantice que la presión a la entrada de la IRG no pueda alcanzar valores superiores a la MPA (400 mbar). Normalmente se utiliza 150 mbar.</p>		
	BOTTLLAS DOMÉSTICAS DE GLP EN EL INTERIOR	Cuando se instalen dos botellas en descarga simultánea, la reducción de presión se debe realizar en las propias botellas por medio:		Cuando la instalación esté alimentada por solo una botella...
	...de reguladores de .../BP	...de reguladores de .../MPA	...de reguladores de .../MPB con presión de salida inferior a 2 bar	
(Para butano, la presión es de 30 mbar, y para propano, de 37 mbar).	La reducción desde MPA a BP se puede hacer con un único regulador o con uno para cada aparato de consumo.	En este último caso, los reguladores se conectan con tuberías flexibles según la norma UNE 60.713/2 directamente a un regulador de MPA o de BP, y se instalan válvulas antiretorno para impedir el paso de gas desde una botella a la otra	...la reducción de presión se debe realizar en la propia botella con un regulador de BP.	

Tema 2

BOTELLAS DE GLP.



T2: 1 BOTELLAS

Las botellas de GLP son recipientes recargables considerados de fácil manejo (portátiles), de volumen geométrico no superior a 150 litros (...), destinado a contener GLP, con una carga útil máxima de 40 kg (NIGE). Se componen de envase y de válvula o llave para su llenado o vaciado (los límites se han tomado de normativa antigua).

T2: 1.1 Generalidades: Tipos de botellas. Descripción. Características

Ya se ha visto en el tema 1 que los envases se llenan de GLP a presión porque en estado líquido queda reducido su volumen unas 240 veces. El grado de llenado es del 85% de su volumen.

Recordemos que la **capacidad** de almacenamiento (Ca) de una botella es el 85% del volumen de almacenamiento o geométrico de la misma, expresada en metros cúbicos (capacidad volúmica) o, en kilogramos (capacidad másica). Se denomina carga de gas, a la capacidad de almacenamiento de cada botella, expresada en masa.

Las botellas son propiedad de la Empresa Suministradora. CEPSA Elf Gas cede el uso de las botellas al cliente mediante boletín de consignación nominativo e intransferible, pagando tarifa de consignación (por utilización y mantenimiento del envase (IVA incluido), más una cantidad en concepto de garantía de devolución, esta última retornable al devolver el envase en correcto estado. El usuario adquiere, por tanto, solamente la carga de gas.

Las botellas vaciadas se envían a las Plantas nodrizas para ser nuevamente llenadas. Allí son comprobados su estado, su estanquidad, la cantidad de gas contenida y todos aquellos aspectos relacionados con la seguridad en su utilización.

En las instalaciones de botellas en uso no se dispone de indicadores de nivel apropiados que nos den a conocer la cantidad de gas contenida en los mismos. Por otra parte, para conocer dicha cantidad, se deberían pesar las botellas y restarles el valor de la tara (lo que pesa la botella), lo cual supone incomodidades que hacen al sistema de costosa e incómoda aplicación. Existe básculas que directamente dan la cantidad de gas contenida, una vez restada la tara de la botella.

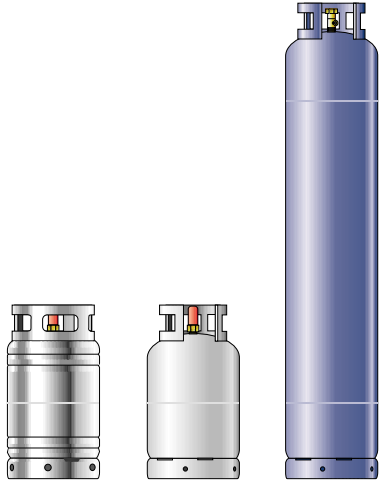
Tipos de botellas: La normativa distingue dos tipos de botellas en función de su capacidad de almacenamiento másica:

- Botellas domésticas: de contenido hasta 15 kg.
- Botellas industriales: de contenido superior a 15 kg.

Pudiendo contener indistintamente propano o butano comerciales.

Descripción y características de las botellas: CEPSA dispone de botellas domésticas conteniendo 12,5 kg de butano o 11 kg de propano, y de botellas industriales, conteniendo 35 kg de propano, según la tabla siguiente:

Las botellas domésticas para butano son de acero inoxidable, destacando por su color característico. Las restantes botellas, para propano de 11 y 35 kg, son de acero no aleado y se encuentran pintadas en gris y azul respectivamente.



Tipo	Modelo	Gas contenido	Capacidad almacenamiento	Material	Color
Doméstica	CEPSA inox	butano	12,5 kg	Acero inoxidable	Plateado
	Cepsa 11P	propano	11 kg	Acero no aleado	Gris
Industrial	CEPSA 35P	Propano	35 kg	Acero no aleado	Azul

Las características de los diferentes modelos comercializados, se encuentran resumidas en la siguiente tabla:

CARACTERÍSTICAS	MODELOS DE BOTELLAS		
	CEPSA Inox (CB inox)	CEPSA 11P (CP11)	CEPSA 35P (CP 35)
Denominación (modelo)	CEPSA Inox (CB inox)	CEPSA 11P (CP11)	CEPSA 35P (CP 35)
Material	Acero inoxidable	Acero no aleado	Acero no aleado
Espesor de chapa	1,65 ÷ 1,1 (nominal 1,3)	2,6 mm	2,7 mm
Color	Plateado	Gris	Azul
Peso vacía (aproximado)	7,5 kg	15,6 kg max.	36 kg max.
Volumen almacenamiento Va	26,5 litros	26,5 litros	84 litros
Capacidad de almacenamiento (Ca = 85% Va)	22,525 litros	22,525 litros	71,400 litros
Diámetro exterior	300 mm	300 mm	300 mm
Altura botella	525 mm	575 mm ± 6,5	1 445 mm ± 80
Presión máxima de trabajo (servicio)	Pmt = Pp/1,3 = 11,5 bar	30/1,3	30/1,3
Presión de prueba (Pp)	Pp = 15 bar	30 bar	30 bar
Presión de rotura (ambiente) a 80 °C a 220 °C (tensión de vapor 105,8 bar)	Pr > 130 bar > 120 bar > 106 bar	Superior a 75 bar	Superior a 75 bar
Gas contenido	Butano	Propano	Propano
Cantidad	12,5 kg	11 kg	35 kg

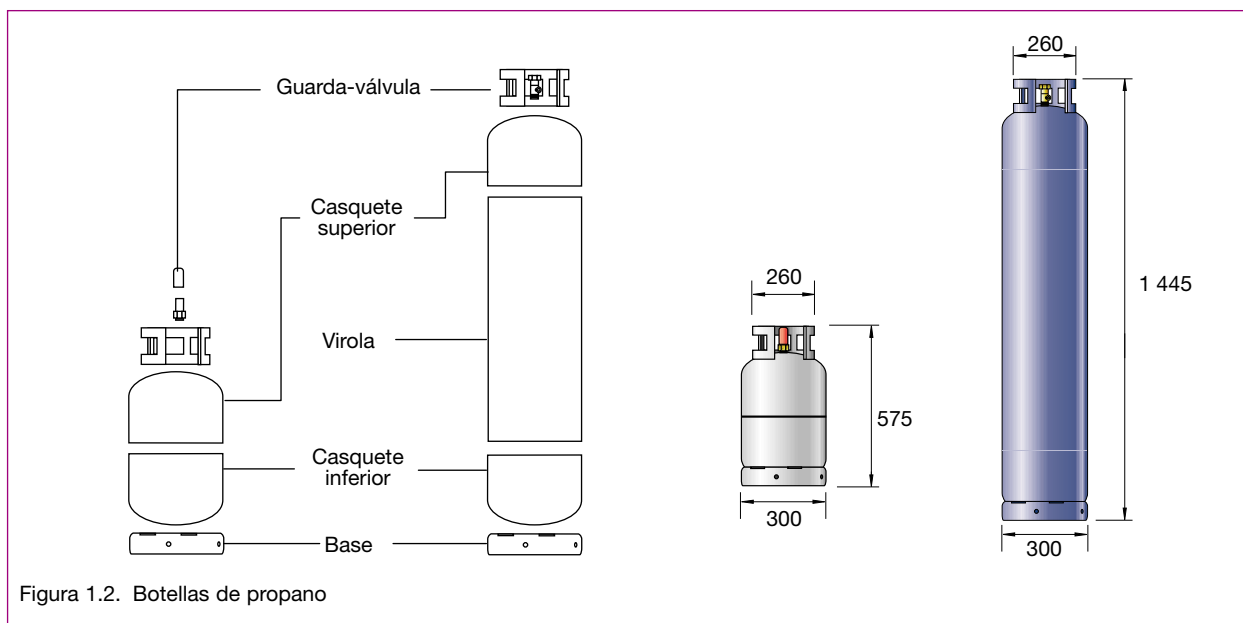
Una botella llena de CEPSA Inox pesa un 25 % menos que la de acero no aleado equivalente y estando vacía, pesa casi la mitad.

T2: 1.2 Fabricación de los envases

Los envases domésticos de CEPSA que contienen butano son de chapa de acero inoxidable lo que hace que las botellas resulten muy manejables por su ligereza, mientras que las restantes son de acero no aleado, cumpliendo ambas en su fabricación y revisión las exigencias legales para este tipo de envases.

Los envases domésticos se componen fundamentalmente de dos piezas llamadas **casquetes**. Los industriales además de los dos casquetes incorporan una **virola** intermedia. (Fig. 1.2). Las uniones se realizan por soldadura circunferencial.

Las botellas llevan en su parte inferior soldado un **aro** metálico, con orificios de ventilación, que les sirve de **base soporte**. En su parte superior llevan un **guarda válvula** que es un aro protector de la válvula o llave para llenado y vaciado. Este aro lleva aberturas adecuadas para que se pueda utilizar como asa.



Las botellas llevan marcadas la fecha de fabricación (dos últimas cifras del año), la carga de gas, el nombre del fabricante, el volumen de almacenamiento, la Tara, la presión hidráulica (P.H.), 30 bar y la fecha de la prueba de presión (mes/año).

T2: 1.3 Llaves de las botellas: Válvulas y Adaptadores

Las botellas son rellenables por lo que necesitan una llave para su llenado y para ser conectadas a la instalación de consumo a la que suministra el gas. La llave se encuentra en el adaptador necesario para su conexión a la instalación de consumo. Los adaptadores existentes se verán en este mismo punto.

Según el tipo de botella se distinguen los dos dispositivos siguientes:

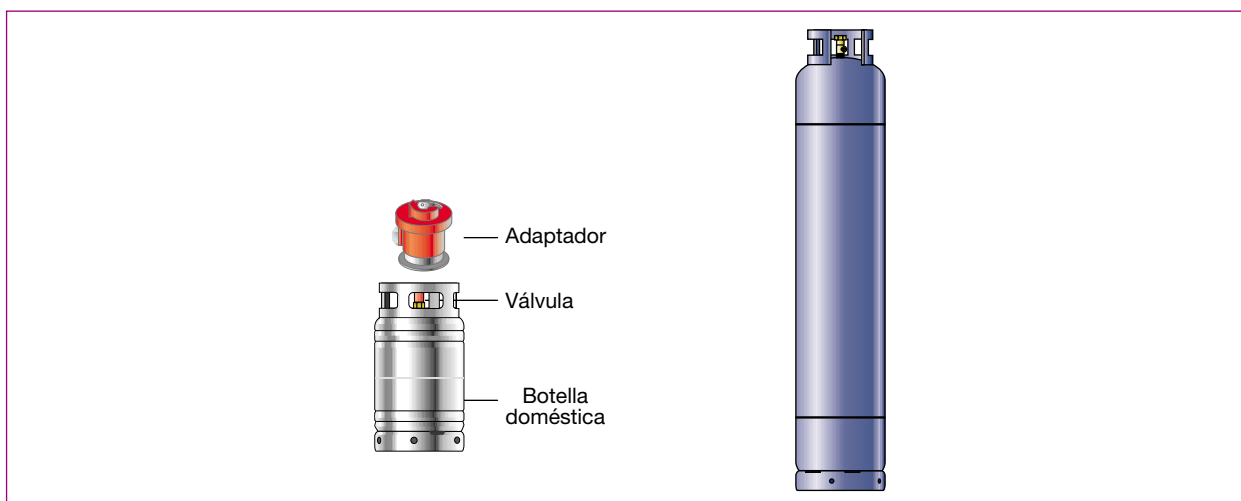
- **Botellas domésticas:** El dispositivo utilizado lo forman dos piezas: la válvula en sí de la botella y un adaptador. Ambos se unen por “enchufe rápido” tipo JUMBO. El acoplamiento de las partes se realiza simplemente encajando la primera dentro del segundo sin necesidad de giro ni de roscado. La válvula es autocerradora. La llave de la botella doméstica consiste en el conjunto de dicha válvula y un adaptador. Se acciona mediante una palanca, que actúa sobre un percutor, incorporados en el adaptador. Dicho percutor es quien abre la válvula (vence la fuerza de reacción de un muelle y la propia presión del gas contenido), para que el gas llegue al regulador.

El “enchufe rápido” facilita la maniobra de acoplamiento de la botella doméstica a la instalación de consumo y garantiza la toma de gas tan solo cuando dicha unión se realiza correctamente.

La estanquidad de la conexión entre la botella doméstica y el adaptador se consigue mediante el anillo-junta incorporado en la propia válvula. Esta junta es de elastómero y sufre un envejecimiento lógico con el tiempo y con las inclemencias atmosféricas. De encontrarse defectuosa (endurecida, deformada o agrietada), habría que sustituirla. En las Plantas de Llenado cuidan especialmente de ello.

- **Botellas industriales:** Estas botellas incorporan una llave acodada, de tipo asiento por junta plana, accionada mediante volante. Permite iniciar, graduar o interrumpir el suministro del gas contenido en las botellas. El extremo para la conexión al tubo flexible de la instalación incorpora una junta de estanquidad, en el interior de un alojamiento.

La presión de diseño de estas llaves acodadas es de 20 bar.



Las botellas se suministran con una caperuza/precinto que desempeñan las siguientes funciones:

- Proteger el mecanismo de la válvula contra los agentes atmosféricos y materias extrañas procedentes del exterior.
- Reducir el envejecimiento lógico de la junta que incorporan, por efecto de las inclemencias del tiempo.
- Asegurar que dicha llave o válvula no ha sido manipulada por terceros antes de su entrega al usuario.

Algunas botellas CEPSA no disponen de válvula de alivio. Las que no las llevan pueden transportarse tumbadas en los vehículos, al igual que las destinadas para automoción (cumple el marginal 21 414 del ADR).

En una botella con válvula de alivio, en posición tumbada, si la válvula abriera por alguna causa, dejaría salir gas en fase líquida que al vaporizarse instantáneamente se convertiría en un volumen 240 veces, superior incrementándose el riesgo. Por ello la reglamentación prohíbe colocar tumbadas a las botellas que dispongan de válvula de seguridad o alivio.

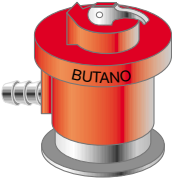

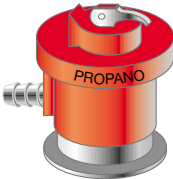

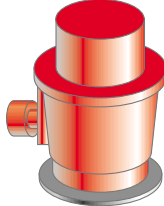
Para que el gas butano adquiriera una presión de 106 bar (presión a la que existe la posibilidad de rotura), es necesario que la botella se encuentre llena (al 85%) y alcance una temperatura de 220 °C, para lo que sería necesario someterla a una temperatura bastante superior (unos 300 °C) y después de cierto tiempo de calentamiento. Estas condiciones son infrecuentes y con butano, casi imposibles de alcanzar.

No existe un criterio definido en Europa sobre si las botellas deben incorporar o no válvula de seguridad. En Francia y en las Islas Canarias las botellas no incluyen válvula de seguridad. En Portugal coexisten botellas con y sin válvula de seguridad.

Adaptadores para la botella doméstica

Como adaptadores consideramos dos tipos, el “regulador” y el “salida libre”. Para atender las posibles instalaciones con botellas domésticas, existen varios modelos en función de la presión de salida y de la conexión a la instalación de consumo, según la tabla siguiente:

ADAPTADOR						TUBO FLEXIBLE PARA CONEXIÓN	
Tipo	Función	Presión salida	Para gas	Conexión salida	Modelo	Material	Norma UNE
RC	Regulador	28 mbar	Butano	boquilla	RC-30B	Elastómero	UNE 53 539
				roscada	RC-30R	Acero inoxidable	UNE 60 717
		37 mbar	Propano	boquilla	RC-40B	Elastómero	UNE 53 539
				roscada	RC-40R	Acero inoxidable	UNE 60 717
SLC	Salida libre	La del GLP	But. ó Prop	roscada	SLC-R	Elastómero reforzado (lira)	UNE 60 712

Regulador para butano		Regulador para propano		Adaptador
				
RC-30B	RC-30R	RC-40B	RC-40R	SLC-R
Conexión con boquilla	Conexión roscada	Conexión con boquilla	Conexión roscada	Conexión roscada

El regulador reduce la presión del gas a 30 mbar o a 37 mbar, presión de funcionamiento de los aparatos, según se destine a butano o a propano respectivamente, para la adecuada alimentación de los aparatos de consumo.

Las características de los reguladores son las siguientes:

	Butano 28 mbar (color rojo)		Propano 37 mbar (color rojo)		(*) 270 a 335 mm cda.
	RC-30B	RC-30R	RC-40B	RC-40R	
Presión de salida	28 mbar (+2,-0) (*)	28 mbar (+2,-0)	37 mbar (+3,-0)	37 mbar (+3,-0)	
Caudal nominal					
Presión máx. entrada	3 bar				
Presión cámara de alta	Entre 0,6 y 1,2 bar				

T2: 1.4 Tubos flexibles

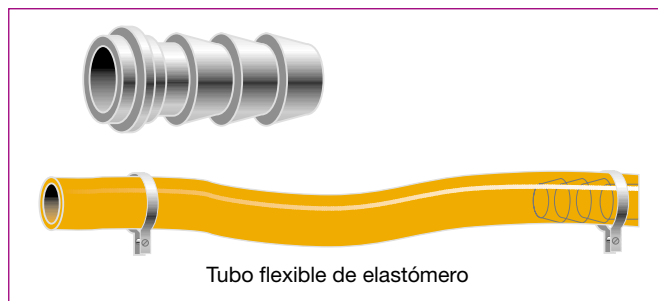
Tanto la botella doméstica con su adaptador conexionado, como la industrial, se acoplan a la instalación de consumo mediante tubería flexible, por tratarse de elementos móviles. La unión del tubo flexible al envase se realiza de forma desmontable dependiendo el procedimiento utilizado, de la presión de salida del gas y del tipo de tubo flexible a utilizar.

La naturaleza de los tubos flexibles a utilizar dependerá de la presión del gas que vaya a conducir o soportar. Para presiones hasta unos 100 mbar se utiliza el tubo de elastómero y el de acero inoxidable corrugado. Para presiones mayores (presión directa del gas), se utiliza el tubo flexible de elastómero reforzado. Estos tubos se comercializan por las empresas especializadas del sector.

CEPSA dispone del KIT Butaflex consistente en 1,5 m de tubo flexible UNE 53 539 de elastómero para baja presión con dos abrazaderas metálicas.

Tubo flexible de elastómero (UNE 53 539): Su acoplamiento se realiza a través de una boquilla perteneciente al regulador, a la tubería rígida o al aparato al que se vaya a conectar el tubo flexible. El tubo tiene un diámetro interior de 9 mm, menor que el diámetro medio de la boquilla por lo que ésta debe introducirse a presión. La unión se reforzará mediante abrazadera metálica. Este tubo suele ser de color naranja; también blanco.

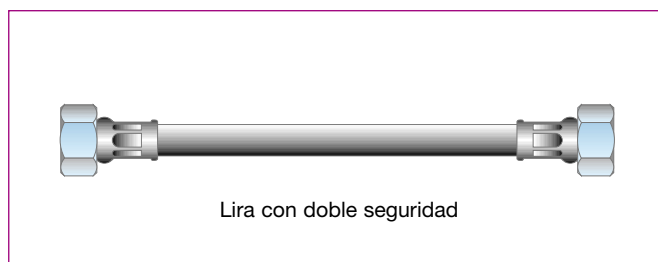
Tienen fecha de caducidad.



Tubo flexible de elastómero reforzado (UNE 60 712). Su acoplamiento a la botella se realiza mediante record con rosca Withworth izquierda W21,80 x 1/14 (14 hilos por pulgada), según DIN 477. El otro extremo tiene rosca...

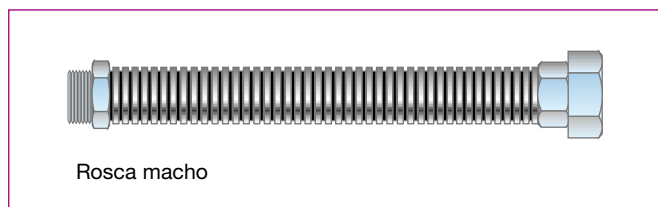
Coloquialmente se le denomina **lira**. En las instalaciones con baterías de botellas para descarga múltiple a través de colector, la “lira” utilizada ha de disponer de doble seguridad, consistente en una válvula de exceso de caudal, conectada en el extremo de la botella y de una válvula antirretorno, en el otro extremo. Con ello se consigue que por una rotura de la lira, no se vacíe la botella a la que va conectada, ni las otras botellas de la misma batería.

Tienen fecha de caducidad.



Tubo flexible de acero inoxidable ondulado, (UNE 60 717) para conexión a aparatos móviles conectados directamente a botellas domésticas y a aparatos fijos. Longitud máxima 1,5 m.

No tiene fecha de caducidad.



	PARA PRESIONES HASTA 0,4 bar	PARA PRESIONES SUPERIORES A 0,4 bar
Elastómero		
Metálico		
	A LA SALIDA DEL REGULADOR DE BP	DIRECTAMENTE A LA BOTELLA

Posibilidades de conexión de las botellas a la instalación:

A. **Botellas domésticas** con adaptador-regulador: (se trata de toma de gas a baja presión).

- Los reguladores RC-30B y RC-40B disponen de boquilla para conectar el tubo flexible de elastómero para baja presión (UNE 53 539). En este caso, la conexión entre el regulador y el tubo es a presión. La unión se ha de reforzar mediante abrazaderas metálicas de 16-18 mm.

Se ha de evitar la utilización de agua jabonosa como “engrasador” que facilite la introducción de la boquilla en el tubo flexible ya que, una vez reseco, los residuos podrían llegar a alterar el correcto funcionamiento del regulador.

- Los reguladores RC-30R y RC-40R tienen una conexión roscada a izquierdas para su unión al tubo flexible de acero inoxidable ondulado, (UNE 60 717), mediante record por junta plana, como en el caso de las botellas industriales.

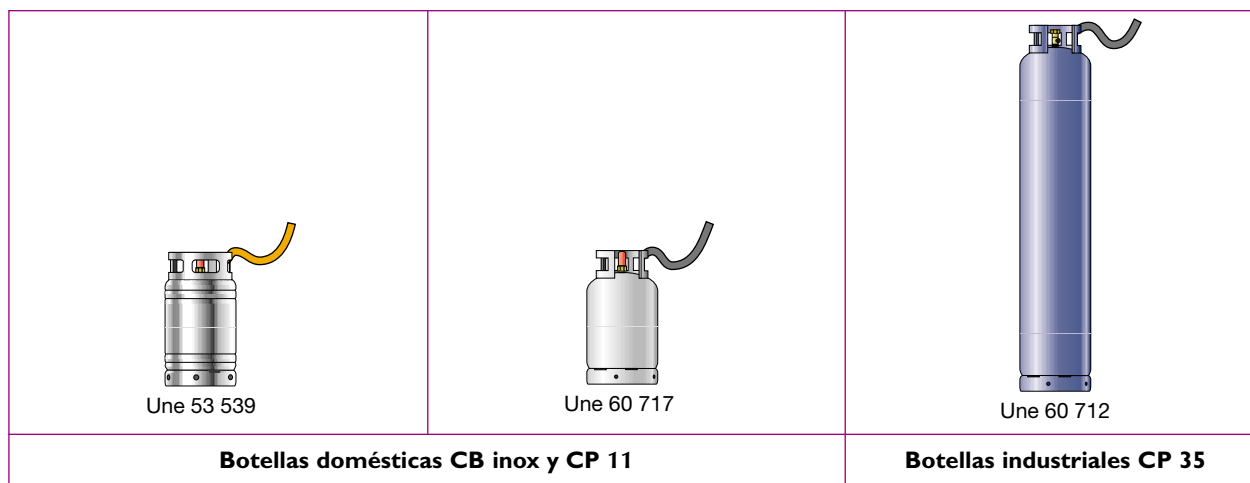
B. Botellas industriales y domésticas con adaptador de salida libre (se trata de toma de gas a presión directa):

- La llave de la botella y el adaptador de salida libre tienen una conexión roscada a izquierdas para su unión al tubo flexible de elastómero reforzado, UNE 60 712, mediante racord por junta plana.

La operación de acoplamiento de las botellas a la instalación de consumo se realiza mediante el racord, ayudándose con la llave que las liras suelen incorporar. Esta conexión no supone inconveniente alguno a los usuarios porque es el personal del Distribuidor quién lo realiza.

	BOTELLA DOMÉSTICA			BOTELLA INDUSTRIAL
	Adaptador: Regulador BP		Adaptador: Salida libre	
Tipo de conexión	Boquilla	Roscado	Roscado	Roscado
Tubo flexible	UNE 53 539	UNE 60 717	UNE 60 712 (lira)	UNE 60 712(lira)

Los adaptadores se comercializan por las empresas del ramo.



T2: 1.5 Energía contenida en una botella de GLP

Una botella doméstica constituye una reserva de energía potencial importante.

	ENERGÍA CONTENIDA POR UNA BOTELLA				Equivalente a (*)	
	kg	kWh/kg	kWh	m ³ GM	m ³ GN	
CEPSA inox (CBinox)	12,5	x 13,83	= 173 (148 670 kcal)	35,4	15,6	
CEPSA 11p (CP11)	11	x 13,95	= 153 (131 960 kcal)	31,4	13,9	
CEPSA 35p (CP35)	35	x 13,95	= 488 (419 890 kcal)	100	44,2	

Siendo: GM = gas manufacturado con poder calorífico de 4,88 kWh/m³ (4 200 kcal/m³).
GN = gas natural con poder calorífico de 11 kWh/m³ (9 500 kcal/m³).

T2: 2 VAPORIZACIÓN DE LAS BOTELLAS DE GLP

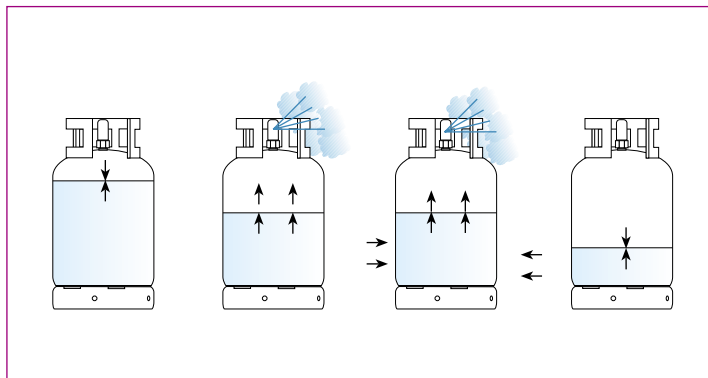
Los GLP son utilizados normalmente en fase gaseosa, por lo que previamente se han de vaporizar en la propia botella. Estudiemos la vaporización natural que se produce en el interior de una botella de GLP cuando se toma gas.

Dentro de una botella de GLP, la fase líquida se encuentra en equilibrio con su fase vapor. A cada temperatura corresponde una presión de equilibrio. Este equilibrio solamente se altera al variar la temperatura ambiente y/o al realizarse una toma de gas, según la curva Temperatura-Tensión de vapor en el punto 1.1.

- Variación de la temperatura ambiente: Cuando aumenta la temperatura, el líquido se dilata y condensa parte de dicho vapor alcanzándose el equilibrio a una tensión de vapor superior a la anterior. Tratándose de una bajada de temperatura, el equilibrio se alcanzaría a una tensión de vapor inferior.
- Cuando se realiza una toma de gas, se rompe el equilibrio de presión entre líquido y gas ya que éste “se pone en contacto” con la presión atmosférica. Esto hace que el líquido comience a hervir (vaporización tumultuosa). El GLP en fase vapor sale impulsado por su propia presión, y la fase líquida se vaporiza tratando de alcanzar nuevamente el

equilibrio perdido. La vaporización requiere un aporte de calor que en este caso se toma de forma natural del propio líquido ("calor latente de vaporización") enfriándose. Al estar el líquido a temperatura inferior a la del ambiente, toma calor de su entorno de forma natural a través de las paredes de la botella. Si el aporte de calor exterior no alcanza para la vaporización solicitada, el líquido se irá enfriando y la presión en el interior de la botella irá disminuyendo en consecuencia, reduciéndose por ello el caudal suministrable por la botella, pudiendo llegar a resultar insuficiente. Un incremento del caudal vaporizado se consigue aportando calor a la botella o sumando los caudales de varias botellas acopladas en batería para descarga múltiple (ver tipo de descarga, punto T2: 2.4).

El punto de ebullición de los GLP es más bajo que el del agua. A la presión atmosférica, el propano puro hierve a unos -42°C y el butano puro aproximadamente a 0°C . Un propano comercial, mezcla de 80% de propano y 20% de butano, tendrá una curva de tensión de vapor intermedia, más cercana a la de propano puro que a la de butano puro. Al realizarse una toma de fase gaseosa, los GLP no necesitan ser calentados para que se produzca su ebullición instantánea, porque ellos se encuentran ya suficientemente calientes.



En la vaporización de una mezcla de GLP, el propano tiende a vaporizarse antes que el butano (su punto de ebullición es más bajo que el de butano). Debido a ello, la mezcla se va enriqueciendo en butano (ello supone en el GLP residual un enriquecimiento del poder calorífico, un aumento de la densidad y una disminución de la masa en volumen).

Si en el proceso de vaporización, el gas se enfriara hasta una temperatura a la que correspondiera una presión inferior a la presión mínima de funcionamiento del regulador conectado a la salida de la botella, éste dejará de funcionar adecuadamente (su presión de salida sería inferior a la nominal). Resultado de ello es que la botella queda con un resto de gas que no se puede aprovechar a no ser que se consuma en aparatos de reducido consumo.

Se dice que una botella se está congelando cuando debido al enfriamiento excesivo, el caudal de gas se va reduciendo considerablemente. Al llegar la botella a alcanzar los 0°C , se recubre de una capa de hielo formado por la humedad de la atmósfera que se ha helado. Esta capa de hielo dificulta el paso del calor desde el exterior al interior del envase y empeora la vaporización. Tratándose de butano, la vaporización podría llegar a anularse. Tratándose de propano, seguiría la vaporización ya que a esa temperatura (0°C), la tensión de vapor del gas sigue siendo superior a la presión atmosférica.

Si la temperatura bajara hasta que la presión del gas alcanzara el valor de la atmosférica, cesaría la salida del gas del envase.

Por el hecho de que el propano a la presión atmosférica tiene una temperatura de ebullición más baja que la del butano, permite caudales mayores y más prolongados.

Si se desea una toma continua de gas, se deberá limitar el caudal para que la cantidad de calor necesaria para la transformación no sobrepase la cantidad que el exterior pueda aportar.

Al cesar la toma de gas, se tiende a restablecerse el equilibrio de presiones perdido y la ebullición cesa. Se necesita un cierto tiempo para que el GLP alcance la temperatura ambiente. Durante este calentamiento, va aumentando su tensión de vapor.

La vaporización natural va reduciéndose a la par que se reduce:

- La superficie del envase mojada por el GLP, esto es, la cantidad del gas contenida.
- La temperatura exterior (por la noche se vaporiza menos gas que durante el día y en invierno menos que en verano).
- El calor contenido en los GLP

La vaporización natural va reduciéndose a la par que aumenta:

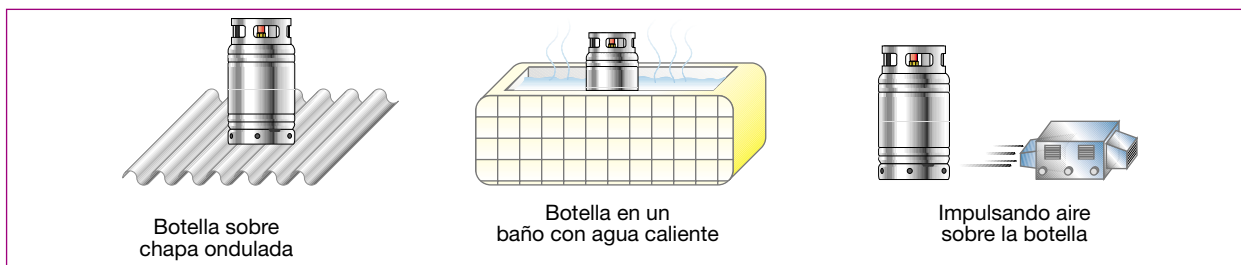
- El porcentaje de gas en butano, como consecuencia lógica de la destilación que se produce en la vaporización.
- La presión relativa de salida del gas a la instalación de consumo.

La vaporización natural va aumentando a la par que aumenta:

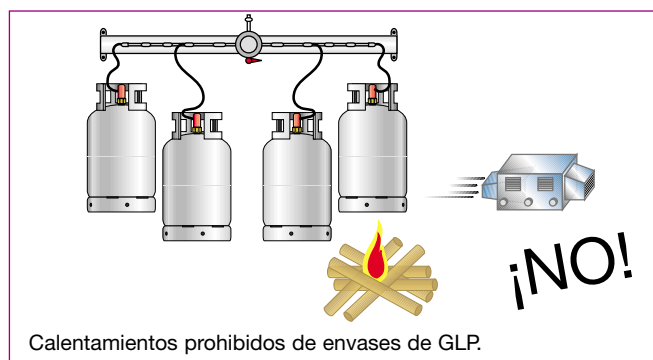
- La velocidad del viento, la acción de la lluvia. (Regando un depósito que se encuentre congelado, puede incrementarse la vaporización).

La vaporización en una botella se puede favorecer siguiendo alguna de las siguientes medidas:

- Situar la botella sobre una chapa ondulada para aumentar la superficie de envase en contacto libre y directo con el exterior.
- Situar la botella en un baño con agua caliente teniendo en cuenta que no se debe calentar por encima de los 40° C.
- Impulsar aire sobre la botella mejorando los resultados si se hace con aire caliente, en este caso sin sobrepasar los 40° C.



La práctica de “abrigar” un envase para evitar su enfriamiento, eliminando así el contacto con el exterior es totalmente inadecuada y contraproducente ya que agrava la situación al anular el calor de aportación necesario, lo que acelera el enfriamiento de la botella.



T2: 2.1 Caudal máximo de una botella

El caudal de gas que cada envase puede vaporizar en un cierto momento, depende principalmente de:

Los caudales suministrables por cada envase según las condiciones existentes, se pueden obtener aproximadamente para cada tipo de gas y un contenido del 30 %, de unas curvas de vaporización en función de la temperatura exterior mínima y de la duración de la toma. Para garantizar los caudales obtenidos a lo largo de todo el año, se han de considerar las temperaturas mínimas media reinantes en cada localidad, tomadas de la norma UNE 24 045. Para localidades no contempladas en la relación, se obtiene la temperatura adecuada considerando que cada 170 m de altitud supone una disminución de 1° C respecto al observatorio más cercano.

Los gráficos mencionados se han confeccionado partiendo de los valores incluidos en las tablas siguientes:

TEMPERATURA AMBIENTE		BOTELLAS DOMÉSTICAS: CAUDAL EN FUNCIÓN DE LA DURACIÓN DEL SERVICIO				
		15 minutos	Media hora	1 hora	2 hora	Continuo
Butano CEPSA inox	+ 20° C	2,48	1,79	1,47	0,8	0,61
	+ 15° C	1,7	1,27	0,76	0,65	0,47
	+ 10° C	1,4	1,1	0,67	0,57	0,29
	+ 5° C	1,4	1	0,51	0,3	0,15
Propano CEPSA 11p	+ 5° C	4,40	2,8	1,85 1,9	1,3...1,4	0,7...0,8
	0° C	3,60	2,4	1,6	1,2	0,6
	- 5° C	2,90	2,0	1,4	1,0...1,1	0,5...0,6
	- 15° C	2,00	1,5...1,6	1,1 1,2	0,6...0,7	0,3...0,4

TEMPERATURA AMBIENTE		BOTELLAS INDUSTRIALES: CAUDAL EN FUNCIÓN DE LA DURACIÓN DEL SERVICIO				
		15 minutos	Media hora	1 hora	2 hora	Continuo
Propano CEPSA 35 p	- 15° C	2,00	1...1,1	0,8...0,9	0,6...0,7	0,3...0,4
	- 5° C	2,7...2,9	1,4...1,6	1,1...1,2	0,8...1,0	0,4...0,5
	0° C	3,5...3,6	1,7...1,9	1,3...1,5	1,0...1,2	0,5...0,6
	+ 5° C	4,40	2...2,3	1,5...1,7	1,2...1,3	0,6...0,7
	+ 15° C		2,7...3,1	2,1...2,3	1,6...1,8	0,8...1,0

Evidentemente, con la botella llena, los caudales y los tiempos de utilización podrán ser los más elevados.

Estas tablas se han confeccionado partiendo de datos obtenidos de documentación de diversos países europeos.

Ejemplo de aplicación:

- Aparato: cocina industrial
- Caudal (consumo): $Q = 6 \text{ kg/h}$
- Duración de las tomas: 2h a mediodía y 1 h al anochecer
- Temperatura mínima de la zona: 5°C
- Al tratarse de un consumo importante, que no se puede atender con botellas domésticas en el interior de un local, se opta por elegir las botellas industriales. Consultando el gráfico correspondiente: Para la curva de 2 h y una temperatura mínima media local de 5°C , se obtiene un caudal de $q = 1,2$ a $1,3 \text{ kg/h}$.
- El número de botellas será: $N = Q/q = 6/1,2 = 5 \text{ Uds.}$ Se deberá instalar un Emisor de 5 + 5.

En zonas frías y para servicios con calefacción, se ha de calcular correctamente el Centro Emisor de gas (número de envases, dimensionado de elementos, etc.) pues el quedarse cortos al determinar el número de botellas, supone no poder extraer la totalidad de su contenido.

TABLA DE TEMPERATURAS EXTERIORES MEDIA PARA CÁLCULO (UNE 24 045)					
ALTITUD/TEMPERATURA EXTERIOR MÍNIMA DE ALGUNAS LOCALIDADES ESPAÑOLAS UNE24045					
Localidad	Altitud	Temperatura	Localidad	Altitud	Temperatura
Albacete	690	-7	Madrid	660	-3
Almería	0	5	Málaga	40	13
Ávila	1 030	-6	Murcia	40	-1
Badajoz	180	-1	Orense	130	-3
Barcelona	0	2	Oviedo	230	-2
Bilbao	0	0	Palencia	740	-6
Burgos	860	-6	Palma de Mallorca	28	4
Cáceres	440	-1	Pamplona	450	-5
Cádiz	28	2	Pontevedra	0	0
Castellón	27	4	Salamanca	780	-7
Ciudad Real	640	-4	Santa Cruz	37	18
Córdoba	100	-1	San Sebastián	0	-1
Cuenca	1 010	-7	Santander	0	2
Girona	70	-3	Segovia	1 000	-6
Granada	690	-2	Sevilla	10	1
Guadalajara	680	-4	Soria	1 090	-7
Huelva	0	1	Tarragona	0	1
Huesca	470	-5	Teruel	950	-8
Jaén	570	0	Toledo	550	-4
La Coruña	0	2	Valencia	0	0
Las Palmas	6	15	Valladolid	694	-5
Lérida	150	-5	Vigo	0	2
León	820	-6	Vitoria	520	-4
Logroño	380	-3	Zamora	650	-6
Lugo	470	-2	Zaragoza	210	-3

Consultar la UNE 100 001.

- Una botella doméstica de butano, según la duración de la toma, puede dar, en condiciones estándar, un caudal aproximado entre 0,5 y 1,5 kg/h. Si fuera de propano, situada en el exterior a una temperatura de 0°C , entre 0,6 y 3 kg/h.
- Una botella industrial de propano, en ambiente a 0°C puede suministrar un caudal, según la duración de la toma, entre 0,5 y 1,7 kg/h. Caudales mayores requieren el acoplamiento de varias en batería. El número máximo de ellas es el que corresponde a 1 000 kg, esto es, a 14 botellas en uso y otras 14 en reserva, lo que aumenta el caudal en la misma proporción, entre 7 y 24 kg/h. Para caudales mayores se deberá contemplar la utilización de depósitos.

T2: 2.2 Criterios de selección entre gas butano y propano

Exceptuando los casos en que la temperatura ambiente es cálida, el gas más adecuado para la instalación de baterías de botellas es el propano ya que al estar prohibido ubicar en el interior de locales o de la vivienda más de dos botellas domésticas en descarga simultánea, éstos se han de situar en el exterior, sometidos a las bajas temperaturas reinantes durante las noches de invierno. Decididos por el propano, habría que elegir entre la botella doméstica de 11 kg de capacidad y la botella de 35 kg. En igualdad de cantidad de gas a almacenar, las botellas domésticas tienen triple cantidad de conexiones mecánicas y ocupan triple superficie de terreno que las botellas industriales, por lo que, salvo casos excepcionales, deberán preferirse estas botellas industriales a las domésticas. Estos casos excepcionales los establece la reglamentación vigente: Cuando se han de instalar las botellas móviles en azoteas, las botellas solo se podrán ubicar allí si la azotea tiene acceso por el exterior (escalera o montacargas) sin atravesar el interior. En caso contrario, serán las domésticas las que únicamente se podrán utilizar.

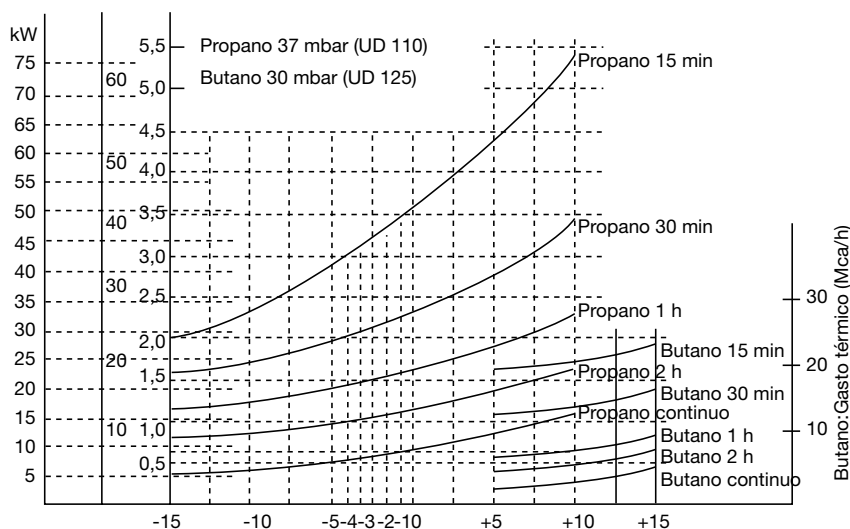


Figura 2.2a. Vaporización de botellas CB inox y CP11.

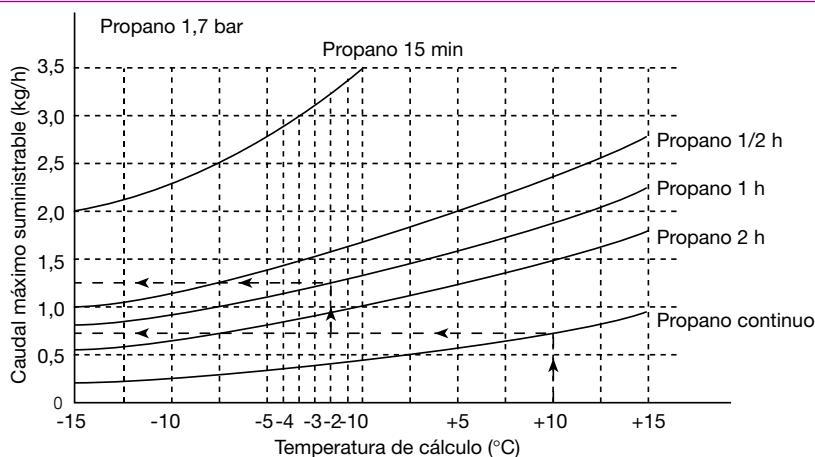


Figura 2.2b. Vaporización de botellas industriales de propano CP 35.

Conclusiones:

- El gas butano se utiliza en el interior de la vivienda y también en el exterior, pero no en zonas frías ni para tomas de larga duración ya que a temperaturas del orden de 0° C, la vaporización es muy limitada.
- El gas propano, por el contrario, se utiliza además en zonas frías, para mayores caudales y en tomas de larga duración (por ejemplo, para alimentar calderas de calefacción).

T2: 2.3 Número de botellas máximo en una instalación

La cantidad máxima autorizada de unidades acoplables en batería depende de si éstos se ubican en el interior o en el exterior de las edificaciones (ver tipo de descarga, punto T2: 2.4).

- Ubicación en el interior de locales habitados: Se utilizan las botella domésticas conectadas en unidades sueltas (descarga unitaria) o, a lo sumo, porque así lo limita la Reglamentación, dos acopladas para descarga múltiple (simultánea). La reglamentación no determina el número de instalaciones (botellas) autorizadas en una vivienda o local.

- Ubicación en el exterior de las edificaciones: No existe normativa que limite el número máximo de botella domésticas que se puede tener acopladas en una instalación exterior, a no ser que admitamos sea la misma que la fijada en la Normativa para botellas industriales, que es el equivalente a 1 000 kg. A igualdad de gas almacenado, con botellas domésticas se tiene triple número de conexiones desmontables que con botellas industriales y por tanto triple riesgo de fuga.

En consecuencia, el número de envases correspondientes a estas cantidades, son:

- Botellas domésticas de butano: $1000/12,5 = 80$ uds (40 + 40)
- Botellas domésticas de propano: $1000/11 = 90$ uds. (45 + 45)
- Botellas industriales: $1000/35 = 28$ uds. (14 + 14)

En la siguiente tabla se relacionan el número máximo de envases en batería, expresándolo en forma binómica: (1+0) significa un envase en servicio y ninguno en reserva. (3+3) significa 3 envases en batería en servicio y otros 3 en reserva.

El número de envases que se han de acoplar en descarga simultánea será tal que el caudal suministrable por el Centro Emisor sea suficiente para atender la demanda durante el tiempo previsto.

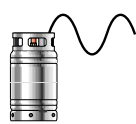
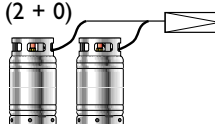
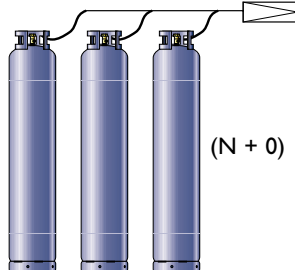
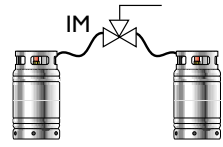
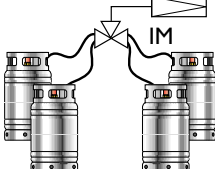
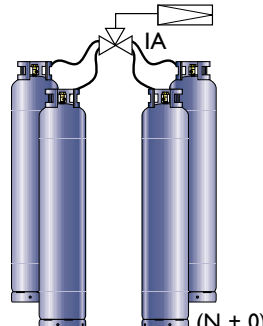
CANTIDAD MÁXIMA DE GAS ALMACENABLE EN UNA INSTALACIÓN		
Tipo de envase	Número de unidades (al exterior)	
Botellas Industriales (1 000 kg)		
CEPSA 35P de propano	$1\ 000/35 = 28$ unidades	(14 + 14)
Botellas Domésticas (1 000 kg)		
CEPSA 11P de propano	$1000/11 = 90$ unidades	(45 + 45)
CEPSA inox. de butano	$1000/12,5 = 80$ unidades	(40 + 40)

T2: 2.4 Tipos de descarga de gas en las botellas de GLP. Caudal máximo

Cada envase puede suministrar un caudal determinado por vaporización natural según se vio en el punto T2:2. Cuando dicho caudal resulte insuficiente ante la demanda de los aparatos de consumo, se deberán instalar las botellas necesarias montadas para descarga simultánea (múltiple), variándose en consecuencia los elementos constitutivos de la instalación.

Al diseñar una instalación se ha de determinar el tipo de DESCARGA del gas más conveniente. Los tipos de descarga son:

- *Descarga unitaria*: Cuando es una sola botella la que proporciona gas a la instalación de gas. El caudal es función de la temperatura exterior y del régimen de toma, principalmente. Puede ser continua o discontinua
- *Descarga múltiple*: Cuando son varias botellas las que suministran gas simultáneamente. Pueden ser en serie o en paralelo
 - Descarga múltiple en serie: Cuando se acoplan varios recipientes en batería, cada uno con el regulador correspondiente acoplado, y confluye el gas a presión reducida en un colector que alimenta a los aparatos. Con este sistema se multiplica la autonomía pero no el caudal. El RIGLO limita a un máximo de dos botellas
 - Descarga múltiple en paralelo: Cuando se acoplan varias botellas directamente a un colector, en donde se encuentra un regulador común que actúa sobre la suma de caudales de todas las botellas. Con este sistema se puede multiplicar el caudal además de multiplicar la autonomía. Es el caso de botellas industriales y domésticas con adaptador de salida libre.

		TIPOS DE DESCARGA DE GAS			
		Descarga unitaria	Descarga múltiple		
			Serie (*)	En paralelo	
		Suministro continuo	Suministro discontinuo	Suministro continuo	Suministro discontinuo
Reserva (N + 0) no conectada	Botella doméstica e industrial (1 + 0) 	Botella doméstica con regulador (2 + 0) 	Botella industrial (N + 0) 		
	Botella doméstica e industrial (1 + 1) 	Botella doméstica con regulador (*) (2 + 2) 			Botella doméstica con SLC y botella industrial (N + 0) 
Botella doméstica con adaptador-salida libre. IM: Inversor manual IA: Inversor automático (*) El RIGLO (ITC-03:3.2) no autoriza la descarga múltiple en serie con botellas domésticas para N > 2, según el siguiente texto: La reducción de presión en las instalaciones alimentadas desde botellas domésticas de GLP se realizará mediante regulador de MPB ubicado a la salida del colector cuando se trate de botella domésticas conectadas en batería o en la propia botella, en caso de que se instalen una o dos unidades de (en) descarga simultánea.					

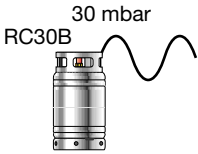
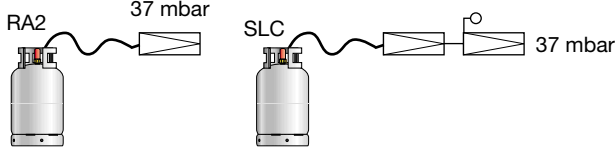
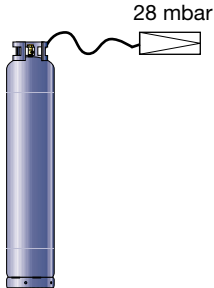
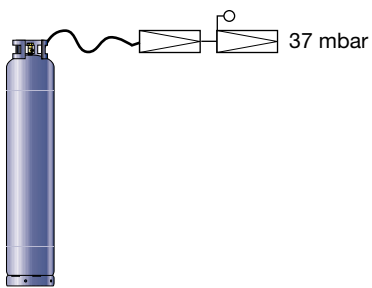
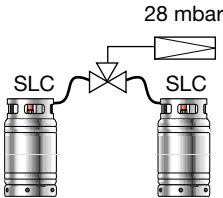
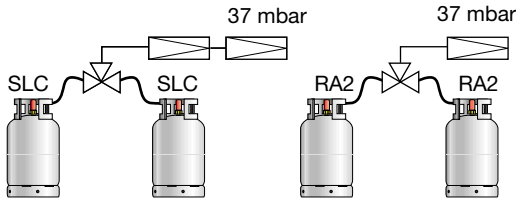
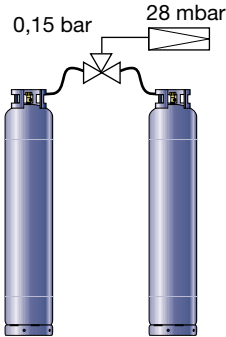
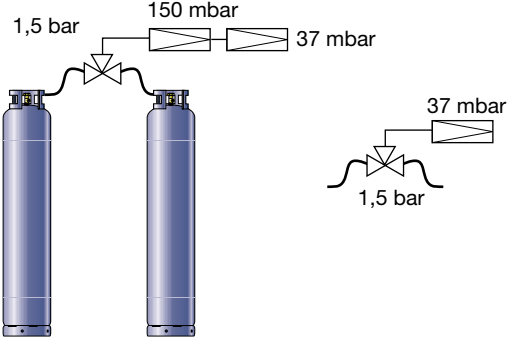
En general, la descarga puede ser continua o discontinua:

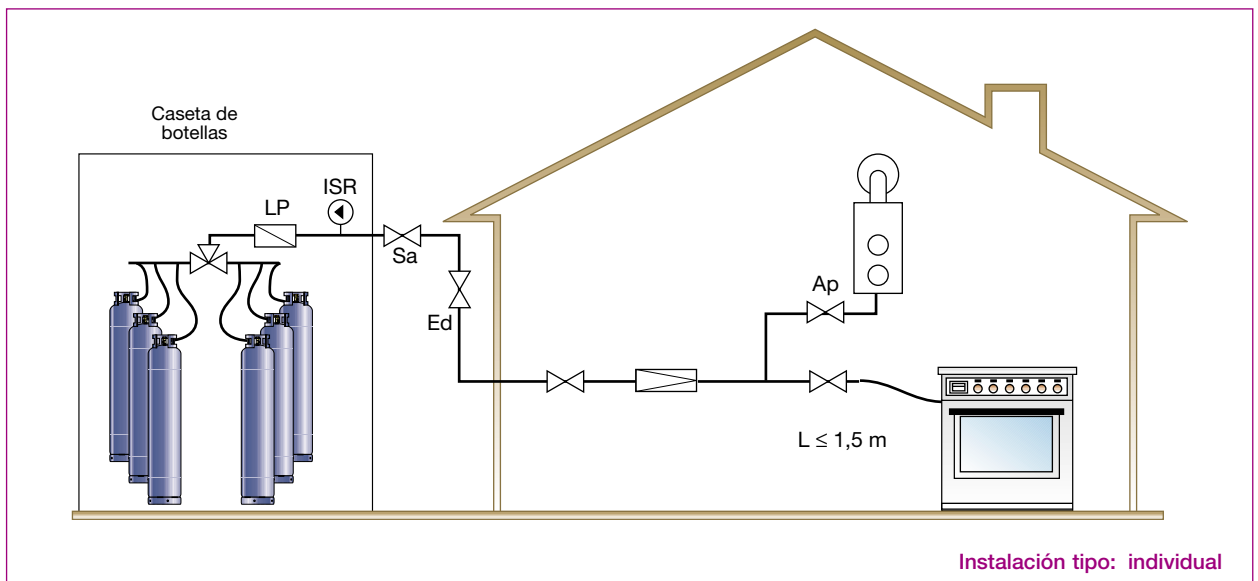
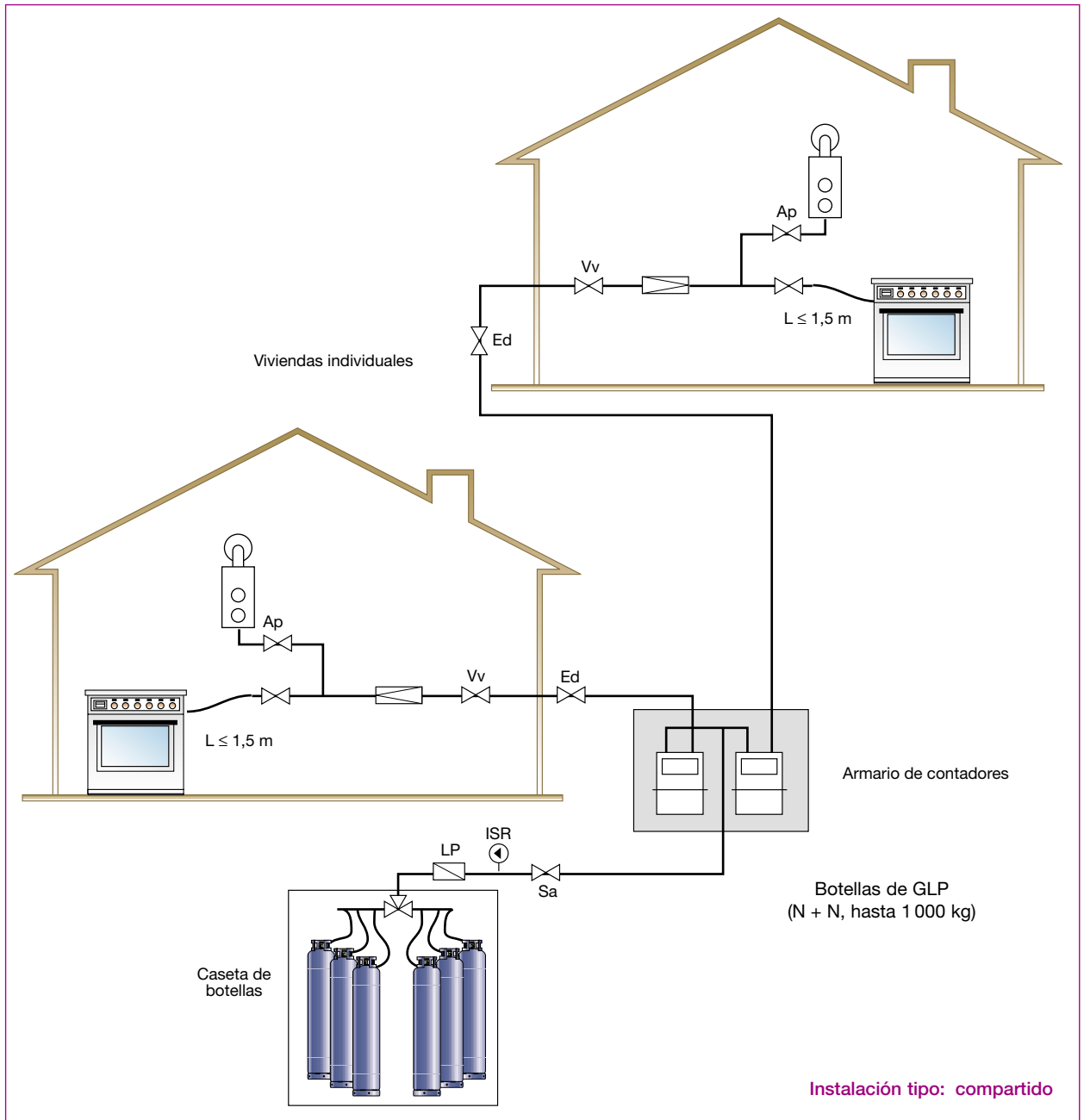
- Descarga continua: Disposición de las botellas de tal forma que tras el agotamiento de la(s) en servicio, entran a suministrar gas otras tantas botellas que se encuentran conectadas en reserva mediante la maniobra de un inversor automático. La conmutación es instantánea, no apreciándose en los aparatos de consumo.
- Descarga discontinua: Disposición de las botellas de tal forma que tras el agotamiento de la(s) en servicio, se interrumpe el suministro durante el tiempo necesario para sustituir la(s) vacías por otras tantas llenas. Esta descarga puede darse tanto en instalaciones unitarias o múltiples. Las botellas en reserva no se encuentran conectados a la instalación o si lo están, es mediante una llave conmutadora manual (inversor manual).

Sustitución de las botellas en servicio por las de reserva: Pueden darse dos casos según éstas se encuentren o no conectadas:

- Descarga sin tener la reserva conectada: Se elige este sistema cuando dicha contingencia no produce molestias y cuando, por ejemplo en las instalaciones móviles, el acarrear las botellas de reserva supone una cierta dificultad.
- Descarga teniendo la reserva conectada: Puede ser unitaria, en serie o en paralelo. Se requiere disponer de tantas botellas en reserva como se necesiten en servicio puesto que normalmente se calcula la cantidad de las mismas en función de la vaporización.

La “inversión” desde las botellas en servicio vacías, a las botellas en reserva llenas se realiza mediante un dispositivo llamado inversor. Existen dos tipos de inversores, el manual y el automático. Con estos últimos no existe interrupción de suministro, lográndose la descarga continua.

		Butano (1 escalón)	Propano (2 escalones)
DISCONTINUO	Botellas domésticas		
	Botellas industriales		
CONTINUO	Botellas domésticas		
	Botellas industriales		
<p>Descarga múltiple, acoplando varias botellas en batería (colector de tuberías flexibles). 2000 botel.</p> <p>RA2: Regulador ajustable con 2bar de presión máxima. SLC: Adaptador de salida libre.</p>			

BOTELLAS DOMÉSTICAS O INDUSTRIALES DE GLP EN EL EXTERIOR


T2: 3 CÁLCULO DE UNA INSTALACIÓN CON BOTELLAS DE GLP: PROYECTO

El cálculo de una instalación de GLP envasado se puede desglosar en tres partes:

1. Diseño y Cálculo del Emisor: Cálculo del número de envases por vaporización en función de las necesidades de energía. Cálculo simultáneo por Autonomía requerida.
2. Diseño y cálculo de la Caseta en función del número de botellas a instalar, del espacio disponible, de las distancias de seguridad, teniendo en cuenta las indicaciones sobre ventilación que impone la normativa. Este segundo punto se suele incluir con el primero
3. Diseño y Cálculo (dimensionado y escalonamiento de presiones) de la conducción de gas, basándose en el caudal de gas requerido por los aparatos. Selección de los elementos puntuales: inversor, VIS de máxima (limitador), reguladores, etc.

T2: 3.1 Cálculo del Centro Emisor

Según el tipo de botella utilizada y de instalación a realizar, el Emisor se compone de:

- Botellas en el interior de la vivienda:
 - Con descarga unitaria: la botella doméstica de GLP, el adaptador (entiéndase, regulador o llave salida libre), el tubo flexible.
 - Con descarga múltiple en serie: las dos botellas domésticas de GLP, y los respectivos reguladores y tubos flexibles.
 - Con descarga múltiple en paralelo: Dos baterías (conjunto de ellas acopladas para descarga múltiple), iguales, cada una compuesta por una o dos botellas domésticas de GLP, los respectivos adaptadores de salida libre y tubos flexibles reforzados (lira), y el colector. Entre los dos colectores se encuentra el inversor con VIS de máxima. Con esta disposición se consigue la continuidad de servicio. El emisor se compone de (1 + 1) ó (2 + 2) botellas
- Botellas en el exterior de la vivienda o local: En este caso las botellas pueden ser domésticas o industriales. Se dispone de dos baterías iguales compuestas por N botellas (las domésticas con el adaptador de salida libre), las respectivas liras con doble seguridad (válvula anti-retorno y válvula de exceso de caudal) y el colector. Entre los dos colectores se encuentra el inversor con VIS de máxima. Con esta disposición se consigue la continuidad de servicio ya que se trata de una descarga múltiple en paralelo. Terminando en la llave de salida. El emisor se compone de N + N botellas.

Las condiciones fundamentales que todo Emisor de GLP debe cumplir, son tres:

- a. El número de envases (N) que se han de acoplar en batería para descarga simultánea será tal que el **caudal** suministrable por el Emisor sea suficiente para atender el caudal demandado por los aparatos de consumo a conectar, durante el tiempo previsto, a la presión de funcionamiento y a la temperatura mínima media de la localidad, sin sobrepasar el límite impuesto por la Reglamentación (2 + 2 en el interior y 1 000 kg en el exterior).
- b. Disponer de una **autonomía** suficiente mediante el número de botellas necesario. Se entiende por AUTONOMÍA, el tiempo que transcurre entre dos suministros de gas consecutivos, como consecuencia de haberse producido el agotamiento del contenido de una batería de botellas en el Emisor debido a un uso normal del combustible. Si la instalación la integran 3 botellas en servicio y otras 3 en reserva, la autonomía la determinan tres botellas y no seis.
- c. Disponer de los dispositivos requeridos para alcanzar la **continuidad** de servicio. Así se elimina toda interrupción provocada por el hecho de tener que sustituir las botellas en servicio que se han vaciado por otras tantas llenas. Se trata de una descarga en paralelo.

En el caso de que el caudal proporcionado por una botella resultara insuficiente para el fin buscado, habrá de acoplarse varias botellas en “batería”, para que la descarga múltiple en paralelo de los mismos alcance a cubrir las necesidades de la instalación. También es posible el acoplamiento de varios envases en descarga múltiple en serie cuando se desee multiplicar la autonomía (ver descarga de gas, punto T2: 2.4).

Es importante resaltar que una instalación que contenga hasta 5 + 5 botellas industriales de propano, no requiere proyecto facultativo, pero que a partir de 6 + 6 unidades, dicho proyecto es imprescindible (capacidad superior a 350 kg). Dicho proyecto debe ser realizado por Técnico Titulado competente. Tratándose de botellas domésticas, el proyecto se exigirá a partir de 10 + 10 botellas de propano y a partir de 9 + 9 botellas de butano. (capacidad superior a 200 kg).

T2: 3.1.1 Datos de los aparatos a alimentar. Caudal de la instalación. Consumo de un aparato

Para poder calcular el Emisor de gas en cuanto al número de envases necesarios a instalar, se requiere previamente conocer los aparatos que han de ser abastecidos, su caudal consumido, y el nivel de confort deseado.

El caudal consumido por un aparato viene dado por el fabricante en la placa de características. Si fuera necesario su cálculo, procederíamos de la siguiente manera:

Un aparato se caracteriza por su potencia producida (superior o inferior) y por su potencia útil, resultando ésta última como resultado del rendimiento del aparato.

La potencia superior (Ps) es el producto del poder calorífico superior del gas (Hs), por el caudal nominal (Q).	$P_s = H_s \times Q$
La potencia inferior o gasto calorífico (Pi) es el producto del poder calorífico inferior del gas (Hi), por el caudal nominal (Q).	$P_i = H_i \times Q$
La potencia útil (Pu) se calcula según el tipo de aparato de que se trate. Tratándose de un calentador o caldera, es el producto de la cantidad de agua calentada (A) multiplicada por el incremento de temperatura ocasionado (Δt).	$P_u = A \times \Delta t$
También se puede calcular La potencia útil multiplicando la potencia superior (Ps) o inferior (Pi) del aparato por el rendimiento superior (Rs) ó inferior (Ri) en tanto por uno, respectivo.	$P_u = P_s \times R_s = H_s \times Q \times R_s$ $P_u = P_i \times R_i = H_i \times Q \times R_i$

En estos cálculos se utilizan las siguientes características de nuestros GLP:

VALORES CARACTERÍSTICOS	PROPANO COMERCIAL		BUTANO COMERCIAL	
Masa en volumen del gas a 20° C y presión atmosférica (ρ_g) (valores SEDIGAS)	2,095 kg/m ³		2,625 kg/m ³	
Densidad en fase gas (respecto al aire) (dg)	1,62		2,03	
Masa en volumen del líquido a 20° C (ρ_L)	506 kg/m ³		580 kg/m ³	
Densidad en fase líquida (respecto al agua) (dl)	0,506		0,580	
Poder Calorífico Superior -Hs-	12 000 kcal/kg 25 140 kcal/m ³	13,95 kWh/kg 29,23 kWh/m ³	11 900 kcal/kg 31 240 kcal/m ³	13,83 kWh/kg 36,32 kWh/m ³
Poder Calorífico Inferior -Hi-	10 900 kcal/kg 22 835 kcal/m ³	12,67 kWh/kg 26,55 kWh/m ³	10 820 kcal/kg 28 400 kcal/m ³	12,47 kWh/kg 33,02 kWh/m ³

Veamos un ejemplo: Se trata de una caldera cuya potencia superior es $P_s = 20$ kW con caudal consumido $Q = 1,434$ kg/h de gas propano de poder calorífico superior $H_s = 13,95$ kWh/kg. La expresión $P_s = Q \times H_s$, concuerda con: $20 = 1,434 \times 13,95$

Si se quisiera conocer su potencia inferior, habría que partir del poder calorífico inferior del gas $H_i = 12,67$ kWh/kg. La expresión $P_i = Q \times H_i$, nos daría el valor de la $P_i = 1,434 \times 12,67 = 18,17$ kW

Si el fabricante proporciona un rendimiento nominal, respecto al H_i de $R_i = 90$ %; la potencia útil será:

$$P_u = P_i \times R_i = 18,17 \times 0,9 = 16,35 \text{ kW}$$

Como la potencia útil será la misma, cualquiera que sea el poder calorífico utilizado, el rendimiento superior será:

$$R_s = P_u / P_s = 16,35 / 20 = 82 \%$$

Obsérvese que el rendimiento inferior resulta superior al rendimiento superior ($R_i > R_s$)

Resumiendo:

	Poder calorífico Propano	Caudal consumido	Potencia producida	Rendimiento	Potencia útil
Valor superior	$H_s = 13,95$ kWh/kg	$Q = 1,434$ kg/h	$P_s = 20$ kW	$R_s = P_u / P_s = 82$ %	$P_u = 16,35$ kW
Valor inferior	$H_i = 12,67$ kWh/kg	$Q = 1,434$ kg/h	$P_i = 18,17$ kW	$R_i = 90$ %	$P_u = 16,35$ kW
	(a)	(b)	(c) = (a) x (b)	(d)	(e) = (c) x (d)
					(e) = (a) x (b) x (d)

Para un determinado aparato:

- A igualdad de caudal consumido se tiene: $Q = P_s / H_s = P_i / H_i$; o lo que es lo mismo: $H_i / H_s = P_i / P_s$
- A igualdad de potencia útil, se tiene: $R_s \times P_s = R_i \times P_i$; o lo que es lo mismo: $P_i / P_s = R_s / R_i$

De las dos expresiones anteriores se obtiene la relación entre los rendimientos y los poderes caloríficos:

$$R_s / R_i = H_i / H_s$$

Teniendo en cuenta que en los hidrocarburos $H_i / H_s = 0,908$, aproximadamente, resulta que también será: $R_s / R_i = 0,908$.

Para un rendimiento inferior del 90%, se obtiene uno superior de: $R_s = 0,908 \times 0,9 = 81,7 \%$. (aproximadamente 82 % como se indicó en la tabla anterior).

En el caso de que se nos facilite la potencia útil pero no la producida ni el rendimiento, se recomienda considerar un valor para éste último del 80 %.

Caudal de cálculo:

Para facilitar la exposición del procedimiento seguido en la obtención del caudal de cálculo, realicemos un ejemplo aplicado a una instalación de uso doméstico. Sea una instalación que alimenta a:

- Una cocina de cuatro fuegos, más horno. Si los quemadores tienen una potencia inferior de 1, 2, 3 y 3 kW y el horno de 4 kW, se puede considerar que el Gasto calorífico (potencia de cálculo) del aparato cocina es de 10 kW.
- Un calentador instantáneo de 10 l/min., cuya potencia inferior es 22 kW (la potencia útil es de 17,4 kW, ~ 15000 kcal/h).
- Una caldera para calefacción de 12,8 kW de potencia útil.

En la práctica no todos los quemadores de la cocina se utilizan conjuntamente; por ello, se considera la potencia de cálculo de la cocina. Esta se obtiene sumando los dos fuegos mayores más la mitad de los restantes. En nuestro caso, $4 + 3 + \frac{1}{2}(3 + 2 + 1) = 10$ kW.

Hagamos la observación de que en el horno puede existir un grill a gas pero su potencia no se incluye en el total del aparato porque su quemador no puede funcionar simultáneamente con el del propio horno

		APARATO	Potencia útil "Pu" (kW)	Potencia inferior "Pi" (kW)	Caudal (consumo) "Q" (kg/h)	
DATOS DE APARATOS	Coc	Cocina con horno		10 (Pot. cálculo)	0,79	
		Calentador instantáneo	17,4	22	1,74	
	ACS	Acumulador de a.c.s.				
		Caldera mixta	Como A.C.S.			
	Calefa.	Caldera mixta	Como calefacción			
		Caldera calefacción		12,8	16	1,26
		Radiador mural				
	Otros aparatos					
Potencia de cálculo (de utilización simultánea)			Sin simultaneidad	$22 + 16 + 10 = 48$	$48 / 12,67 = 3,79$	
			Con simultaneidad	$22 + 16 + \frac{1}{2} 10 = 43$	$43 / 12,67 = 3,39$	
Propano: $H_i = 12,67$ kWh/kg					$(Q) = (P_i) / (12,67)$	

Normalmente se considera la simultaneidad al tomar la mitad de la potencia de los terceros aparatos. No obstante, para mayor margen de seguridad, en este ejemplo se toma la suma de todas ellas.

En las calderas mixtas, para calefacción y para agua caliente sanitaria (ACS), la potencia de calefacción se suele ajustar a un valor inferior al nominal del aparato mientras que la del calentador coincide con la nominal del aparato. Ambos servicios no pueden funcionar simultáneamente por lo que para calcular el consumo de gas ⁽¹⁾ se considerará como si de dos aparatos distintos se tratara, pero para el cálculo de los caudales ⁽²⁾ se considerará tan solo el mayor de ellos.

⁽¹⁾ Para el cálculo de las necesidades de energía y la autonomía.

⁽²⁾ Para el cálculo de la conducción y para determinar el número de envases necesarios por vaporización.

Veamos un segundo ejemplo en donde se incluye la caldera mixta:

- Una cocina de cuatro fuegos, más horno (la misma del caso anterior) de Potencia inferior 10 kW.
- Un calentador de agua por acumulación (acumulador a gas) de 6 kW de Potencia inferior.
- Una caldera mixta de potencia inferior 16 kW como calefacción y 22 kW como calentador (se considera solo el consumo para A.C.S. pues se trata de cálculo por vaporización).
- Una secadora de ropa de 5 kW de Potencia inferior.

		APARATO	Potencia útil "Pu" (kW)	Potencia inferior "Pi" (kW)	Caudal (consumo) "Q" (kg/h)	
DATOS DE APARATOS	Coc	Cocina con horno		10 (Pot. cálculo)	0,79	
		Calentador instantáneo				
	ACS	Acumulador de A.C.S.		6	0,47	
		Caldera mixta	Como A.C.S.	17,4	22	1,74
	Calefa.	Caldera mixta	Como calefacción	12,8	16 (no se considera)	1,26
		Caldera calefacción				
		Radiador mural				
	Otros aparatos		5	0,39		
Potencia de cálculo (de utilización simultánea)			Sin simultaneidad	$22 + 10 + 6 + 5 = 43$	$43 / 12,67 = 3,39$	
			Con simultaneidad	$22+10+1/2 (6+5) = 37,5$	$37,5 / 12,67 = 2,96$	
Propano: Hi = 12,67 kWh/kg					(Q) = (Pi) / (12,67)	

El caudal resultante, será: 3,39 kg/h si se considera que todos los aparatos pueden llegar a funcionar a la vez, y 2,96 kg/h si se admite simultaneidad de las instalaciones individuales. En los casos de instalaciones individuales no alimentadas por instalaciones comunes, no se suele tener en cuenta la simultaneidad.

Instalación industrial: En el caso de ser instalación de tipo industrial, los cálculos para la obtención de los caudales son similares a los descritos anteriormente, sin considerarse la simultaneidad a no ser que esté perfectamente definida.

Veamos un ejemplo:

Se trata de un restaurante en donde se encuentran instalados diversos aparatos de cocción y de preparación de ACS. Los caudales que consumen cada uno de ellos se pueden obtener de sus placas de características y de no ser así, de sus Potencias inferiores. Sean éstos:

- Cocina industrial: 2 unidades de 4 fuegos cada una, haciendo un total de 2 fuegos de 1 kW, otros 2 fuegos de 2 kW y 4 fuegos de 4 kW.
- Calentador de agua por acumulación: 1 unidad de 8 kW.
- Secadora de ropa de 4 kW.
- Otros aparatos de preparación de alimentos: 1 fuego de 2 kW y 2 fuegos de 1,5 kW.

APARATO	Potencia inferior "Pi"(kW)	Caudal (consumo) "Q" (kg/h)
	$2 \times 1 = 2$	$2 / 12,67 = 0,158$
Cocina industrial (2x)	$2 \times 2 = 4$	$4 / 12,67 = 0,316$
	$4 \times 4 = 16$	$16 / 12,67 = 1,263$
Acumulador de ACS	$1 \times 8 = 8$	$8 / 12,67 = 0,631$
Secadora de ropa	$1 \times 4 = 4$	$4 / 12,67 = 0,316$
Otros aparatos	$1 \times 2 = 2$	$2 / 12,67 = 0,158$
Otros aparatos	$2 \times 1,5 = 3$	$3 / 12,67 = 0,237$
Potencia de cálculo = 39		Caudal resultante (de cálculo) 3,08 kg/h
HI del propano = 12,67 kWh/kg		$Q = Pi/12,67$

T2: 3.1.2 Cálculo de la capacidad de almacenamiento

El cálculo del número de botellas necesario se ha de realizar teniendo en cuenta dos aspectos muy importantes:

- La vaporización posible de las botellas en las circunstancias más desfavorables en que se pueden encontrar, determinado por la mínima temperatura media de cálculo en el lugar donde se encuentren ubicadas.
- La autonomía requerida durante los días más fríos del invierno. Recordemos que autonomía es el tiempo a transcurrir entre dos reposiciones sucesivas de envases en invierno.

T2: 3.1.2.1. Cálculo por vaporización

El caudal de gas suministrable por una botella se obtiene según se dijo anteriormente en el punto T2: 2 Vaporización de las Botellas de GLP

Supongamos una instalación donde se ha de alimentar a un aparato que consume un caudal de 3 kg/h de propano. Se piensa que funcione durante periodos de 2 h. La temperatura mínima media de la localidad es de -3°C .

Una botella industrial de propano gasifica en dicha localidad y durante ese tiempo, según el NOMO-grama de la Figura 2.2, entre 0,9 y 1 kg/h. El número de botellas que es necesario instalar se obtiene al dividir el caudal del aparato por el caudal que proporciona una botella en las circunstancias fijadas:

- Para una vaporización de 0,9 kg/h, se obtiene: $N = 3/0,9 = 3,3$ botellas.
- Para una vaporización de 1,0 kg/h, se obtiene: $N = 3/1,0 = 3,0$ botellas.

En plan conservador, se tomaría el primer caso, redondeando a 4 botellas. La instalación constaría de 4 botellas en servicio y otras 4 en reserva (4 + 4).

Normalmente, una instalación incluye varios aparatos y el cálculo resulta por ello más complicado. Uno de los procedimientos de cálculo más aceptados es el que se describe a continuación. Se desarrolla mediante un ejemplo práctico, considerando botellas de 35 kg de propano y los aparatos siguientes (se trata de los mismos aparatos utilizados en ejemplos anteriores):

- Cocina de 10 kW de Gasto calorífico con un caudal consumido de 0,79 kg/h;
- Calentador instantáneo de agua de 17,4 kW de Potencia útil y un caudal consumido de 1,74 kg/h;
- Caldera de 12 kW de potencia útil y un caudal consumido de 1,26 kg/h.

El caudal total de la instalación será 3,79 kg/h sin simultaneidad y 3,39 kg/h considerándola. El cálculo se realiza sin considerar la simultaneidad.

		APARATO		Potencia útil "Pu" (kW)	Potencia inferior "Pi" (kW)	Caudal (consumo) "Q" (kg/h)
DATOS DE APARATOS	Coc	Cocina con horno			10 (Pot. cálculo)	0,79
	ACS	Calentador instantáneo		17,4	22	1,74
		Acumulador de A.C.S.				
		Caldera mixta	Como A.C.S.			
	Calefa.	Caldera mixta	Como calefacción			
		Caldera calefacción		12	16	1,26
		Radiador mural				
	Otros aparatos					
Potencia de cálculo (de utilización simultánea)				Sin simultaneidad	$22 + 10 + 10 = 48$	$48 / 12,67 = 3,39$
				Con simultaneidad	$22+16+1/2 10 = 43$	$43 / 12,67 = 3,39$
Propano: $H_i = 12,67$ kWh/kg						$(Q) = (P_i) / (12,67)$

La temperatura de cálculo de la localidad es de -4°C

Se desea conocer el número de botellas de propano necesarios para el Emisor.

Son infinitas las combinaciones de posibilidades de funcionamiento de los aparatos conectados. En un momento dado pueden estar todos los aparatos funcionando, aunque lógicamente coincidirán durante poco tiempo. Habrá momentos en que ninguno funcione o que uno lo haga y los otros no, etc.

Como no se pueden estudiar cada una de las infinitas posibilidades, se han elegido tres “supuestos” que resultan ser característicos en este tipo de instalaciones:

Supuesto 1. Todos los aparatos funcionan simultáneamente durante 15 min. Para ello se ha de:

- Obtener la suma de los caudales de cada aparato
- Dividir este valor por el caudal suministrable por una botella en las condiciones de temperatura correspondientes a la zona en estudio, considerando un tiempo de utilización de 15 min.

En el ejemplo expuesto, el caudal total de todos los aparatos funcionando simultáneamente es de 3,8 kg/h y la vaporización de una botella durante 15 min. es de 2,9 kg/h. El número de botellas necesario será: $3,8/2,9 = 1,3$ unidades. Redondeando por exceso, resultan 2 botellas.

Cocina	0,79 kg/h
Calentador instantáneo	1,74 kg/h
Caldera calefacción	1,26 kg/h

Supuesto	Número de botellas requeridas	N (*)
1°	$\frac{\text{Caudal total}}{\text{Vaporización en 15 m}} = \frac{0,79 + 1,74 + 1,26}{2,9} = \frac{3,8}{2,9} = 1,3$	2
(*) redondeo por exceso.		

Supuesto 2. Todos los aparatos funcionan simultáneamente, durante 1 h, estando los calentadores instantáneos apagados. Para ello se ha de:

- Obtener la suma de los caudales de cada aparato, excluyendo a los calentadores instantáneos.
- Dividir este valor por el caudal suministrable por una botella siendo el tiempo de utilización de 1 h.

En el ejemplo expuesto, el caudal total de todos los aparatos menos los calentadores, funcionando simultáneamente, es de 2,05 kg/h y la vaporización de una botella durante 1 h es de 1,2 kg/h. El número de botellas necesario será: $2,05/1,2 = 1,7$ unidades. Redondeando por exceso, resultan 2 botellas.

Cocina	0,79 kg/h
Caldera calefacción	1,26 kg/h

Supuesto	Número de botellas requeridas	N (*)
2°	$\frac{\text{Caudal sin ACS}}{\text{Vaporización en 1 h}} = \frac{0,79 + 1,26}{1,2} = \frac{2,05}{1,2} = 1,7$	2
(*) redondeo por exceso.		

Supuesto 3. Solamente los aparatos de calefacción funcionan simultáneamente de continuo. Para ello se ha de:

- Obtener la suma de los caudales de cada aparato de calefacción.
- Dividir dicho valor por el caudal suministrable por un envase en servicio continuo.

En el ejemplo expuesto, el caudal total de todos los aparatos de calefacción (podría haber varios), funcionando simultáneamente es de 1,26 kg/h y la vaporización de una botella en continuo es de 0,4 kg/h. El número de botellas necesario será: $1,26/0,4 = 3,15$ unidades. Redondeando por exceso, resultan 4 unidades (se elige 3 por ser la parte decimal reducida y no haberse considerado en este ejemplo la simultaneidad).

Supuesto	Número de botellas requeridas	N (*)
3°	$\frac{\text{Caudal de calefacción}}{\text{Vaporización continua}} = \frac{1,26}{0,4} = 3,15$	3
(*) redondeo por exceso (no aplicado en este caso).		

El número de envases a instalar será el mayor de los tres obtenidos en cada supuesto: 3 botellas en servicio y 3 en reserva.

El Emisor será de 3 + 3 botellas para hacer frente a la vaporización necesaria.

El cálculo del número de envases se facilita utilizando la hoja de cálculo de la página 56:

Supuesto		Número de botellas requeridas	N (*)
Cálculo por vaporización	1º	$\frac{\text{Caudal total}}{\text{Vaporización en 15 m}} = \frac{0,79 + 1,74 + 1,26}{2,9} = 1,3$	2
	2º	$\frac{\text{Caudal sin ACS}}{\text{Vaporización en 1 h}} = \frac{0,79 + 1,26}{1,2} = \frac{2,05}{1,2} = 1,7$	2
	3º	$\frac{\text{Caudal de calefacción}}{\text{Vaporización continua}} = \frac{1,26}{0,4} = 3,15$	3

(*) redondeo por exceso.

En el caso de tratarse de botellas domésticas, el procedimiento es el mismo utilizando los gráficos correspondientes.

T2: 3.1.2.2 Cálculo por autonomía

Para calcular la cantidad de gas a almacenar (número de botellas en cada batería) para alcanzar la autonomía necesaria se requiere conocer previamente la cantidad y tipos de aparatos conectados a la instalación de consumo y con ello el **consumo** ⁽³⁾ medio diario de la instalación, esto es, la suma de los productos de caudales consumidos por los respectivos tiempos de funcionamiento diario medio de cada uno.

El tiempo durante el cual está funcionando cada aparato a lo largo del día suele ser muy variable, dependiendo de las costumbres, confort, número, etc. de los integrantes de la unidad familiar. No obstante, a modo de ejemplo, se considerará:

- Cocina: Funcionamiento durante 1 h/día, con el caudal obtenido al considerar el Gasto calorífico nominal del aparato.
Durante el verano, el tiempo de funcionamiento puede llegarse a reducir hasta el 50 %
- Calentador: Funcionamiento durante 2,5 h/día.
- Caldera: Funcionamiento durante 6 h/día.

Los datos estadísticos dirigidos a conocer a priori estos valores son válidos para una pluralidad de viviendas (bloque de viviendas, urbanización, etc.) pero no tienen porqué coincidir con los de un caso particular. En cada uno de estos casos se ha de presuponer, por los datos familiares que lleguemos a conocer, la duración de los servicios para obtener el consumo diario más aproximado.

La autonomía (A) es el cociente obtenido al dividir el gas almacenado por el consumo diario (Cd) de la instalación:

$$\text{Para botellas domésticas de butano: } A = N \times 12,5 / Cd$$

$$\text{Para botellas industriales: } A = N \times 35 / Cd$$

Debido a que el período anual se puede desglosar en dos, según se utilice o no la calefacción, se distinguen dos autonomías, la de invierno y la de verano, respectivamente.

El procedimiento de cálculo se expone mediante dos ejemplos:

Ejemplo 1º: Sea una instalación de gas propano que alimenta a un aparato cuyo caudal de gas consumido es de 1,5 kg/h. El tiempo medio de funcionamiento es de 2 h/día. El consumo medio resulta ser de:
 $1,5 \text{ kg/h} \times 2 \text{ h/día} = 3 \text{ kg/día.}$

⁽³⁾ **Consumo** es la cantidad de gas quemado en un determinado espacio de tiempo, en este caso, durante el día (durante este período de tiempo, pueden existir períodos de tiempo en que el aparato se encuentre apagado), mientras que caudal consumido por un aparato es su consumo continuado durante una hora, a potencia máxima.

Si el Emisor estuviera constituido, por ejemplo, por una sola botella de 35 kg de propano ($N = 1$), la autonomía (A) resultante será:

$$A = \text{gas almacenado} / \text{consumo diario} = 35 \text{ kg} / 3 \text{ kg/día} = 11,7 \text{ días}$$

Ejemplo 2º: Sea una instalación de gas propano que alimenta a una caldera mural mixta que consume un caudal de 1,74 kg/h para calentamiento de agua sanitaria y un caudal de 1,26 kg/h para calefacción. Al considerar, por ejemplo, los tiempos de funcionamiento medios durante el invierno de 2 y 5 h/día respectivamente, el consumo medio diario será:

$$\begin{aligned} 1,74 \text{ kg/h} \times 2 \text{ h/día} &= 3,48 \\ 1,26 \text{ kg/h} \times 5 \text{ h/día} &= 6,30 \\ &= 9,78 \text{ kg/día} \end{aligned}$$

Si el emisor estuviera constituido, por ejemplo, por 2 botellas de 35 kg de propano ($2 + 2$), la autonomía (A) resultante será:

$$A = \text{gas almacenado} / \text{consumo diario} = 70 / 9,78 = 7,16 \text{ días}$$

Siempre se ha de calcular correctamente el número de envases de la instalación, y precisamente en zonas frías y para servicios con calefacción, pues el quedarse cortos, supone el no poder extraer la totalidad del contenido de las botellas. (Existiendo inversor automático, el enfriamiento ocasionado por el exceso de vaporización, lo conmutaría antes de tiempo.)

Siguiendo con el ejemplo anterior del punto T2: 3.1.2.1 (Cálculo por vaporización) y suponiendo la duración media indicada para los servicios de cocina, ACS, y calefacción, el consumo diario (Cd) medio en invierno y en verano se puede obtener como se indica en la tabla siguiente:

			CONSUMO MEDIO DIARIO			
			Invierno		Verano	
Cálculo por autonomía	Aparatos	Caudal "Q" kg/h	Duración h/día	Consumo diario (Q x duración) kg/día	Duración h/día	Consumo diario (Q x duración) kg/día
	Cocina (Σ COC)	0,79 kg/h	1 h/día	0,79 kg/día	0,5 h/día	0,40 kg/día
	Calentador (Σ ACS)	1,74 kg/h	2,5 h/día	4,35 kg/día	2,5 h/día	4,35 kg/día
	Calefacción (Σ CAL)	1,26 kg/h	6 h/día	7,56 kg/día		
			Total : Cd = 12,7 kg/día		Total: Cd = 4,75 kg/día	

Para el cálculo por autonomía del Emisor de gas, se considera el consumo diario (Cd) en invierno (por ser mayor que el obtenido para el verano).

Al ser $A = N \times 35 / Cd$, al despejar el número de envases, se tiene:

$$N = A \times Cd / 35$$

En este ejemplo: Para una autonomía deseada de 2 semanas, el número de botellas necesario en invierno será:

$$N = 14 \text{ días} \times 12,7 \text{ kg/día} / 35 \text{ kg} = 5 \text{ botellas industriales. (5 + 5)}$$

La instalación deberá incluir 5 + 5 botellas.

Puede interesar conocer la autonomía resultante con el número de envases calculados por vaporización.

En el cálculo por vaporización se obtuvo un Emisor de ($N; 3 + 3$); la autonomía resultante se obtiene dividiendo la cantidad de gas almacenado (solo las botellas en servicio), por el consumo diario.

$$\text{Durante el invierno: } A = \frac{\text{gas almacenado}}{\text{consumo diario}} = \frac{N \times 35}{Cd} = \frac{3 \times 35 \text{ kg}}{12,7 \text{ kg/día}} = 8,3 \text{ días}$$

$$\text{Durante el verano: } A = \frac{\text{gas almacenado}}{\text{consumo diario}} = \frac{N \times 35}{Cd} = \frac{3 \times 35 \text{ kg}}{4,75 \text{ kg/día}} = 22,1 \text{ días}$$

Estos cálculos por autonomía se facilitan utilizando la hoja de cálculo siguiente:

Para una autonomía deseada de A = 14 días	$\frac{N \times 35 \text{ kg}}{\text{consumo/día}} = 14 \text{ días}; \quad N = \frac{14 \times 12,7}{35} = 5,08 \text{ botellas (5 + 5)}$
---	--

	AUTONOMÍA INVIERNO	AUTONOMÍA VERANO
Cálculo por vaporización: Con 3 botellas	$\frac{3 \times 35 \text{ kg}}{12,7 \text{ kg/día}} = 8,3 \text{ días}$	$\frac{3 \times 35 \text{ kg}}{4,75 \text{ kg/día}} = 22,1 \text{ días}$

Para que la instalación pueda satisfacer las dos condiciones impuestas: vaporización y autonomía, se elegirá la cantidad mayor de las obtenidas siguiendo los dos procedimientos expuestos. El número de botellas a instalar ha de ser siempre, como mínimo, el obtenido en el cálculo por vaporización.

Las autonomías reales obtenidas para el número de botellas calculadas, son:

	AUTONOMÍA INVIERNO	AUTONOMÍA VERANO
Cálculo por vaporización: Con 3 botellas	$\frac{3 \times 35 \text{ kg}}{12,7 \text{ kg/día}} = 8,3 \text{ días}$	$\frac{3 \times 35 \text{ kg}}{4,75 \text{ kg/día}} = 22,1 \text{ días}$
Cálculo por autonomía: Con 5 botellas	$\frac{5 \times 35 \text{ kg}}{12,7 \text{ kg/día}} = 13,8 \text{ días}$	$\frac{5 \times 35 \text{ kg}}{4,75 \text{ kg/día}} = 36,8 \text{ días}$

Cálculo del número de envases necesarios en una instalación industrial: Consideremos un ejemplo para describir el procedimiento de cálculo.

En una industria se encuentran instalados los siguientes aparatos:

- Un horno que consume un caudal de propano de 5 kg/h, y se considera en funcionamiento continuo.
- Diez quemadores de un caudal unitario de 0,3 kg/h. Estos aparatos funcionan con una simultaneidad del 60%.

Se supone que la localidad donde se instalan las botellas industriales tiene una temperatura exterior mínima media de -5°C . El gráfico de vaporización indica que la botella de propano puede suministrar 0,5 kg/h en las condiciones indicadas (servicio continuo a -5°C).

$$\begin{aligned} \text{Horno:} & \quad \text{caudal} & & = 5,0 \text{ kg/h} \\ \text{Quemadores:} & \quad \text{caudal de cálculo} = 10 \times 0,3 \times 0,6 & = & \underline{1,8 \text{ kg/h}} \\ & \quad \text{Caudal resultante} & & = 6,8 \text{ kg/h} \end{aligned}$$

El número de botellas necesarias será:

$$N = \frac{6,8 \text{ kg/h}}{0,5 \text{ kg/(h} \times \text{ botella)}} = 13,6 \text{ botellas}$$

La batería de botellas constará de 14 botellas en servicio y otras 14 en reserva (980 kg de propano almacenado en total).

Autonomía: Supongamos que durante una jornada de trabajo, el horno funciona durante 6 horas y los quemadores durante 7 horas. El consumo diario será:

$$\begin{aligned} \text{Horno:} & \quad 5 \text{ kg/h} \times 6 \text{ h/día} = 30,00 \text{ kg/día} \\ \text{Quemadores:} & \quad = 1,8 \text{ kg/h} \times 7 \text{ h/día} = 12,60 \text{ kg/día} \\ & \quad \text{Cd} = \underline{42,60 \text{ kg/día}} \end{aligned}$$

Las 14 botellas contienen 490 kg de propano, luego “durarán”:

$$A = \frac{N \text{ botellas} \times 35 \text{ kg/botella}}{\text{Consumo diario kg/día}} = \frac{14 \times 35}{42,60} = \frac{1490 \text{ kg}}{42,6 \text{ kg/día}} = 11,5 \text{ días}$$

Si se desea que la autonomía alcance, por ejemplo, a 15 días, el número de botellas pasaría a ser de:

$$N (\text{botellas}) \times 35 (\text{kg/botella}) = \text{Autonomía (días)} \times \text{Consumo diario (kg/día)}$$

$$N = \text{Autonomía} \times \text{Consumo} / 35 = 15 \times 42,6 / 35 = 18,2 \text{ botellas,}$$

Esta cantidad de botellas no está autorizada por la Reglamentación (máximo son 14+ 14). En este caso, de no conformarse el interesado con dicha cantidad, tendría que decidirse por la elección de un depósito con capacidad suficiente.

Como hoja completa para el cálculo se puede utilizar la siguiente:

		APARATO	Potencia útil "Pu" (kW)	Potencia inferior "Pi" (kW)	Caudal (consumo) "Q" (kg/h)	
DATOS DE APARATOS	Coc	Cocina		(cálculo)		
	ACS	Calentador instantáneo				
		Acumulador de A.C.S.				
		Caldera mixta	Como A.C.S.			
	Calefa.	Caldera mixta	Como calefacción			
		Caldera calefacción				
		Radiador mural				
	Otros aparatos					
Potencia de cálculo (de utilización simultánea)			Sin simultaneidad			
			Con simultaneidad			
Propano: Hi = 12,67 kWh/kg					(Q) = (Pi) / (12,67)	

Supuesto	Número de botellas requeridas		N (*)
Cálculo por vaporización	1º	$\frac{\text{Caudal total}}{\text{Vaporización en 15 m}} = \text{-----} =$	
	2º	$\frac{\text{Caudal sin ACS}}{\text{Vaporización en 1 h}} = \text{-----} =$	
	3º	$\frac{\text{Caudal de calefacción}}{\text{Vaporización continua}} = \text{---} =$	
(*) redondeo por exceso.			

				CONSUMO MEDIO DIARIO			
				Invierno		Verano	
		APARATO	Caudal "Q" kg/h	Duración h/día	Consumo diario (Q x duración) kg/día	Duración h/día	Consumo diario (Q x duración) kg/día
DATOS DE APARATOS	Coc	Cocina	kg/h		(cálculo)		
	ACS	Calentador instantáneo	kg/h				
		Acumulador de A.C.S.	kg/h				
		Caldera mixta	Como A.C.S.	kg/h			
	Calefa.	Caldera mixta	Como calefacción	kg/h			
		Caldera calefacción		kg/h			
		Radiador mural		kg/h			
	Otros aparatos						
				Consumo I:	kg/día	Consumo V:	kg/día

	AUTONOMÍA INVIERNO	AUTONOMÍA VERANO
Con N = botellas (del cálculo por vaporización)	$\frac{N \times 35 \text{ kg}}{\text{consumo I/día}} = \frac{x \times 35}{\text{consumo I/día}} =$	$\frac{N \times 35 \text{ kg}}{\text{consumo V/día}} = \frac{x \times 35}{\text{consumo V/día}} =$
Para una autonomía de A = días	$\frac{N \times 35 \text{ kg}}{\text{consumo/día}} = 14 \text{ días; } N =$	$\frac{\text{días} \times \text{consumo}}{35} = \frac{x}{35} =$

T2: 3.1.3 Diseño del emisor. Normativa

Previamente a realizar la instalación de gas, se deberá estudiar la normativa para conocer las prescripciones a tener en cuenta para ello.

La normativa relacionada con este tema es la que se indica:

BOTELLAS DOMÉSTICAS	BOTELLAS INDUSTRIALES	COMUNES	
Condiciones "CTB": Condiciones Técnicas Básicas que han de cumplir las instalaciones de los aparatos que utilicen GLP como combustible (*).	Normas "NDM": Normas a que deben supeditarse las instalaciones de GLP con Depósitos Móviles de capacidad superior a 15 kg.	Reglamento "RIGLO": Reglamento de Instalaciones de Gas en Locales destinados a usos domésticos, colectivos y comerciales.	Reglamento "RAD": Reglamento de la Actividad de Distribución de GLP.
Resolución 25/2/63. BOE núm. 61 21/3/63	Resolución del 24/07/63 BOE núm. 218 de 11/09/63	RD 1853/93 de 22/10/93. BOE de 24/11/93 UNE 60 670	RD 1085/92 de 11/9/92. BOE núm. 243 de 9/10/92
(*) Las botellas domésticas, cuando se instalan en el exterior en batería, seguirán la normativa de las industriales.			

T2: 3.1.3.1 Reglamento RIGLO (UNE 60 670-93)

Actualmente está en vigor la edición de 1999 y se espera que en 2001 sea de obligado cumplimiento.

(Artículo 3.2): El aparato alimentado por una única botella doméstica conectada por tubería flexible o acoplado directamente a un solo aparato a gas, no tendrá carácter de instalación receptora (pero si de instalación de gas), pero se regirá por el RIGLO en su conexión, ubicación, puesta en servicio y revisiones.

T2: 3.1.3.2 Botellas domésticas (CTB)

- 1 En el interior de las viviendas solo pueden instalarse botellas domésticas.
- 2 En el interior de las viviendas no se permite la conexión en batería de más de dos botellas para descarga simultánea.
(No se prohíbe acoplar a la batería mencionada otra igual en función de reserva, lo que es conocido por instalación "dos más dos".)
- 3 La instalación de botellas domésticas en batería requiere, en todo caso, la instalación rígida.
- 4 Las botellas domésticas, tanto llenas como vacías, deberán colocarse siempre en posición vertical.
- 5 La distancia mínima que separe las botellas domésticas de fuentes de calor (combustibles sólidos o líquidos) será de 1,5 m. Cuando no se pueda mantener esta distancia por falta de espacio, se colocará una protección contra la radiación (material M1 según norma UNE 23 727), sólida y eficaz, de material incombustible. En este caso, la distancia fuente de calorprotecciónbotella doméstica, no será inferior a 0,5 m.
- 6 La distancia mínima que separe las botellas domésticas de los hornillos y elementos de calefacción será de 30 cm. Con protección contra la radiación podrá reducirse a 10 cm.
- 7 Las botellas domésticas distarán como mínimo 30 cm de los interruptores y de los conductores eléctricos, y de 50 cm de las tomas de corriente eléctrica.
- 8 Únicamente se admite la instalación de botellas domésticas debajo de hornillos de gas y de calentadores de agua, cuando se encuentre protegida contra las radiaciones directas del calor.
- 9 Si las botellas domésticas se colocan en armarios, éstos deberán estar provistos en su parte inferior de aberturas de ventilación que, como mínimo, ocupen 1/100 de superficie de la pared o fondo en que se encuentren colocadas.
- 10 Cuando los envases estén instalados en el exterior (terrazas, balcones, etc.), la instalación deberá estar provista, en el interior de la vivienda, de una llave general de corte de gas fácilmente accesible.

Cambio de botellas: Durante el cambio de botella domésticas deberá cuidarse de no encender ni tener encendido ningún punto de fuego, así como de no accionar interruptor eléctrico alguno.

Ubicación: Queda prohibida la instalación de botellas, cualquiera que sea su tamaño, en locales cuyo piso esté más bajo que el nivel de la calle, por lo tanto se prohíbe situarlas en sótanos, en cajas de escaleras y en pasillos, salvo expresa autorización del OTC.

Los GLP al ser más densos que el aire, tienden a acumularse en los puntos bajos las eventuales fugas. Es lógico que no se permita la ubicación de las botellas domésticas en los lugares de paso que además suelen conducir a plantas inferiores con deficiente ventilación.

La botella de reserva, si no está acoplada a la de servicio con una lira, (tubo para alta presión utilizado para gas a presión directa, esto es, con utilización del adaptador de salida libre), deberá colocarse obligatoriamente en un cuarto independiente de aquel en que se encuentre la botella en servicio y alejada de toda clase de fuegos (El lugar más adecuado para almacenar la botella de reserva cuando no está acoplada a la de servicio, es aquel que se encuentre bien ventilado, como el balcón, la terraza, el solarío –protegida del sol– o sitio similar.)

Es muy importante señalar aquí la gran importancia que tiene el que la botella doméstica de reserva, cuando no esté acoplada a la instalación, se encuentre siempre con su válvula protegida por la caperuza, con el fin de que no caigan en su interior cuerpos extraños (polvo, arenisca, etc.) que de entrar en el regulador, una vez acoplado éste, alterarían su correcto funcionamiento

La conexión a los aparatos de consumo y a la instalación receptora se hará de acuerdo con la norma UNE 60 670.

La norma no determina:

- La cantidad máxima de gas que pueda almacenarse en una vivienda. Sabemos que una instalación puede constar, como máximo, de 2 + 2 botellas, pero nada se dice del número de instalaciones admitidas. (¿Se puede tener 2+2 para la caldera, 1 para la cocina, 1 para una estufa, etc.?). Existe la propuesta de limitar la cantidad a 60 kg (4 botellas domésticas actuales).
- La cantidad máxima de gas que pueda almacenarse en el exterior. Se suele considerar la cantidad de 1000 kg, tomado de las Normas “NDM”.

T2: 3.1.3.3 Botellas industriales (NDM)

Estas normas son aplicables también a las botellas domésticas situadas en el exterior.

Clasificación en grupos de las instalaciones por el contenido de GLP almacenado:

	GRUPO 1°	GRUPO 2°	GRUPO 3°
Contenido de GLP	15 kg < C ≤ 70 kg	70 kg < C ≤ 350 kg	350 kg < C ≤ 1 000 kg
Número máximo de botellas industriales	1 + 1	5 + 5	14 + 14

La cantidad máxima de gas en un emisor será de 1 000 kg.

Cambio de botellas: Durante el cambio de botellas se adoptarán las siguientes precauciones: (dentro de un radio de acción de 10 m para las botellas en el exterior y de 20 m si lo están en el interior de locales).

- No se encenderá ni mantendrá encendido punto de fuego alguno.
- No se accionará interruptor eléctrico alguno (salvo los Antideflagrantes).
- No funcionarán motores de ningún tipo (salvo los Antideflagrantes).

T2: 3.1.3.3.1 Ubicación de botellas

Si las botellas están al exterior, deberán ir protegidas contra las inclemencias del tiempo por una caseta, y ésta será incombustible. Material M1 según UNE 23 727.

Las botellas de GLP no deben estar situadas en la proximidad o bajo la radiación de una fuente de calor; susceptible de comunicarles una temperatura superior a 50° C (A dicha temperatura, el butano comercial puede alcanzar una presión de 4 a 5 bar y el propano de unos 16,5 a 17,5 bar).

Grupo 1º: Se aconseja colocarlos en el exterior, pero podrán colocarse en el interior de los locales cuando lo autorice el OTC y éstos cumplan los siguientes requisitos:

VOLUMEN	SUPERFICIE	AMPLITUD DE LOS HUECOS DE VENTILACIÓN
$V > 1\ 000^3\ m^3$	$S \geq 150\ m^2$	mínima, 1/15 de la superficie del local, sirviendo al efecto cualquier abertura permanente (puerta, ventana, etc.) que llegue a ras del suelo.

Ejemplos:

DIMENSIONES DEL LOCAL			SUPERFICIE	VOLUMEN	ABERTURA	AUTORIZADO
Largo m	Fondo m	Alto m	“S” $\geq 150\ m^2$	“V” $> 1\ 000\ m^3$	(1/15 de “S”) $\geq 10\ m^2$	
10	20	4	200	800	13,3 (6,6 cada una)	NO (*1)
15	15	5	225	1 125	15,0 (7,25 cada una)	SI
12	12	7	144	1 008	9,6 (4,8 cada una)	NO (*2)

(*1) No autorizado porque V es menor que el mínimo establecido (1 000 m³). Aunque cumple la superficie.
(*2) No autorizado porque S es menor que la mínima establecida (150 m²). Aunque cumple el volumen.

Queda prohibida la instalación de botellas, cualquiera que sea su tamaño:

- En los locales cuyo piso esté más bajo que el nivel de la calle (sótanos).
- En las cajas de escalera.
- En pasillos.

Queda igualmente prohibida su colocación en locales en los que se encuentren instaladas tuberías de ventilación forzadas. Si se efectúa con extractores antideflagrantes, la OTC podrá autorizarlo.

Cuando las botellas se encuentre situadas en el interior de un local, cada “grupo” dispondrá de dos extintores de eficacia 21A-113B-C según UNE 23 110 Parte 4 (2,5 kg cada uno de polvo químico seco o anhídrido carbónico), que deberán estar colocados en la proximidad de las botellas y en lugar de fácil acceso. (Se entiende por “grupo” el Emisor de N + N envases.)

Se entiende que cuando las botellas se encuentren en el exterior, no se podrán colocar a nivel más bajo que el de la calle o terreno circundante (de emplazamiento). Queda indefinido el concepto “exterior” en el sentido de si se considera fuera o dentro de la línea de fachada. En este segundo caso se llega a admitir, siendo la caseta estanca respecto al interior y estando accesible únicamente desde el exterior y la ventilación realizarse desde el exterior únicamente.

Grupo 2º y 3º: Las botellas se colocarán siempre en el exterior de las edificaciones.

En instalaciones del grupo 3º, se dispondrá de dos extintores de 2,5 kg de eficacia 21A-113B según UNE 23 110 (polvo químico seco o anhídrido carbónico) en el exterior de la caseta y en lugar de fácil acceso (las instalaciones del Grupo 2º no requieren la incorporación de extintores).

Posición de las botellas: Las botellas, tanto llenas como vacías, se colocaran en posición vertical y con las llaves hacia arriba. Se exceptúan de esta norma las instalaciones que tengan que emplear vaporizadores.

T2: 3.1.3.3.2 Distancias de seguridad

La norma establece unas distancias de seguridad desde las botellas a elementos externos, para los tres grupos establecidos. Los valores mínimos se encuentran en la tabla resumen incluida inmediatamente antes del punto 3.2.

Para el Grupo 3º rigen las mismas normas que para las del Grupo 2º, aumentando las distancias en un metro. Las nuevas normas determinarán que las distancias del grupo 2º pasen a ser igual que las fijadas para las del grupo 3º.

T2: 3.1.4 Diseño de la caseta

Salvo circunstancias especiales, la Reglamentación obliga a ubicar las botellas industriales en el exterior, protegidas de las inclemencias del tiempo y de terceras personas, alojándolas en una caseta. En el caso de baterías de botella domésticas ubicadas en el exterior, se adoptará misma normativa de las botellas industriales.

El piso de las casetas deberá estar ligeramente inclinado hacia el exterior. (Para facilitar el que no se acumule el agua que pudiera existir. Es conveniente que el material sea compacto, hierro o cemento, preferentemente).

Es aconsejable que las casetas no tengan acceso desde el interior del edificio en el que el gas ha de ser utilizado, y si lo tienen, las puertas deberán poderse cerrar herméticamente, de forma que la ventilación de la caseta se realice exclusivamente hacia el exterior. (Se ha de evitar que una eventual fuga de gas en el interior de la caseta pueda llegar al interior del local de instalación.)

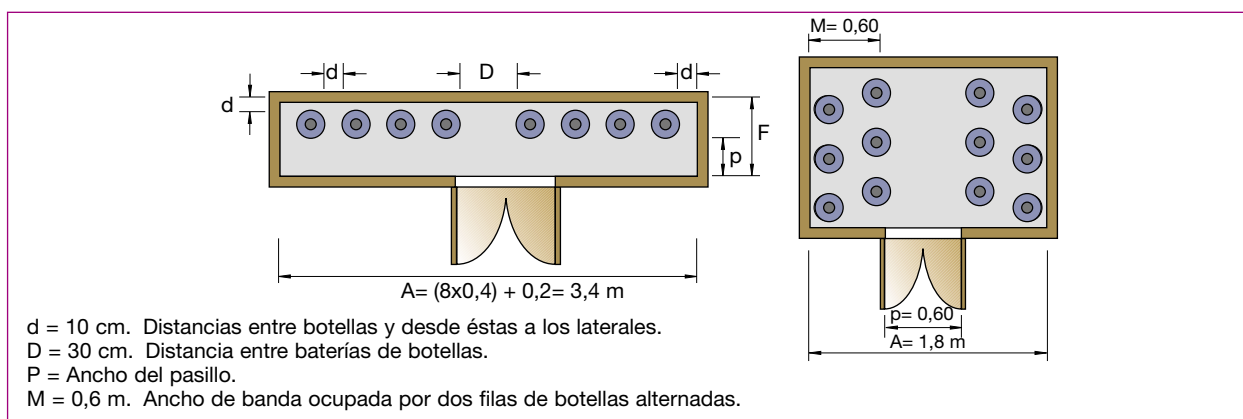
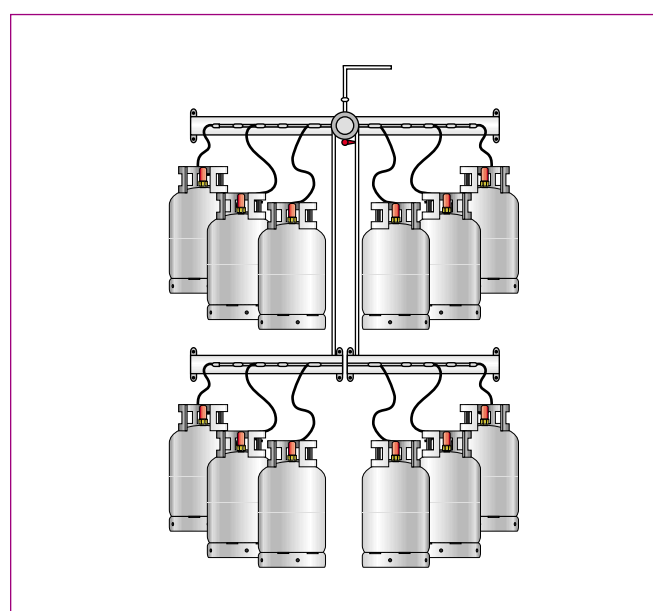
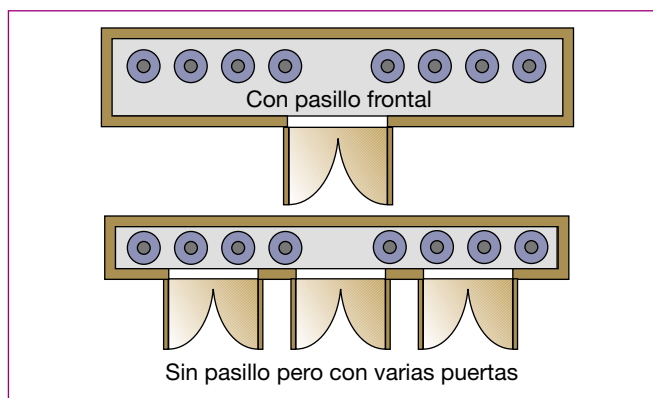
Las botellas se podrán ubicar en línea y a lo sumo en doble línea. En todo caso, sus llaves han de quedar accesibles para el usuario, sin tener que mover las que se encuentren a su lado.

En las casetas se puede optar entre colocar un pasillo frontal entre la puerta única y las botellas, o no colocarlo, pero situando puertas en todo el frontal a fin de conseguir el acceso cómodo a todas las botellas.

Tratándose de botella domésticas, sería admisible la colocación de las mismas en dos niveles con el fin de reducir la superficie ocupada.

Cuando exista la posibilidad de que las botellas queden accesibles a personas extrañas al servicio, la puerta de la caseta deberá estar dotada de cerradura.

Dimensiones de la caseta: Las dimensiones de la caseta dependerán del número de botellas que contengan (servicio más reserva). Para calcular estas dimensiones, se ha de considerar que el diámetro de las botellas es de 0,3 m, que la separación más aconsejable entre ellas y desde ellas a las paredes interiores de la caseta ha de ser aproximadamente de 0,1 m y que el pasillo que pudiera ser necesario debe tener un ancho suficiente para la circulación de la carretilla (se suele considerar $p = 0,6$ m). El ancho de la caseta también dependerá de la disposición de las botellas entre si: en simple o doble línea..



El largo frontal de la caseta se puede calcular rápidamente utilizando la fórmula $A = (B \times 0,4) + 0,2$, en metros, siendo B el número de envases que están adosados a la pared que da origen al ancho de la caseta. En la figura con un emisor de 4+ 4, el ancho será de 3,4 m.

En el caso de la figura de la derecha, las dos filas de botellas de una batería ocupa un ancho de 50 cm, su distancia a la pared de $d = 10$ cm (el ancho de banda resultante será de 0,6 m), el pasillo otros 60 cm y la segunda batería como la anterior, también 60 cm. El total será de 1,8 m.

El fondo F dependerá de si existe pasillo o no. El pasillo ha de tener un paso de $p = 0,6$ m como mínimo.

Para una fila: $F = d + 30 + p = 10 + 30 + 60 = 1$ m

Para dos filas alternada: $F = d + 50 + p = 10 + 50 + 60 = 1,20$ m

Se recomienda que la altura de la caseta posibilite el acceso cómodo a ella del personal (instaladores, repartidores, servicio de mantenimiento, etc.), por lo que no deberá ser inferior a los 2 m, salvo que se trate de una disposición en línea en la que todos las botellas estén accesibles desde el exterior, en cuyo caso la altura podrá ser la suficiente para ubicar el Emisor.

Ventilación de la caseta: Las casetas estarán dotadas de huecos de ventilación situados en zonas altas y bajas (a menos de 15 cm del nivel del suelo y de la parte superior de la caseta) con una amplitud mínima de 1/10 de la superficie de su piso. Las dimensiones no deben ser una superior al doble de la otra.



Veamos unos ejemplos:

DIMENSIONES DE LA CASETA Y SUPERFICIES DE VENTILACIÓN					
N + N	Largo m	Fondo m	Superficie m ²	Abertura cm ²	Ventilación cm ² arriba y abajo
1 + 1	1,0	0,5	5 000	500	225
2 + 2	1,8	0,5	9 000	900	450
3 + 3	2,6	0,5	13 000	1 300	650
4 + 4	3,4	0,5	17 000	1 700	850
5 + 5	4,2	0,5	21 000	2 100	1 050

Es buena solución realizar la caseta empleando para sus laterales rejilla metálica o chapa perforada para favorecer la ventilación, a la vez que resulta una protección contra terceros.

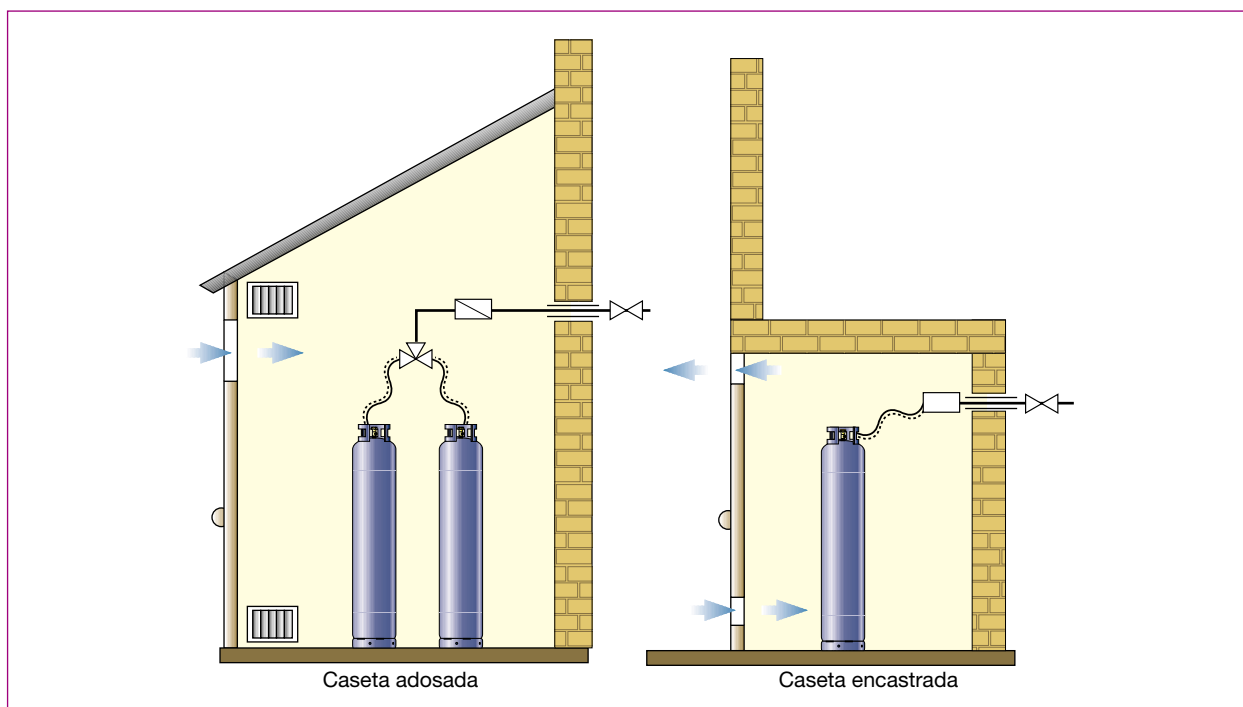
Observaciones adicionales sobre las casetas:

1. Su cubierta ha de ser ligera.
2. La puerta ha de abrir hacia fuera. Habiendo pasillo frontal no se permiten las puertas de corredera.
3. El uso ha de ser exclusivo para GLP.
4. La instalación eléctrica en el interior, de existir, ha de ser antideflagrante con interruptores en el exterior,

Tipos de caseta: La caseta para albergar las botellas puede ubicarse aislada, adosada (exterior o encastrada), en terraza o azotea.

Se entiende por caseta encastrada, aquella que se encuentra en el interior de la línea de fachada del edificio, en un alojamiento con ventilación exclusiva al exterior.

Existe diversidad de criterios acerca de la permisibilidad de este tipo de casetas.



Se reproduce a continuación un grupo de especificaciones de normativa europea acerca de las casetas encastradas.

1. La pared contigua al edificio ha de ser ciega, con resistencia mecánica y al fuego.
2. La puerta exterior abrirá hacia afuera. Dispondrá de orificios de ventilación arriba y abajo, de 200 cm² cada uno, salvo si la fachada es de malla metálica.
3. El recinto quedará reservado exclusivamente al almacenamiento de GLP, a las conducciones necesarias y a los elementos de mantenimiento y conservación precisos. Prohibido almacenar en su interior materias fácilmente combustibles.
4. Toda conducción extraña deberá ir en vaina de acero “continua”.
5. La instalación eléctrica eventual que pudiera realizarse en el interior, cumplirá las normas establecidas (Reglamento electrotécnico de baja tensión, locales que presenten peligro de incendio o explosión, Clase 1, División 1 ó 2). Interruptor al exterior y lámparas “antichispas”.

T2: 3.1.5 Propuesta sobre instalación de botellas de GLP en terrazas y azoteas

- 1 La distancia entre dos almacenamientos independientes será la que marquen las distancias de seguridad reglamentarias.
- 2 Si la terraza es de uso vario y abierta para la comunidad de los propietarios, la caseta deberá llevar cerradura. En caso contrario, la puerta de acceso a la azotea, al llevar cerradura hará las veces de puerta de la caseta.
- 3 La accesibilidad de la terraza será mediante montacargas o escalera independiente y abierta al exterior como mínimo a través de celosía.
- 4 Las aberturas (puertas de accesos al interior del inmueble, los tragaluces, claraboyas o cualquier abertura al nivel del suelo) situadas dentro de un radio de acción de 6 m de la caseta, dispondrán de un murete (brazola) que sobresalga del suelo 30 cm con el fin de evitar la entrada al inmueble del eventual gas fugado del almacenamiento
- 5 Los quitamiedos de la terraza o azotea, al borde de patios cerrados, dentro de radio de 6 m, deberán ser ciegos y tener una altura mínima de 1 m.
- 6 Las conducciones de gas cumplirán lo establecido en la normativa para edificios habitados en vigor. Queda prohibido empotrar las tuberías en paredes, suelos y techos. Las uniones fijas serán por soldeo fuerte.
- 7 La separación de la tubería a la pared y al suelo será de 1 cm como mínimo.
- 8 La protección contra incendios constará de dos extintores de polvo químico seco de 12 kg de contenido cada uno. Se colocarán próximos a las botellas, accesibles y en lugares distintos y separados con el fin de que no queden inalcanzables por incendios locales. El personal encargado de la instalación debe ser adiestrado en el manejo de los extintores y cuidará de su perfecto estado de conservación.
- 9 En la zona de almacenamiento se colocarán sendos carteles indicando la prohibición de hacer fuego y de que se trata de gas inflamable.
- 10 En la proximidad de la caseta se dispondrá de una toma de agua dotada de manguera.
- 11 La iluminación se realizará siguiendo lo establecido en la reglamentación correspondiente.
- 12 Cuando se considere necesario, se cercará la caseta mediante tela metálica de 1,8 m de altura mínima.

En la tabla siguiente se resumen las especificaciones que se han de cumplir según los diferentes grupos de instalaciones.

INSTALACIONES DE GLP CON BOTELLAS DE CAPACIDAD SUPERIOR A 15 kg				
GRUPO (B.O.E. n° 218 de 11/09/63)	1°		2°	3°
Número total de botellas de propano	1 a 2		3 a 10	11 a 28
Ubicación siempre en posición vertical	En Local (*)	Al exterior, en caseta		
Prohibido en ambientes a 50° C	SI	SI	SI	SI
Prohibido en sótanos y similares	SI	SI	SI	SI
Distancias desde las botellas a:				
Los hogares, cualquiera que sea el combustible que en éstos se utilice	≥ 3,00 m		≥ 5,00 m**	≥ 6,00 m
Los registros de alcantarillas, desagües, sótanos, etc., cuando las botellas están situadas en interiores de edificaciones	≥ 3,00 m			
Los registros de alcantarillas, desagües, sótanos, etc., cuando las botellas están situadas al exterior	≥ 1,00 m			
Abertura de canalización subterránea (registros de alcantarilla, desagües o cualquier otra)			≥ 2,00 m**	≥ 3,00 m
Cualquier abertura que comunique con sótanos	≥ 3,00 m	≥ 1,00 m	≥ 4,00 m**	≥ 5,00 m
Los interruptores y enchufes eléctricos (&&)	≥ 1,00 m		≥ 2,00 m**	≥ 3,00 m
Los conductores eléctricos (&&)	≥ 0,50 m		**	≥ 1,5 m
Los motores eléctricos y de gasolina (gasolina) (&&)	≥ 3,00 m		≥ 5,00 m**	≥ 6 m
Distancias durante el cambio de botellas, desde las botellas a:				
Fuego	≥ 20 m	≥ 10 m	≥ 10 m	≥ 10 m
Interruptor eléctrico que se accione (&)	≥ 20 m	≥ 10 m	≥ 10 m	≥ 10 m
Motores en funcionamiento (&)	≥ 20 m	≥ 10 m	≥ 10 m	≥ 10 m
Distancias (en m) desde conducciones de gas a:				
Interruptores, enchufes, conducciones eléctricas	≥ 0,3 m	≥ 0,3 m	≥ 0,3 m	≥ 0,3 m
El nivel del suelo	≥ 0,05 m	≥ 0,05 m	≥ 0,05 m	≥ 0,05 m
Caseta de material incombustible:				
Huecos ventilación, arriba/abajo (@)	1/15 x S	1/10 x C	1/10 x C	1/10 x C
Cerradura en la puerta si es lugar público		.....	SI	SI
Piso con inclinación al exterior		.....	SI	SI
Si fuera accesible desde el interior del local, la puerta será:		.....	Hermética	Hermética
Extintores: 2 de 2,5 kg de PQS o CO₂	SI			SI
Inversor automático obligatorio	NO	NO	NO	SI
(@) siendo: S = superficie del local (la abertura inferior, a ras del suelo), y C = superficie de la caseta. (&) Si el material eléctrico no es antideflagrante de calidad adecuada (pasa a ser: no será preciso si están dotados de modos de protección antiexplosiva). (&&) Si el material eléctrico no es antiexplosivo. (*) Posible en un local si su Volumen: $V > 1\,000\text{ m}^3$ y su Superficie: $S \geq 150\text{ m}^2$ El reglamento no menciona para el segundo grupo la distancia a los conductores eléctricos Las botellas deberán quedar siempre protegidos contra previsible golpes. La llave de la botella siempre ha de quedar protegida contra agentes exteriores. El colector en donde se conectan las liras de las botellas y el inversor está sometido a AP por lo que en principio caería fuera de las atribuciones de un IG-II si no fuera por considerarlo como parte del almacenamiento. **En la nueva reglamentación, las distancias anteriores del grupo 2° se incrementan en 1 m pasando a valer lo indicado para el grupo 3°.				

T2: 3.2 Cálculo de la instalación de gas. Normativa

Se ha de desglosar dos tipos de instalaciones según se encuentren las botellas en el exterior o en el interior de los locales habitados.

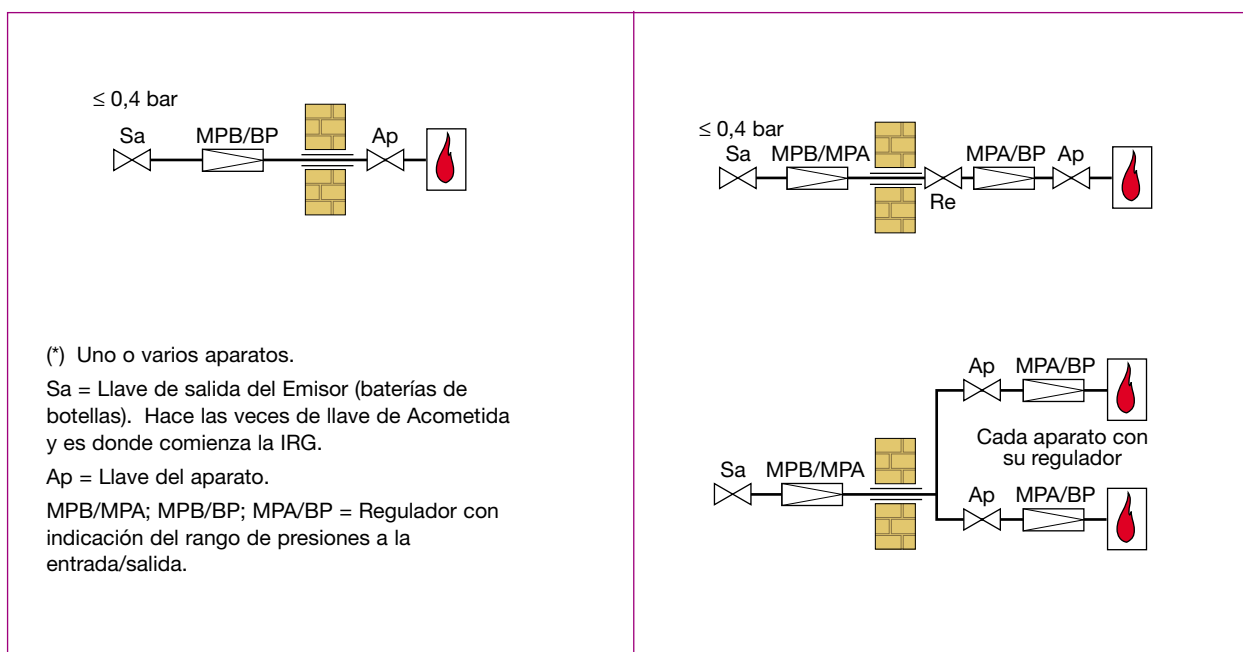
Instalaciones suministradas desde botellas de GLP en el exterior

Previamente a estas instalaciones, debe existir un conjunto de regulación dotado de una VISmx. que garantice que la presión a la entrada de la IRG no pueda alcanzar valores superiores a la MPA (400 mbar). ###

El conjunto de regulación con presión de salida en MPA con VIS mx se colocará delante de la llave de salida (Sa) del Emisor (hasta ahora se utilizaba el limitador de presión) que garantice no le llegue MPB a la IRG. #### Hasta ahora no se permitía superar los 2 bar.

La reducción hasta BP (presión de utilización) puede realizarse de las dos formas siguientes:

INSTALACIÓN DE GLP A GRANELY ENVASADO EN EL EXTERIOR (Fig. 4: 5.2a)	
Un solo escalonamiento	Doble escalonamiento
<p>1ª Forma. Mediante un regulador con presión de entrada en MP y de salida en BP, que se situará en el exterior de la(s) vivienda(s) o local(es) privado(s).</p>	<p>2ª Forma: Mediante un regulador con presión de entrada en MPB y salida en MPA, situado en el exterior de las viviendas o locales privados, y otro regulador con presión de entrada en MPA y salida en BP, que puede ser único y situado en el interior de la vivienda o local privado o bien disponer de uno de ellos a la entrada de cada aparato. (en el interior de la vivienda).</p>



¡Ojo! Si del Emisor sale gas a $\leq 0,4$ bar, en la IRG no podrá existir regulador MPB/MPA.

Tratándose de botellas, estas se conectarán mediante tubo flexible (UNE 60 712) que incorporen válvulas anti-retorno para impedir el paso de gas desde una botella a otra. No se obliga a válvula de exceso de flujo (de caudal).

En la práctica diaria se incluye en el centro de almacenamiento un regulador con presión de salida de 150 mbar.

En los casos en que desde un único Emisor se suministre a más de una instalación individual, cada una de ellas debe estar dotada de una VIS min. (Se trata de instalaciones compartidas, por ejemplo, tratándose de dos chalets adosados, con un solo contrato de suministro, un solo Emisor, pero suministrando a ambas viviendas a través de contadores individuales para el reparto de los gastos en función del consumo de GLP que se realice encada una.)

Instalaciones suministradas desde botellas domesticas de GLP ubicadas en el interior:

En el interior de las viviendas o locales se limita a un máximo de 2 unidades, las botellas que pueden instalarse en descarga simultánea.

En el caso de que se instalen dos unidades en descarga simultánea en el interior de las viviendas o locales privados, la reducción de presión se debe realizar en las propias botellas por medio de reguladores de -/BP, reguladores de -/MPA, o reguladores de -/MPB con presión de salida inferior a 2 bar.

El legislador menciona solamente los rangos de presiones de salida:

- BP (adaptador RC-30 ó RC-40),
- MPA o MPB (regulador ajustable), que se representan en la tabla siguiente (casos 1º, 2º y 3º respectivamente).

La presión de entrada corresponde a la presión directa del GLP que es la que tiene el GLP en el interior de la botella (MP en butano y AP en propano). (Fig.)

En este último caso (3°), los reguladores se conectan con tuberías flexibles según la norma UNE 60.713/2 directamente a un regulador de MPA o de BP, y se instalan válvulas anti-retorno para impedir el paso de gas desde una botella a la otra.

Los adaptadores forman parte de la IRG.

Tratándose de envases con propano, recomendamos realizar una reducción más que en el caso de butano.

	ADAPTADORES				
	Salida libre	Regulador ajustable	Regulador fijo		
Presión de salida	Presión directa	Presión: 0 ÷ 2 bar	Presión: 112 mbar	Presión: 50 mbar	Presión: 30 mbar
		MP ÷ BP	MPA	BP	BP
		Caso 3°	Caso 2°	Caso 1°	

- La norma no contempla el adaptador de salida libre, utilizado con las botellas domésticas cuando se desea la descarga en batería-paralelo, procedimiento que garantiza la duplicación del caudal. Con los adaptadores que son reguladores, se consigue la descarga en batería-serie que tan solo duplica la autonomía y mejora el caudal pero no lo duplica.

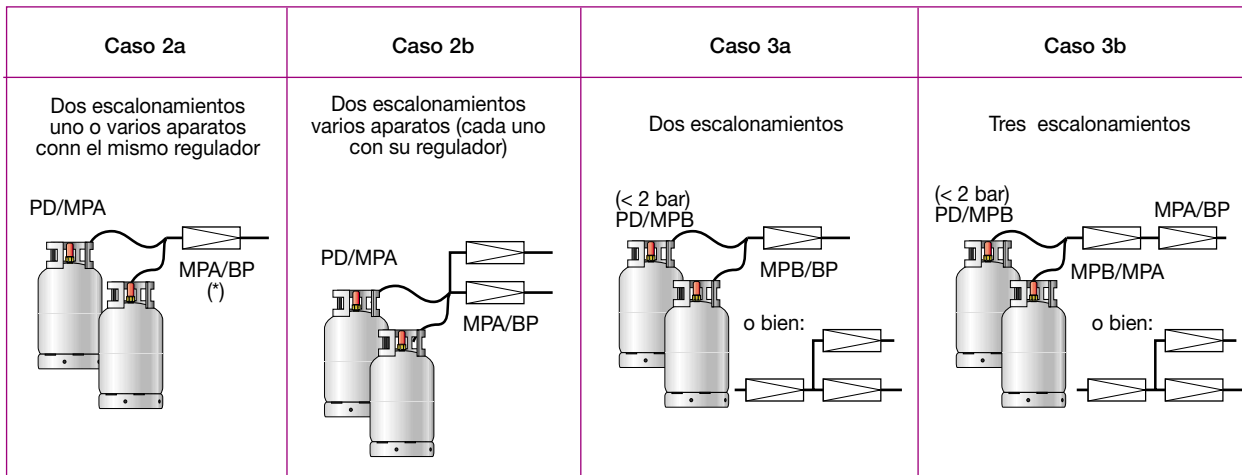
La descarga en paralelo es la que se utiliza normalmente con las botellas industriales y que tan buenos resultados proporciona. Consiste en una salida libre de las botellas y un regulador común a todas ellas, en el colector, cuya función la suele hacer el inversor automático.

Caso de utilizarse el adaptador de salida libre conectado a la botella doméstica, no podrá ser utilizado el tubo de acero inoxidable (UNE 60 713) sino la popular lira.

INSTALACIÓN DE DOS BOTELLAS DOMÉSTICAS EN DESCARGA SIMULTÁNEA EN EL INTERIOR DE VIVIENDAS O DE LOCALES PRIVADOS (PD= presión directa)			
Caso 1° un escalonamiento	Caso 2° dos escalonamientos	Caso 3° dos o tres escalonamientos	Salida libre
<p>PD/BP</p>	<p>PD/MPA MPA/BP</p> <p>Ver figura siguiente: Casos 2a y 2b</p>	<p>(< 2 bar) PD/MPB MPB/MPA MPB/BP</p> <p>Ver figura siguiente: Casos 3a y 3b</p>	<p>PD PD/MP o PD/BP (solo butano)</p> <p>Este caso no se contempla en la norma</p>
Adaptador-regulador de BP (RC-30)	Adaptador-regulador de MPA	Adaptador-regulador (RA-2) con presión de salida ajustable hasta 2 bar	Adaptador-regulador de salida libre (SLC)
El tubo flexible puede ser de elastómero según UNE 53 539		Tubo flexible de acero inoxidable UNE 60 713/2	Tubo flexible de elastómero reforzado (lira) UNE 60 712
Descarga en batería-serie			Descarga en batería-paralelo

La reducción desde MPA a BP se puede hacer con un único regulador o con uno para cada aparato de consumo. Caso 2a y 2b de la figura anterior.

- En el caso de botellas domesticas de gas propano en batería-paralelo, además del adaptador SLC debe realizarse doble escalonamiento (dos reguladores) para evitar el salto tan grande de presión. (Fig:4:5.3a)



Casos 2a y 2b: Dos versiones: un regulador común a los aparatos conectados o cada aparato con su regulador (MPA/BP).
 Caso 3a: Dos versiones: un regulador común o cada aparato con su regulador (MPB/BP). La reducción de MPB a BP se realiza directamente.
 Caso 3b: Dos versiones: un regulador común o cada aparato con su regulador (MPA/BP). La reducción de MPB a BP se realiza a través de un regulador de MPA.
 (*) Uno o varios aparatos siempre que su demanda pueda ser satisfecha por la vaporización de la botella.
(PD = Presión directa del gas).

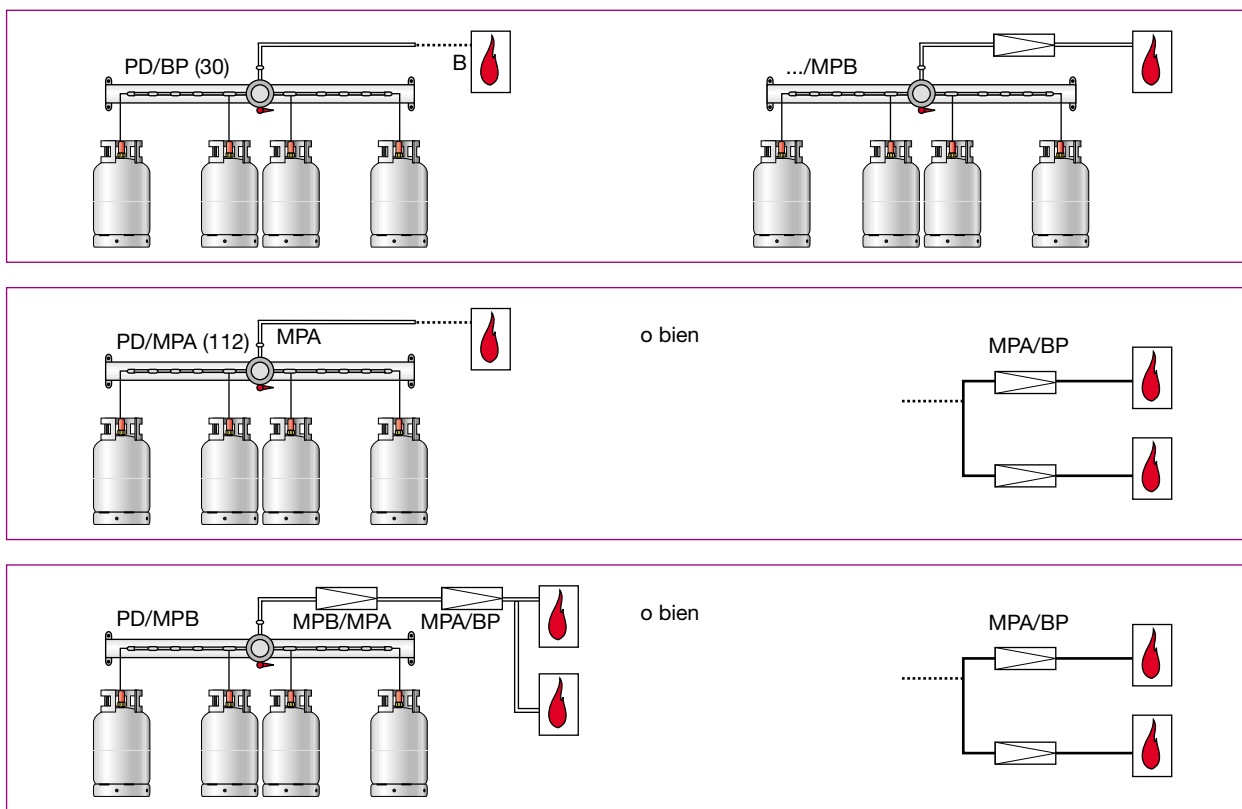
La presión directa (PD) es la que tiene el GLP en el interior del envase (MP en butano, y AP en propano).

Cuando la instalación esté alimentada por un único envase, la reducción de presión se debe realizar en la propia botella con un regulador de BP (presión de salida).

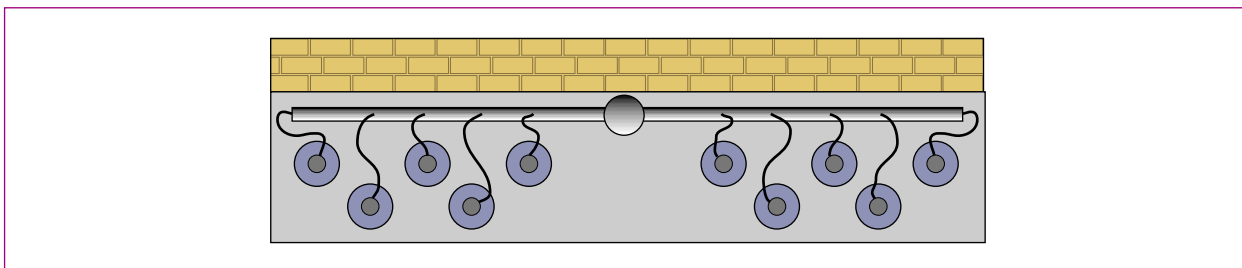
Si la botella contiene propano, existe un salto de presión muy grande, lo que hace conveniente prohibirlo en el interior de las edificaciones.

No se contempla el caso del regulador ajustable ni del adaptador de salida libre

Dos botellas en descarga simultánea (batería-serie)



Liras: Existen en el mercado tubos flexibles reforzados de longitudes variadas 0,42; 0,50; 0,72; 1,0; 1,5 m, para adecuarlas a la altura de los colectores y de si es de simple o doble fila. Colocando las botellas en doble línea, las liras serán alternativamente una corta y otra larga. (Fig....)



En instalaciones con proyecto (Grupo 3°), es imprescindible que se instale el inversor automático y en consecuencia, un indicador de cual es la batería que se encuentra en servicio (indicador óptico). Es norma general el utilizar en todo tipo de instalaciones dicho inversor automático ya que además dicho dispositivo incluye el regulador de primer escalón y frecuentemente la VIS de máxima.

Debido a que las presiones del gas propano y del butano, a la salida de su envase, son muy diferentes entre si, las condiciones de seguridad han de ser más exigentes con el primero que con el segundo. Es éste el espíritu del RIGLO y en base a ello consideramos los dos casos siguientes:

Tratándose de gas butano, en la mayoría de los casos no sería necesaria la VIS de máxima porque a la temperatura ambiente no se sobrepasarían los 2 bar señalados como límite de salida del Emisor. En ciertas latitudes y en circunstancias muy especiales, la presión en el interior de la botella doméstica puede sobrepasar el valor de 2 bar, por lo que, en estos casos, se debería incluir la VIS de máxima.

T2: 3.2.1 Escalonamiento de presiones

El gas procedente de la botella se encuentra a una presión muy superior a la que los aparatos de consumo necesitan para su funcionamiento correcto. La reducción necesaria de la presión se realiza mediante reguladores. Tratándose de butano basta con un solo regulador (un solo escalón), mientras que con propano, al tener una presión considerablemente mayor, el escalonamiento ha de ser doble (mediante dos reguladores).

Los adaptadores –reguladores son de doble regulación. El modelo RC-30 es el destinado para la instalación con butano, y el modelo RC-40, para el propano.

Cuando se acoplan las botellas para descarga múltiple, y se desee sumar caudales, la reducción de presión se ha de realizar a la salida del colector (paralelo), con un regulador para el caudal total. Si se hiciera en la botella (serie) solamente se conseguiría aumentar la autonomía. Tratándose de propano, este regulador proporciona una presión intermedia por lo que se deberá colocar un segundo antes de los aparatos de consumo (doble escalonamiento).

La conexión serie solamente proporciona una mayor autonomía.

	DESCARGA		DESCARGA MÚLTIPLE	
	Unitaria	Serie	Paralelo	
Butano	RC-30 	RC 30 	SLC 	
Propano	RC-40 	RC 40 	SLC Botella doméstica con SL o Botella industrial	
		Suma de autonomías	Suma de caudales	

El adaptador-regulador es de doble escalonamiento.

Interesa añadir que cuanto menor sea la presión de salida del regulador de primer escalón, mayor será el caudal suministrable en continuo por el Emisor.

La descarga simultánea de gas desde varios envases se obtiene conectando directamente dichos envases a un “colector” general a través de tubos flexibles sin mediar intervención de regulador alguno ya que de intercalarlos, se presentarían problemas de vaporización no uniforme en las botellas. Los tubos flexibles a utilizar han de ser reforzados para AP, ya que por ellos ha de pasar el GLP a presión directa (dentro del envase). Han de cumplir la UNE 60712/3. Estos tubos han de ser de doble seguridad, esto es, incorporando válvula antirretorno y válvula contra exceso de caudal, si se quiere evitar que el resto de las botellas que forman la batería se descarguen cuando el tubo flexible de una de ellas eventualmente se desprenda de su conexión o sufra un desgarro.

Exceptuando los casos en que la temperatura ambiente es cálida, el gas más adecuado para la instalación de bloques de envases es el propano ya que al estar prohibido ubicar en el interior de locales o de la vivienda más de dos botella domésticas en descarga simultánea, éstos se han de situar en el exterior, sometidos a las bajas temperaturas reinantes durante las noches de invierno. Decididos por el propano, habría que elegir entre la botella doméstica de 11 kg de capacidad y la botella de 35 kg. En igualdad de cantidad de gas a almacenar, las botella domésticas tienen triple cantidad de conexiones mecánicas y ocupan triple superficie de terreno que las botellas, por lo que, salvo casos excepcionales, deberán preferirse las botellas a las botella domésticas. Estos casos excepcionales los establece la reglamentación vigente: Cuando se han de instalar las botellas móviles en azoteas, las botellas solo se podrán ubicar allí si la azotea tiene acceso por el exterior (escalera o montacargas) sin atravesar el interior. En caso contrario, serán propanitos los que únicamente se podrán utilizar.

En las instalaciones de envases móviles, no se dispone de indicadores de nivel apropiados que nos den a conocer la cantidad de gas contenida en los mismos. Por otra parte, para conocer dicha cantidad, se deberían pesar las botellas y restarles el valor de la tara, lo cual supone incomodidades que hacen al sistema de costosa e incómoda aplicación.

Para facilitar la reanudación del servicio y conseguir la continuidad del mismo, se necesita una segunda batería en reserva. Esta ha de tener el mismo número de envases que la de servicio y ambas han de estar conectados a la instalación a través de un dispositivo (inversor) con el que se pueda cerrar el paso al gas procedente de la batería en servicio, cuando las botellas se encuentren agotados, y abrirlo al que llega de la batería en reserva.

El inversor puede ser manual o automático; en este último caso, la inversión no interrumpe el suministro de gas (se consigue la descarga continua).

Montaje de dos baterías de BOTELLAS de propano, una en servicio y otra en reserva, unidas a través de inversor manual (solo autorizado para acoplamientos de 5 + 5 como máximo) y regulador de primer escalón (RMPB).

En el caso de ser inversor automático (IA) en sustitución del manual (IM) y del regulador de primer escalón, el conjunto requiere de indicador servicio-reserva (ISR), puesto que el inversor automático hace las veces de regulador de primer escalón.

El inversor automático es obligatorio incluirlo en Centros emisores con bloques de 6 + 6 y mayores (tratándose de botellas de 40 kg de butano, a partir de 5 + 5). Para butano se hace necesario disponer de un inversor de presiones de salida más acorde con la presión disponible.

T2: 3.2.2 Cálculo de los elementos puntuales

T2: 3.2.3 Dimensionado de la instalación de gas

El cálculo práctico de estas instalaciones se encuentra en el Tema 3.

En instalaciones donde los aparatos funcionan a BP.

- Si se utiliza el SLC es necesario un solo regulador para butano y dos para propano.
- Si se utiliza el RA-2, se necesita un segundo regulador (además del DISAP, si se trata de propano) para proporcionar la presión de utilización, según se determina en el punto siguiente.

La instalación se ha de diseñar correctamente para evitar que el caudal solicitado por los aparatos conectados sea superior al que las botellas puedan dar de forma natural, eligiendo el número o el tamaño de las botellas adecuadamente. El caudal de la instalación ha de ser suficiente para atender la demanda durante el tiempo previsto.

La conexión de las botellas en batería suman sus respectivos caudales, si la conexión se diseña acertadamente, y también, elevan la autonomía de la estación de gas.

Según la duración de la toma una bombona de butano, puede dar, en condiciones estándar, un caudal aproximado entre 0,5 y 1,5 kg/h. Si fuera de propano, situada en el exterior a una temperatura de 0° C, entre 0,6 y 3 kg/h. Suponiendo que se hace una instalación adecuada de dos bombonas de butano en descarga simultánea, los caudales serán el doble. Para caudales mayores se requerirá el empleo de botellas (ver punto siguiente).

Una botella de propano, en ambiente a 0° C puede suministrar un caudal, según la duración de la toma, entre 0,5 y 1,7 kg/h. Caudales mayores requieren el acoplamiento de varias en batería. El número máximo de ellas es el que corresponde a 1 000 kg, esto es, a 14 botellas en uso y otras 14 en reserva, lo que aumenta el caudal en la misma proporción, entre 7 y 24 kg/h. Para caudales mayores se deberá contemplar la utilización de depósitos.

ANEXO 2: 1 ACOPLAMIENTO DEL ADAPTADOR A LA BOTELLA DOMÉSTICA

- 1° Asegurarse de que no existe fuego o puntos calientes en los alrededores.
- 2° Comprobar que están en posición cerrada, todas las llaves de la instalación.
- 3° Comprobar la correcta conexión de los extremos del tubo flexible y el estado de éste.
- 4° Quitar el precinto de la botella llena que se va a acoplar a la instalación de consumo.
- 5° Comprobar el buen estado de la junta de estanquidad de la válvula de la botella. En el caso de encontrarla deteriorada o envejecida, ponerlo en conocimiento del distribuidor. No permita que el repartidor vuelva a ponerle la misma junta dada la vuelta. Si el servicio de asistencia al cliente le sustituye la junta en el domicilio, habrá de comprobar que el acoplamiento es estanco.
- 6° Situar la llave del adaptador en posición cerrada. Conectar el adaptador a la válvula de la botella, levantando con los dedos de ambas manos el anillo visera hacia arriba. Asentarlo y presionar hacia abajo dicho anillo con ambas manos hasta sentir que el adaptador quede perfectamente encajado, (las bolas de acero entran en la acanaladura de la válvula) asegurándose de ello, tirando ligeramente del cuerpo del adaptador, tratando de desacoplarlos
- 7° Retirar la botella doméstica vacía, protegiendo su válvula mediante la caperuza.
- 8° Para dar paso al gas, levante la pestaña del adaptador y la llave general de paso si la hubiera.
- 9° Abrir la llave de conexión del aparato a poner en funcionamiento y proceder a su encendido siguiendo las instrucciones de manejo facilitadas por el fabricante.

Para desacoplar el adaptador de la botella doméstica:

- 1° Comprobar que no existe fuego ni "puntos calientes" en las proximidades.
- 2° Cerrar las llaves de conexión de los aparatos de consumo.
- 3° Cerrar el adaptador .
- 4° Levantar con los dedos de ambas manos el anillo visera del adaptador y tirar del mismo hacia arriba hasta lograr la separación.
- 5° Colocar la caperuza de protección en la válvula de la botella doméstica .

La facilidad del acoplamiento elimina la posibilidad de errores humanos. La válvula está diseñada de forma tal que tan solo permite la salida del gas cuando el adaptador está acoplado correctamente y cuando esto ocurre, ambos forman un conjunto estanco. Si el adaptador no estuviera perfectamente acoplado, no se produciría la apertura de la llave y por lo tanto no podría salir gas.

El acoplamiento del adaptador a la válvula se realiza sin necesitar para ello el uso de herramientas, evitándose derrames de gas en el momento de unión.

ANEXO 2: 2 ACOPLAMIENTO DE LAS BOTELLAS A LA INSTALACIÓN DE CONSUMO

Cambio de botellas: Durante el cambio de botellas se adoptarán las siguientes precauciones:

- a) No se encenderá ni mantendrá encendido punto de fuego alguno.
- b) No se accionará interruptor eléctrico alguno (salvo los Antideflagrantes).
- c) No funcionarán motores de ningún tipo (salvo los Antideflagrantes).

No serán exigibles estas instrucciones en un radio de acción de:

- Si las botellas están emplazadas en el interior de edificio: 20 m.
- Si las botellas están emplazadas en el exterior: 10 m.

ANEXO 2: 3 RECOMENDACIONES DE USO Y MEDIDAS DE SEGURIDAD EN EL MANEJO DE LA INSTALACION:

El instalador deberá indicar a los usuarios:

- En el interior de la botella doméstica se encuentra el gas en estado líquido. Por razones de seguridad, el líquido no llena la botella. Se gasifica al abrir las llaves de los aparatos de consumo.
- Los GLP no son tóxicos. Por tanto, no es perjudicial para el organismo el respirar una atmósfera que contenga esos gases.
- Los GLP pesan más que el aire. Ello hace que tiendan a depositarse en las zonas más bajas cuando se produzca una eventual fuga.
- A los GLP, que son inodoros, se les añade pequeñas cantidades de un producto químico de fuerte olor, mercaptanos, lo que permite detectar fácilmente cualquier fuga.
- Toda nueva instalación de gas o modificación de las antiguas tiene que ser realizada por una Empresa instaladora autorizada.
- El propietario de la instalación de gas se ha de encargar, cada 5 años (las Comunidades Autónomas establecen en su zona de actuación plazos diferentes), de que una Empresa instaladora realice la revisión de su instalación de gas y de que un técnico autorizado por el fabricante de los aparatos de consumo los revise con la frecuencia aconsejada por el propio fabricante de los mismos o si observase alguna anomalía en su funcionamiento.

1. Botellas domésticas:

Asegurarse de que los elementos de la instalación se encuentran en buen estado.

Cuando la botella doméstica no esté conectada a la instalación de consumo, se deberá proteger su válvula mediante su correspondiente caperuza. Pequeñas materias sólidas podrían depositarse sobre la válvula y al conectarse el adaptador-regulador serían arrastradas por el gas pudiendo alterar su correcto funcionamiento (en posición caudal cero, no cierre totalmente).

Si después de conectar la botella doméstica a la instalación, no saliera gas al abrirla, no intentar resolverlo manipulando en su válvula ni permitir que alguien lo haga y mucho menos en local cerrado. Se deberá poner en comunicación de la Empresa distribuidora, Servicio 24 Horas de Urgencias CEPSA.

No situar la botella doméstica cerca de algún foco de calor.

No utilizar una llama para localizar una fuga de gas. Utilizar agua jabonosa o un detector adecuado (electrónico, por ejemplo).

En caso de avería de la botella doméstica, no manipularla y comunicarlo a la Empresa distribuidora.

Respecto a las estufas con botella incorporada:

No colocarlas próximas a materiales que puedan arder con facilidad (cortinas, tapicerías, muebles de madera) ni debajo de mesas camillas.

No dejarlas encendidas mientras se duerme, ni utilizarlas sin suficiente ventilación.

El regulador de la botella doméstica debe estar cerrado siempre que estén cerrados los aparatos de consumo.

En caso de incendio, alejar la botella de la acción del fuego.

Impedir que el tubo flexible de conexión quede en contacto con la parte posterior del horno de la cocina o de cualquier elemento caliente. Si el tubo flexible se dañara por el calor, podría provocarse una fuga de gas. Comprobar la fecha de caducidad por si hubiera que reemplazarlo.

La botella doméstica debe estar siempre en posición vertical. No ponerla nunca tumbada. No debe ser ubicada en sótanos, escaleras, pasillos.

En caso de fuga de gas:

- No hacer fuego, chispa ni fumar
- No accionar los interruptores de la luz
- Desacoplar inmediatamente el adaptador de la botella y colocar la caperuza protectora sobre la válvula,
- Ventilar la habitación abriendo puertas y ventanas para crear corriente de aire
- Llamar al Servicio de 24 Horas de Urgencias CEPSA.

Es una grave imprudencia intentar trasegar el gas de un envase a otro. Está prohibido.

Comprobar frecuentemente el buen estado del tubo flexible y esté atento a su fecha de caducidad.

2. Botellas industriales:

Las recomendaciones son similares a las de las botellas domésticas.

En caso de fuga de gas:

- Además de las indicaciones descritas anteriormente, se cerrarán las llaves de las botellas.
- Se colocará el inversor en la posición de «Reserva».
- Llamar al Servicio de 24 Horas de Urgencias CEPSA.

3. Respecto al uso de aparatos de consumo:

Vigilar los recipientes puestos al fuego. Si los quemadores no disponen de dispositivo de control de encendido, el líquido a calentar podría derramarse y apagar los quemadores, provocando una fuga de gas. Trate de sustituir su cocina por otra que tenga dicho dispositivo (seguro de encendido). Son más seguras.

Revisar periódicamente los aparatos de consumo. Así se obtendrá seguridad y ahorro de gas. La llama viva de color azulado indica buena combustión y, por lo tanto, seguridad, economía y limpieza.

Puesta en función del Emisor de gas de botellas industriales y domésticas situadas en el exterior

Según la reglamentación vigente, las botellas domésticas, cuando sean instaladas en el exterior, lo deberán ser como si se tratara de botellas industriales, esto es, deberán ubicarse en una caseta y se acoplarán tantas botellas en reserva como las destinadas en servicio.

Botellas industriales y botellas domésticas situadas en el exterior

Una vez acoplados las liras a las botellas y comprobada la estanquidad de las conexiones, se procederá del siguiente modo:

- 1 Se abrirán las llaves de las botellas
- 2 Se colocará el indicador del inversor en una de sus dos posiciones, la que pasa a llamarse posición de “Servicio”. Esta corresponderá a una batería de envases llenos.
- 3 La instalación queda en servicio una vez eliminado el aire que pudiera existir en las tuberías (purgado de las mismas), en el caso de la primera puesta en servicio. Esta operación ha de ser realizada tomando las máximas precauciones de seguridad.

Tratándose de instalación con inversor automático, cuando la batería de envases en “servicio” se agote, entrará en servicio automáticamente la otra batería, la de “reserva”. El indicador óptico pasará a la posición indicadora del cambio de situación. A partir de ese momento se ha de pedir a la Empresa distribuidora de gas la sustitución de las botellas vacías por otras llenas.

Para el cambio de envases se procederá así:

- 1 Colocar el mando del inversor en la posición contraria (señalando a las botellas que no se han de sustituir). La batería en “reserva” que suministraba gas lo sigue haciendo pero en posición de “servicio”, por lo que el suministro no se interrumpe.
- 2 Asegurarse de que no hay fuego en las proximidades.
- 3 Si se necesita luz artificial, utilizar una linterna de seguridad.
- 4 PARA BOTELLA DOMÉSTICAS: Asegurarse que los adaptadores se encuentran cerrados.
PARA BOTELLAS INDUSTRIALES: Asegurarse que las llaves de las botellas se encuentran cerradas.
- 5 PARA BOTELLA DOMÉSTICAS: Desmontar las caperuzas precinto de las botellas llenas que se van a acoplar.
PARA BOTELLAS INDUSTRIALES: Quitar los tapones de las llaves de las botellas.
- 6 PARA BOTELLA DOMÉSTICAS: Desacoplar los adaptadores de las botellas.
PARA BOTELLAS INDUSTRIALES: Desacoplar las botellas vacías que van a ser sustituidas, desenroscando la lira correspondiente (rosca a izquierdas).
- 7 Sustituir las botellas vacías por las llenas de reposición, comprobando que la junta de caucho se encuentra en buen estado y comprobar que las conexiones y la estanquidad de las mismas son correctas
- 8 Abrir las llaves de la instalación y comprobar que el gas llega a los puntos de consumo..

ANEXO 2: 4 ACTUACIÓN ANTE UNA FUGA DE GAS

Las fugas de gas son muy fáciles de detectar, gracias al olor característico del mismo.

Ante una presunción de fuga de gas en la instalación, el usuario no debe intentar localizar una fuga; se limitará a:

- cerrar la llave del adaptador-regulador,
- desacoplar el adaptador de la botella doméstica,
- colocar la caperuza de plástico sobre la válvula de la botella y dejarla en lugar ventilado,
- ventilar el local de instalación y llamar al Servicio de 24 Horas de Urgencias CEPSA.

La localización de la fuga debe corresponder al técnico que acuda para solventarlo. Está totalmente desaconsejado utilizar una llama para tal fin cuando exista gas en la conducción, utilizando aire o gas inerte (no con el gas).

La conducción se llenará de aire o gas inerte, hasta alcanzar suficiente presión, la necesaria para que una fuga pueda ser detectada con facilidad, como mínimo a 50 mbar. Con el propio gas suministrado solo puede realizar la comprobación la Empresa suministradora.

La localización se hará aplicando espumante (agua espumosa o espuma envasada) a lo largo de la conducción, especialmente en las uniones, o utilizando un detector de gas. La aplicación será preferentemente en los acoplamientos, lugares donde la fuga es más probable. Si se emplea espuma, el crecimiento y la creación de nuevas burbujas es signo inequívoco de la existencia de fuga.

Durante una revisión, se podrá comprobar la fuga a través del giro de la métrica del contador, si existiera.

Mientras exista posibilidad de fuga, no se deben producir “puntos calientes” en el local de instalación. Si fuera necesaria iluminación complementaria se usarán lámparas o linternas de seguridad. No podrán utilizarse los interruptores eléctricos de las zonas afectadas y si las luces están encendidas no deberán ser apagadas. Cuando sea imprescindible encender llamas o acercar puntos calientes se deberán tomar las medidas de seguridad pertinentes. Durante los trabajos con posible fuga de gas, queda prohibido fumar.

Si durante la “revisión” periódica de la instalación se confirmara la fuga, ésta debe ser subsanada en el mismo momento de su detección o bien, en el caso de que esto no fuera posible, cortar de inmediato el suministro a la instalación, parcial o totalmente, en función de la ubicación de la misma.

En el caso de existir fuga de gas por la junta de estanquidad de la válvula de la botella doméstica o en la misma botella doméstica, ésta deberá ser sustituida por los servicios técnicos de la Empresa suministradora. Durante el tiempo que quede la botella doméstica fuera de servicio hasta ser recogida, debe quedar, con la caperuza puesta, colocada en el exterior, en lugar ventilado.

Si se llegara a prender una fuga de gas en la botella doméstica, no se ha de perder la serenidad. Se deberá apagar la llama cerrando o desacoplando el adaptador-regulador protegiéndose las manos con un paño húmedo si fuera necesario. Se avisará al Servicio 24 Horas de Urgencias CEPSA y mientras tanto se la dejará en el exterior protegida con la caperuza.

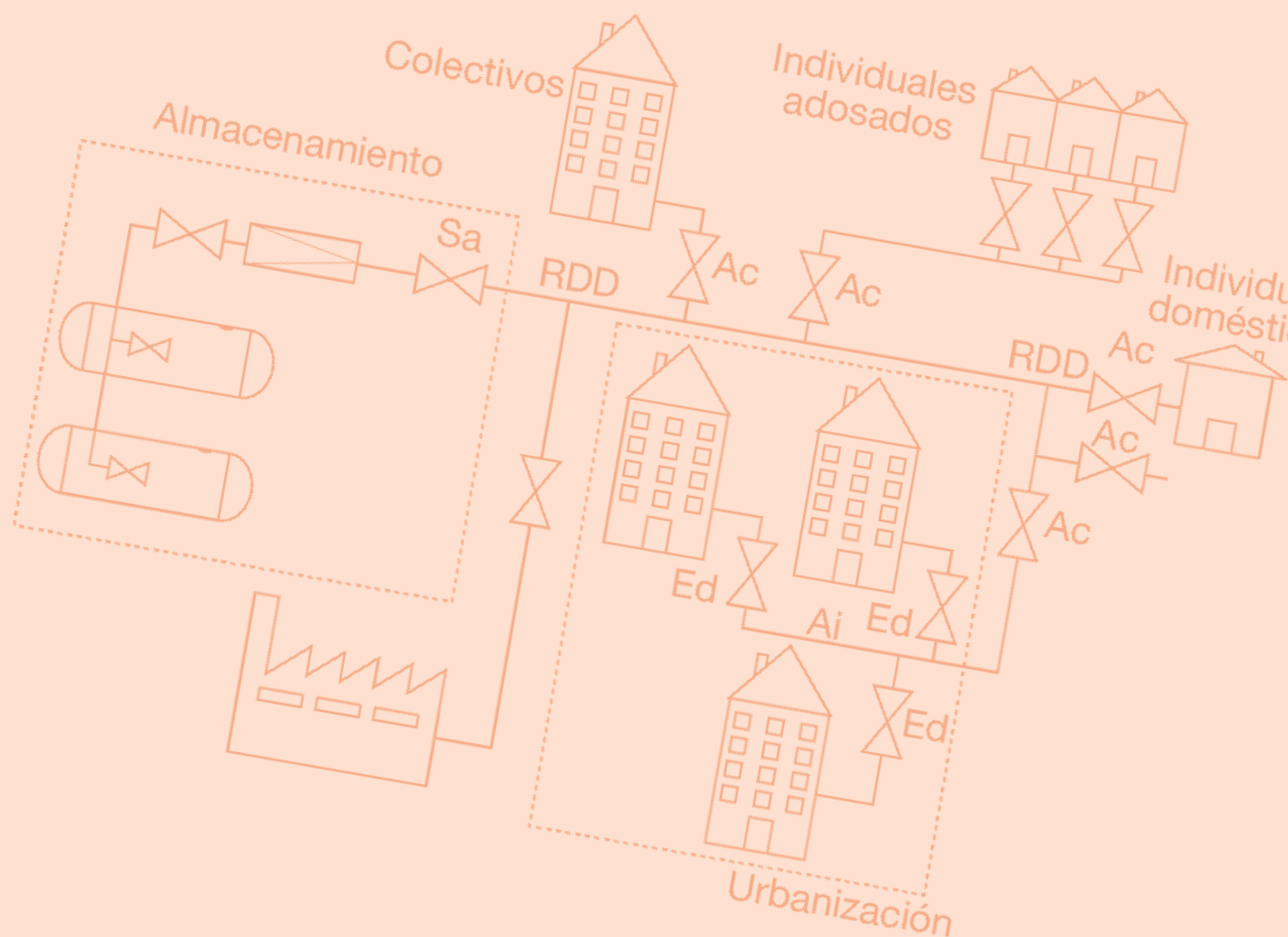
Para desacoplar un adaptador incendiado, utilizar el palo de una escoba o similar, haciéndolo pasar por el asa guarda-válvula para ejercer palanca sobre el aro visera del adaptador para desacoplarlo. Conseguido esto, la válvula de la botella doméstica se cerraría automáticamente.

Tema 3. Depósitos de GLP

Capítulo 1: Conceptos y Generalidades

Capítulo 2: Centros de almacenamiento. Depósitos

Capítulo 3: Canalizaciones



T3: CAPÍTULO 1

T3: 1.1 Conceptos y generalidades

Como punto de partida para este manual de especificaciones técnicas, debemos establecer unas definiciones (solo a efectos de este Manual) y unos símbolos que utilizaremos a lo largo del texto.

T3: 1.1.1 Definiciones. Memorándum de términos usados en instalaciones de gas. Acrónimos y abreviaturas

A efectos de este manual, los conceptos empleados tienen la siguiente definición:

Acometida: Es la parte de la canalización de gas comprendida entre la red de distribución y la llave de acometida, incluida ésta. No forma parte de la **IRG** (ver Figura 1.1.2a).

Acometida interior (AI): Para GLP canalizado, es el conjunto de conducciones y accesorios comprendidos entre la llave de acometida (**Ac**), excluida ésta, y la llave o llaves de edificio (**Ed**), incluidas éstas (ver Figura 1.1.1.2f).

Aguas arriba: La parte de la instalación de gas que se encuentra conectado antes del dispositivo que se mencione.

Aguas abajo: La parte de la instalación de gas que se encuentra conectado a continuación del dispositivo que se mencione.

Antichispa: Se dice de todo material que al ser golpeado no produce chispa ni origina un punto caliente.

Armario de contadores y/o regulación: Aquel recinto ventilado con puertas cuya capacidad se limita a la de contener los contadores y/o reguladores de gas y su instalación, no pudiendo entrar personas en él. Tendrá las dimensiones suficientes para poder instalar, mantener y sustituir los contadores y/o reguladores (ver punto 3.8).

Botella: Recipiente móvil destinado a contener GLP. Pueden contener propano o butano. Se distinguen entre botellas cuya capacidad es menor o mayor de 15 kg y que corresponden a botellas domésticas o industriales, respectivamente (ver simbología, punto 1.1.2).

Butano comercial: Mezcla de hidrocarburos gaseosos en condiciones normales de presión y temperatura, en la que predomina el butano puro. Su molécula tiene cuatro átomos de carbono por lo que se le suele representar por C_4 . Cumplen las especificaciones legales para su comercialización (mezcla A y Ao).

By-pass (Bipaso): Conducto previsto para ser conectado provisionalmente, de forma que permita no interrumpir el suministro de gas en caso de inutilización del elemento a puentear, por ejemplo, un contador, un filtro, una bomba, etc.

Canalización: Es el conjunto de tuberías y accesorios unidos entre sí que permite la circulación del gas por el interior de los mismos. Sinónimo de conducción. Una llave, por ejemplo, forma parte de la conducción.

Capacidad de almacenamiento: Cantidad de GLP máxima autorizada para ser contenida dentro de un recipiente. La reglamentación ha fijado en el 85 % del volumen total del depósito medido a 20° C, considerando la masa en volumen a 20° C. Siendo esta masa en volumen de 506 kg/m³, las capacidades correspondientes a los grupos de depósitos se indican en el cuadro siguiente (ver Figuras 1.1.1a y 1.2.1):

VOLUMEN GEOMÉTRICO m ³	GRUPO		CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO
	AÉREOS	ENTERRADOS Y SEMIENTERRADOS	
hasta 5	A-0	E-0	hasta 2 150 kg
de 5 a 10	A-1	E-1	hasta 4 301 kg
de 10 a 20	A-2	E-2	hasta 8 602 kg
de 20 a 100	A-3	E-2	hasta 43 010 kg
de 100 a 500	A-4	E-3 (*)	hasta 215 050 kg
de 500 a 2 000	A-5	no autorizados	hasta 860 200 kg

(*) Volumen individual máximo de 60 m³

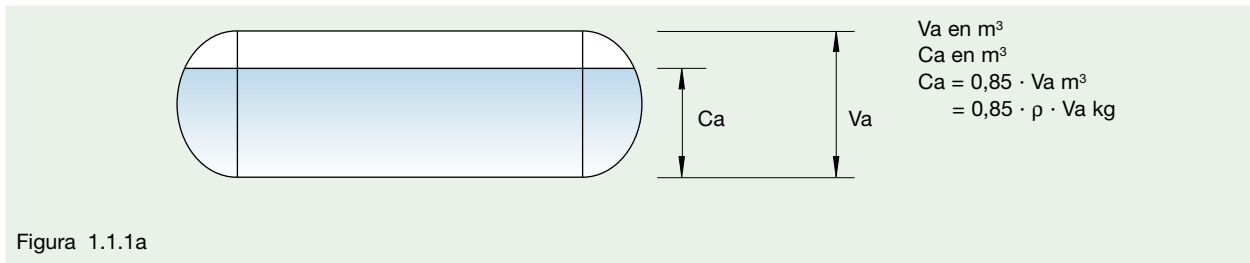


Figura 1.1.1a

Caudal de gas (Q): El caudal es la cantidad de gas que atraviesa una sección de conducto en la unidad de tiempo. Se expresa en volumen (m^3/h) y tratándose de GLP, también se puede hablar de caudal másico (kg/h).

Caudal de simultaneidad/diseño: Es el correspondiente a la suma de los caudales máximos de los aparatos de gas conectados a una **IRG**, corregido mediante una fórmula al efecto, obteniéndose el caudal máximo que probablemente se consumirá en un momento dado en dicha **IRG**.

En una instalación individual está reglamentado que el caudal de simultaneidad se obtenga sumando los de los dos aparatos que lo tengan mayor, más la mitad de los restantes:

$$\text{Siendo } Q_1 \geq Q_2 \geq Q_3 \geq Q_4: \quad Q_{si} = Q_1 + Q_2 + \frac{1}{2} (Q_3 + Q_4 + \dots)$$

Conjunto de regulación: Es el conjunto formado por el regulador de presión y los elementos y accesorios que acompañan al mismo, tales como el filtro, las llaves de corte, las tomas de presión, la tubería de conexión, las válvulas de seguridad, etc. Ver “equipo de regulación”.

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

En caso de instalaciones suministradas desde botellas de GLP de capacidad inferior a 15 kg, el conjunto de regulación está constituido por los propios reguladores acoplados a los envases o botellas.

Consumo de gas: Es la cantidad de gas consumido por un aparato en un tiempo determinado. Se expresa en términos de volumen (m^3) y con los GLP también en masa (kg).

Se habla del consumo de gas en una instalación de calefacción en un día medio del invierno, durante una temporada, etc. Durante ese espacio de tiempo, lógicamente han podido existir variaciones de caudal y momentos de pausa en el funcionamiento.

Por ejemplo, el caudal que consume un aparato es de 1,5 kg/h . Durante un día estuvo funcionando a lo largo de 2h. El consumo diario habrá sido de: $1,5 \times 2 = 3 kg$.

Consumo calorífico/Potencia inferior (Cc). Cantidad de energía consumida por un aparato a gas en la unidad de tiempo, referida al poder calorífico inferior (H_i) del gas, en las condiciones de referencia. Para cálculos se emplea la Potencia superior (referida al poder calorífico superior (H_s)).

Se calcula como el producto del caudal volumétrico o másico por el poder calorífico inferior del gas. Al ser una potencia, se mide en kW .

Contador: Instrumento de medida destinado a evaluar volumétricamente el consumo de gas realizado por la instalación (ver simbología y punto T3: 3.8).

Depósitos: Son recipientes destinados a contener GLP en estado líquido, bajo presión, para su almacenamiento y consumo. Pueden ser fijos o móviles según se instalen (ver simbología y puntos T3: 2.3 a T3: 2.6).

Los depósitos móviles ha de ser trasladados a una Planta de llenado para su carga.

Los depósitos fijos se subdividen en:

- **Aéreos o de superficie.** Los situados al aire libre y la generatriz inferior del cilindro queda a un nivel superior al del terreno.
- **Enterrados:** Los situados enteramente por debajo del nivel del terreno circundante.
- **Semienterrados:** Aquellos enterrados parcialmente que, por algún impedimento (roca a escasa profundidad, terreno con pendiente pronunciada, nivel freático próximo, etc.) no resulta posible enterrarse completamente. Para tener la consideración de enterrados se han de cubrir totalmente completándose la fosa mediante paredes de obra de fábrica u hormigón.

Distancia de seguridad: Es la distancia mínima que ha de existir entre dos elementos que se quieren proteger de la influencia peligrosa, de uno de ellos sobre el otro. Los elementos están referenciados:

Siendo las referencias para almacenamiento de GLP en depósitos:

Referencia 1: Espacio libre alrededor de la proyección sobre el terreno del depósito.

Referencia 2: Distancia al cerramiento.

Referencia 3: Distancia a muros o paredes ciegas (R-120 como mínimo).

Referencia 4A: Distancia a límite de propiedad, proyección de líneas aéreas de alta tensión.

Referencia 4B: Distancia a aberturas de inmuebles, aberturas de sótanos, aberturas de alcantarillas, focos fijos de inflamación, motores fijos de explosión, vías públicas, férreas o fluviales navegables equipos eléctricos no protegidos, y desagües (es posible reducir las distancias aplicando muro).

Referencia 5: Distancias a aberturas de edificios de uso docente, de uso sanitario, de hospedaje, de culto, de esparcimiento o espectáculo, de acuartelamiento, de centros comerciales, museos, bibliotecas o lugares de exposición públicos. Estaciones de servicio (bocas de almacenamiento y puntos de distribución).

Referencia 6: Distancia desde la boca de carga a la cisterna de trasvase.

Las “distancias de seguridad” se considerarán:

- A partir de los “orificios” (“Do”), considerando los riesgos posibles por la eventual formación de mezclas inflamables, caso de fuga de gas. La normativa las denomina “S”
- A partir de las paredes de los depósitos y equipos (“Dp”), considerando los riesgos procedentes desde el exterior. La normativa las denomina “S1”.

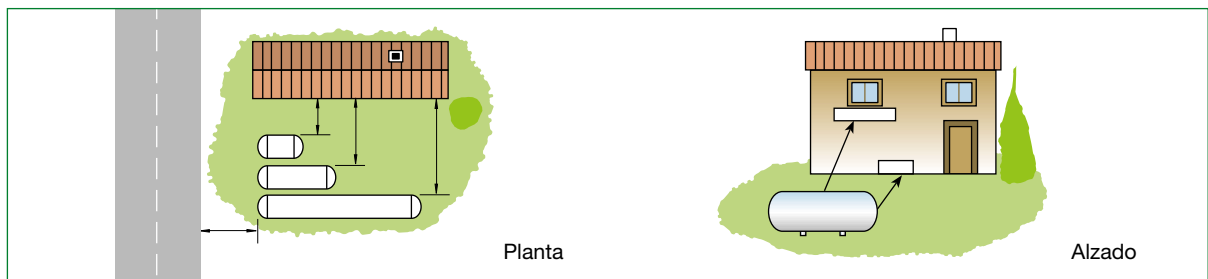


TABLA DE DISTANCIAS DE SEGURIDAD para almacenamiento de depósitos: 1995										
Instalación	Grupo	Volumen	Distancia	Referencias						
				1	2	3	4	5	6	
Aérea	A0	$V \leq 5 \text{ m}^3$	Do (S)				3	6	3	
			Dp(S1)	0,60	1,25	0,60	2		3	
	A1	$5 < V \leq 10 \text{ m}^3$	Do (S)				5	10	3	
			Dp(S1)	0,60	1,25	0,60	3		3	
	A2	$10 < V \leq 20 \text{ m}^3$	Do (S)				7,5	15	3	
			Dp(S1)	1	1,25	1	5		3	
	A3	$20 < V \leq 100 \text{ m}^3$	Do (S)				10	20	3	
			Dp(S1)	1	3	5	7,5		3	
	A4	$100 < V \leq 500 \text{ m}^3$	Do (S)				15	30	3	
			Dp(S1)	1	5	5	10		3	
	A5	$500 < V \leq 2000 \text{ m}^3$	Do (S)				30	60	3	
			Dp(S1)	2	10	7,5	20		3	
	Enterrado o semi enterrado	E0	$V \leq 5$	Do (S)	0,8	1,5	0,8	3	6	3
		E1	$5 < V \leq 10$	Do (S)	0,8	2	1	4	8	3
E2		$10 < V \leq 100$	Do (S)	0,8	3	2	5	10	3	
E3 (*)		$100 < V \leq 500$	Do (S)	0,8	5	3	10	20	3	

(*) Volumen máximo 60 m³
Está prevista una modificación sustancial en la clasificación por volúmenes de almacenamiento.

Empresas comercializadoras de GLP envasado, al por menor: Las que realicen suministros de gas a consumidores cualificados (arts. 45 y 79 de la LSH⁽¹⁾).

Empresas distribuidoras de GLP a granel, al por menor: Las que realicen suministros de gas a consumidores en régimen de tarifa mediante póliza de abono o contrato (artículo 45 de la LSH).

Empresa instaladora: Es aquella que incluye en su objeto social las actividades de montaje, reparación, mantenimiento y revisión de las instalaciones de gas, y se encuentra acreditada mediante el correspondiente Certificado de Empresa Instaladora de Gas emitido por los servicios competentes en materia de industria de la Comunidad Autónoma, hallándose inscrita en el registro correspondiente.

Empresa Operadora: Serán operadores al por mayor de GLP aquellos sujetos que obtengan la autorización de actividad a que se refiere el artículo 45 de la LSH. Les corresponderá las actividades de envasado y su posterior distribución al por mayor, así como la distribución al por mayor de los GLP a granel.

Esquema: Representación gráfica y simbólica de una instalación, atendiendo a sus caracteres más representativos. Se emplearán los símbolos de cada elemento que la constituya.

Estabilizador: Dispositivo destinado a mantener estable una presión de GLP ya regulada.

Estaciones de compresión: Es el conjunto de bombas o compresores, tuberías, instrumentos de control, válvulas, elementos de seguridad, dispositivos auxiliares y recinto, instalados con el propósito de elevar la presión del gas (ver punto T3: 2.12).

Estación de GLP: Superficie de terreno limitada por la distancia de seguridad (Referencia 4), en función de la suma de los volúmenes de todos los depósitos de la instalación. Parte de la instalación de almacenamiento puede quedar fuera de la Estación de GLP (ver punto T3: 2.2).

Estaciones de medida: Es el conjunto de aparatos (contadores, manómetros, termómetros), tuberías, instrumentos de control, válvulas, elementos de seguridad, dispositivos auxiliares y recinto, instalados con el propósito de cuantificar magnitudes físicas del combustible gaseoso.

Estaciones de regulación de presión: Es el conjunto de reguladores, tuberías, instrumentos de control, válvulas, elementos de seguridad, dispositivos auxiliares y recinto, instalados con el propósito de reducir y regular automática o manualmente la presión del gas (ver punto T3: 2.2).

Estanca: Aplicable a tuberías, conexiones y recipientes que no presentan fugas a la presión considerada.

Equipo de regulación: Es el conjunto de reguladores y accesorios encargados de reducir la presión a otra determinada y controlarla, según las necesidades. Ver “conjunto de regulación” (ver punto T3: 2.20).

Familias de gases: Aparte de los GLP existen otros gases utilizados como combustibles, tales como el gas natural. Los gases se clasifican en familias, en función de su poder calorífico o más exactamente en función de su Índice de Wobbe (W), Los gases más comunes pertenecientes a cada una a de las familias son:

FAMILIA	GASES	Wsuperior (UNE 60 002)	
1ª	Gas manufacturado, Aire metanado, Aire butanado y Aire propanado de bajo índice de Wobbe	entre 22,4 y 24,8 MJ/m ³ (S)	6,22 y 6,88 kWh/m ³
2ª	Gas Natural, Aire propanado de alto índice de Wobbe	entre 39,1 y 54,7 MJ/m ³ (S)	10,86 y 15,194 kWh/m ³
3ª	Propano, Butano (GLP)	entre 72,9 y 87,3 MJ/m ³ (S)	20,25 y 24,25 kWh/m ³
equivalencia: 1 kcal = 4,1868 kJ 1 kWh = 3 600 kJ 1 kJ = 860/3 600 = 0,2388 kcal 1 kW = 1 kJ/s = 3600 kJ / 3600 s = 3600 ·kJ/h = 3600 / 4,1868 kcal /h = 859,84522 kcal/h			

Fosa: Alojamiento en el terreno destinado para contener un depósito a enterrar. Puede ir o no revestida interiormente de obra de fábrica u hormigón, según sean las características del terreno. El revestimiento tiene la finalidad de servir de continente a la arena de relleno y aislar al depósito de las influencias exteriores (corrientes de agua, tierras no inertes que puedan contaminar el contenido, etc.) (ver punto T3: 2.4.2).

(1) LSH: Ley del Sector de Hidrocarburos.

GAS: Combustible gaseoso. Cualquier fluido que se utilice como combustible y se encuentre en estado gaseoso a la presión de 1,01325 bar y temperatura 288 K (15° C) y esté comprendido en una de las tres familias definidas en la UNE 60 002.

Las características principales del gas suministrado y que se requieren para poder diseñar las Instalaciones Receptoras de Gas (**IRG**), a facilitar por la Empresa Suministradora, son las siguientes:

- Familia y denominación.
- Poder calorífico superior (**Hs**).
- Densidad relativa (**d**).
- Densidad ficticia o de cálculo. Se obtiene teniendo en cuenta la viscosidad, la compresibilidad del gas, así como la rugosidad de las paredes internas de las conducciones. Dato a facilitar por la Empresa distribuidora.
- Presión de suministro (máxima y mínima).

Gas inerte: Un gas es inerte cuando químicamente resulta inactivo, esto es, no se combina con el oxígeno y por lo tanto no es apto para la combustión. En la industria del gas se utilizan normalmente los siguientes:

- Nitrógeno (N_2): Forma parte en un 78% del aire. Su densidad es 0,967. Gas incoloro, de $\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$.
- Dióxido de carbono (CO_2) o anhídrido carbónico. Su densidad es 1,526. De olor pungente y sabor ácido. Su $\rho = 1,977 \text{ kg/m}^3$.

Se suministran en botellas de acero como las de oxígeno y aire comprimido.

Gasto Calorífico (G): Ver Consumo calorífico.

Grado de llenado de un recipiente para GLP: Cociente o porcentaje, entre el volumen ocupado por el GLP en fase líquida y el volumen de almacenamiento (V_a).

Está establecido por la reglamentación un grado de llenado máximo del 85% en volumen, considerando la masa en volumen del GLP en fase líquida a 20° C. Ver “capacidad de almacenamiento” y “Volumen de almacenamiento”.

Índice de Wobbe: Es la relación entre el poder calorífico del gas por unidad de volumen y la raíz cuadrada de su densidad relativa, en las mismas condiciones de referencia. El índice de Wobbe se denomina superior o inferior según que el poder calorífico considerado sea el superior o el inferior.

$$H = H_s / \sqrt{d}$$

Instalación de almacenamiento GLP: Es el conjunto de conducciones, elementos y equipos destinado al almacenamiento de GLP, pudiendo estar constituido por depósitos fijos o móviles. Aunque no sea precisa la instalación de todos ellos, puede constar de los siguientes elementos:

- Boca de carga (BC).
- Canalizaciones existentes entre la boca de carga y la(s) llave(s) de salida.
- Depósito con sus accesorios (D).
- Equipo de regulación (ER).
- Equipo de trasvase (ET).
- Equipo de vaporización (EV).
- Llave de salida (Sa).

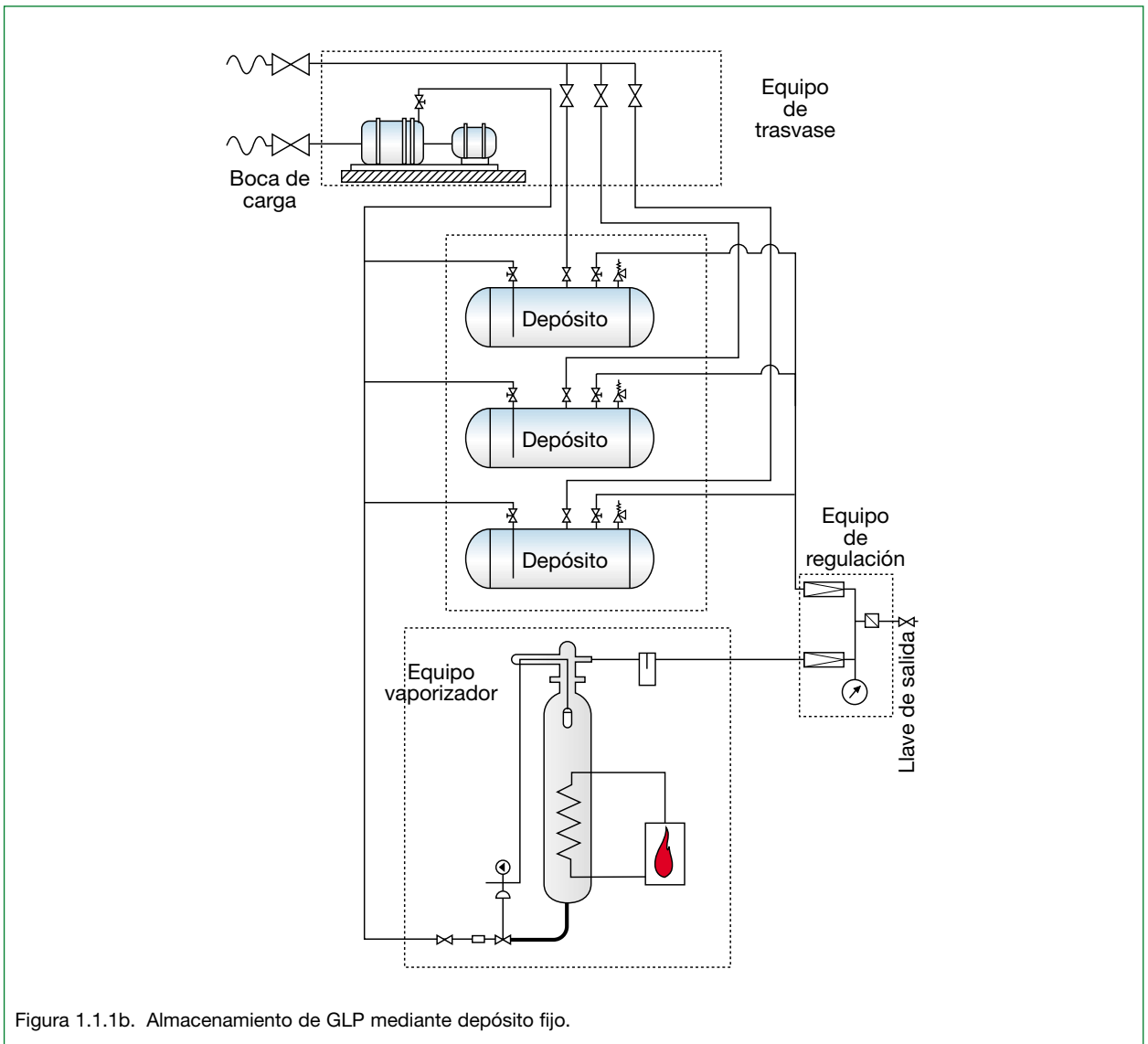


Figura 1.1.1b. Almacenamiento de GLP mediante depósito fijo.

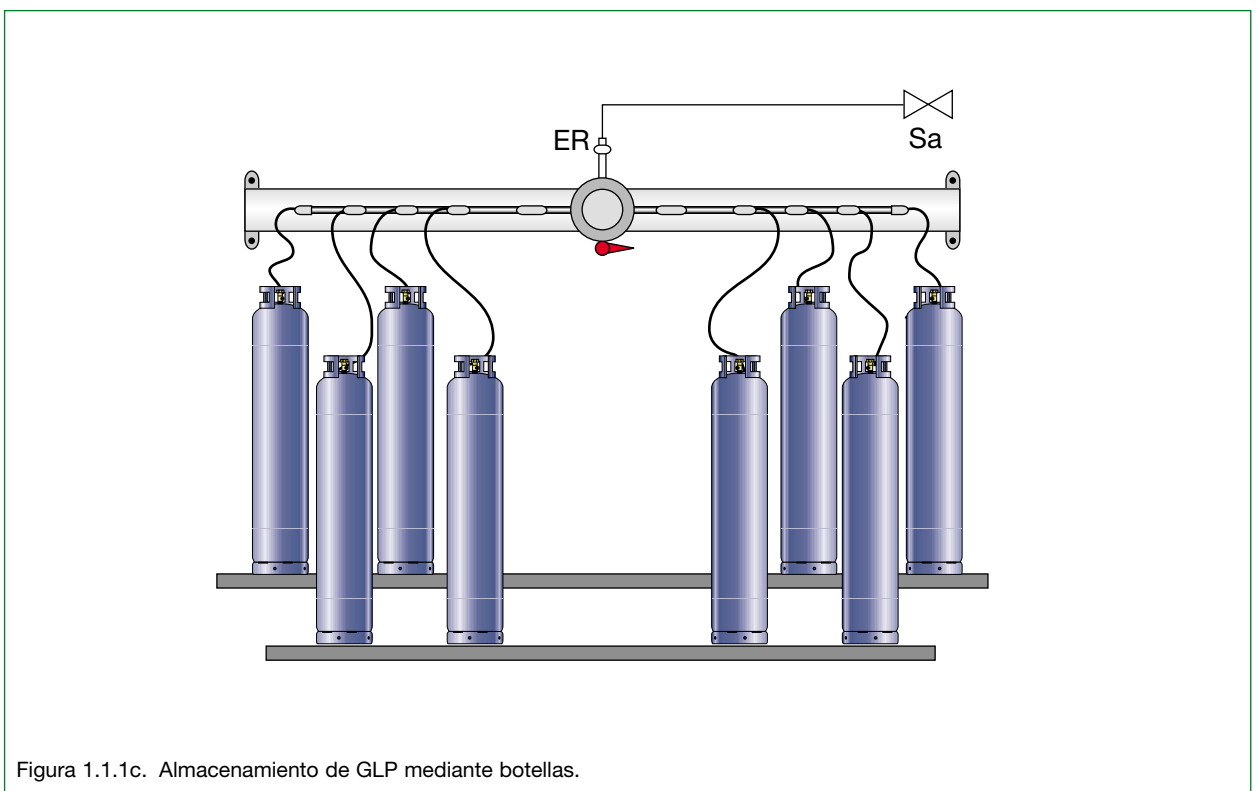


Figura 1.1.1c. Almacenamiento de GLP mediante botellas.

Instalación común (IRC): Conjunto de conducciones y accesorios comprendidos entre la llave de edificio (o de acometida si aquella no existe), excluidas estas, y las llaves de abonado, incluidas éstas.

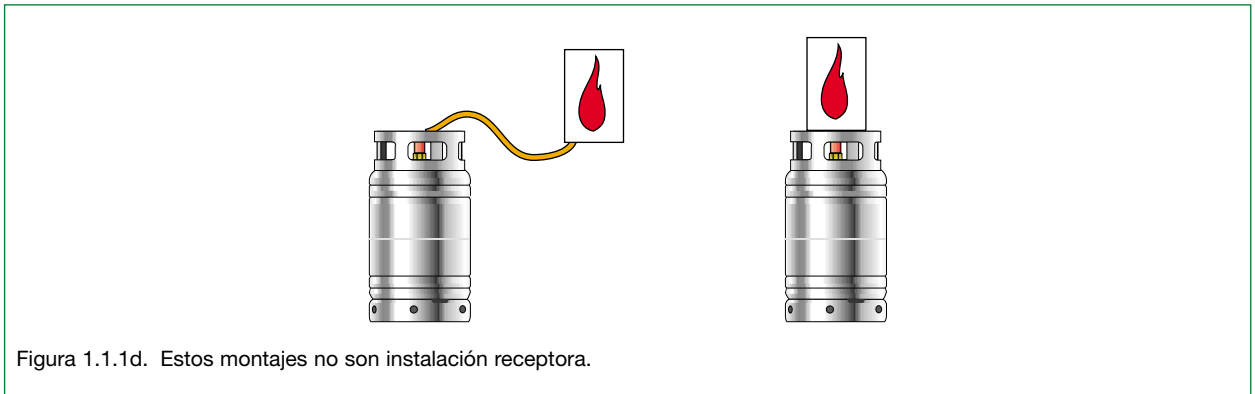
Instalación de gas: Conjunto de tuberías y dispositivos destinados a conducir el gas, cumpliendo unas reglamentos específicas.

Instalación individual (IRI): Conjunto de conducciones y accesorios comprendidos entre la llave de abonado, excluida, y las llaves de aparatos, incluidas éstas.

Instalación receptora de gas (IRG): Es el conjunto de conducciones y accesorios comprendidos entre la llave de acometida (Ac) o la que realice su función, excluida ésta, y las llaves de conexión de aparato (Ap), incluidas éstas, quedando excluidos los tramos de conexión de los aparatos (TA) y los propios aparatos (AP).

La **IRG** puede suministrar a varios edificios siempre que estén ubicados en terrenos de una misma propiedad.

No tendrán el carácter de **IRG**, las instalaciones alimentadas por una única botella doméstica, conectada por tubería flexible o acoplada directamente a un solo aparato de utilización móvil.



Tratándose de GLP canalizado, una **IRG** se compone de la acometida interior (AI), (terminando en la llave de edificio), la o las instalaciones comunes (terminando en las llaves de abonado) y las instalaciones individuales de cada usuario (terminando en las llaves de aparatos).

En el resto de los casos, cuando se trata de instalación que suministre a más de un usuario (botellas industriales), una **IRG** se compone de la instalación común (terminando en la llave de abonado) y las instalaciones individuales de cada usuario (terminando en las llaves de aparatos). Si solamente existe un usuario, la **IRG** será la instalación individual.

Instalador autorizado de gas: Instalador autorizado de gas es toda persona física que por sus conocimientos teórico-prácticos de la tecnología de la industria del gas y de su normativa, acreditados mediante el correspondiente carnet de Instalador expedido por el OTC ⁽²⁾ y efectuada su inscripción en el Registro de Instaladores, está autorizada para realizar las operaciones a que se refiere la normativa vigente (en las instalaciones de gas y en aparatos de utilización, que le faculta la categoría de su carné), ajustándose a las Reglamentaciones técnicas en vigor y en su defecto, de acuerdo con las reglas de la buena competencia profesional.

Inyector: Elemento del quemador diseñado para proporcionar la velocidad adecuada a la mezcla de gas y aire para su combustión correcta.

Limitador de presión: Aparato destinado a evitar que la presión de gas en una canalización sobrepase un valor dado, incluso aunque falle el propio dispositivo, en cuyo caso deberá cortar automáticamente el paso de gas (ver simbología).

Limitador de caudal: Dispositivo destinado a evitar que el caudal o flujo del gas a través de él sea superior a un valor determinado (ver simbología).

Límite inferior de explosividad (LIE): Es la concentración de combustible gaseoso expresada en tanto por ciento de volumen de gas en aire a partir del cual la mezcla aire-gas es explosiva.

Límite superior de explosividad (LSE): Es la concentración de combustible gaseoso expresada en tanto por ciento de volumen de gas en aire a partir del cual la mezcla aire-gas deja de ser explosiva.

⁽²⁾ OTC: Organismo Territorial Competente.

Llave: Dispositivo de corte que exige una intervención manual para actuar. Se clasifican por su construcción (de membrana, de mariposa, etc.) o por su aplicación (ver simbología y puntos T3: 1.5.1.10; T3: 2.8.1, y T3: 3.6.).

- **Llave de abonado (Ab):** Dispositivo de corte que, perteneciendo a la instalación común, establece el límite entre ésta y la instalación individual y que puede interrumpir el paso de gas a una sola instalación individual, debiendo ser esta llave accesible desde zonas de propiedad común, salvo en el caso que exista una autorización expresa de la Empresa suministradora. Llave de inicio de la instalación individual del usuario. (GLP canalizado) (ver Figura 1.1.2a).

En instalaciones de GLP a granel, no existe llave de abonado. Su función (comienzo de la IRI), la realiza la llave de salida en fase gaseosa de la instalación de almacenamiento (ver Figura 1.1.2b).

En las instalaciones de GLP envasado con botellas industriales y botellas domésticas instaladas en el exterior, no existe llave de abonado. Su función (comienzo de la IRI), la realiza la **llave de salida** en fase gaseosa de la instalación de almacenamiento (ver Figuras 1.1.2c y 1.1.2d).

En las instalaciones de GLP envasado con botellas domésticas, no existe llave de abonado. Su función (comienzo de la IRI), la realiza la llave de salida incorporada al regulador acoplado a la propias botella (ver Figura 1.1.2e).

- **Llave de acometida (Ac):** En las instalaciones de GLP canalizado, es el dispositivo de corte más próximo o en el mismo límite de propiedad, accesible desde el exterior de la misma e identificable, que puede interrumpir el paso de gas a la **IRG** (ver Figura 1.1.2a).

– En las instalaciones de GLP a granel, no existe llave de acometida. Su función (comienzo de la IRG), la realiza la **llave de salida** en fase gaseosa de la instalación de almacenamiento (ver Figura 1.1.2b).

– En las instalaciones de GLP envasado con botellas industriales y botellas domésticas instaladas en el exterior, no existe llave de acometida. Su función (comienzo de la IRG), la realiza la **llave de salida** en fase gaseosa de la instalación de almacenamiento (ver Figuras 1.1.2c y 1.1.2d).

– En las instalaciones de GLP envasado con botellas domésticas, no existe llave de acometida. Su función (comienzo de la IRG), la realiza la llave de salida incorporada al regulador acoplado a la propias botella (ver Figura 1.1.2e).

- **Llave de aparato (Ap):** Es el dispositivo de corte que, formando parte de la instalación individual, está situado lo más próximo posible a la conexión con cada aparato a gas y que puede interrumpir el paso del gas al mismo (ver Figuras 1.1.2a y 1.1.2b).

La llave de conexión de aparato no debe confundirse con la llave o válvula de mando de corte que lleva incorporado el propio aparato.

La llave de conexión debe existir en todos los casos salvo que se trate de instalaciones individuales en las que se utilice una botella doméstica, equipada con un regulador con dispositivo de corte incorporado (reguladores Kosan), y acoplado a un sólo aparato situado en el mismo local que la botella.

- **Llave de contador (Co):** Es el dispositivo de corte que está colocado inmediatamente a la entrada del contador, o del regulador de abonado cuando éste se acople directamente al contador (ver Figura 1.1.2a).
- **Llave de edificio (Ed):** Es el dispositivo de corte más próximo o en el muro de cerramiento de un edificio, accionable desde el exterior del mismo, que puede interrumpir el paso del gas a la IRC.

En GLP canalizado, interrumpe el paso del gas a la instalación común que suministra a varios usuarios ubicados en el mismo edificio. En el caso de que se alimente a un único edificio la llave de edificio puede coincidir con la llave de acometida (Ac). En edificios de un solo abonado, dicha llave sería la llave de abonado (Ab) (ver Figura 1.1.2a).

- **Llave de montante colectivo (Mo):** Es el dispositivo de corte que permite cortar el paso del gas al tramo de instalación común que suministra gas a varios usuarios situados en un mismo sector o ala de un edificio.
- **Llave de regulador (Re):** Es el dispositivo de corte que, situado muy próximo a la entrada del regulador, permite el cierre del paso de gas al mismo (ver Figura 1.1.2a).

En el caso de instalaciones suministradas desde botellas domésticas, es la llave incorporada al propio regulador acoplado a cada envase o botella.

- **Llave de salida del almacenamiento (Sa):** Es el dispositivo de corte que fija el final de la instalación de almacenamiento. Punto donde comienza, según tipo de instalación, la Red de distribución (GLP canalizado), o la instalación receptora de gas (GLP a granel y envasado) (ver Figura 1.1.2).

- **Llave de vivienda (Vi) o de local privado (Lo):** Es el dispositivo de corte con el cual el usuario desde el interior de su vivienda o local puede cortar el paso del gas al resto de su instalación (ver Figura 1.1.2a).

En el caso de instalaciones suministradas desde botellas domésticas, es la llave incorporada al propio regulador o reguladores acoplados a cada envase o botella (ver Figura 1.1.2e).

Manguera: Tubo flexible utilizado para trasiego de combustibles (ver simbología).

Manómetro: Instrumento destinado a la medición de presiones relativas o manométricas (ver simbología).

Mantenimiento: Es el conjunto de actuaciones destinadas a garantizar el estado y el funcionamiento correcto de las instalaciones.

Material antichispa: Aquel en los que los choques y golpes con objetos metálicos no pueden producir chispas.

Muro o pantalla: Es una construcción recta y ciega (sin abertura), con resistencia al fuego mínima (RF-120) ⁽³⁾, de un mínimo de 1,5 m de altura y que sea capaz de oponerse al avance del gas y del fuego (ver punto T3: 2.2.3).

La utilización de “Muros o Pantallas” permitirá reducir hasta un 50% las “distancias de seguridad” en los siguientes casos:

- a) Depósitos aéreos: Las distancias “Do” correspondientes a la referencia 4 (excepto distancias a límites de propiedad y a proyección de líneas aéreas de alta tensión) y referencia 5.
- b) Depósitos enterrados y semienterrados: Las distancias “Dp” correspondientes a la referencia 5.

No se autoriza la utilización de estos muros para reducir las distancias de seguridad en instalaciones en patios ni en azoteas.

Odorizantes: El butano y el propano en estado puro son inodoros. Por requerimientos de normativa, llevan unos compuestos que, añadidos en pequeña proporción, dan un fuerte y característico olor. Estos compuestos son los mercaptanos.

Orificio: Cualquier abertura de un elemento de la instalación de GLP, no cerrado por medio de tapones roscados o bridas ciegas, por donde, en su función normal, puede dar lugar a una eventual salida de gas. Se trata concretamente de la boca de carga (si se encuentra acoplada en el depósito), de un depósito y de la válvula de seguridad (la llave de drenaje y el punto alto de llenado no se consideran orificio). Por los orificios de estos elementos, en su función normal, se puede producir salida de gas.

Pasamuros: Es la vaina o conducto destinada a alojar la tubería o tuberías de gas para darle protección cuando deba atravesar un muro o pared (ver punto T3: 3.4.3.1).

Patio que pueda contener una instalación de almacenamiento de GLP: Superficie de terreno sensiblemente horizontal, rodeada de edificaciones fijas al menos en un 75% de su línea poligonal o curva que formen sus fachadas interiores y con acceso abierto a calles o zonas exteriores que estén al mismo o inferior nivel. No se entenderá por edificaciones fijas las vallas o cerramientos de obra de una altura inferior a 3 m. Para instalar la Estación de GLP ha de ser descubierto (ver punto T3: 2.5).

Pérdida de carga: Es la pérdida de presión entre dos puntos de una canalización producida por el roce del fluido consigo mismo y con las paredes de las tuberías y accesorios (ver punto 1.9).

Poder Calorífico: Cantidad de calor producido por la combustión completa de una unidad de volumen o de masa del gas, a una presión constante e igual a 1013,25 mbar, tomando los componentes de la mezcla combustible en las condiciones de referencia y llevando los **PDC** a las mismas condiciones. Se expresa en kWh/kg ó en kWh/m³ (antiguamente en kcal/kg ó kcal/m³) (ver Tema 1 Unidades).

Se distinguen dos tipos de poder calorífico:

- Poder calorífico superior: -Hs- (antiguamente PCS). Suponiendo que se condensa el agua producida por la combustión. (incluye el calor latente de vaporización).
- Poder calorífico inferior: -Hi- (antiguamente PCI). Suponiendo que el agua producida por la combustión permanece en estado de vapor. (no incluye el calor latente de vaporización).

Se puede considerar que aproximadamente el poder calorífico superior es igual a 1,1 veces el poder calorífico inferior ($H_s = 1,1 \times H_i$). (concretamente 1,111 para el gas natural y 1,083 para los GLP, según HD 1002/94).

Potencia calorífica de un aparato: (Pc) Potencia producida en un aparato, calculable al multiplicar el caudal de gas consumido por el poder calorífico del gas. Puede ser “Potencia superior” si se considera el poder calorífico superior, y “Potencia inferior” si es el inferior el considerado. La norma no reconoce la superior sustituyéndola por la inferior, multiplicada por el factor 1,1. A la potencia inferior se la denomina consumo calorífico. Ejemplo: A un caudal de propano consumido de 10 kg/h, siendo su Hs - 13,95 kWh/kg y su Hi = 12,67 kWh/kg, le corresponde una potencia superior de 139,5 kW y un consumo calorífico de 126,7 kW.

(3) RF-120 según NBE-CPI-91 aprobada por R.D. 279/1991 de 1 de marzo.

Potencia nominal de un aparato a gas (PN): Es la potencia calorífica de referencia indicada por el fabricante para un determinado aparato, y que consta en la placa de características que éste lleva adosada. (Puede hacer referencia a la potencia útil o a la potencia inferior).

Potencia de diseño de un grupo de aparatos: Se calcula como producto del caudal de diseño (de simultaneidad) por el poder calorífico superior del gas. Se mide en kW. La norma no reconoce el concepto equivalente a nivel aparato individual (lo sustituye la potencia inferior o consumo calorífico, multiplicada por 1,1).

Potencia nominal de utilización simultánea (Potencia de diseño -Pd-). En una instalación individual, es el valor de la Potencia calorífica nominal máxima probable a considerar en el cálculo del almacenamiento y de las conducciones de una instalación individual. En las instalaciones domésticas se calcula directamente sumando las Potencias nominales de los dos aparatos que lo tengan mayor, más la mitad de las potencias nominales de los restantes aparatos.

Ejemplo: Sean tres aparatos de potencias superior (Ps) 1, 2 y 3 kW. La Potencia nominal de utilización simultánea será:

$$Pd = 3 + 2 + \frac{1}{2} \times 1 = 5,5 \text{ kW}$$

Potencia útil (Pu) de un aparato: Cantidad de energía térmica transmitida al fluido portador de calor por unidad de tiempo. Realmente es su potencia calorífica, ya mencionada, menos las pérdidas producidas por el tiro, la condensación del vapor de agua, etc. Define, por tanto un rendimiento (η).

$$Pu = \eta \cdot Pc$$

En los procesos de calentamiento se calcula multiplicando la masa del cuerpo calentada (por ejemplo caudal de agua), por su calor másico (específico) y por el incremento o elevación de temperatura experimentado.

$$Pu = A \times Ce \times \Delta t.$$

siendo:

$\Delta t = (t_2 - t_1)$: Elevación de temperatura expresada en grados Kelvin (K) o grados Celsius ($^{\circ}\text{C}$)

$Ce =$ Calor másico (específico) a presión constante 4,1868 kJ/kg · K cuyo valor para el agua es 1,163 Wh/kg · K (1 kcal/kg · $^{\circ}\text{C}$)

$A =$ Masa del agua calentada por hora kg/h

$Pu =$ Potencia útil del aparato expresada en kW

Protección activa: Sistema utilizado para proteger los depósitos y las conducciones metálicas enterradas contra la corrosión basado en garantizar un potencial negativo entre las piezas a proteger y el terreno. Consiste en producir una corriente continua en sentido contrario al que se produce de forma natural cuando el metal es atacado por el medio que le rodea. Esta protección se consigue de dos formas diferentes (ver punto T3: 2.9.2):

- Conectando el metal a otro más electronegativo que el que se quiere proteger, por ejemplo magnesio. El magnesio se disuelve a la vez que el acero queda protegido.
- Aplicando una corriente continua “impuesta” (impresa, dicen algunos), conectando el polo negativo (-) a la conducción y el positivo (+) a tierra.

Normalmente se utiliza la protección catódica contra la corrosión por bacterias sulfatorreductoras y por corrientes vagabundas

Protección pasiva: Sistema utilizado para proteger los depósitos y las conducciones metálicas mediante recubrimientos adecuados (ver punto T3: 2.9.1).

		PROTECCION	
		PASIVA	ACTIVA
DEPÓSITOS	aéreos	pintura	no necesaria
	enterrados	revestimiento continuo.	protección catódica
CANALIZACIÓN	aérea	pintura, metalizado, etc.	no necesaria
	enterrada	revestimiento continuo solape del 50% autoahderente.(>10 kV)	protección catódica (-0,85 V)

Presión: Es la fuerza (Esfuerzo) que ejercen las moléculas del gas por unidad de superficie del recinto que lo contiene. Se miden en bar.

La presión es el factor necesario para que el gas se desplace a lo largo de la tubería y llegue a los aparatos de consumo.

Existen diferentes definiciones de presión, específicas para las instalaciones de GLP.

- *Presión de alimentación (nominales):* Es la de trabajo dentro de la gama de presiones a que puede trabajar el aparato, según dicta su norma específica. cuando están alimentados con el gas de referencia correspondiente: (UNE-EN 437, EN 30 y HD 1002/94).

PRESIONES DE ALIMENTACIÓN DURANTE LOS ENSAYO DE LOS APARATOS A GAS			
GAS NATURAL:	G 18	18 mbar (+5 y -3) -	entre 15 y 23 mbar
GAS PROPANO:	G 31	37 mbar (+8 y -12) -	entre 25 y 45 mbar
GAS PROPANO:	G 31	50 mbar ($\pm 7,5$) (*) -	entre 42,5 y 57,5 mbar
GAS BUTANO	G 30	28 mbar (+7 y -3) --	entre 25 y 35 mbar
(*) 50 mbar es para aparatos no domésticos.			

- *Presión absoluta:* La presión relativa o manométrica más la de la atmósfera (la atmosférica se considera vale 1,01325 bar).
- *Presión Ajustable:* La que se puede ajustar a la salida de un regulador, dentro de los límites del mismo.
- *Presión de cálculo:* Es la presión máxima de servicio que corresponde a una temperatura de unos 60° C (20 bar para propano): (UNE 60309).
- *Presión directa:* La del GLP que se obtiene directamente del recipiente que contiene las fases líquida y vapor y que se halla sujeta a las variaciones constantes en razón de la temperatura a la que se encuentre.
- *Presión de diseño:* Es la máxima presión efectiva a la que técnicamente puede ser explotada usada cada parte de la instalación, este es el valor que se toma para el cálculo de cada parte a la temperatura de diseño con unos márgenes de seguridad según establezca la norma. Salvo que se exija otro valor, será la presión de prueba hidrostática.
- *Presión de distribución:* Márgenes de la presión con la que se distribuye el gas en la red. de distribución de la Empresa suministradora.
- *Presión estática:* La del fluido en reposo.
- *Presión de garantía:* Es la presión de distribución mínima que, contractualmente, se debe disponer en el inicio de la IRG, es decir, a la salida de la llave de acometida.
- *Presión Máxima de servicio:* Es la presión máxima a la que puede trabajar un tramo y/o la totalidad de una IRG, en función de su diseño. Para el propano se considera 20 bar (presión aproximada a la que se encuentra estando a unos 60° C). Se denomina también presión de timbre.
- *Presión Máxima/mínima de suministro:* Son las presiones máximas y mínimas de servicio con que la compañía suministradora entrega el gas.
- *Presión de prueba:* Presión a la que hay que someter a la instalación y ésta ha de resistir sin que se sobrepase el 90% del límite elástico del material a la temperatura de prueba, para verificar su correcto estado y resistencia. El valor está fijado por la reglamentación vigente, en función de la presión máxima de servicio.

Para las instalaciones de propano, al ser 20 bar la presión máxima de servicio, la presión de prueba ha ser un 30% superior: $P_p = 20 \times 1,3 = 26$ bar. Para butano es también el 30 % más que la presión de timbre, aunque se suele utilizar la del propano para hacer intercambiables las instalaciones.

- *Presión Regulada:* Es la obtenida por un regulador.
- *Presión relativa:* Presión manométrica, medida mediante manómetro, con relación a la presión atmosférica del lugar.

- **Presión de servicio:** Es la presión a la cual se prevé que trabaje cada parte de la instalación. Es la que proporciona el regulador situado en su inicio.

PRESION DE SERVICIO	Baja presión (BP)	Media presión A (MPA)	Media presión B (MPB)	Alta presión A (APA)	Alta presión B (APB)
GAMA DE VALORES	hasta 50 mbar	desde 50 mbar hasta 0,4 bar	desde 0,4 bar hasta 4 bar	desde 4 bar hasta 16 bar	más de 16 bar

- **Presión de tarado:** Es una presión preestablecida a la que se ajustan cada una de las funciones de un regulador o válvula de seguridad.
- **Presión de timbre:** Es la presión máxima de servicio que corresponde a una temperatura de unos 60° C. (20 bar para propano): (UNE 60309).
- **Presión de trabajo:** Presión a la que se encuentra normalmente el gas en la instalación. Presión de servicio.
- **Presión de utilización:** Es la presión de alimentación.

Productos de la combustión (PDC): Es el conjunto de gases y vapor de agua originados por la combustión del gas. Su composición es variable en función del tipo de gas y de las características de la combustión. Incluye el exceso de aire utilizado.

Propano comercial: Mezcla de hidrocarburos gaseosos en condiciones normales de presión y temperatura, en la que predomina el propano puro. Su molécula tiene tres átomos de carbono por lo que se le suele representar por C₃. Cumple las especificaciones legales para su comercialización (mezcla C).

Punto caliente: Todo aquello que sea capaz de hacer reaccionar una mezcla carburada (gas-aire) dentro de sus límites de inflamabilidad, de tal forma que se produzca reacción química con desprendimiento de llama y calor, (inflamación, combustión).

Recipiente: Conjunto que forma la envolvente de un volumen determinado que reúne las condiciones necesarias para almacenar un gas licuado. Se trata de los depósitos y de las botellas de GLP (ver simbología).

Red de Distribución: Canalización que, en las instalaciones de GLP canalizado, parte de la llave de salida de la instalación de almacenamiento, es colector de suministro a las diferentes acometidas de los abonados. No existe en GLP a granel ni en el envasado (ver Figura 1.1.2 f).

Regulador de presión: Es un dispositivo que permite reducir (de forma automática) la presión de entrada de un gas, que puede variar, a una menor (de salida o “regulada”) pero constante, aguas abajo del punto donde está instalado, manteniéndola dentro de unos límites establecidos para un rango de caudal determinado. Pueden ser fijos o ajustables (refiriéndose a la presión de salida) (ver simbología y punto T3: 2.20.1).

Regulador de seguridad: Regulador combinado con una válvula de exceso de caudal, en el que no se puede restablecer el paso del gas sin intervención manual (rearme manual). Se llama de doble seguridad cuando además dispone de una VIS de mínima.

Rendimiento de un aparato (R): Es la relación o cociente entre la potencia útil (Pu) y la potencia o gasto calorífico (P), ambos en las mismas unidades y condiciones de presión y temperatura.

$$\eta = P_u / P$$

El valor nominal se obtiene de la división entre los respectivos valores nominales (ver Tema 1 Unidades).

Resistencia al fuego (RF): Grado de incombustibilidad de un material, medido según los criterios establecidos en la Norma Básica de la Edificación (NBE-CPI-82).

Decir que la resistencia al fuego de un material es RF-120 significa que puede soportarlo durante 120 minutos sin quemarse o destruirse.

Tensión de vapor de un líquido: Es la presión correspondiente al vapor de un líquido, encerrado en un recipiente, que se encuentra en equilibrio con su vapor. Depende de la temperatura. Se mide en bar abs (ver Tema 1).

Tramo de conexión de los aparatos (TA): Conjunto de conducciones y accesorios comprendidos entre la llave de conexión al aparato, excluida ésta, y el propio aparato, excluido éste (ver símbolos en Tema 1).

Tubería: Conducto de gas formado por tubos cilíndricos y los accesorios de unión. Puede tenderse aérea (vista) o enterrada o en el interior de otro conducto construido al efecto. Si la tubería va dentro de una vaina, se llamará envainada.

Tubo corrugado: Tubo continuo ondulado para poder flexionarlo (ver punto T3: 1.5.1.5).

Válvula: Dispositivo de corte o regulación intercalado en una conducción o formando parte de un aparato que es accionado por alguna de las características del propio gas (por su presión, caudal, temperatura, sentido de desplazamiento, etc.). Incluye los dispositivos de corte de accionamiento electromagnético y neumático, dado el caso (ver simbología y punto T3: 1.5). Diferenciar de llave.

- **Válvula de alivio (VAS):** Dispositivo que conecta la IRG con el exterior, y que permite reducir la presión de la instalación por evacuación directa del gas al exterior, cuando ésta presión supera un valor predeterminado (ver simbología).
- **Válvula antirretorno:** Ver válvula de retención.
- **Válvula electromagnética:** Llave accionada por medio de la electricidad.
- **Válvula de exceso de caudal:** Dispositivo cuya misión es cortar el flujo que lo atraviesa cuando se produce un exceso de caudal el caudal cuando sobrepasa un cierto valor considerado como límite de seguridad, evitando fugas por rotura de la conducción más allá de su posición (ver simbología). Su funcionamiento indica que se ha producido una avería (rotura), aguas abajo de la conducción o una falsa maniobra.
- **Válvula de doble seguridad:** Es un dispositivo que combina una VISmín y otra VISmax (ver simbología).
- **Válvula de exceso de flujo:** Ver Válvula de exceso de caudal.
- **Válvula interruptora de seguridad (VIS):** Dispositivo cuyo objeto es interrumpir el suministro de gas aguas abajo del punto donde se halla instalado cuando la presión del gas excede o no alcanza un valor predeterminado. Puede ser de máxima (VISmáx.) o de mínima (VISmín.) (ver simbología).
- **Válvula neumática:** Llave accionada por medios neumáticos.
- **Válvula de retención:** Dispositivo que solo permite el flujo de fluido en un sentido (ver simbología). También se la denomina como “antirretorno”.

Vaporizador: Equipo destinado a proporcionar la energía calorífica necesaria para la vaporización forzada del GLP licuado (ver simbología y punto T3: 2.21).

Volumen de seguridad: En la estación de GLP, volumen formado por unas distancias de seguridad, según referencias 4 y 5 del cuadro de “distancias de seguridad”, que determinan un espacio, dentro del cual no puede haber elemento alguno.

Volumen de almacenamiento (Va): Volumen geométrico interior total del envase expresado en metros cúbicos (m³); llamado también, capacidad en agua. Se mide a una temperatura ambiente de 15° C (ver simbología). Ver “capacidad de almacenamiento”.

- El volumen unitario de los depósitos enterrados no puede superar los 60 m³. Las instalaciones con depósitos enterrados no pueden tener un volumen total superior a los 500 m³.
- El volumen unitario de los depósitos aéreos no puede superar los 2 000 m³.

ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS

En el texto se emplean diversos acrónimos y abreviaturas con el fin de acortar las frases y para que su lectura resulte más ágil. Los más usuales son los siguientes:

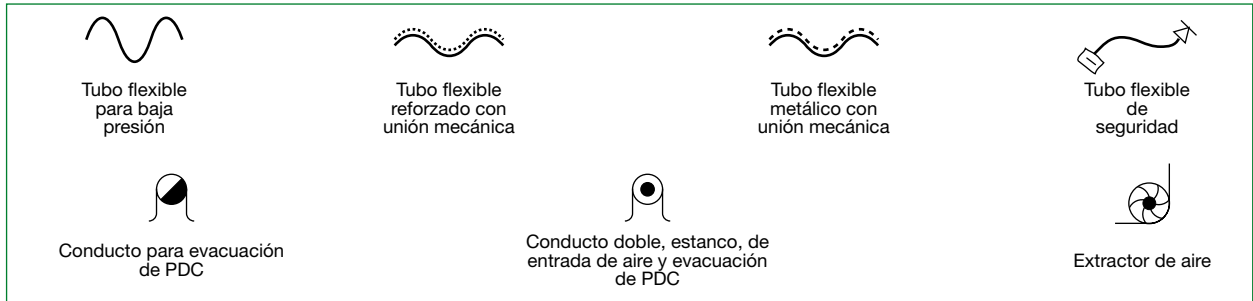
ORGANISMOS		LEGISLACIÓN	
E.I.G	Empresa Instaladora de Gas	CTB	Condiciones Técnicas Básicas que han de cumplir las instalaciones de los aparatos que utilicen los GLP como combustible
E.M.	Empresa Mantenedora	EN:	Norma Europea
ENICRE	Entidad de Inspección y Control Reglamentario	IDO	Instrucción sobre Documentación y puesta en servicio de las IRG
E.S.G	Empresa Suministradora de Gas	IIE	Instrucción sobre Instaladores autorizados de gas y Empresas instaladoras
OCA	Organismo Competente de la Administración	ITC	Instrucción Técnica Complementaria
OTC	Organismo Territorial Competente (Consejerías de Industria)	NBE	Norma Básica de la Edificación
MINER	Ministerio de INdustria y ENERgía	NDM	Normas a que deben supeditarse las instalaciones de GLP con Depósitos Móviles de capacidad superior a 15 kg.
CONCEPTOS		NIGE	Normas Básicas de Instalaciones de Gas en Edificios Habitados
ACS	Agua Caliente Sanitaria (a.c.s)	NTE	Norma Tecnológica de la Edificación
AP	Alta Presión	RAD	Reglamento de la actividad de distribución de GLP
BP	Baja Presión (hasta 50 mbar)	RAG	Reglamento de Aparatos que utilizan el Gas como combustible
GB	Gas Butano	RDM	Reglamento sobre Instalaciones de Almacenamiento de GLP en depósitos fijos para su consumo en IRG
GLP	Gases Licuados del Petróleo (también en singular): Propano y Butano comerciales	RIGLO	Reglamento de Instalaciones de Gas en LOcales destinados a uso domésticos, colectivos o comerciales.
GP	Gas Propano	RITE	Reglamento de Instalaciones Térmicas
Hi	Poder calorífico inferior	RRA	Reglamento de Redes y Acometidas de Combustibles Gaseosos
Hs, Ho	Poder calorífico superior	RSP	Reglamento General del Servicio Público de gases combustibles
MP	Media Presión (entre 50 mbar y 5 bar)	INSTALACIONES	
MPA	Media Presión A (entre 50 mbar y 0,4 bar)	Ab	Llave de abonado
MPB	Media Presión B (entre 0,4 bar y 5 bar)	Ac	Llave de acometida
PDC	Productos de la Combustión	Ed	Llave de edificio
PN	Presión Nominal	ERM	Estación de regulación y medida
Ps	Presión de suministro/servicio	IRC	Instalación Receptora Común
UNIDADES		IRG	Instalación Receptora de Gas
bar	bar = 10 ⁵ Pa	IRI	Instalación Receptora individual
h	hora	NPT	Rosca cónica para gas
J	joule	PQS	Polvo Químico Seco
kW	kilowatt = J/s	RF	Resistencia al Fuego (UNE 23727)
kWh	kilowatt-hora	Sa	Llave de salida del centro de almacenamiento
mbar	milibar	VES	Válvula de Seguridad con Escape a la atmósfera
N	newton	VIS	Válvula interruptora de Seguridad
Pa	pascal	VS	Válvula de Seguridad
s	segundo		
SÍMBOLOS			
≤	menor o igual		
≥	mayor o igual		
÷	hasta		

T3: 1.1.2 Símbolos empleados en los esquemas de instalaciones

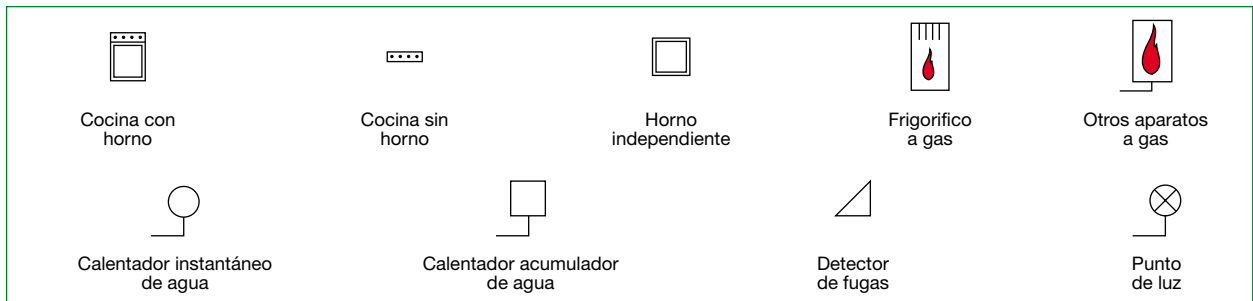
En los siguientes recuadros mostramos aquellos símbolos utilizados en los esquemas de representación de instalaciones.

T3: 1.1.2.1 Símbolos de aparatos de gas y accesorios

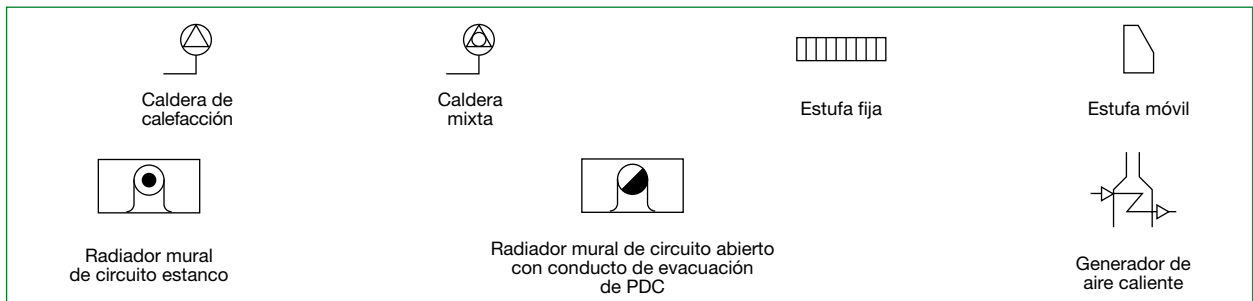
Conductos especiales



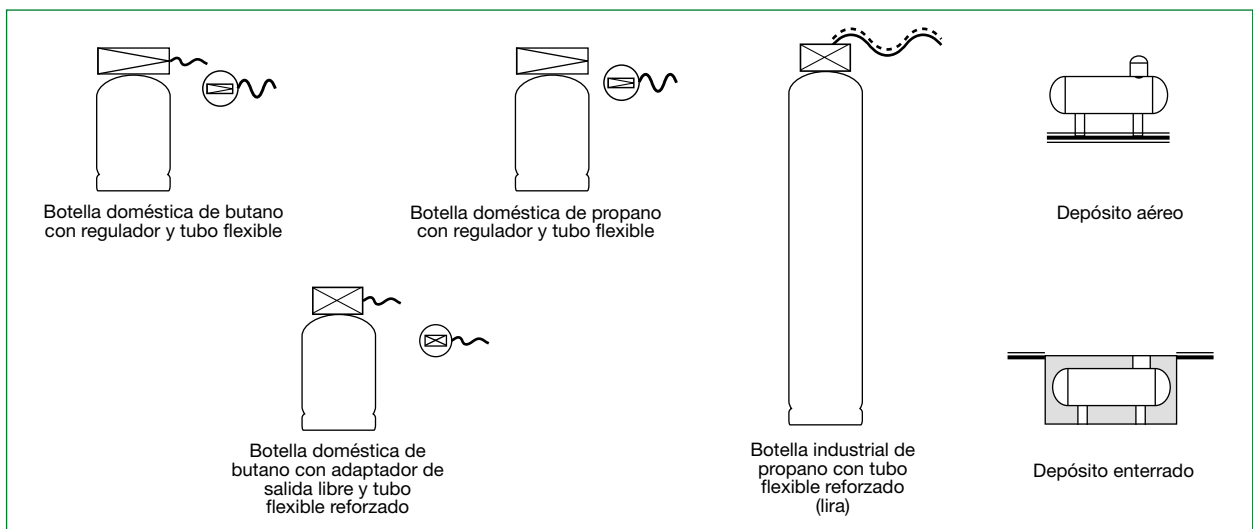
Aparatos de cocina y accesorios



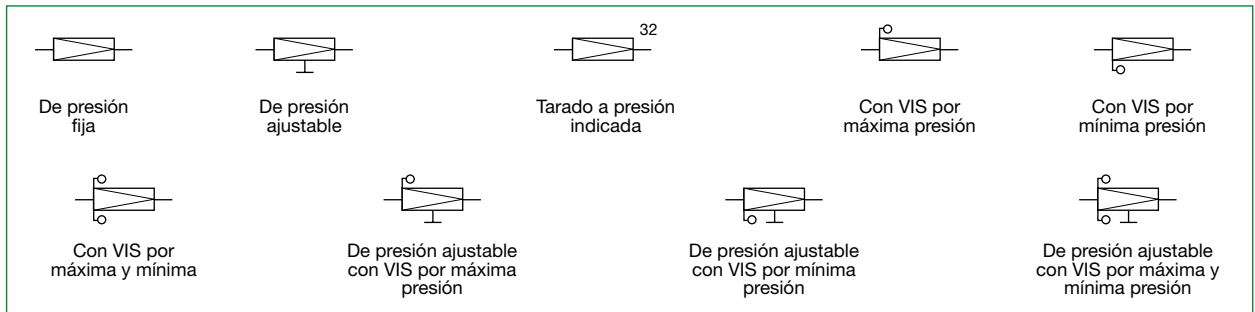
Calefacción



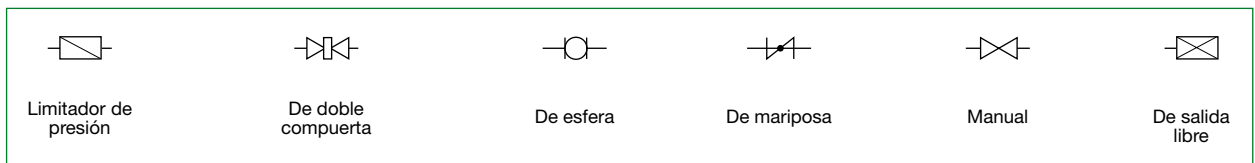
T3: 1.1.2.2 Recipientes de gas y accesorios. Depósitos y botellas



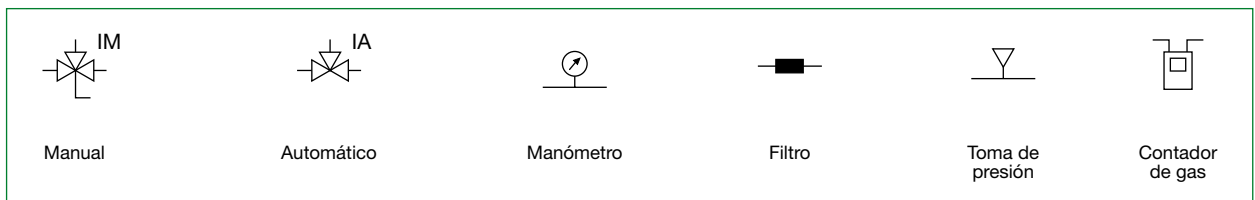
T3: 1.1.2.3 Reguladores de presión



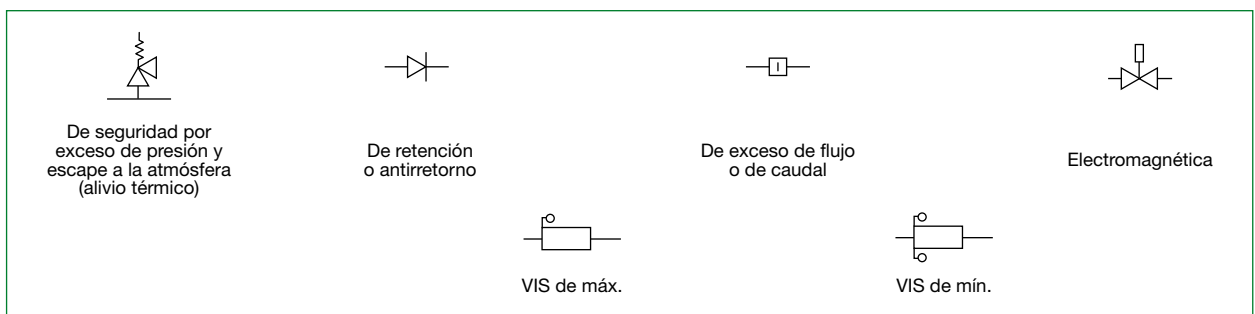
T3: 1.1.2.4 Limitadores de presión y Llaves de corte



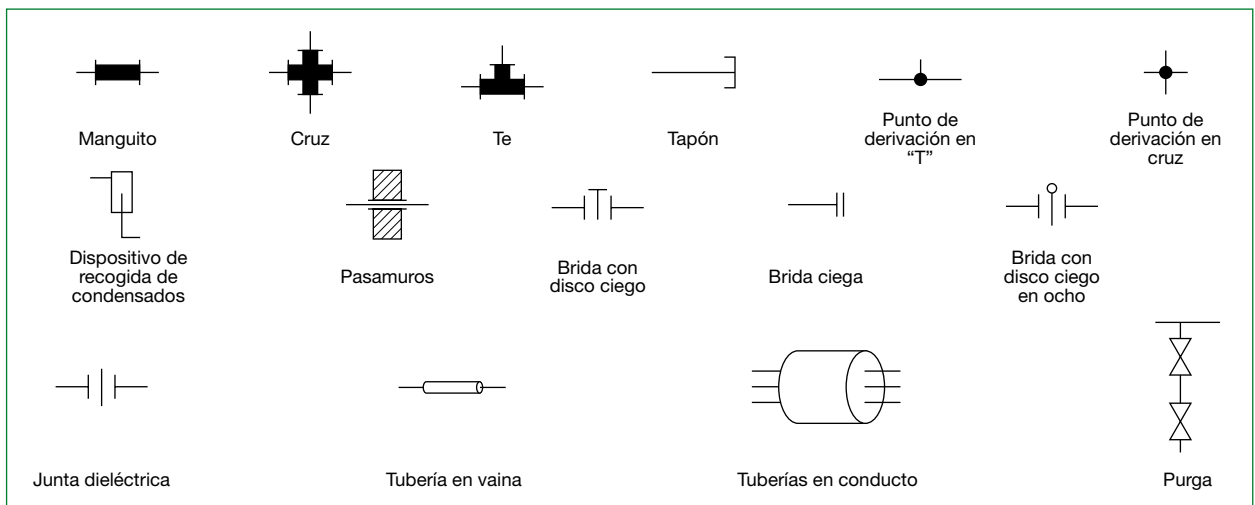
T3: 1.1.2.5 Inversores y Elementos diversos



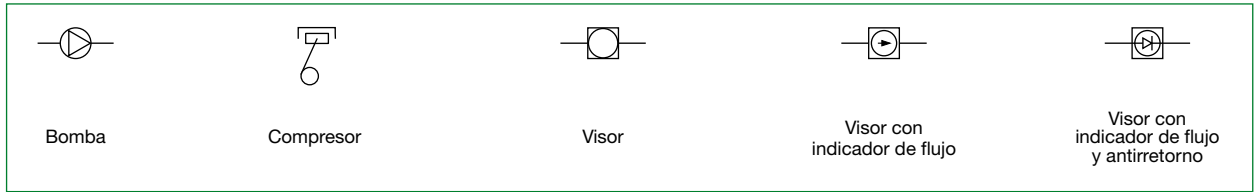
T3: 1.1.2.6 Válvulas



T3: 1.1.2.7 Elementos de Conducciones



T3: 1.1.2.8 Equipos de trasvase y Visores



ESQUEMAS DE INSTALACIONES TIPO

Instalación de GLP canalizado (usos domésticos). El gas canalizado puede ser Gas Natural o GLP.
 Estudiemos exclusivamente el 2.º caso.

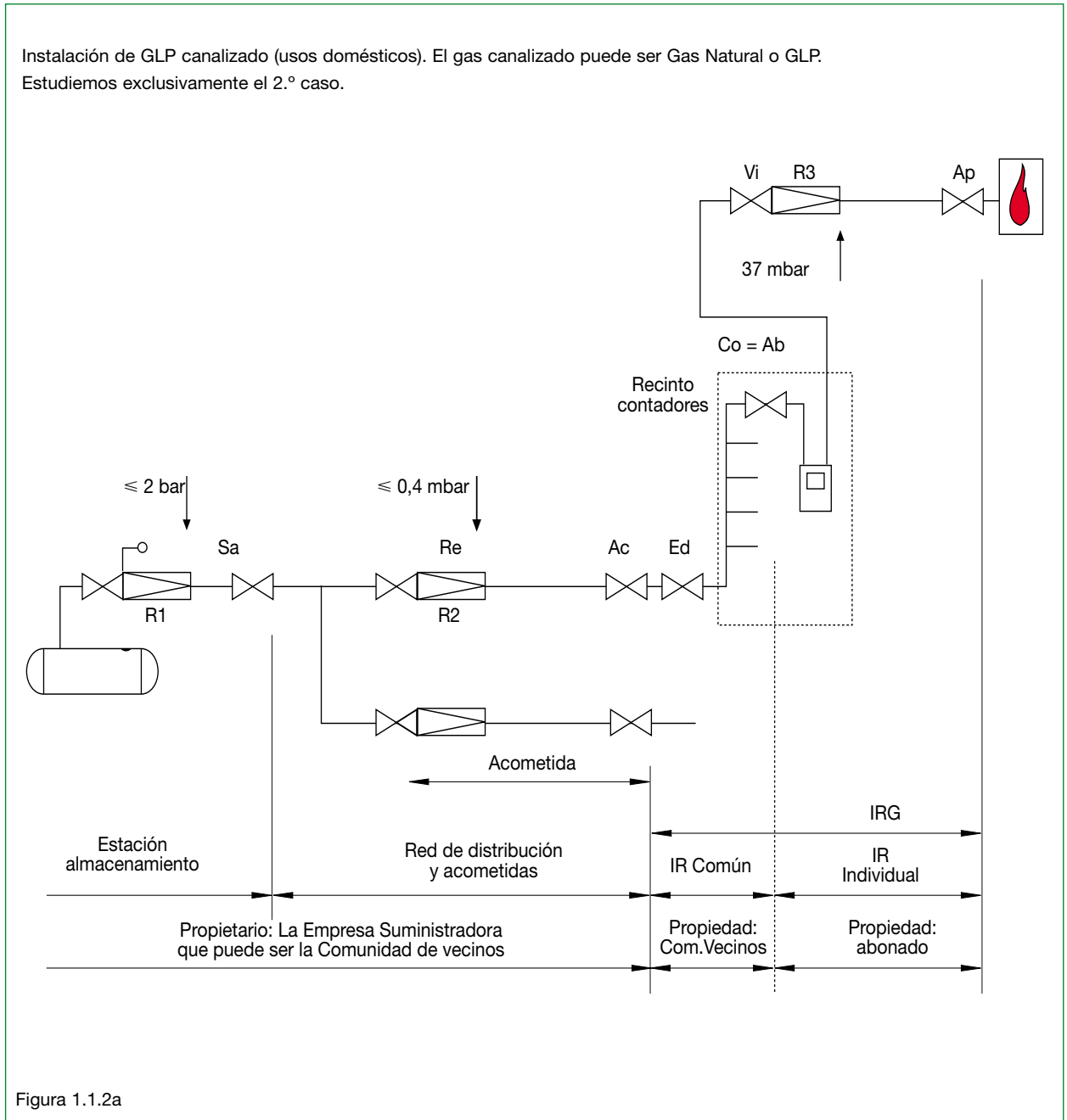


Figura 1.1.2a

Instalación de GLP a granel (usos domésticos)

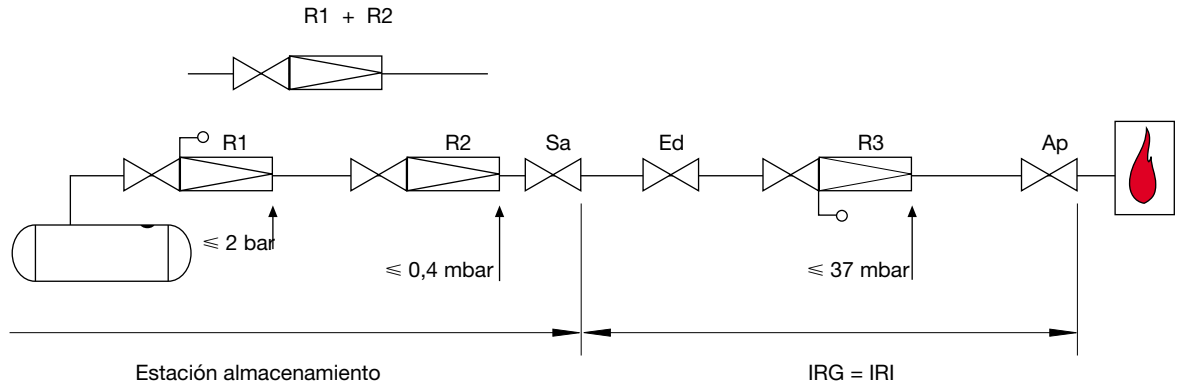


Figura 1.1.2b

Instalación de GLP envasado en botellas para uso individual compartido

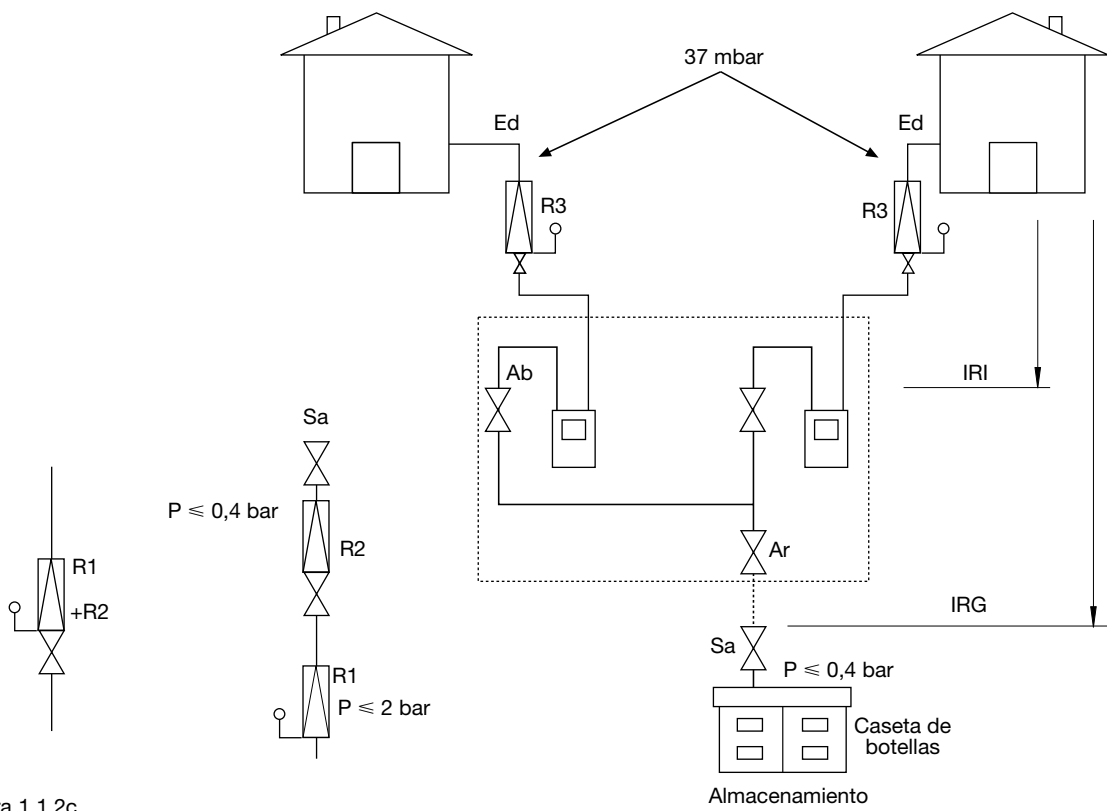


Figura 1.1.2c

Instalación de GLP envasado en botellas industriales o domésticas) en el exterior para uso individual

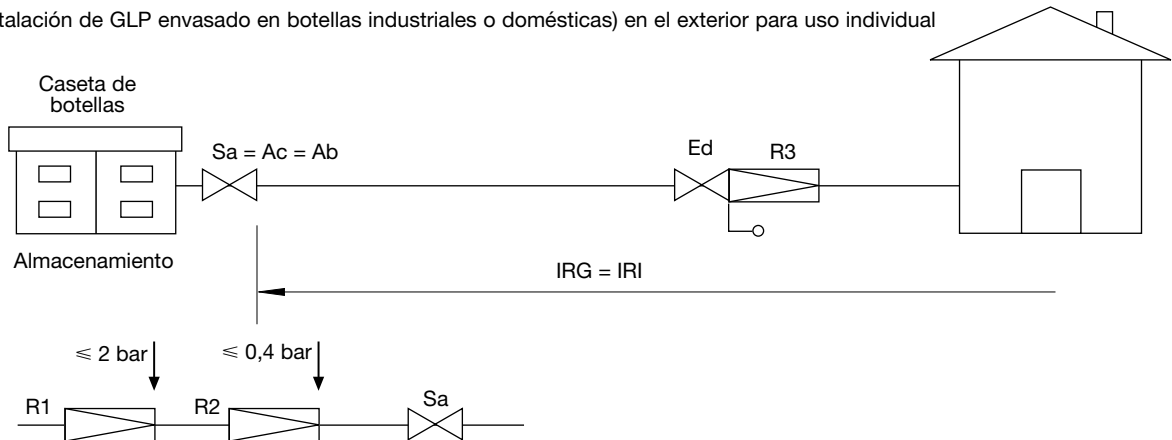


Figura 1.1.2d

POSIBILIDADES DE CONEXIÓN (P4:5.3)			
	Regulador (fijo) de BP (30 o 50 mbar) (*)	Regulador ajustable hasta 2 bar (*)	Adaptador de salida libre
Un único envase			
	La llave incorporada en el regulador hace las veces de Sa, Ac y Ab	Sólo se autoriza el regulador de BP	No contemplado en la norma
Dos envases en descarga simultánea			
	Liras con exceso de flujo y antirretorno	Liras con exceso de flujo y antirretorno	
	La llave incorporada en el regulador hace las veces de Sa, Ac y Ab		No contemplado en la norma
	Al ser BP, puede utilizarse el tubo flexible de elastómero UNE 53 539	Tubo flexible UNE 60 717 con válvulas antirretorno	
<p>(*) Se refiere a la presión de salida.</p> <p>LA UNE 60 760/99 dice que se realizará la reducción en las propias botellas por medio de reguladores de BP, de MPA o de MPB (≤ 2 bar). La reducción de MP a BP se puede hacer con un único regulador o con uno para cada aparato.</p>			

Figura 1.1.2e

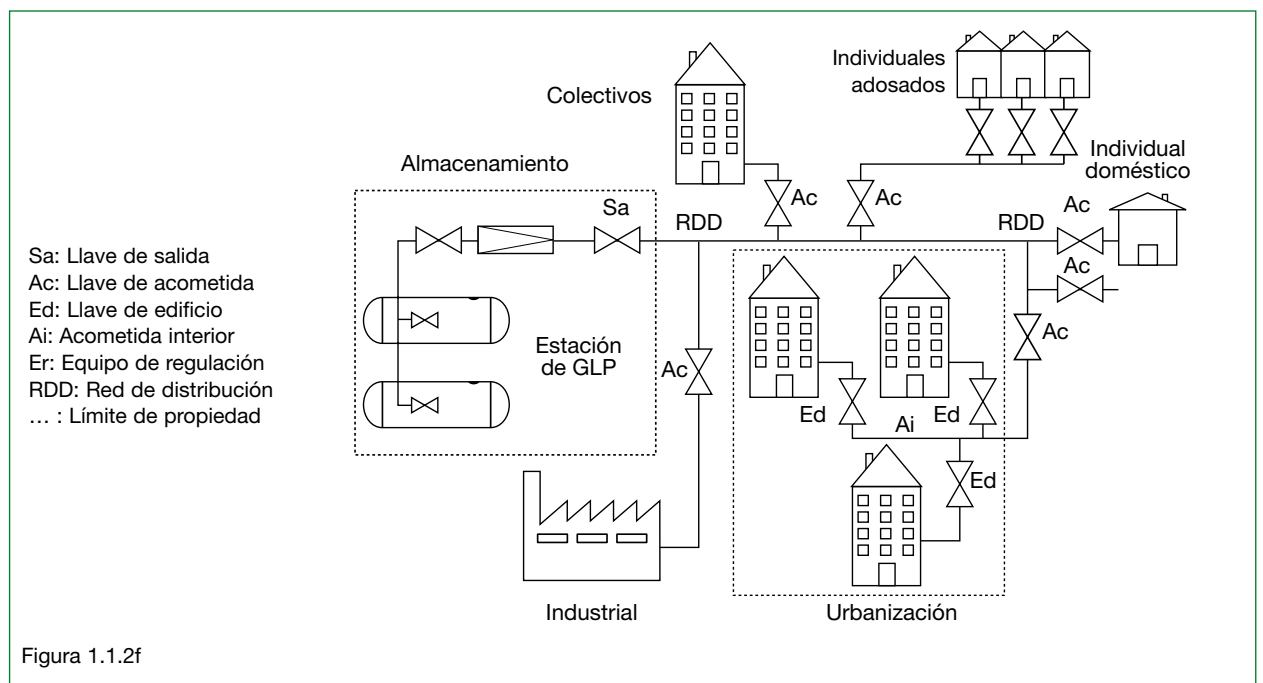


Figura 1.1.2f

T3: 1.2 Velocidad del gas en una conducción

La velocidad del gas es el valor del caudal dividido por la sección del conducto. Para calcular la velocidad (v) se emplea la fórmula siguiente:

$$v = Q/S \text{ (m/s)} \quad \text{En donde: } Q = \text{Caudal}$$

$$S = \text{Sección del conducto (m}^2\text{)}$$

Para ceñirse a las unidades usuales, se transforma en la siguiente (UNE 60 621/96):

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

En donde:

- v = Velocidad del gas, en m/s
- Q = Caudal en m³ /h
- P = Presión en bar abs. (valor medio en el tramo)
- D = Diámetro en mm

En BP, el valor de P vale para el propano: $P = 1,01325 + 0,037 = 1,05$ bar. Este valor convierte la fórmula en:

$$v = 360 \times Q / D^2$$

T3: 1.2.1 Corrección de diámetros por velocidad del gas

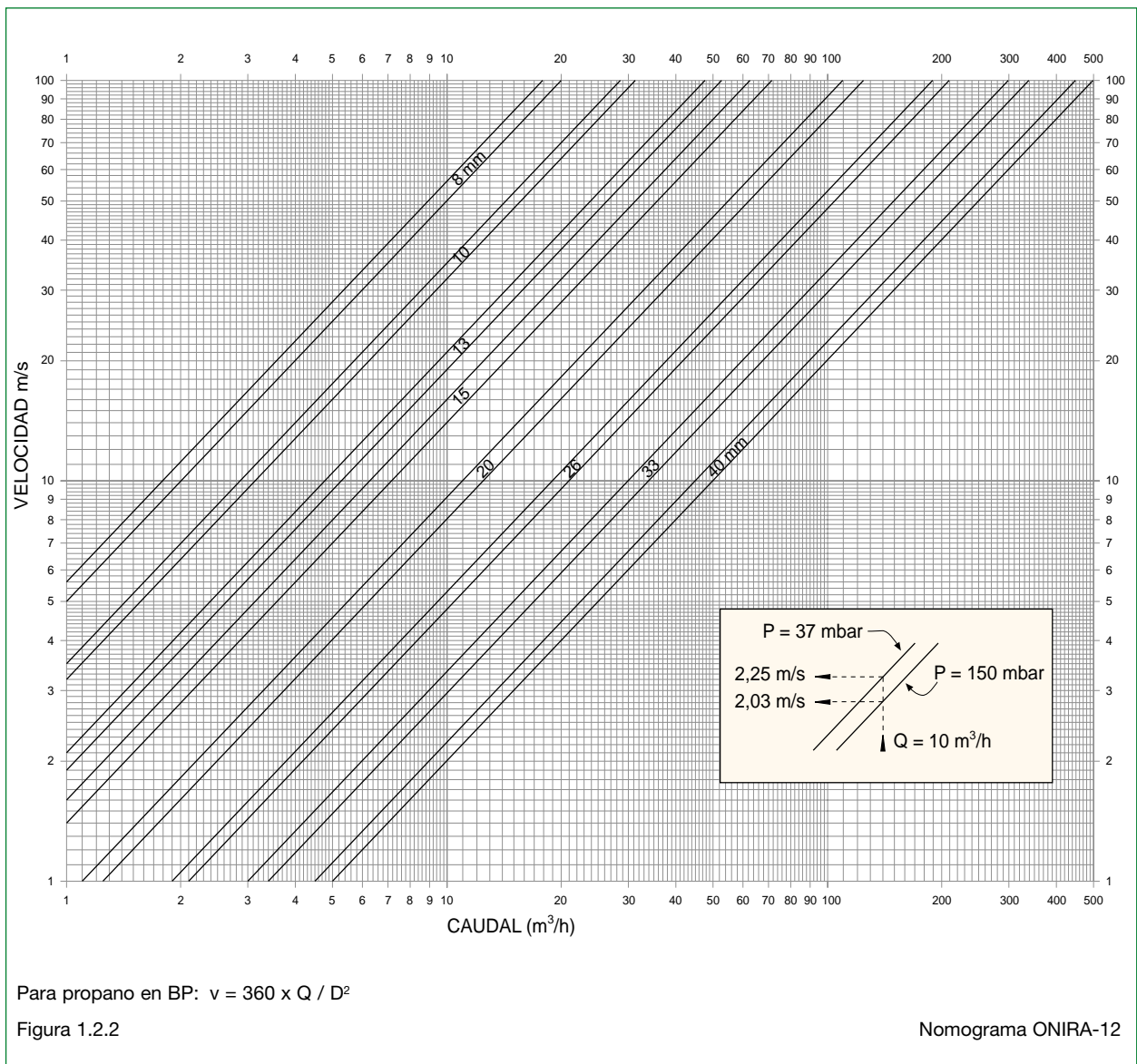
Se han establecido unas velocidades máximas permitidas para el gas, según sea la zona por la que discurran las conducciones, a fin de que el ruido que pudiera producirse no llegue a ser molesto. Los límites a tener en cuenta, son:

Red general de distribución y acometidas, conducciones enterradas:	30 m/s
Red general de distribución y acometidas, conducciones aéreas:	20 m/s
Instalación común en edificios e instalación individual:	10 m/s

T3: 1.2.2 Nomograma para el cálculo de la velocidad del gas en BP

GLP en Fase gaseosa

Para instalaciones en BP se puede utilizar este nomograma para determinar la velocidad del gas y evitar tener que realizar el cálculo de la misma.



Ejemplo de lectura: Una vez calculado el diámetro del tramo, se determina la intersección de su línea en el nomograma con la vertical correspondiente al caudal que atraviesa dicho tramo. La horizontal por dicha intersección indica en el eje de ordenadas (vertical) la velocidad en m/s.

Para un caudal de $10 \text{ m}^3/\text{h}$ y una conducción de 15 mm de diámetro, se obtiene una velocidad de 15 m/s.

T3: 1.3 Determinación de los diámetros interiores en conducciones

Los caudales (ver tomo T1) a utilizar para el cálculo de diámetros se han de expresar en m^3/h .

Los diámetros de la conducción a considerar serán los interiores, expresados en mm.

Las fórmulas que se emplean para determinar los diámetros, dan los valores teóricos mínimos necesarios. Los resultados hacen referencia a condiciones estándar, próximas a las reales.

T3: 1.3.1 Pérdidas de carga. Fórmulas de Renouard

Las pérdidas de carga de una conducción (ver punto T3: 1.1.1, definiciones) se calculan mediante las fórmulas simplificadas de Renouard (UNE 60 621-96), si la relación entre el caudal y el diámetro interior es inferior a 150.

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

Fórmula de Renouard para media presión ($0,05 \text{ bar} < P < 5 \text{ bar}$)

$$P_A^2 - P_B^2 = 51,5 \cdot dc \cdot Lc \cdot \frac{Q^{1,82}}{D^{4,82}}$$

En la que:

- P_A y P_B Presiones absolutas en el origen y final del tramo, expresadas en bar abs., obtenida al sumar al valor relativo, el de la presión atmosférica normal 1,01325 bar.
- dc Densidad corregida, de valor 1,16 para el propano y de 1,44 para el butano.
- Lc Longitud de cálculo de la conducción en m.
- Q Caudal de gas en el tramo, en m^3/h .
- D Diámetro interior de la tubería en mm.

Fórmula de Renouard para baja presión ($P < 0,05$ bar)

Esta fórmula, simplificada de la anterior, es utilizada para el cálculo de diámetros en instalaciones receptoras individuales.

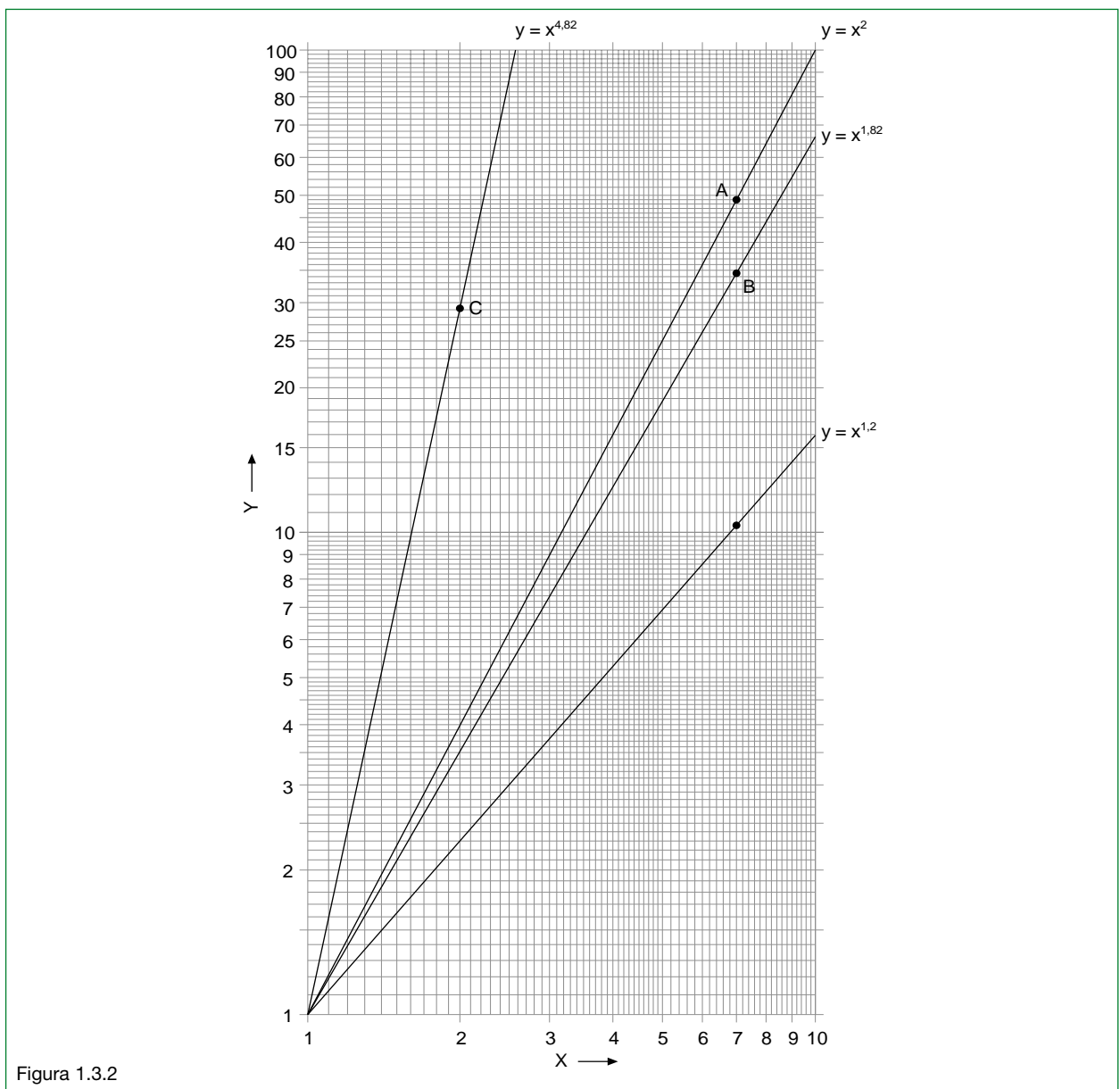
$$P_A - P_B = 25076 \cdot dc \cdot Lc \cdot \frac{Q^{1,82}}{D^{4,82}}$$

En las que:

- P_A y P_B Presiones en el origen y final del tramo de la conducción, expresadas en mbar.
- dc Densidad corregida, de valor 1,16 para el propano y de 1,44 para el butano.
- Lc Longitud de cálculo de la conducción en m.
- Q Caudal de gas en el tramo, en m^3/h .
- D Diámetro interior de la tubería en mm.

T3: 1.3.2 Nomograma para el cálculo rápido de potencias y raíces

Caso particular para potencias/raíces 1,2 1,82 2 y 4,82



Ejemplo de lectura:

1° Calcular 7^2 :

Se toma el 7 de abscisas. La vertical por 7 corta en el punto "A" a la línea $Y = X^2$, dando en ordenadas el valor 49.

2° Calcular $7^{1,82}$:

Se toma 7 en abscisas. La vertical por 7 corta en el punto "B" a la línea $Y = X^{1,82}$, dando en ordenadas el valor de 34,52.

3° Calcular $\sqrt[4]{28,24}$:

Se toma 28,24 en ordenadas. La horizontal por 28,24 corta a la línea $Y = X^{4,82}$ en el punto "C", dando en abscisas el valor de 2.

T3: 1.3.3 Caudales usuales para las potencias a utilizar

Antes de entrar a calcular los diámetros, es preciso tener una idea de los caudales que vamos a manejar. En la tabla siguiente se incluyen los caudales de GLP en m^3/h necesarios para alcanzar la potencia nominal del aparato en kW. (ρ es la masa en volumen del gas en kg/m^3).

POTENCIA NOMINAL		CAUDAL DE GAS en m^3/h	
kW	kcal/h	Propano ($\rho = 2,095$) Hs = 29,23 kWh/ m^3	Butano ($\rho = 2,625$) Hs = 36,32 kWh/ m^3
1	860	0,0345	0,0278
2	1 720	0,0690	0,0552
3	2 580	0,1035	0,0833
5	4 300	0,1725	0,1388
8	6 880	0,2760	0,2221
10	8 600	0,3449	0,2776
15	12 900	0,5174	0,4164
20	17 200	0,6899	0,5552
30	25 800	1,0348	0,8329
40	34 400	1,3798	1,1105
50	43 000	1,7247	1,3881
60	51 600	2,0697	1,6657
70	60 200	2,3980	1,9273
		Q = Potencia/Hs del C ₃	Q = Potencia/Hs del C ₄

Para las masas en volumen y los poderes caloríficos, se toman los valores dados en el Tema 1 punto 1.1.

T3: 1.3.4 Corrección de longitudes por pérdida de carga puntual. Longitud de cálculo

El gas que circula por la conducción encuentra a su paso elementos puntuales (codos, "tes", llaves, reguladores, etc.) que hacen que las pérdidas de carga sean mayores de las que le corresponderían sin esos elementos.

Dichos elementos provocan una pérdida de carga añadida que se puede evaluar en un determinado porcentaje de la producida por la tubería. En BP se evalúa la pérdida de carga puntual en un 20 % y en MP, en un 5 %. Esto es lo mismo que suponer que la conducción es un 20 % y un 5 % más larga que en la realidad. Para tenerla en cuenta se ha de multiplicar la longitud geométrica por 1,20 y por 1,05, respectivamente, para obtener la longitud de cálculo (Lc) a introducir en la fórmula de Renouard.

BP	MP
Longitud de cálculo (Lc) = 1,20 x L	Longitud de cálculo (Lc) = 1,05 x L

T3: 1.3.5 Pérdida de carga admisible

Se llama pérdida de carga admisible a la diferencia existente entre la presión mínima asegurada al principio de la conducción y la presión mínima necesaria al final de la conducción que asegure el buen funcionamiento del regulador situado al final del tramo considerado o garantice la presión nominal necesaria a la entrada de los aparatos a gas, determinada por el “Reglamento de aparatos que utilicen gas como combustible”.

Cuando el regulador de BP suministre la presión de funcionamiento de los aparatos se admite considerar una pérdida de carga admisible del 5 % de la presión de salida del regulador. Para las sometidas a media presión se ha de deshechar el sistema de asignar una pérdida de carga del 25 % de la presión inicial.

Las presiones establecidas para la salida de regulador: $\leq 0,4$ bar y 37 mbar se han de garantizar con unas presiones mínimas a la entrada de 0,6 bar y 0,12 bar respectivamente.

Las presiones mínimas de entrada al regulador, para una presión de salida determinada, depende del fabricante, tipo y tamaño del regulador. Esto nos lleva a considerar los valores mínimos siguientes:

Presiones mínimas de entrada de los reguladores: Valores establecidos para el cálculo de las conducciones:

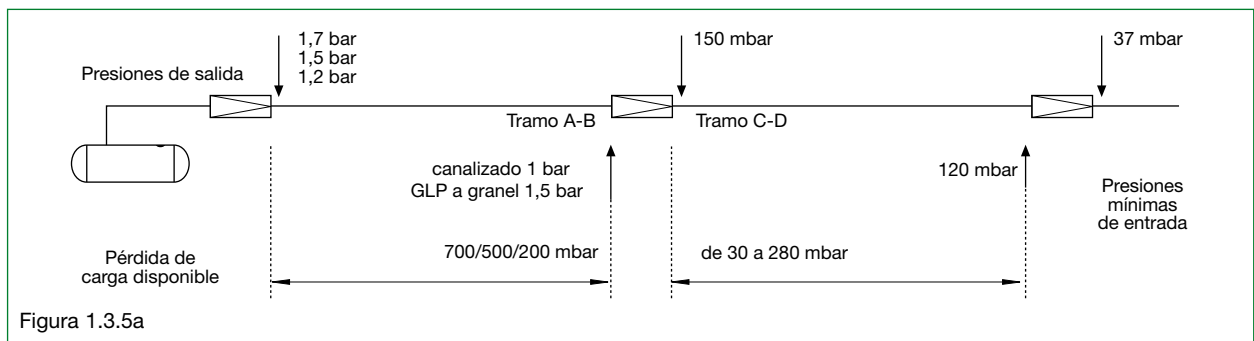
- Gas canalizado: Para un caudal de 4 kg/h, el regulador con presión de salida $\leq 0,4$ mbar requiere una presión mínima a la entrada de 1 bar.
- Gas a granel: Para un caudal de 8 kg/h, el regulador con presión de salida de $\leq 0,4$ mbar requiere una presión mínima a la entrada de 1,5 bar.
- En regulador de BP, con presión de salida 37 mbar, requiere como mínimo a la entrada una presión de 120 mbar.

(estos datos corresponden a los reguladores de una marca. En cada caso deberá consultarse al fabricante).

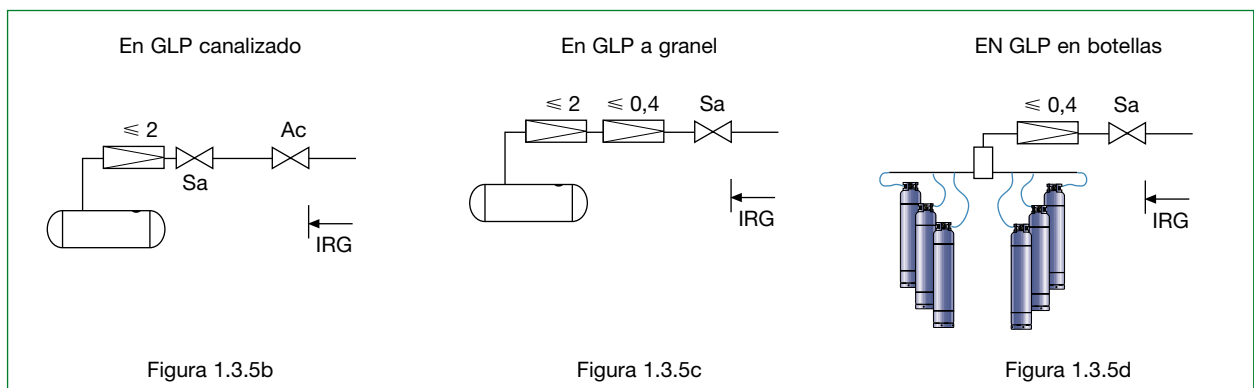
Las pérdidas de carga admitidas (disponibles) en los tramos a calcular, serán:

Tramo A-B: Para una presión de salida de 1,2 bar: $PCd = 1,2 - 1,0 = 200$ mbar

Tramo C-D: Para una presión de salida de 150 mbar: $PCd = 400 - 120 = 280$ mbar



1. En GLP canalizado estudiaremos el caso con dos reguladores distanciados, el primero con presión de salida $\leq 1,8$ bar, por ejemplo 1,7 bar, y un segundo con presión de salida $\leq 0,4$ bar, por ejemplo 150 mbar.
2. En GLP a granel estudiaremos el caso con un solo regulador con presión de salida $\leq 0,4$ bar, por ejemplo 150 mbar.
3. En GLP en botellas, un solo regulador a la salida del almacenamiento, con presión de salida $\leq 0,4$ bar, por ejemplo 150 mbar.



T3: 1.3.6 Pérdida de carga lineal. JOTA

En BP se define como JOTA a la pérdida de carga admisible (disponible), dividida por la longitud de cálculo de la misma. Corresponde a la Pérdida de carga disponible por metro de longitud.

$$J = (P_A - P_B) / Lc = 25\,076 \times dc \times Q^{1,82} / D^{4,82}$$

En MP se considera la pérdida de carga cuadrática, como el cociente de la diferencia al cuadrado de presiones, por la longitud de cálculo entre los puntos considerados.

$$J^c = (P_A^2 - P_B^2) / Lc = 51,5 \times dc \times Q^{1,82} / D^{4,82}$$

En ambos casos se conoce la densidad de cálculo (1,16 para propano y 1,44 para el butano).

Conocida la JOTA o la JOTA cuadrática, según el caso, y el caudal, es fácil determinar el diámetro utilizando uno de los nomogramas que se muestran a continuación.

T3: 1.3.7 Nomogramas para el cálculo de los diámetros de la conducción y de las pérdidas de carga

Partiendo de las fórmulas de Renouard, se han confeccionado unos nomogramas cuyos ejes de coordenadas son el caudal y la pérdida de carga disponible lineal (JOTA) en BP o la JOTA cuadrática en MP.

La colección de nomogramas comprende tanto para las conducciones para fase gaseosa como para fase líquida.

T3: 1.3.7.1 Nomograma (R3) para GLP en BP, fase gaseosa

Con este NOMOGRAMA se puede:

- Conocidas la JOTA y el caudal, determinar el diámetro adecuado.

Como ejemplo:

Para una JOTA de 0,0457 y un caudal de 1 m³ /h, se obtiene directamente el diámetro 16 mm.

- Determinar la pérdida de carga lineal (J) en función del caudal y del diámetro de la conducción.

Como ejemplo:

Para un caudal de 1 m³ /h y una conducción de 16 mm de diámetro, se obtiene una JOTA de 0,0457 mbar/m.

- Conocidas la presión de entrada (P_A), el caudal (Q), el diámetro (D) de la conducción y su longitud de cálculo (Lc), se puede obtener la presión final (P_B).

Como ejemplo:

Para un caudal de Q = 1 m³ /h y una conducción de D = 13 mm, el nomograma proporciona un valor para la JOTA de 0,1243.

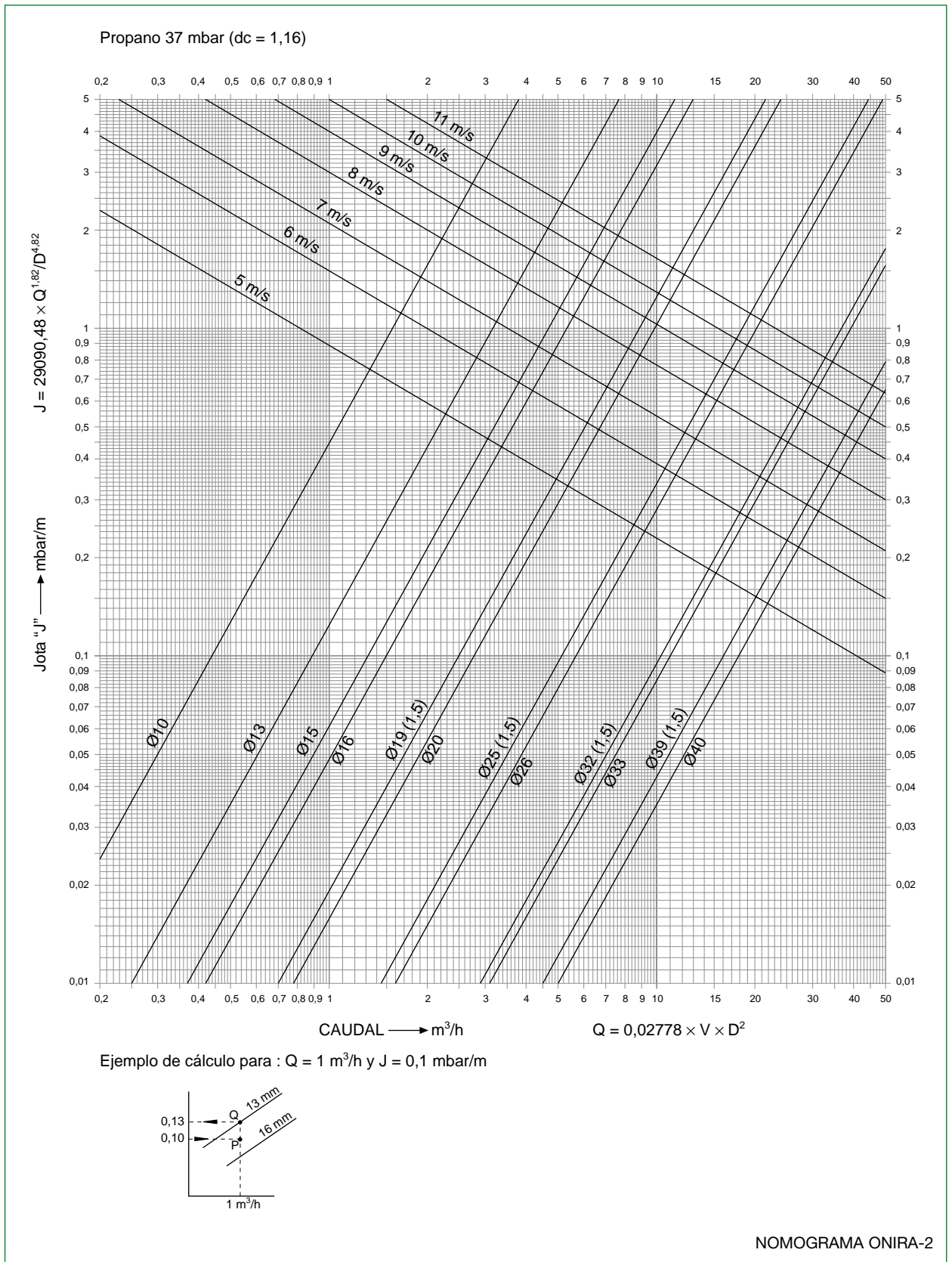
Si la presión inicial en la conducción es de P_A = 37 mbar y la longitud de cálculo de ésta es de Lc = 5 m, aplicando la fórmula:

$$P_A - P_B = Lc \times J ; \text{Sustituyendo valores:}$$

$$37 - P_B = 5 \times 0,1243 = 0,62155 \text{ de donde:}$$

$$P_B = 37 - 0,62155 = 36,378 \text{ mbar}$$

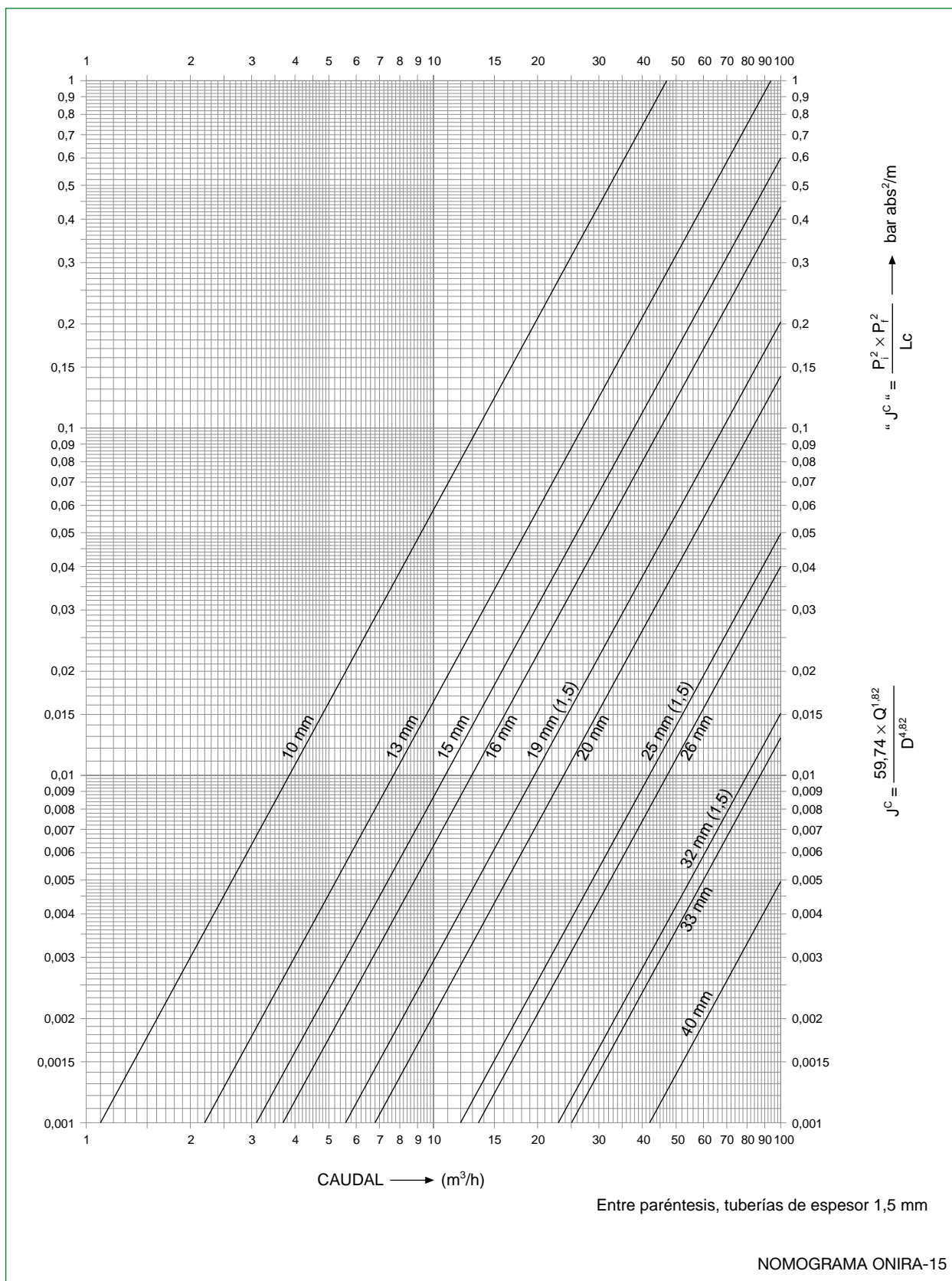
La pérdida de carga originada en la conducción será: 37 – 36,378 = 0,621 mbar, lo que supone un porcentaje sobre la presión inicial de 0,621/37 = 1,6 %



Ejemplo de lectura:

Para un caudal de 5 m³/h y una J de 1mbar/m, se obtiene el punto P = 15,488, situado entre los diámetros de 15 y 16 mm. Al no coincidir con uno de los diámetros comerciales, se elige el inmediato superior, en este caso, el de 16 mm.

T3: 1.3.7.2 Nomograma para GLP en MP, fase gaseosa



Ejemplo de lectura:

Para un caudal de 20 m³/h y una J de 0,01 bar abs²/m, se obtiene el punto P, coincidente con el diámetro de 20 mm. Caso de que no coincidiera con un diámetro comercial, se elegiría el inmediato superior, en este caso, el de 25 mm (1,5 mm de espesor) o el 26 mm (1 mm de espesor).

El nomograma ONIRA-15 sirve para determinar la pérdida de carga cuadrática unitaria o JOTA cuadrática (J²) en función del caudal y del diámetro de la conducción.

Se define como J^c la diferencia de los cuadrados de las presiones inicial y final de una conducción, dividida por la longitud de cálculo de la misma. $J^c = (P_A^2 - P_B^2) / Lc$

Con este gráfico se puede:

- Conocidas la JOTA cuadrática y el caudal, determinar el diámetro adecuado.

Como ejemplo:

Para una JOTA cuadrática de 0,00045 y un caudal de 2 m³/h, se obtiene directamente el diámetro 15 mm

- Conocidas la presión de entrada (P_A), el caudal (Q), el diámetro (D) de la conducción y su longitud de cálculo (Lc), obtener la presión final (P_B).

Como ejemplo:

Para un caudal de $Q = 38$ m³/h y una conducción de $D = 50$ mm, el nomograma proporciona un valor para J^c de 0,00029. Si la presión inicial en la conducción es de $P_A = 1,75$ bar y la longitud de cálculo de ésta es de $Lc = 1\ 500$ m, aplicando la fórmula, y recordando que la presión atmosférica vale 1,01325 bar, se tiene:

$$(1,75 + 1,01325)^2 - (P_B + 1,01325)^2 = Lc \times J^c ;$$

sustituyendo valores:

$$7,6355505 - (P_B + 1,01325)^2 = 1\ 500 \times 0,00029 = 0,435, \text{ de donde:}$$

$$(P_B + 1,01325)^2 = 7,6355 - 0,4350 = 7,2005;$$

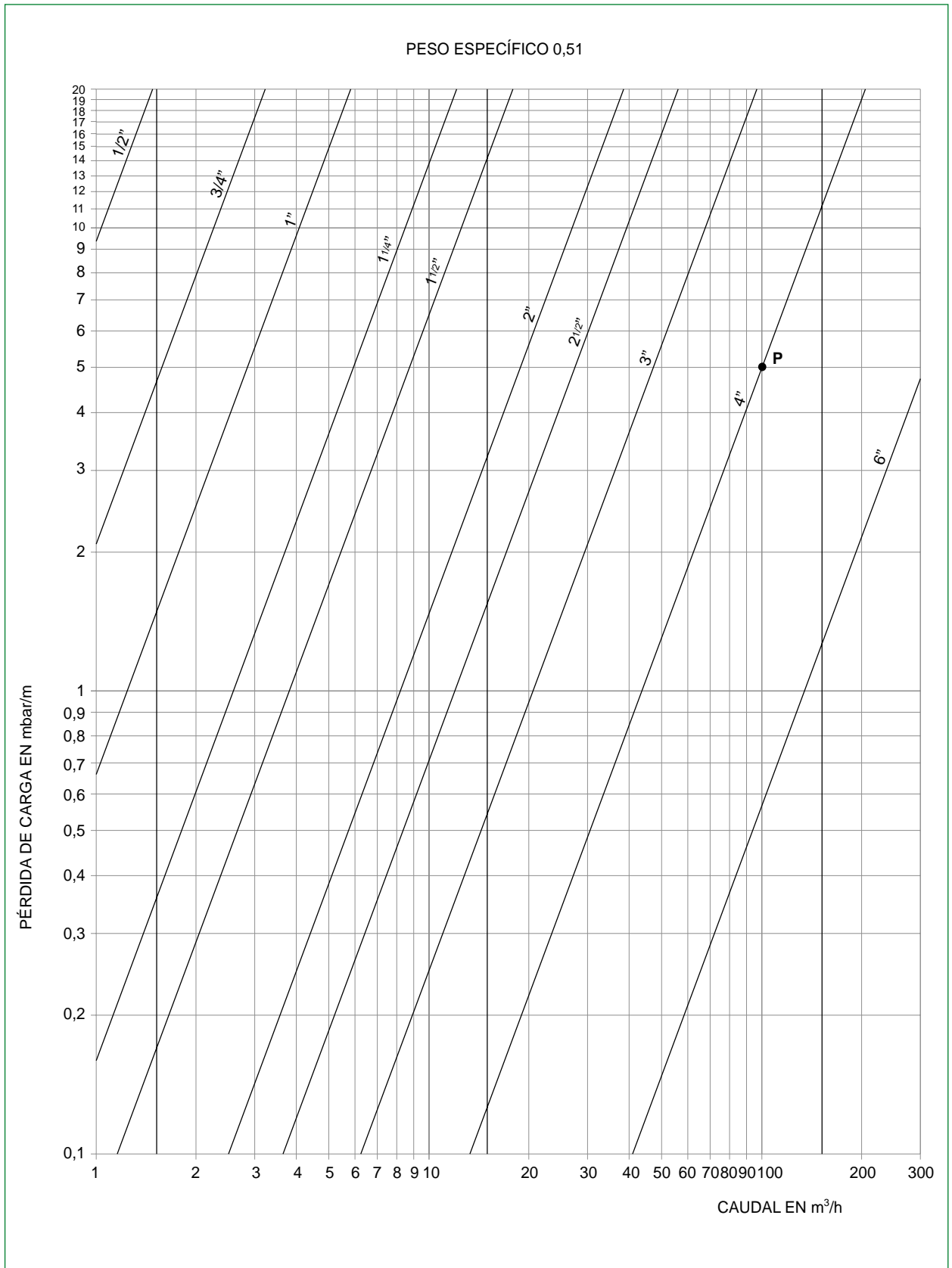
$$\text{de donde: } P_B + 1,01325 = \sqrt{7,2005} = 2,68337$$

La presión final valdrá: $P_B = 2,68337 - 1,01325 = 1,67012$ bar.

La pérdida de carga originada en la conducción será: $1,75 - 1,67 = 0,08$ bar, lo que supone un porcentaje sobre la presión inicial de $0,08/1,75 = 4,5$ %

VALORES PARA RECORDAR		
Presión relativa o manométrica	Presión absoluta	P ²
150 mbar	1,16325 bar	1,35315
120 mbar	1,13325 bar	1,28425
1,2 bar	2,21325 bar	4,89847
1,5 bar	2,51325 bar	6,31642
1,7 bar	2,71325 bar	7,36172

T3: 1.3.7.3 Nomograma para GLP en fase líquida

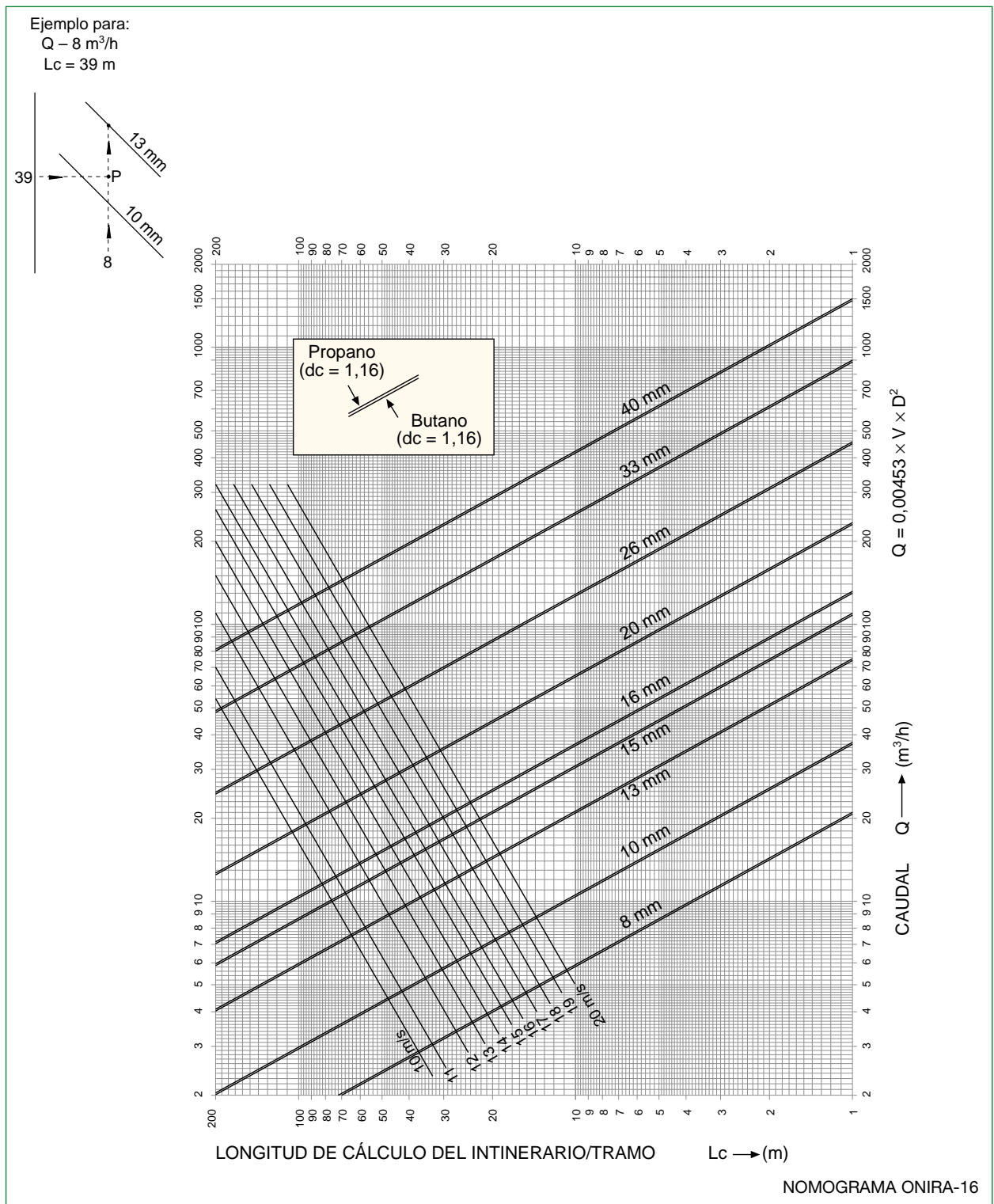


Ejemplo de lectura:

Para un caudal de 100 m³/h y una tubería de 4 pulgadas (4"), la pérdida de carga es de 5 mbar/m (por metro de conducción).

T3: 1.3.7.4 Nomograma para GLP en instalaciones de botellas de propano con presión inicial de 0,8 bar y presión final de 0,6 bar

Tratándose de instalaciones de botellas en caseta exterior, en donde el inversor automático tiene una presión de reserva de 0,8 bar y en donde el segundo regulador tiene una presión mínima de funcionamiento de 0,6 bar, se puede determinar el diámetro interior de la conducción, si ésta es simple, esto es, sin ramificaciones, utilizando el nomograma ONIRA-16.



Ejemplo de cálculo:

Sea un tramo entre la salida del inversor automático, de longitud de cálculo $L_c = 39 \text{ m}$. El caudal que circula es de $Q = 8 \text{ m}^3/\text{h}$.

La horizontal por 39 m corta a la vertical de $8 \text{ m}^3/\text{h}$ en el punto A por donde pasa un tubo teórico algo inferior a 13 mm por lo que se elegirá por defecto el inmediato superior: 13 mm.

Con el tubo de 13 mm se puede atender un tramo de hasta 54 m de longitud de cálculo.

T3: 1.3.7.5 Tablas para la obtención de diámetros interiores (BP)

Tablas para obtener los diámetros interiores de conducciones de butano y propano a BP. Se deberán aplicar solo en tramos simples (los que empiezan en el regulador y terminan en el aparato de consumo).

Diámetros interiores para BUTANO a BP: 28 mbar											Pérdida admitida 5%	
Caudal en m ³ /h												
Lc en m	1	2	3	4	5	7	9	11	14	18	20	
2	10	15	15	20	20	20	25	25	30	30	30	
4	15	15	20	20	20	25	25	30	30	40	40	
6	15	20	20	20	25	25	30	30	40	40	40	
8	15	20	20	25	25	30	30	40	40	40	40	
10	15	20	20	25	25	30	30	40	40	40	50	
15	15	20	25	25	30	30	40	40	40	50	50	
20	20	20	25	30	30	40	40	40	50	50	50	
25	20	25	25	30	30	40	40	40	50	50	50	
30	20	25	25	30	40	40	40	50	50	50	65	
35	20	25	30	30	40	40	40	50	50	65	65	

Diámetros interiores para PROPANO a BP: 37 mbar											Pérdida admitida 5%	
Caudal en m ³ /h												
Lc en m	1	2	3	4	5	7	9	11	14	18	20	
2	10	15	15	15	20	20	20	25	25	30	30	
4	10	15	15	20	20	25	25	25	30	30	40	
6	15	15	20	20	20	25	25	30	30	40	40	
8	15	15	20	20	25	25	30	30	40	40	40	
10	15	20	20	20	25	25	30	30	40	40	40	
15	15	20	20	25	25	30	30	40	40	40	40	
20	15	20	25	25	25	30	40	40	40	50	50	
25	15	20	25	25	30	30	40	40	40	50	50	
30	20	20	25	30	30	40	40	40	50	50	50	
40	20	25	25	30	30	40	40	50	50	50	50	

Ejemplo de lectura: Se trata de una instalación de propano a 37 mbar. La longitud de cálculo de la conducción es de 9 m. El caudal es de 4,6 m³/h.

En la columna de longitudes se elige la línea de 10 m (inmediata superior a $L_c = 9$ m).

En la línea de caudales se elige 5 m³/h (inmediato superior a 4,6 m³/h).

La línea de 10 m cruza a la columna de 5 m³/h en la zona de 25 mm. El tubo a seleccionar es el de 25 mm de diámetro interior.

Diámetros interiores para PROPANO a BP: 50 mbar											Pérdida de carga admitida 5%	
Caudal en m ³ /h												
Lc en m	1	2	3	4	5	7	9	11	14	18	20	
2	10	15	15	15	20	20	20	25	25	25	30	
4	10	15	15	20	20	20	25	25	30	30	30	
6	15	15	20	20	20	25	25	30	30	40	40	
8	15	15	20	20	25	25	30	30	30	40	40	
10	15	20	20	20	25	25	30	30	40	40	40	
15	15	20	20	25	25	30	30	40	40	40	40	
20	15	20	25	25	25	30	40	40	40	40	50	
25	15	20	25	25	30	30	40	40	40	50	50	
30	15	20	25	25	30	40	40	40	40	50	50	
35	20	20	25	30	30	40	40	40	50	50	50	

T3: 1.4 Cálculos de vaporización. Fórmulas y tablas

Los GLP se transportan y almacenan en recipientes, en estado líquido, pues en este estado ocupan un volumen unas 250 veces menor que en el gaseoso. En los recipientes, la fase líquida ocupa la parte inferior y el vapor, la superior a modo de burbuja, coexistiendo en equilibrio de presiones.

Como el consumo de GLP se hace, en general, en estado gaseoso, es necesario que los GLP pasen al estado de vapor antes de que lleguen al aparato. La vaporización puede ser natural o forzada:

1. **Vaporización natural:** Cuando el gas sale directamente del recipiente que lo contiene, al abrir la llave que éste lleva en su parte superior.
2. **Vaporización forzada:** Se produce cuando se calienta de forma artificial la fase líquida para provocar la vaporización. La vaporización forzada puede ser necesaria en algunos casos:
 - Cuando el caudal de gas requerido en la instalación es superior al que se puede obtener con vaporización natural.
 - Cuando las temperaturas ambientales son muy bajas, lo que impide que se vaporice lo suficiente.
 - Cuando se requiere una mezcla constante del GLP, ya que en la vaporización natural se provoca un cierto enriquecimiento de las fracciones pesadas (C4) en la parte que va quedando en el depósito.

Vaporización natural. En un depósito coexisten como se ha dicho, las dos fases o estados, esto es, líquido y vapor. Cuando del depósito vamos extrayendo gas para su consumo, se va reduciendo la presión de la fase vapor rompiéndose el equilibrio entre las dos fases. Como consecuencia de ello, se produce la vaporización natural de la fase líquida para tender a recuperar el equilibrio perdido.

La presión de equilibrio es la llamada tensión de vapor, expresada en bar abs., por debajo de la cual el líquido se evapora (al realizarse una toma o al enfriarse) y por encima, el gas se condensa y se vuelve líquido (al calentarse o aumentar la presión). La tensión de vapor varía directamente con la temperatura a la que se encuentra el gas.

Para que se produzca la vaporización del líquido se necesita calor. A ese calor se le llama calor latente de vaporización (CLV).

La vaporización natural del GLP en el recipiente se produce primero absorbiendo calor del propio líquido y del exterior después, a través de las paredes del propio envase y precisamente de las paredes mojadas por el líquido. Al enfriarse el líquido, éste roba calor a las paredes que moja.

Realizándose una toma de gas moderada, el líquido mantiene su temperatura pues todo el calor necesario para la vaporización se va tomando del exterior. En el caso de que se solicitara del recipiente un caudal excesivo, el enfriamiento del líquido no podrá ser compensado por el calor procedente del exterior que resultará insuficiente. Si la toma de gas es de larga duración, la fase líquida puede enfriarse tanto que la presión del gas que salga del recipiente, resulte inferior a la presión mínima del regulador situado a la salida del mismo, y como consecuencia de ello se producirá un mal funcionamiento de la instalación.

LA VAPORIZACIÓN NATURAL DEPENDE DE:

La superficie exterior del depósito, *umentando a mayor superficie.*

La superficie mojada por el líquido, *umentando a mayor superficie.*

La temperatura exterior, *umentando con esta.*

La temperatura del GLP, *umentando a mayor temperatura.*

El tipo de GLP utilizado y la mezcla comercial que usemos.

A igualdad de capacidad, los depósitos de menor diámetro vaporizan más que los mayores porque con un mismo resto de gas, la superficie mojada es mayor.

La vaporización se ve afectada también por el tipo de depósito. Los depósitos enterrados absorben el calor de la tierra que los rodea que suele estar más caliente en invierno que el aire ambiental, pero en cambio, cuando enfrían la tierra forman hielo y aíslan el depósito dificultando la vaporización.

T3: 1.4.1 Fórmulas de vaporización natural

Para realizar los cálculos de vaporización natural, se ha de tener en cuenta si el calor de vaporización se extrae mayoritariamente del propio gas licuado o del exterior. Tratándose de depósitos, se considera el segundo caso mencionado (el calor se extrae mayoritariamente del exterior) porque las tomas de gas son de larga duración.

Para determinar el caudal que un depósito puede vaporizar de forma natural, se utiliza la siguiente fórmula:

$$Q = p \cdot S \cdot K \frac{(T_e - T_g)}{CLV}$$

donde:

- Q caudal másico de vaporización en kg/h.
- p Porcentaje de superficie del depósito en contacto con el líquido mojada. Para un 20 % de llenado se toma: $a = 0,336$ y para un 30 % vale $0,397$.
- S Superficie del depósito en m^2 .
- K Coeficiente de transmisión de calor a través de las paredes del depósito. Depende de la humedad relativa ambiental y del viento. Para situación normal y viento en calma se obtiene un valor de $K = 0,014 \text{ kW/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$. Ahora bien, como valor promedio de diferentes situaciones se toma para depósitos aéreos $K = 0,0116 \text{ kW/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$ y para depósitos enterrados se toma $K = 0,0086 \text{ kW/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$.
- T_e Temperatura exterior mínima media prevista, del ambiente en el que está instalado el depósito. (5°C para depósitos enterrados).
- T_g Temperatura de equilibrio líquido-gas del gas en el interior del depósito. Depende de la temperatura de vaporización que se corresponde con la presión de servicio de la red. Se han tomado los valores incluidos en la cabecera de las tablas.
- CLV Calor latente de vaporización del propano. Se toma un valor de $0,11 \text{ kWh/kg}$ (94 kcal/kg).

T3: 1.4.2 Tablas de vaporización natural

Utilizando la fórmula vista en el punto anterior, se han confeccionado unas tablas (origen LAPESA), para calcular el caudal obtenible por vaporización natural. Estas tablas se incluyen a continuación.

El significado de cada concepto utilizado en la tabla es el siguiente:

- Diámetro. Se refiere al diámetro del depósito cilíndrico.
- Volumen: Es el volumen geométrico del depósito. No confundir con la capacidad. Ésta será como máximo el 85% de su volumen.
- Carga: La masa del GLP líquido contenido en el depósito (la de la fase gaseosa no se considera), con un grado de llenado del 85% (carga máxima). Se calcula teniendo en cuenta una masa en volumen del propano de 506 kg/m^3 . El fabricante no menciona capacidades

$$\text{Carga} = 0,85 \times V \times \rho = 0,85 \times 506 \times V = 5,284 \times V$$

- Superficie: Es la superficie exterior total del depósito, valor indicado por el fabricante. No se debe confundir con la superficie mojada por el líquido del interior.

La superficie mojada por el líquido corresponde al 20 % de llenado (a), pero no al 20 % de la superficie total mencionada.

- Presión: Presión de salida del regulador situado a la salida del depósito Se escogerá entre las cuatro presiones indicadas.

A las presiones indicadas: → 1,2 1,5 1,7 2,0
 les corresponde una temperatura T_g → -26°C -22°C -20°C -17°C

- Temperaturas: En el caso de depósito aéreo se incluyen 5 temperaturas (-10° , -5° , 0° , 5° y 10°C), mientras que en el enterrado consideraremos solamente 5°C . Las primeras corresponden a la temperatura ambiente mínima de la localidad donde se encuentra el depósito. Se tomará la más aproximada inferior. Por ejemplo, si la temperatura mínima media de Madrid es de -3°C , se tomará la columna correspondiente a -5°C

El caudal dado por la tabla corresponde a una reserva del 20 % del depósito. Para cualquier contenido superior al 20 %, se podrá obtener un caudal mayor al tabulado. Los valores para una reserva del 30 % se obtienen multiplicando los tabulados por 1,18.

Uso de la tabla. La tabla tiene una doble aplicación:

- Determinación del caudal suministrable: Para un determinado depósito elegido, (por diámetro, por volumen o por carga máxima), una determinada presión regulada de salida y para una temperatura exterior mínima media, (si es un depósito enterrado, directamente a la columna de enterrado), se lee el caudal que en esas condiciones puede vaporizar en kg/h.
- Determinación del depósito necesario: Partiendo de la temperatura exterior mínima media o de su ubicación enterrada y de la presión de salida del regulador, se busca el caudal deseado por exceso, obteniéndose el volumen, y el diámetro.

CARACTERÍSTICAS					Caudal Vaporizado para un 20 % de llenado (kg/h)					
					Aéreo (Temperaturas)					Enterrado
Diám. m	Volum. m ³	Carga kg	Super. m ²	Pres. bar	-10° C	-5° C	0° C	5° C	10° C	5° C
1,2	2,450	1 053	9,9	1,25	6,8	8,9	11,0	13,2	15,3	9,2
				1,50	5,1	7,2	9,3	11,5	13,6	8,0
				1,75	4,2	6,4	8,5	10,6	12,7	7,4
				2,00	3,0	5,1	7,2	9,3	11,5	6,5
	2,670	1148	10,7	1,25	7,3	9,6	11,9	14,2	16,5	10,0
				1,50	5,5	7,8	10,1	12,4	14,7	8,7
				1,75	4,6	6,9	9,2	11,5	13,8	8,0
				2,00	3,2	5,5	7,8	10,1	12,4	7,1
	4,000	1 720	15,2	1,25	10,4	13,7	17,0	20,2	23,5	14,1
				1,50	7,5	11,1	14,3	17,6	20,9	12,3
				1,50	7,5	11,1	14,3	17,6	20,9	12,3
				2,00	4,6	7,8	11,1	14,3	17,6	10,0
	4,440	1909	16,8	1,25	11,5	15,1	18,7	22,3	25,9	15,6
				1,50	8,6	12,3	15,9	19,5	23,1	13,6
				1,75	7,2	10,8	14,4	18,0	21,6	12,6
				2,00	5,0	8,6	12,3	15,9	19,5	11,1
	4,660	2004	17,4	1,25	11,9	15,7	19,4	23,1	26,9	16,2
				1,50	9,0	12,7	16,4	20,2	23,9	14,1
				1,75	7,5	11,2	14,9	18,7	22,4	13,1
				2,00	5,2	9,0	12,7	16,4	20,2	11,5
	4,880	2 098	18,2	1,25	12,5	16,4	20,3	24,2	28,1	16,9
				1,50	9,4	13,3	17,2	21,1	25,0	14,8
				1,75	7,8	11,7	15,6	19,5	23,4	13,7
				2,00	5,5	9,4	13,3	17,2	21,1	12,0
	6,430	2765	23,5	1,25	16,1	21,2	26,2	31,2	36,3	21,9
				1,50	12,1	17,1	22,2	27,2	32,3	19,1
				1,75	10,1	15,1	20,2	25,2	30,2	17,6
				2,00	7,1	12,1	17,1	22,2	17,2	15,5
6,650	2 860	24,3	1,25	16,7	21,9	27,1	32,3	37,5	22,6	
			1,50	12,5	17,7	22,9	28,1	33,4	19,7	
			1,75	10,4	15,6	20,8	26,1	31,3	18,2	
			2,00	7,3	12,5	17,7	22,9	28,1	16,1	
6,870	2954	24,9	1,25	17,1	22,4	27,8	33,1	38,4	23,2	
			1,50	12,8	18,2	23,5	28,8	34,2	20,2	
			1,75	10,7	16,0	21,4	26,7	32,0	18,7	
			2,00	7,5	12,8	18,2	23,5	28,8	16,4	
7,090	3049	25,6	1,25	17,6	23,1	28,5	34,0	39,5	23,8	
			1,50	13,2	18,7	24,2	29,6	35,1	20,8	
			1,75	11,0	16,5	22,0	27,5	32,9	19,2	
			2,00	7,7	13,2	18,7	24,2	29,6	16,9	
8,334	3 584	30,3	1,25	20,8	27,3	33,8	40,3	46,8	28,2	
			1,50	15,6	22,1	28,6	35,1	41,6	24,6	
			1,75	13,0	19,5	26,0	32,5	39,0	22,7	
			2,00	9,1	15,6	22,1	28,6	35,12	20,01	
1,5	7,000	3010	21,9	1,25	15,0	19,7	24,4	29,1	33,8	20,4
				1,50	11,3	16,0	20,7	25,4	30,1	17,8
				1,75	9,4	14,1	18,8	23,5	28,2	16,4
				2,00	6,6	11,3	16,0	20,7	5,4	4,5

CARACTERÍSTICAS					Caudal Vaporizado para un 20 % de llenado (kg/h)					
					Aéreo (Temperaturas)					Enterrado
Diám. m	Volum. m ³	Carga kg	Super. m ²	Pres. bar	-10° C	-5° C	0° C	5° C	10° C	5° C
1,5	10,000	4 301	30,1	1,25	20,7	27,1	33,6	40,0	46,5	28,0
				1,50	15,5	21,9	28,4	34,9	41,3	24,4
				1,75	12,9	19,4	25,8	32,3	38,7	22,6
				2,00	9,0	15,51	21,9	28,4	34,9	19,9
	13,030	5 604	38,2	1,25	26,2	34,4	42,63	50,8	59,0	35,6
				1,50	19,7	27,9	36,0	44,2	52,4	31,0
				1,75	16,4	24,6	32,8	41,0	49,2	28,7
				2,00	11,5	9,7	27,9	36,0	44,2	25,2
	16,050	6 903	46,4	1,25	31,8	41,8	51,7	61,7	71,6	43,2
				1,50	23,9	33,8	43,8	53,7	63,7	37,6
				1,75	19,9	29,9	39,8	49,8	59,7	34,8
				2,00	13,9	23,9	33,8	43,8	53,7	30,7
	19,070 (ej. 3)	8 202	54,5	1,25	37,4	49,1	60,8	72,5	84,2	50,7
				1,50	28,1	39,7	51,4	63,1	74,8	44,2
				1,75	23,4	35,1	46,8	58,4	70,1	40,9
				2,00	16,4	28,1	39,7	51,4	63,1	36,0
22,090	9500	62,6	1,25	43,0	56,4	69,8	83,2	96,7	58,3	
			1,50	32,2	45,6	59,1	72,5	85,9	50,7	
			1,75	26,9	40,3	53,7	67,1	80,6	47,0	
			2,00	18,8	32,2	45,6	59,1	72,5	41,4	
1,75	10,600	4559	28,9	1,25	19,8	26,0	32,2	38,4	44,6	26,9
				1,50	14,9	21,1	27,3	33,5	39,7	23,4
				1,75	12,4	18,6	24,8	31,0	37,2	21,7
				2,00	8,7	14,9	21,0...	27,3	33,5	19,1
	15,180	6528	45,5	1,25	31,2	41,0	50,7	60,5	70,3	42,4
				1,50	23,4	33,2	42,9	52,7	62,5	36,9
				1,75	19,5	29,3	39,0	48,8	58,5	34,2
				2,00	13,7	23,4	33,2	42,9	52,7	30,13
	19,760	8 498	50,0	1,25	34,3	45,0	55,8	66,5	77,2	46,5
				1,50	25,7	36,5	47,2	57,9	68,6	40,5
				1,75	21,4	32,2	42,9	53,6	64,3	37,5
				2,00	15,0	25,7	36,5	47,2	57,9	.....33,0....
	24,350	10 472	60,6	1,25	41,6	54,6	67,9	80,6	93,6	56,4
				1,50	31,2	44,2	57,2	70,2	83,2	49,1
				1,75	26,0	39,0	52,0	65,0	78,0	45,5
				2,00	18,2	31,2	44,2	57,26	70,2	40,0
	28,930	12 442	71,2	1,25	48,9	64,1	79,4	94,7	109,9	66,3
				1,50	36,6	51,9	67,2	82,5	97,7	57,7
				1,75	30,5	45,8	61,1	76,4	91,6	53,4
				2,00	21,4	36,6	51,9	67,2	82,5	47,0
	33,510	14 412	81,2	1,25	55,7	73,1	90,6	108	125,4	75,6
				1,50	41,8	59,2	76,6	94,0	111,5	65,8
				1,75	34,8	52,2	69,7	87,1	104,5	61,0
				2,00	24,4	41,8	59,2	76,6	94,0	53,6
	38,100	16 386	92,3	1,25	63,3	83,1	102,9	122,7	142,5	85,9
				1,50	47,5	67,3	87,1	106,9	126,7	74,8
				1,75	39,6	59,4	79,2	99,0	118,8	69,3
				2,00	27,7	47,5	67,3	87,1	106,9	61,0

CARACTERÍSTICAS					Caudal Vaporizado para un 20 % de llenado (kg/h)					
					Aéreo (Temperaturas)					Enterrado
Díam. m	Volum. m ³	Carga kg	Super. m ²	Pres. bar	-10° C	-5° C	0° C	5° C	10° C	5° C
2,2	23,000	9 892	48,4	1,25	33,2	43,6	54,0	64,4	74,7	45,1
				1,50	24,9	35,3	45,7	56,1	66,4	39,2
				1,75	20,8	31,1	41,5	51,9	62,3	36,3
				2,00	14,5	24,9	35,3	45,7	56,1	32,0
	26,300	11 311	54,5	1,25	37,4	49,1	60,8	72,5	84,2	50,7
				1,50	28,1	39,7	51,4	63,1	74,8	44,2
				1,75	23,4	35,1	46,8	58,4	70,1	40,9
				2,00	16,4	28,1	39,7	51,4	63,1	36,0
	28,000	12 042	57,6	1,25	39,5	51,9	64,2	76,6	88,9	53,6
				1,50	29,6	42,0	54,4	66,7	79,1	46,7
				1,75	24,7	37,1	49,4	61,8	74,1	43,2
				2,00	17,3	29,6	42,0	54,4	66,7	38,0
	29,600	12 730	60,7	1,25	41,7	54,7	67,7	80,7	93,7	56,5
				1,50	31,2	44,3	57,3	70,3	83,3	49,2
				1,75	26,0	39,1	52,1	65,1	78,1	45,6
				2,00	18,2	31,2	44,3	57,3	70,3	40,1
	33,000	14 193	66,8	1,25	45,8	60,2	74,5	88,8	103,2	62,2
				1,50	34,4	48,7	63,0	77,4	91,7	54,2
				1,75	28,7	43,0	57,3	71,6	86,0	50,1
				2,00	20,1	34,4	48,7	63,0	77,4	44,1
	36,200	15 569	73,0	1,25	50,1	65,8	81,4	97,1	112,7	67,9
				1,50	37,6	53,2	68,9	84,5	100,2	59,2
				1,75	31,3	47,0	62,6	78,3	93,9	54,8
				2,00	21,9	37,6	53,2	68,9	84,5	48,2
	37,900	16 300	76,1	1,25	52,2	68,5	84,9	101,2	117,5	70,8
				1,50	39,2	55,5	71,8	88,1	104,5	61,7
				1,75	32,6	49,0	65,3	81,6	97,9	57,1
				2,00	22,8	39,2	55,5	71,8	88,1	50,3
	39,500	16 988	79,1	1,25	54,3	71,3	88,2	105,2	122,1	73,6
				1,50	40,7	57,7	74,6	91,6	108,6	64,1
				1,75	33,9	50,9	67,9	84,8	101,8	59,4
				2,00	23,8	40,7	57,7	74,6	91,6	52,3
	42,900	18 451	85,3	1,25	58,5	76,8	95,1	113,4	131,7	79,4
				1,50	43,9	62,2	80,5	98,8	117,1	69,2
				1,75	36,6	54,9	73,2	91,5	109,8	64,0
				2,00	25,6	43,9	62,2	80,5	98,8	56,3
	46,200	19 870	91,4	1,25	62,7	82,3	101,9	121,5	141,1	85,1
				1,50	47,0	66,6	86,3	105,9	125,5	74,1
				1,75	39,2	58,8	78,4	98,0	117,6	68,6
				2,00	27,4	47,0	66,6	86,3	105,9	60,4
47,800	20 558	94,5	1,25	64,9	85,1	105,4	125,7	145,9	88,0	
			1,50	48,6	68,9	89,2	109,4	129,7	76,6	
			1,75	40,5	60,8	81,1	101,3	121,6	70,9	
			2,00	28,4	48,6	68,9	89,2	109,4	62,4	
49,500	21 289	97,6	1,25	67,0	87,9	108,8	129,8	150,7	90,8	
			1,50	50,2	71,2	92,1	113,0	134,0	79,1	
			1,75	41,9	62,8	83,7	104,7	125,6	73,3	
			2,00	29,3	50,2	71,2	92,1	113,0	64,5	

CARACTERÍSTICAS					Caudal Vaporizado para un 20 % de llenado (kg/h)					
					Aéreo (Temperaturas)					Enterrado
Diám. m	Volum. m ³	Carga kg	Super. m ²	Pres. bar	-10° C	-5° C	0° C	5° C	10° C	5° C
2,2	52,800	22 709	103,7	1,25	71,2	93,4	115,6	137,9	160,1	96,5
				1,50	53,4	75,6	97,9	120,1	142,3	84,1
				1,75	44,5	66,7	89,0	111,2	133,4	77,8
				2,00	31,1	53,4	75,6	97,9	120,1	68,5
	56,000	24 085	109,9	1,25	75,4	99,0	122,6	146,1	169,7	102,3
				1,50	56,6	80,1	103,7	127,3	150,8	89,1
				1,75	47,1	70,7	94,3	117,9	141,4	82,5
				2,00	33,0	56,6	80,1	103,7	127,3	72,6
	57,700	24 816	112,9	1,25	77,5	101,7	125,9	150,1	174,3	105,1
				1,50	58,1	82,3	106,5	130,8	155,0	91,5
				1,75	48,4	72,6	96,9	121,41	145,3	84,7
				2,00	33,9	58,1	92,3	106,5	130,8	74,6
	59,400	25 547	116,0	1,25	79,6	104,5	129,4	154,2	179,1	108,0
				1,50	59,7	84,6	109,5	134,3	159,2	94,0
				1,75	49,8	74,6	99,5	124,4	149,3	87,1
				2,00	34,8	59,7	84,6	109,5	134,3	76,6
2,45	22,650	9 741	44,6	1,25	30,6	40,2	49,7	59,3	68,9	41,5
				1,50	23,0	32,5	42,1	51,7	61,2	36,2
				1,75	19,1	28,7	38,3	47,8	57,4	33,5
				2,00	13,4	23,0	32,5	42,1	51,7	29,5
	24,900	10 709	48,4	1,25	33,2	43,6	54,0	64,4	74,7	45,1
				1,50	24,9	35,3	45,7	56,1	66,4	39,2
				1,75	20,8	31,1	41,5	51,9	62,3	36,3
				2,00	14,5	24,9	35,3	45,7	56,1	32,0
	27,200	11 698	52,2	1,25	35,8	47,0	58,2	69,4	80,6	48,6
				1,50	26,9	38,1	49,3	60,5	71,6	42,3
				1,75	22,4	33,6	44,8	56,0	67,2	39,2
				2,00	15,7	26,9	38,1	49,3	60,5	34,5
	31,800	13 677	59,9	1,25	41,1	54,0	66,8	79,6	92,5	55,8
				1,50	30,8	43,7	56,5	69,4	82,2	48,6
				1,75	25,7	38,5	51,4	64,2	77,1	45,0
				2,00	18,0	30,8	43,7	56,5	69,4	39,6
	36,300	15 612	67,5	1,25	46,3	60,8	75,3	89,8	104,2	62,8
				1,50	34,7	49,2	63,7	78,2	92,7	54,7
				1,75	29,0	43,4	57,9	72,4	86,9	50,7
				2,00	20,3	34,7	49,2	63,7	78,2	44,6
	38,600	16 601	71,3	1,25	48,9	64,2	79,5	94,8	110,1	66,4
				1,50	36,7	52,0	67,3	82,6	97,9	57,8
				1,75	30,6	45,9	61,2	76,5	91,7	53,5
				2,00	21,4	36,7	52,0	67,3	82,6	47,1
	40,900	17 591	71,5	1,25	51,5	67,6	83,8	99,9	116,0	69,9
				1,50	38,7	54,8	70,9	87,0	103,1	60,9
				1,75	32,2	48,3	64,4	80,5	96,6	56,4
				2,00	22,5	38,7	54,8	70,9	87,0	49,6
	45,500	19 569	82,7	1,25	56,8	74,5	92,2	110,0	127,7	77,0
				1,50	42,6	60,3	78,0	95,8	113,5	67,0
				1,75	35,5	53,2	70,9	88,7	106,4	62,1
				2,00	24,8	42,6	60,3	78,0	95,8	54,6

CARACTERÍSTICAS					Caudal Vaporizado para un 20 % de llenado (kg/h)					
					Aéreo (Temperaturas)					Enterrado
Diám. m	Volum. m ³	Carga kg	Super. m ²	Pres. bar	-10° C	-5° C	0° C	5° C	10° C	5° C
2,45	49,950	21 483	90,3	1,25	62,0	81,3	100,7	120	139,4	84,1
				1,50	46,5	65,8	85,2	104,6	123,9	73,2
				1,75	38,7	58,1	77,5	96,8	116,2	67,8
				2,00	27,1	46,5	65,8	85,2	104,6	59,6
	52,300	22 494	94,1	1,25	64,6	84,8	104,9	125,1	145,3	87,6
				1,50	48,4	68,6	88,8	109,0	129,2	76,3
				1,75	40,4	60,5	80,7	100,9	121,1	70,6
				2,00	28,3	48,4	68,6	88,8	109,0	62,2
	54,600	23 483	98,0	1,25	67,3	88,3	109,3	130,3	151,3	91,2
				1,50	50,4	71,5	92,5	113,5	134,5	79,4
				1,75	42,0	63,1	84,1	105,1	126,1	73,6
				2,00	29,4	50,4	71,5	92,5	113,5	64,7
	59,100	25 418	105,6	1,25	72,5	95,1	117,8	140,4	163,1	98,3
				1,50	54,4	77,0	99,7	122,3	144,9	85,6
				1,75	45,3	67,9	90,6	113,2	135,9	79,3
				2,00	31,7	54,4	77,0	99,7	122,3	69,8

T3: 1.5 Materiales y herramientas. Especificaciones

En este capítulo se revisarán los materiales constructivos, las uniones entre ellos, y se completará con los materiales para prueba y las herramientas recomendadas para realizar y mantener las instalaciones.

CEPSA solamente admitirá en sus instalaciones aquellos materiales que cumplan con la normativa en vigor:

Almacenamiento en depósitos fijos:	Reglamento sobre instalaciones de almacenamiento de GLP en depósitos fijos para su consumo en instalaciones receptoras	RDF
Almacenamiento en botellas industriales:	Normas a que deben supeditarse las instalaciones de GLP con Depósitos Móviles de capacidad superior a 15 kg	NDM
Almacenamiento en botellas domésticas:	Condiciones Técnicas Básicas que han de cumplir las instalaciones de los aparatos que utilicen GLP como combustible	CTB
Redes de distribución	Reglamento de Redes y Acometidas de combustibles gaseosos	RRA
Acometidas		
Estaciones de regulación y/o medida		
Estaciones de compresión		
Instalaciones receptoras domésticas	Reglamento de Instalaciones de Gas en LOcales destinados a usos domésticos, colectivos y comerciales	RIGLO
Instalaciones receptoras colectivas		
Instalaciones receptoras comerciales		
Instalaciones receptoras industriales	NORMAS básicas de Instalaciones de Gas en Edificios habitados	NIGE

Niveles de resistencia mecánica de los elementos integrantes de una conducción: La presión nominal se elegirá en función de la presión máxima de servicio, según UNE 19 002

Presión máxima de servicio	MPB (5 ÷ 0,4 bar)	MPA (0,4 ÷ 0,05 bar)	BP < 0,05 bar)
Nivel mínimo de resistencia mecánica	PN 6	PN 4	PN 4

Presión máxima de servicio de un material (Pmxs). Se calcula dividiendo la presión nominal por el coeficiente de seguridad con que fue fabricado.

$$P_{mxs} = PN / C_s$$

T3: 1.5.1 Materiales constructivos

MATERIALES AUTORIZADOS EN LAS INSTALACIONES DE GLP						
	Material	BP	MPA	MPB	APA	APB
1.5.1.1	Acero al carbono	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
1.5.1.2	Acero inoxidable	Sí	Sí	Sí		
1.5.1.3	Cobre (Cu-DHP)	Sí	Sí	Sí		
1.5.1.4	PE (SDR 11, MD)	Sí	Sí	Sí		
1.5.1.5	Tubos flexibles	Según naturaleza				

Los componentes de una instalación son los tubos, los accesorios (piezas de forma, bridas, etc.), y los elementos auxiliares (llaves, filtros, limitadores de presión, etc.)

El fabricante suministrará con los tubos un certificado de calidad en donde se indique: calidad del material, controles de calidad, y procedimiento de fabricación (acero) o dimensiones (cobre).

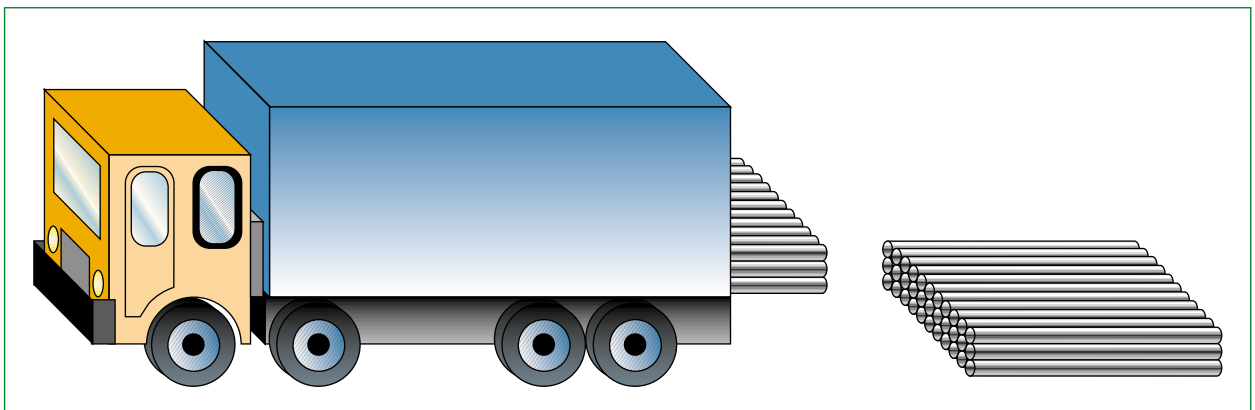
El diámetro nominal de una conducción (DN) es el calibre o diámetro exterior para conexiones. Se mide en mm o en pulgadas.

En la práctica, se vienen utilizando los siguientes materiales:

MATERIALES UTILIZADOS			
	Fase gas	Fase líquida	
		General	Boca de carga
Áreas	Acero al carbono estirado y sin soldadura (UNE 19 040)	Acero al carbono estirado y sin soldadura (UNE 19 040) St 33.2	
	Acero inoxidable (UNE 19049)	NO AUTORIZADO	
	Cobre duro estirado sin soldadura (EN 1057)	NO AUTORIZADO	
		Accesorios de soldar de acero ANSI B.16.9 material A-234 WPB	Accesorios acero SWE 3000 Libras (1)
Enterrada	Polietileno de media densidad SDR-11 (UNE 53 333)	NO AUTORIZADO	
		Acero al carbono, estirado y sin soldadura (ASTM-A-106 Gr B/API 5L Gr B (2)	
		Accesorios de soldar de acero ANSI B.16.9 material A-234 WPB	Accesorios acero SW 3000 Libras (1)

(1) SW = Socket Weld end 3000 psi (lb/in²) "extremo para soldar por enchufe". Para soldaduras no radiografiadas.
(2) Protección catódica para longitudes mayores de 10 m.

T3: 1.5.1.1 Acero



El tubo de acero puede ser al carbono estirado en frío sin soldadura o fabricado a partir de banda de acero laminada en caliente con soldadura longitudinal o helicoidal.

ACERO DE PRECISIÓN				UNE 19046 (DIN 2391)			
D _e	e	D _i	ML (kg/m)	D _e	e	D _i	ML (kg/m)
10	1	8	0,388	22	1,5	19	0,758
12	1	10	0,271	25	2	21	1,134
12	1,5	9	0,388	28	1,5	25	0,980
14	2	10	0,592	30	2,5	25	1,695
15	1,5	12	0,499	35	2	31	1,628
16	2	12	0,691	38	2,5	33	2,189
18	1,5	15	0,610	42	2	38	1,973
20	2	16	0,888				

D_e = Diámetro exterior
e = espesor
D_i = Diámetro interior
No admiten el roscado, por su reducido espesor
ML = masa lineal (por metro de longitud)

En lo relativo a las dimensiones y características, los tubos de acero han de cumplir las normas siguientes:

Acero al carbono, estirado en frío sin soldadura: UNE 19.046

Acero con soldadura longitudinal: UNE 36.864

Acero con soldadura helicoidal: de reconocido prestigio

La norma **UNE 19 040** (DIN 2440) hace referencia únicamente a medidas y masas.

UNE 19 040 TUBOS DE ACERO ROSCABLE SERIE NORMAL MEDIDAS Y MASAS							
Pulgadas	D _e (mm)**	e (mm)	D _i (mm)	M _L (kg/m)*	l/m	S (cm ²)	DN
3/8"	17,2	2,3	12,6	0,839-0,845	0,125	1,247	10
1/2"	21,3	2,6	16,1	1,21-1,22	0,204	2,036	15
3/4"	26,9	2,6	21,7	1,56-1,57	0,370	3,698	20
1"	33,7	3,2	27,3	2,41-2,43	0,585	5,853	25
1 1/4"	42,4	3,2	36,0	3,10-3,13	1,017	10,178	32
1 1/2"	48,3	3,2	41,9	3,56-3,60	1,378	13,788	40
2"	60,3	3,6	53,1	5,03-5,10	2,213	22,145	50
2 1/2"	76,1	3,6	68,9	6,42-6,54	3,727	37,283	65
3"	88,9	4,0	80,9	8,36-8,53	5,138	51,401	80
4"	114,3	4,5	105,3	12,2-12,5	8,704	87,083	100
5"	139,7	5	129,7	16,6-17,1	13,205	132,116	125
6"	165,1	5	155,1	19,8-20,4	18,884	188,930	150

(*) Valores para tubo sin roscar/tubo roscado con manguito.
(**) De teórico, solo válido para el cálculo de masa lineal.

Normas equivalentes a la UNE 19 040: UNE 2440, ISO R65 medium y BS 1387 medium.

Conducciones en alta presión: Se han de utilizar únicamente los aceros establecidos por el Reglamento de Redes y Acometidas de combustibles gaseosos (RRA). Se trata concretamente de las conducciones siguientes:

- En los depósitos, de la conexión de la boca de carga a distancia y de la salida de fase gaseosa al regulador.
- En las botellas de propano, los colectores de conexión directa.
- En las conducciones de fase líquida.

Las especificaciones técnicas de las conducciones corresponderán a normas de reconocido prestigio: API 5L, API 5LX, API 5LS o DIN 17 172, 1626 o 1629, aceptándose el material St 33.2. Los espesores de las tuberías se calculan según UNE 60 309.

Los accesorios para soldar serán de acero ANSI B.16.9, material A-234 WPB. Si las soldaduras no han de ser radiografiadas, los accesorios podrán ser de enchufe, soldando según SWV 3 000 libras (Se refiere a una presión, no a una masa).

Conducciones enterradas: Se utilizará el acero al carbono estirado sin soldadura según ASTM-A 106 Gr. B/API 5L GrB. Los accesorios serán los establecidos para conducciones en AP. Se instalará protección catódica en tramos de longitud mayor de 10 m (ver posibilidad de utilizar polietileno). El control radiográfico se realizará según UNE 14 011...

Fórmulas útiles:

SECCIÓN DE PASO	MOMENTO DE INERCIA	MOMENTO RESISTENTE	MASA LINEAL
$S = \pi \times e \times (D_e - D_i)$	$0,0491 \times (D_e^4 - D_i^4)$	$0,0982 \times (D_e^4 - D_i^4)/D_e$	$0,0246615 \times e \times (D_e - D_i)$

Siendo D_e el diámetro exterior y D_i el interior del tubo.

La especificación API 5L establece longitudes estándar de 6 m (largo sencillo) y 12 m (largo doble). El sencillo supone mayor número de uniones que el doble. Mayores longitudes implican dificultades de transporte.

ACERO SIN SOLDADURA Y SOLDADO SEGÚN API 5L STANDARD (ANSI B-36.10 y API) DIMENSIONES Y MASA LINEAL				
Pulgadas	De (mm)	Di (mm)	e (mm)	kg/m
3/8"	17,14	12,52	2,31	0,85
1/2"	21,34	15,80	2,77	1,26
3/4"	26,67	20,93	2,87	1,68
1"	33,40	26,64	3,38	2,50
1 1/4"	42,16	35,04	3,56	3,38
1 1/2"	48,26	40,90	3,68	4,05
2"	60,32	52,50	3,91	5,43
2 1/2"	73,02	62,70	5,16	8,62
3"	88,90	77,92	5,49	11,28
4"	114,30	102,26	6,02	16,06
5"	141,30	128,20	6,55	21,76
6"	168,27	154,05	7,11	28,23

Longitud

Las longitudes estándar son las siguientes:

6 metros como largo sencillo 12 metros como largo doble 15, 18, 24 metros

Por lo general, la tubería para canalizaciones de gas se suministra en largos dobles, es decir, 12 m. Una dimensión superior presentaría problemas de transporte, ya que lo requeriría especial. Los largos sencillos, por otro lado, obligan a realizar doble número de soldaduras.

Marcado

Las tuberías deben suministrarse marcados con los siguientes datos:

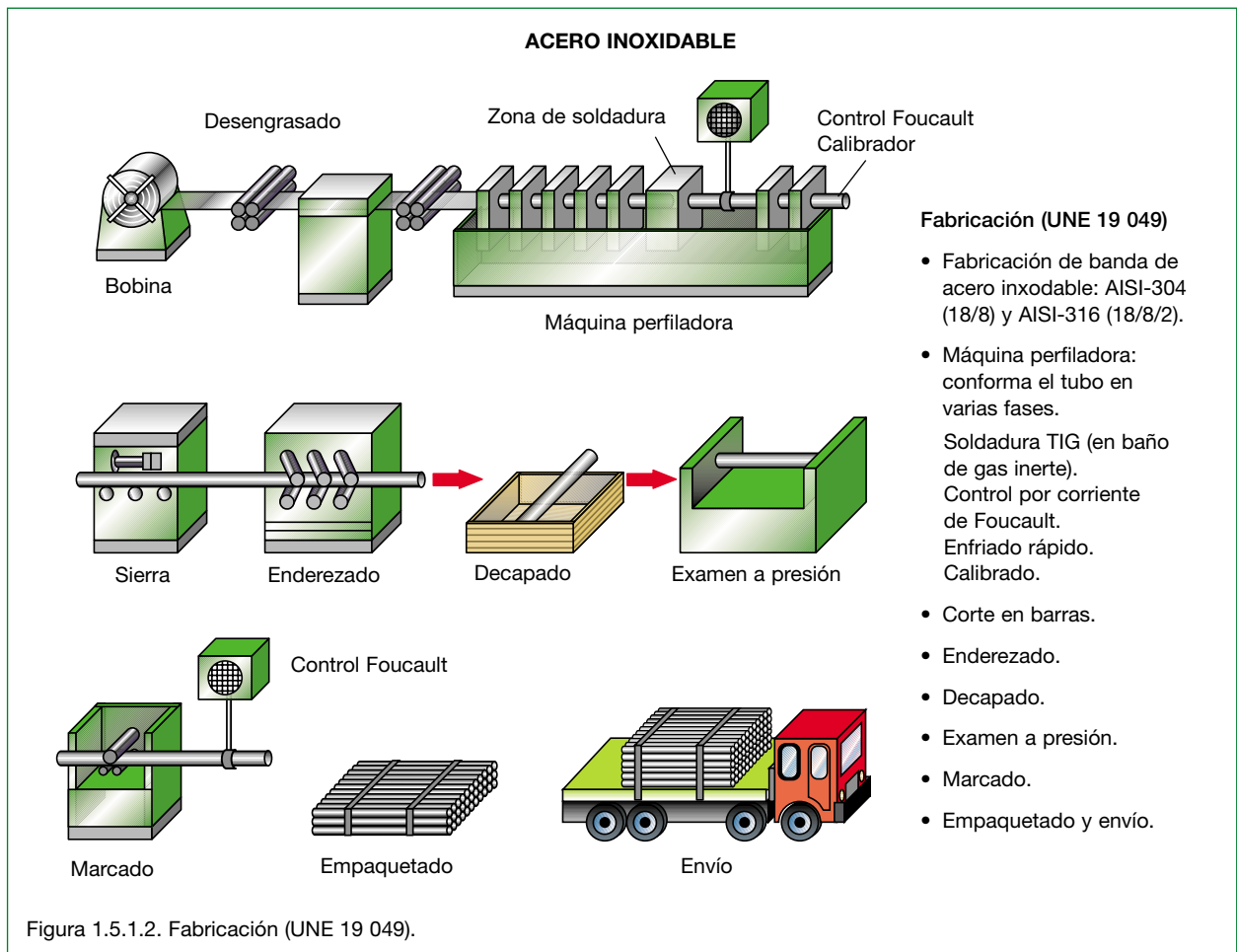
- Nombre o marca del fabricante.
- Especificaciones de suministro (API 5 L).
- Diámetro nominal.
- Peso por metro de tubería.
- Grado del acero (generalmente B).
- Proceso de fabricación (DSAW, ERW, HF, sin soldadura, etc.).
- Tratamiento térmico.
- Presión máxima a la que ha sido probada la tubería.
- Número de fabricación con el cual verificar la correspondencia con los certificados de calidad.
- Número del tubo.

En función del diámetro nominal de la tubería, caben las siguientes consideraciones:

Para diámetros de 3" e inferiores, la tubería suele suministrarse en fardos. En tal caso, los tubos no son marcados individualmente, ni numerados sino que el marcado se realiza sobre los flejes de sujeción de los mismos. Como longitud la total del fardo.

Para diámetros de 4" y superiores, las tuberías se marcan individualmente. Los marcados se hacen en dos generatrices. Para evitar que se pierda en la posterior aplicación del revestimiento anticorrosión, el número debe marcarse también por el interior.

T3: 1.5.1.2 Acero inoxidable



El acero inoxidable es un acero con más de 1,1 % de carbono, al que se le ha incorporado pequeñas cantidades de otros metales como Cr, Ni, Co, etc. que le proporcionan la característica de auto pasivarse en presencia de oxígeno y que da su nombre. El austenítico empleado en las instalaciones de gas contiene austenita que parece ser un carburo de hierro, con un temple final.

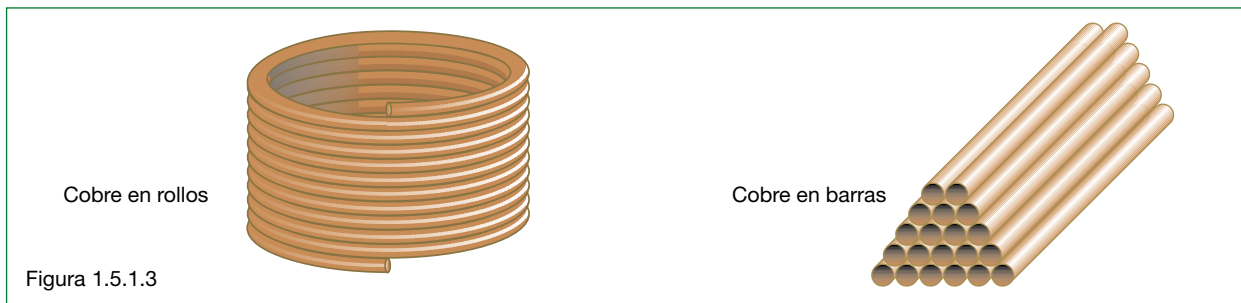
Las características mecánicas de los tubos de acero inoxidable, así como sus medidas y tolerancias, serán las determinadas en la norma UNE 19.049.

ACERO INOXIDABLE. DIMENSIONES NORMALIZADAS: UNE 19 049										
Diámetro interior (Di)	6,8	8,8	10,8	13,8	16,6	20,6	26,4	33,0	40-39,6	51,6
Espesor (e)	0,6	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7	0,8	1,0	1,1-1,2	1,2
Diámetro exterior (De)	8	10	12	15	18	22	28	35	42	54

Como características principales del acero inoxidable se destacan: Gran resistencia mecánica (aproximadamente dos veces más que el acero galvanizado y tres veces más que el cobre, en igualdad de espesor), ofrece una mínima pérdida de carga, material muy higiénico.

Al requerirse reducidos espesores por sus propiedades mecánicas, los pesos se aligeran, facilitando el transporte y la manipulación.

T3: 1.5.1.3 Cobre



El tubo redondo será de precisión, estirado en frío, sin soldadura, en estado duro Cu-DHP, fabricado de acuerdo con la norma UNE-EN 1.057 (sustituye a la UNE 37 141).

Estado de tratamiento →	Recocido	semiduro	duro
Designación según EN 1173 →	R220	R250	R290

Dimensiones y tolerancias: Las características geométricas quedan definidas por el diámetro exterior, el espesor de pared y la longitud. Cuando se trata de tubo certificado por AENOR el diámetro exterior (DN) y el espesor de pared (e) deberán ser los valores sombreados que se especifican en la tabla siguiente.

Diámetro exterior nominal DN (mm)	Radio de curvatura mínimo (eje neutro)	PRESIÓN DE TRABAJO P_t (kg/cm ²) Y MASA LINEAL M_L (kg/m)					
		Espesor de pared nominal del tubo de cobre, en (mm)					
		e = 1,0		e = 1,2		e = 1,5	
6	30 mm	$P_t = 220$	$M_L = 0,140$				
8	35 mm	$P_t = 146$	$M_L = 0,196$				
10	40 mm	$P_t = 110$	$M_L = 0,252$				
12	45 mm	$P_t = 88$	$M_L = 0,308$				
14	50 mm	$P_t = 73$	$M_L = 0,364$				
15	55 mm	$P_t = 68$	$M_L = 0,391$			$P_t = 110$	$M_L = 0,567$
16	60 mm	$P_t = 63$	$M_L = 0,420$				
18	70 mm	$P_t = 55$	$M_L = 0,475$			$P_t = 88$	$M_L = 0,693$
22		$P_t = 44$	$M_L = 0,587$	$P_t = 53$	$M_L = 0,698$	$P_t = 69$	$M_L = 0,860$
28		$P_t = 33$	$M_L = 0,753$	$P_t = 41$	$M_L = 0,899$	$P_t = 53$	$M_L = 1,111$
35		$P_t = 27$	$M_L = 0,951$	$P_t = 32$	$M_L = 1,134$	$P_t = 41$	$M_L = 1,405$
42		$P_t = 22$	$M_L = 1,146$	$P_t = 27$	$M_L = 1,369$	$P_t = 34$	$M_L = 1,699$
54				$P_t = 20$	$M_L = 1,772$	$P_t = 26$	$M_L = 2,202$

Diámetro interior (mm)	Volumen lineal (litros/m)	Diámetro interior (mm)	Volumen lineal (litros/m)
6	$V_L = 0,028$	16	$V_L = 0,201$
8	$V_L = 0,050$	18	$V_L = 0,254$
10	$V_L = 0,078$	22	$V_L = 0,380$
12	$V_L = 0,113$	28	$V_L = 0,616$
14	$V_L = 0,154$	35	$V_L = 0,962$
15	$V_L = 0,177$	42	$V_L = 1,385$

Presiones de trabajo:

Las presiones de trabajo que se indican resultan de la fórmula siguiente: $P_t = 2 \times t \times e / D$, en kg/cm² = $880 \cdot e/D$ en la que:

t = Fatiga máxima del metal = $R/C_s = 2200/5 = 440$ kg/cm²,

R = carga de rotura mínima del tubo de cobre recocido: 2.200 kg/cm²

C_s = coeficiente de seguridad. Se toma un valor de 5

e = Espesor del tubo, en mm.

D = Diámetro interior del tubo, en mm.

Ejemplo: Para un tubo de espesor 1 mm y diámetro interior de 13 se tiene: $P_t = 880 \times e/D = 880 \times 1/13 = 67 \text{ kg/cm}^2$

Los valores de las presiones de trabajo (P_t) para cada DN y cada espesor utilizado, se han incluido en la tabla anterior.

Los tubos rectos, suministrados duros, tienen una carga de rotura (R) más alta y pueden por tanto resistir presiones muy superiores. Sin embargo, al trabajarlos y colocarlos, pueden haber sido recocidos en ciertos puntos; por ello se recomienda tomar, para todos los tubos, los valores dados para tubos recocidos. (2200 kg/cm^2)

Curvado del tubo de cobre: La norma establece los radios mínimos de curvatura admitidos. Los radios de curvatura mínimos se detallan en la tabla anterior para cada DN y cada espesor.

Marcado: Los tubos de diámetro comprendido entre 10 y 54 mm (ambos inclusive) deben estar marcados indeleblemente a intervalos no superiores a 600 mm, a lo largo de su longitud con, al menos, las siguientes indicaciones:

- Norma : UNE EN 1057 (anteriormente UNE 37-141).
- Dimensiones normales de la sección transversal: Diámetro exterior x Espesor de pared (mm).
- Estado de tratamiento: estado duro Cu-DHP
- Marca de identificación del fabricante.
- Fecha de fabricación: Año y trimestre (1 al IV) o año y mes (1 a 12)

Los tubos con diámetros superiores a 6 mm e inferiores a 10 mm o superiores a 50 mm deben marcarse legiblemente de forma similar, al menos en los dos extremos.

Masa lineal: Fórmula práctica para determinar el valor teórico de la masa por metro de longitud M_L , de cualquier tubo de cobre:

$$M_L = 0,001 \times (\text{Suma de diámetros}) \times (\text{diferencia de diámetros}) \times 7 \text{ (en kg/m)}$$

Ejemplo: La masa lineal del tubo de cobre con DN = 15 y espesor $e = 1$ mm, por metro de longitud, será:

$$M_L = 0,001 \times (15 + 13) \times (15 - 13) \times 7 = 0,392 \text{ kg/m}$$

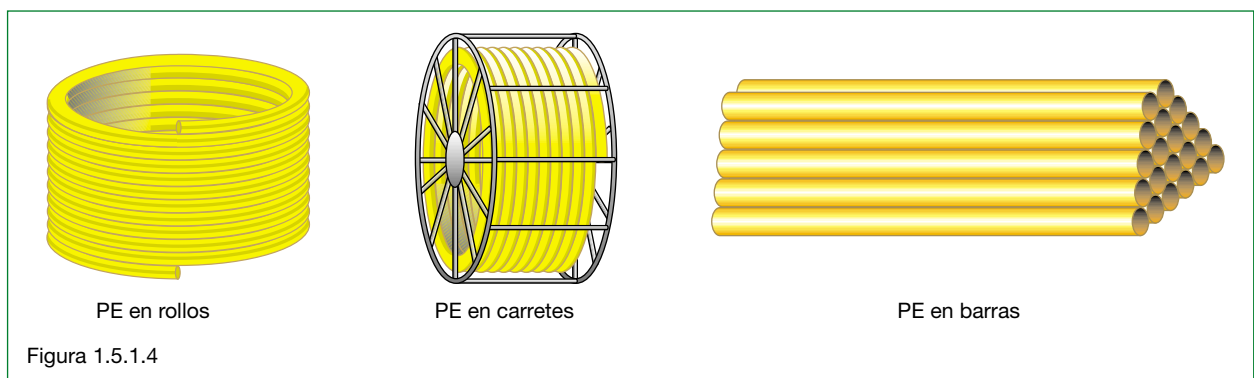
Los valores de las masas teóricas para cada DN y cada espesor, se detallan en la tabla anterior.

Suministro: El cobre duro se suministra en barras de 5 m de longitud y el recocido en rollos de diferente longitud, función del diámetro.

T3: 1.5.1.4 Polietileno

El polietileno es una materia plástica obtenida de la polimerización de las olefinas (hidrocarburo con doble enlace), concretamente del eteno o etileno. Es de color amarillo.

Es atacado por la acción de los rayos ultravioletas por lo que se debe preservar de la luz solar. Se suministra protegido con PVC de color oscuro.



El tubo de polietileno será de calidad PE 80 o superior, y deberá cumplir la norma UNE 53.333.

El polietileno podrá usarse solamente enterrado, y en tramos envainados que alimentan a armarios de regulación y/o contadores empotrados en muros o fachadas exteriores de las edificaciones.

Los PE de media densidad (MD) tienen una masa en volumen entre 931 y 940 kg/m^3 ($0,940 > d > 0,931$).

El coeficiente de dilatación lineal es de $0,15 \text{ mm/m } ^\circ\text{C}$

Los PE se clasifican por la Serie definida como:

$$\text{Serie} = \sigma / \text{PN} = (\text{DN} - e) / 2 \cdot e$$

Al tomarse para el esfuerzo tangencial de trabajo (σ) el valor de 50, la expresión queda: Serie = 50 / PN

PN	Serie
10	5
6	8,3
4	12,5

Al ser: Serie = (DN - e) / 2 · e

el espesor se obtendrá mediante: $e = \text{PN} \cdot \text{DN} / (2 \cdot \sigma + \text{PN})$

Por ejemplo: Para DN = 110 de la Serie 5, (PN = 10), se tiene:

$$e = \text{PN} \cdot \text{DN} / (2 \cdot \sigma + \text{PN}) = 10 \cdot 110 / (2 \cdot 50 + 10) = 10 \text{ mm}$$

Denominación comercial de los tubos de PE: Se indicará su Diámetro Nominal (DN) seguido del espesor (e). En la práctica se utiliza la SDR (Standard dimension ratio = relación entre el Diámetro Nominal y el espesor).

$$\text{SDR} = \text{DN} / e$$

De la expresión anterior que define la Serie se toma: Serie = (DN - e) / 2e = DN / 2e - 1/2 = (SDR - 1) / 2

luego:

$$\text{SDR} = 2 \cdot \text{Serie} + 1$$

Estos datos se pueden tabular:

TUBOS DE PE:		SERIE	SDR	Utilización
PN	Serie (σ / PN)	SDR (DN/e)		
10	50/10 = 5,0	11 (MD)		en BP y MP
	50/PN	2 · Serie + 1		

En base a estas definiciones, se puede determinar el espesor para PN = 10 y los diferentes DN.
Por ejemplo: Para un DN = 110, le corresponde un: $e = \text{DN}/\text{SDR} = 110/11 = 10 \text{ mm}$

TUBOS DE PE: DIÁMETROS NOMINALES. ESPESORES. PRESIÓN NOMINAL (UNE 53 333)											
DN (mm)	SDR 17,6 (*)	SDR 11 (*)	PN			Cs (coef. seguridad)			Pmx (PN/Cs)		
			a	b	c	a	b	c	a	b	c
20		e = 2,0 (0,12)									
32		e = 3,0 (0,27)									
40		e = 3,7 (0,42)	10			2,5			4		
63		e = 5,8 (1,04)	10			2,5			4		
90		e = 8,2 (2,09)	10	6		2,5	6		4	1	
110	e = 6,3 (2,05)	e = 10,0 (3,11)	10	6		2,5	6		4	1	
160	e = 9,1 (4,30)	e = 14,6 (6,59)	10	6	4	2,5	6	8	4	1	0,5
200	e = 11,4 (6,71)	e = 18,2 (10,27)	10	6	4	2,5	6	8	4	1	0,5

(*) Entre paréntesis, el valor de la Masa por metro lineal (M_l).

Un Pmx = 4, significa que el tubo puede utilizarse en MP, mientras que una Pmx de 1 ó de 0,5, lo limita a BP.

El marcado de los tubos comprenderá, por este orden, y tomando una de las dos alternativas presentadas Media (MD) o alta (HD) densidad, Serie o SDR.

MARCADO DE LOS TUBOS DE PE									
AENOR-N	MDPE HDPE	GAS	UNE 53 333	Serie SDR (*)	DN	fabricante	2 últimas cifras del año de fabricación	lote de fabricación	otros datos

(*) el SDR 17,6 viene macado en negro, y el SDR 11, en rojo.

Suministro: Preferentemente se suministrarán los tubos de PE según las longitudes indicadas (según fabricante).

DN	LONGITUDES			FARDOS (Núm. de barras)	
	ROLLOS	CARRETES	BARRAS	SDR17,6	SDR11
20 ÷ 90	50 ó 100 m	750 m(ϕ 63) y 200 m (ϕ 90)			
110	50 m	175 m		60	43
110 ÷ 200			SDR17,6	SDR11	28(ϕ 160)
			6-8 m	12 m	17(ϕ 160)
					14(ϕ 200)

Las barras se suministran agrupadas en fardos de 8 a 60 unidades, según diámetros.

T3: 1.5.1.5 Tubos flexibles

Los tubos flexibles, según la naturaleza del material empleado en su fabricación, pueden ser metálicos y no metálicos. También pueden clasificarse los tubos flexibles en razón a la presión máxima de servicio (Pmxs) que pueden soportar. Así, existen para BP, para BP y MPA, para AP, etc.

UTILIZACIÓN DE TUBOS FLEXIBLES SEGÚN PRESIÓN DE SERVICIO		
TUBO FLEXIBLE	BP y MPA	MPB y APA
Metálico	UNE 60 713, UNE 60 715 y UNE 60 717	UNE 60 613 (pendiente)
No metálico	UNE 53.539	UNE 60.712 (lira)

Los aparatos desplazables, móviles o sometidos a vibraciones, y las botellas de GLP necesitan de un tubo flexible para la conexión a la instalación rígida. Pero esta no es la única finalidad de los tubos flexibles: Actualmente se autorizan para sustituir a los tubos rígidos en tramos de difícil realización.

Para que un tubo flexible cumpla la normativa, desde el punto de vista del instalador y del usuario, ha de llevar impresa el nombre de la empresa fabricante y el número de partida, la norma que cumple, y en los que interviene elastómeros, la fecha de caducidad.

Tubos flexibles no metálicos

Los tubos flexibles no metálicos se fabrican a base de elastómeros, plásticos resistentes a los hidrocarburos. Deben sustituirse en caso de deterioro y no mantenerse en uso más allá de la fecha de caducidad que en los mismos se fije.

Según la presión de servicio, se utilizan dos tipos de flexibles de elastómero:

- Caso de presión de servicio BP y MPA, el tubo flexible es suficiente que sea de elastómero sin refuerzo alguno, fijado por sus extremos por enchufe a presión reforzado con abrazaderas. Se trata de la conocida "goma" que cumple la UNE 53 539
- Caso de que la presión de servicio sea mayor, para MPB y AP, existe otro tubo de elastómero reforzado, también llamado lira, que ha de cumplir la UNE 60 712.

TUBOS FLEXIBLES NO METÁLICOS						
	UNE 53 539				UNE 60 712/3 (LIRA) (2) DIN 4 815 Y NFD 36 103	
Definición	Tubo flexible de elastómero				Tubo flexible no metálico, con armadura	
Conexión	A presión. Refuerzo con abrazadera				Mecánica, una al menos giratoria	
Aplicación	Unión a IRG de botellas domésticas y aparatos móviles				Unión directa entre botellas e IRG o aparatos móviles	
Presión mx servicio	150 mbar MPA				20 bar	
Características	Tubo elastómero sin accesorios de unión				Armadura incorporada en el tubo o en el interior	
Conexiones	A presión con boquilla UNE 60714				Posibles: bridas o enlaces-junta plana. Rosca cilíndrica	
Diámetro →	9	12	15	20	D > 6 mm	
Espesor →	3	3	3,5	4	e > 4 mm	
Marcado	Fabricante, UNE..., Caducidad, DN, Gas, Designación comercial, Caducidad, N° lote				Fabricante (distintivo). UNE... Tipo de gas. Fecha caducidad. Presión utilización	
Caducidad	4 años				5 años	
Instrucción de montaje	Necesaria boquilla. Acoplamiento a presión. Asegurar con abrazadera metálica				Interponer junta homologada. En conexión de botellas, acoplar válvula antirretorno y válvula exceso flujo	
(2) No contemplado en el RIGLO, pero sí en la UNE 60670. Es la conocida "Lira".						

Tubos flexibles metálicos

Los tubos flexibles metálicos se han diseñado para tratar de eliminar los inconvenientes de los de elastómero: fecha de caducidad, sensibilidad a temperaturas altas, y eventual desprendimiento de la conexión. Por su naturaleza metálica, ofrecen una mayor resistencia mecánica (corte accidental mediante cuchillo o mordeduras de roedores).

Se ha optado por el acero inoxidable por reunir garantías frente a los ataques de agentes externos. Existen diversos modelos en función de la utilización y de la presión de servicio.

De uno de los existentes, el UNE 60 713, existen dos versiones:

- *UNE 60 713/1*: Tubo de acero inoxidable corrugado con conexiones roscadas
- *UNE 60 713/2*: Tubo de acero inoxidable corrugado con conexiones roscadas de latón, con o sin armadura

Del otro flexible, el UNE 60 715, también existen dos versiones:

- *UNE 60 715/1*: El tubo flexible para unir IRG a aparatos móviles a gas con enchufe de seguridad, espirometálico, de acero galvanizado, con una funda (o cubierta) de protección de color negro. Para conexión de aparatos móviles. La presión de utilización es la propia de los aparatos (20 y 37 mbar)
- *UNE 60 715/2*: El tubo flexible para unir IRG a aparatos móviles a gas con enchufe de seguridad, corrugado, ondulado, de acero inoxidable, no extensible. Recubierto de armadura y opcionalmente de una funda. La presión de utilización es de 0,4 bar.

Tubo flexible metálico ondulado de acero inoxidable (UNE 60 717).

Este tubo es apto para conexionado de aparatos fijos alimentados a GLP, y para conexionado a aparatos móviles directamente a botellas domésticas de GLP. Su longitud máxima es de 1,5 m. No debe quedar bajo la acción de las llamas.

TUBOS FLEXIBLES METÁLICOS		
	UNE 60 713 (*1) DIN 3 384/2 y NFD 36 712	UNE 60 715 DIN 3383
Definición	Tubo flexible de acero inoxidable corrugado (continuo). La UNE 60 713/2 con/sin armadura	(/1) Tubo flexible de acero espirometálico con funda de elastómero y con enchufe de seguridad. (/2) Tubo de acero inoxidable corrugado protegido por otros espirometálico y funda opcional
Aplicación	(/1) Conexión de aparatos fijos (/2) Conexión de contadores y de aparatos fijos y de adaptador de botellas domésticas Unión a IRG de botellas domésticas y aparatos móviles	Unión entre IRI fijas y aparatos móviles, desplazables o a motor. Obligatorio en calefacción puntual móvil (ver UNE 60 717) Unión directa entre botellas e IRG o aparatos móviles
Presión mx servicio	MPA	(/1): 37 mbar (/2): 0,4 bar
Características	Tubo corrugado, extensible o no. DN 6, 10, 12, 16, 20, 25, 32, 40, 50	UNE.../1: espirometálico con cordón y funda UNE.../2: Tubo corrugado y armadura espirometálica sin cordón
Conexiones	Mecánica, una, al menos giratoria con junta plana, la otra cilíndrica UNE 19 009-1	Mecánica, una cilíndrica al aparato y otra por enchufe de seguridad (*2)
Marcado	Fabricante (distintivo).UNE..., Longitud máx. para tubos extensibles. Fecha fabricación	Fabricante y/o marca registrada, UNE..., Denominación de tipo. Fecha fabricación. En pieza base: Fabricante, UNE... y tipo. Sentido flujo
Caducidad	No señalada	Espirometálico: larga duración
Instrucción de montaje		No pasar por zona caliente. Instrucciones de uso. Etiqueta: Cerrar los mandos del aparato antes de enchufar

(*1) Utilizable en la conexión de contadores y en la de aparatos fijos a la IRG.

(*2) Enchufe rápido por un extremo (a la IRG) y enlace roscado por el otro (al aparato). El enchufe, con/sin llave corte, interrumpe el paso del gas al desconectar el tubo.

Enchufe de seguridad: Conexión rápida a la IRG. La Pieza Base es un dispositivo de cierre o bloqueo que impide la desconexión del conector estando en posición abierto y abrir el paso de gas estando el conector desconectado. El Tubo flexible propiamente dicho consta de manguera (tubo espirometálico de 12 mm Di), una pieza de conexión a la Pieza Base y un manguito roscado para conectar al aparato (R1/2 UNE 19 009-1). La armadura metálica espirometálica y revestimiento o funda, opcional como protección de la armadura.

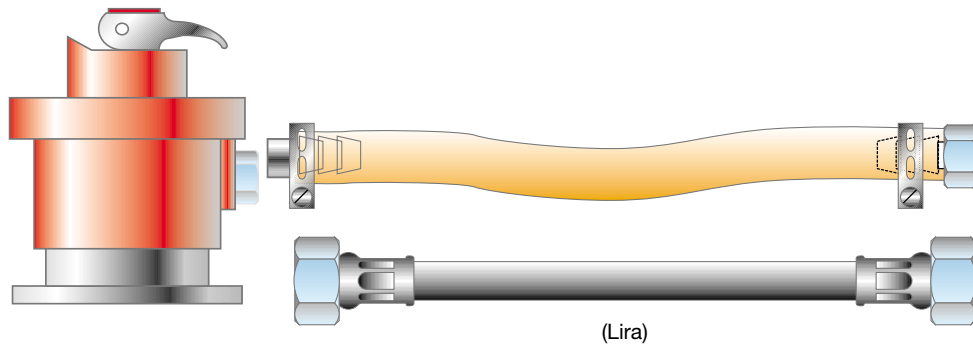


Figura 1.5.1.5a. Tubos flexibles no metálicos.

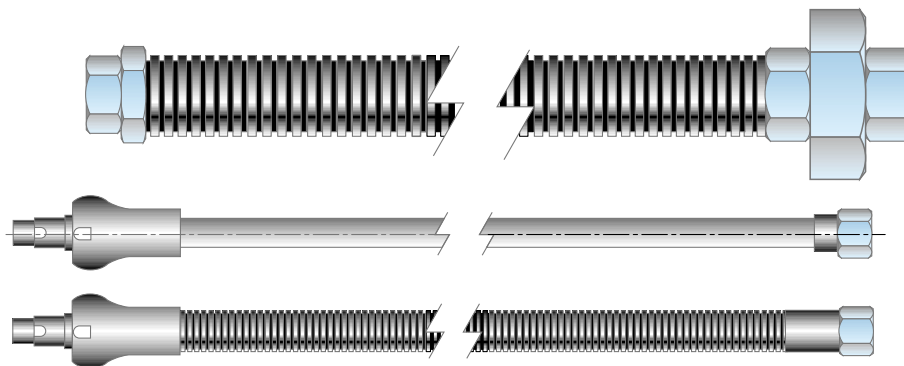


Figura 1.5.1.5b. Tubos flexibles metálicos.

T3: 1.5.1.6 Vainas, conductos y pasamuros

El material autorizado para estos elementos podrá ser de metal, plásticos rígidos o de obra.

T3: 1.5.1.7 Conjuntos de regulación y reguladores

Se definen por los rangos de presión a la entrada y a la salida (rango de entrada/rango de salida). Las normas UNE a cumplir se indican en la tabla siguiente:

REGULADORES PARA GAS CANALIZADO		
regulador MPB/MPA		UNE 60.404.
regulador MPB/BP		UNE 60.404.
regulador MPA/MPA	• caudal nominal superior a 4,8 m ³ (n)/h de aire (*)	filtro+ VISmín, si no la llevan las IRI
regulador MPA/BP		
regulador MPA/BP	• caudal nominal inferior o igual a 4,8 m ³ (n)/h de aire	UNE 60.402 + VISmín
(*) Para convertir un caudal de aire en caudal de propano, multiplicar por 0,808 (para butano, por 0,707)		

T3: 1.5.1.8 Válvulas de seguridad por mínima presión independientes

Estas válvulas deberán cumplir las normas UNE de la tabla siguiente:

VIS mín. independiente	caudal nominal \leq 4,8 m ³ (n)/h de aire (*)	UNE 60.403
	caudal nominal $>$ 4,8 m ³ (n)/h de aire	
(*) Para convertir un caudal de aire en caudal de propano, multiplicar por 0,808 (para butano, por 0,707)		

T3: 1.5.1.9 Contadores de gas

Los contadores son instrumentos destinados para medir la cantidad de gas suministrada a una instalación de gas del usuario, en volumen. Se utilizan normalmente en las instalaciones de gas canalizado para el reparto de los gastos originados por el consumo de gas. Están regulados por O.M. de 26/12/88 (UNE 60 510). Se designan por la letra G seguida del valor del caudal nominal (Q_n). A partir del Q_n se obtienen los valores máximo ($Q_{m\acute{a}x}$) y mínimo ($Q_{m\acute{i}n}$).

Los contadores y sus soportes deberán cumplir las siguientes normas UNE:

CONTADOR DE GAS	MÓDULOS CENTRALIZACIÓN	SOPORTES DE CONTADOR	FLEXIBLE
UNE 60 510	UNE 60 490	UNE 60 495	UNE 60 713

Tipos de contadores: volumétricos (de membrana y los de pistones rotativos) y los de velocidad (de turbina). En los modelos de membrana BK, la presión de trabajo es de 1 bar hasta B4, según fabricante y 0,5 bar para el resto, mientras que la de prueba alcanza 1,5 veces la presión de trabajo (ver información del fabricante).

La conexión de los contadores a la instalación puede hacerse con tubería rígida o con flexible metálica, en este caso, cumpliendo la norma UNE 60 713 (de acero inoxidable corrugado con conexiones roscadas) con una longitud máxima ($L_{m\acute{a}x}$) de 0,80 m.

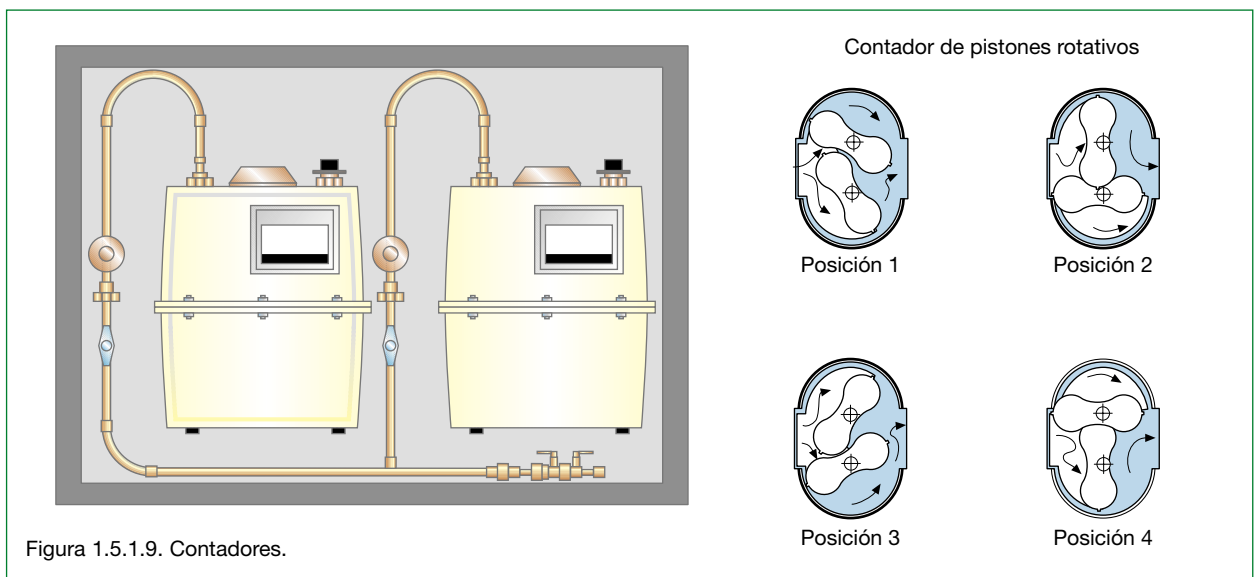


Figura 1.5.1.9. Contadores.

Los contadores se denominan por sus caudales nominal y máximo: Caudal nominal es el de mejor relación caudal/pérdida de carga. Caudal máximo es el mayor que puede circular a su través a la presión de servicio.

Los contadores han de poder medir un caudal igual o inferior al 5% del $Q_{m\acute{a}x}$. ($5\% = 1/20$). Se dice han de ser de "Dinámica" 20.

T3: 1.5.1.10 Llaves

Según tipo y tamaño, deberán cumplir las siguientes normas UNE:

DISPOSITIVOS DE CORTE			
Llaves de paso	hasta DN 50	UNE-EN 331	
	$100 \geq DN \geq 50$	UNE 60.708	
Obturador esférico	$DN \leq 50$	UNE-EN 331	clase $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ o superior
Dimensiones generales		UNE 60.718	
Obturador esférico, mariposa u otros	$DN \geq 100$	adecuadas	

Ver puntos T3: 2.8.1 y T3: 3.6.1.

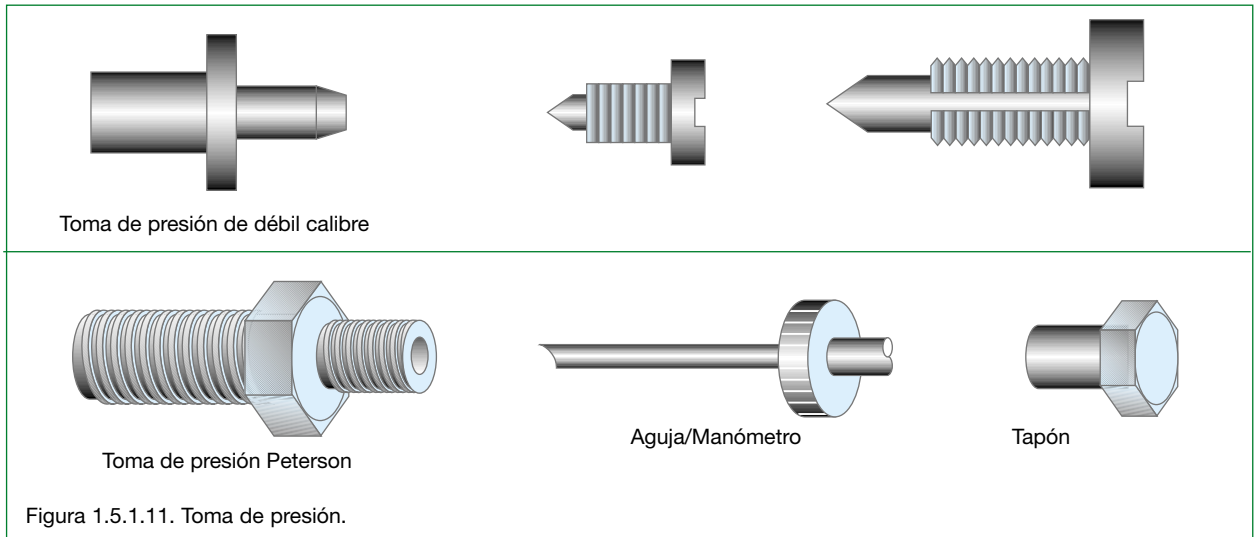
T3: 1.5.1.11 Tomas de presión

Las tomas de presión podrán ser del tipo “Peterson o similares”. Para $P_{m\max} \leq 150$ mbar podrán ser también de “débil calibre”.

Podrán estar incorporadas en algún elemento de la instalación (reguladores, contadores o dispositivos de corte).

Las tomas tipo Peterson se tratan de un cilindro hueco, uno de sus extremos es de “rosca Gas, macho, y el otro 1/8” cilíndrica macho. En su interior se encuentra una empaquetadura de elastómero. Este dispositivo se encuentra conectado al aparato o conducción de donde se quiere conocer la presión a la que se encuentra el gas.

Para la toma de presión se ha de clavar en el elastómero una aguja hueca que se encuentra conectada al manómetro. Al extraer la aguja después de la medición, la perforación en el elastómero se autocierra; no obstante, se ha de colocar el tapón por seguridad.



T3: 1.5.2 Uniones en las canalizaciones

Los sistemas de unión de los tubos entre sí y de éstos con los accesorios y elementos de las IRG podrán ser fijos (por soldeo) o desmontables (incluidas las roscadas), según los casos.

UNIONES AUTORIZADAS			
Uniones	Mecánicas	Bridas	
		Enlace junta plana	
		Metal-metal	Esfera-cono
		Rosca	Por compresión
		Por boquilla y abrazadera	Anillo cortante
	Fijas	Soldeo eléctrico	
		Soldeo oxi-acetilénico	
		Soldeo por capilaridad	
	Roscada	Cilíndrica con cinta	60722 y 60725 pasta o cinta de estanquidad
		Cónica NPT	Sólo conexión manómetros, etcétera. Sólo las imprescindibles.

T3: 1.5.2.1 Uniones fijas

Los sistemas de soldeo por calentamiento serán eléctricos (por resistencia o por arco) o por llama (propano, oxiacetileno, etc.). El soldeo fuerte o blando se aplicará según la categoría del tramo. Se seguirán las instrucciones del fabricante de los tubos, de los accesorios y del material de aportación.

TRAMOS			
En garajes o aparcamientos	En MPB y MPA	En BP	
		Locales usos domésticos	Locales usos colectivos o comerciales
			Para usos de cocción y/o preparación de alimentos o bebidas PNu.s. ≤ 30 kW
SOLDEO FUERTE		SOLDEO BLANDO	
PNus = Potencia nominal de utilización simultánea o potencia de cálculo (para ≤ 30 kW resulta grado de gasificación mínimo).			

Lectura de la tabla: Si la instalación se realiza en BP en un local de uso doméstico, se podrá utilizar soldeo blando (realizar soldadura blanda)

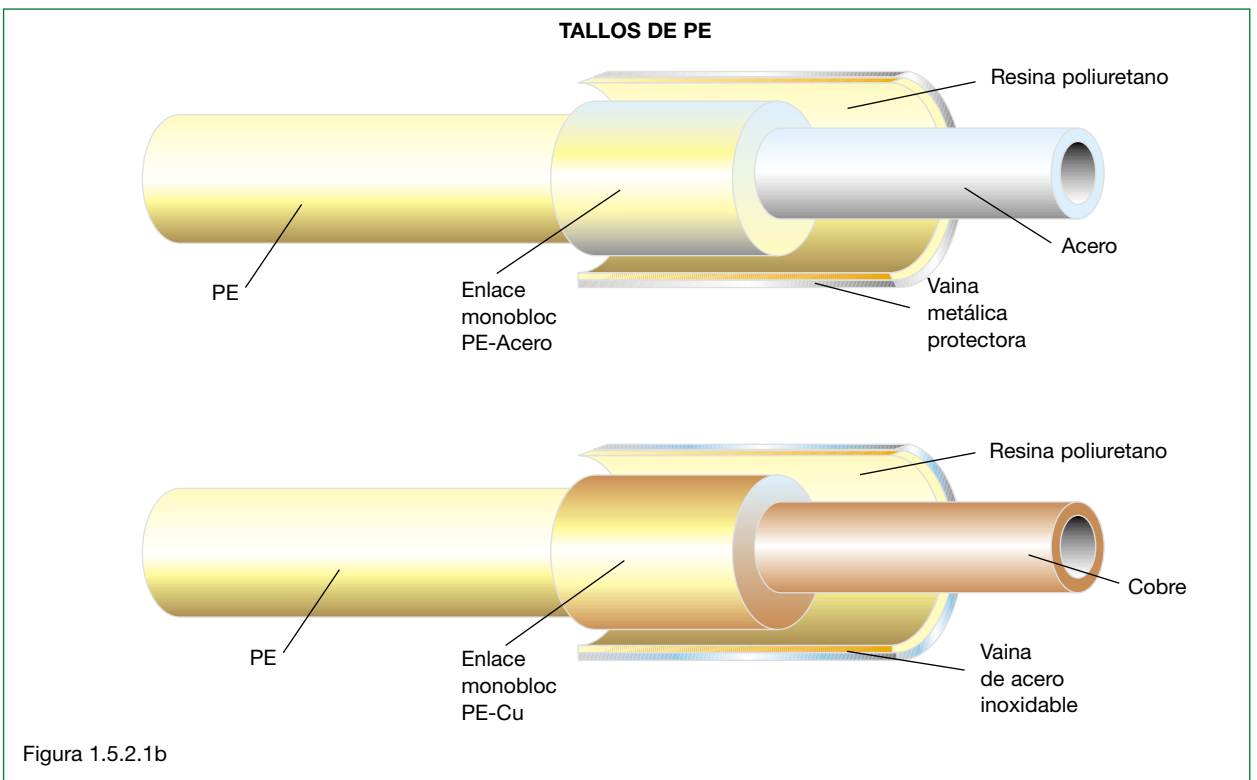
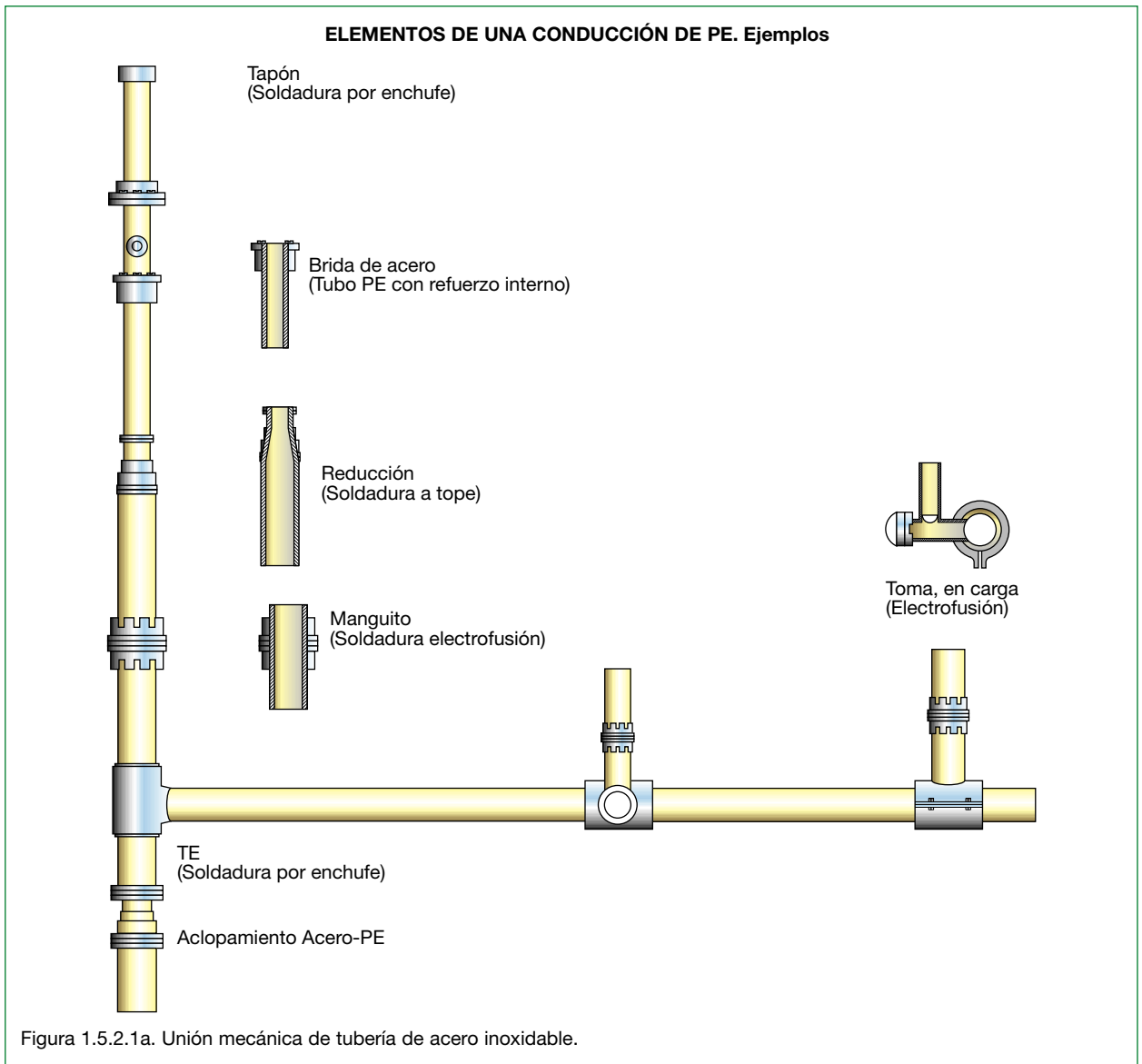
PROCEDIMIENTOS DE SOLDEO				
	PE	Cu O ALEACIÓN	ACERO	ACERO INOX.
PE	Soldeo electrofusión Soldeo a tope $\Phi \geq 110$	Accesorios de transición	Accesorios de transición	Accesorios de transición
Cu O ALEACIÓN		Soldeo por capilaridad (1)	Intercalando accesorio de aleación de Cu. Soldeo fuerte a tope (2).	Intercalando accesorio de aleación de Cu. Soldeo por capilaridad (1).
ACERO			Soldeo eléctrico al arco. Soldeo oxiacetilénica para DN 50 (2")	
ACERO INOX.				Soldeo por capilaridad. Soldeo a tope (1) también intercalando accesorio de aleación de Cu
(1) Soldeo fuerte (Punto de fusión $\geq 450^\circ \text{C}$), con suelda según UNE-EN-1045 Soldeo blando (Punto de fusión $\geq 255^\circ \text{C}$), con suelda según UNE-EN 29.454-1 No se permite el empleo de aleación de estaño-plomo (2) La unión acero-cobre o su aleación mediante soldeo fuerte a tope por bordón, con suelda de aleación de Cu y PF $\geq 850^\circ \text{C}$.				

Accesorios de unión por soldeo

Los accesorios pueden ser manguitos de unión, reducciones, derivaciones (tés), cambios de dirección (codos y curvas), etc.

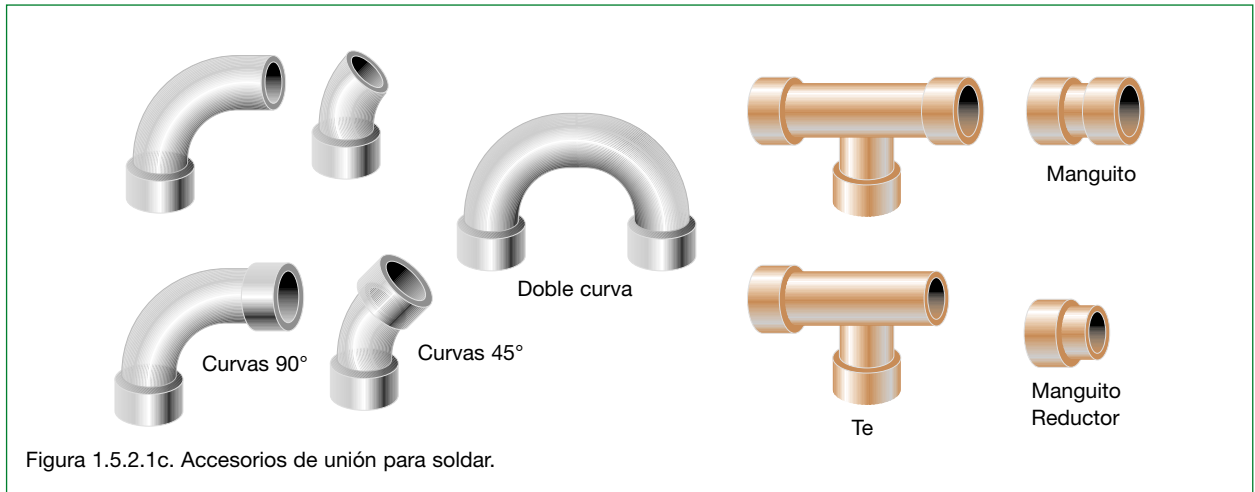
Accesorios de unión de polietileno: Los accesorios de polietileno utilizados serán de la misma calidad que los tubos. Existen accesorios de transición para conectar a la IRG metálica.

Tallos de polietileno: Utilizados para la transición entre tramos enterrados y los vistos de las IRG y para la conexión con la acometida. Pueden ser de polietileno-cobre o de polietileno-acero. Cumplirán la norma UNE 60.405. La junta de transición ha de ir recubierta por una vaina metálica rellena de resina de poliuretano para protegerlo de la humedad. En caso de ser cobre, una segunda vaina de acero inoxidable de unos 2 m de longitud para, además de dar protección mecánica al cobre, evitar la entrada de agua.



Accesorios de unión de cobre: Los accesorios para soldeo por capilaridad, serán de la misma calidad que los tubos. Las medidas y tolerancias cumplirán la norma UNE 60.719. Se fabrican bajo la especificación BS 864 Parte 2, (próximamente EN 1254, Partes 1 a 5).

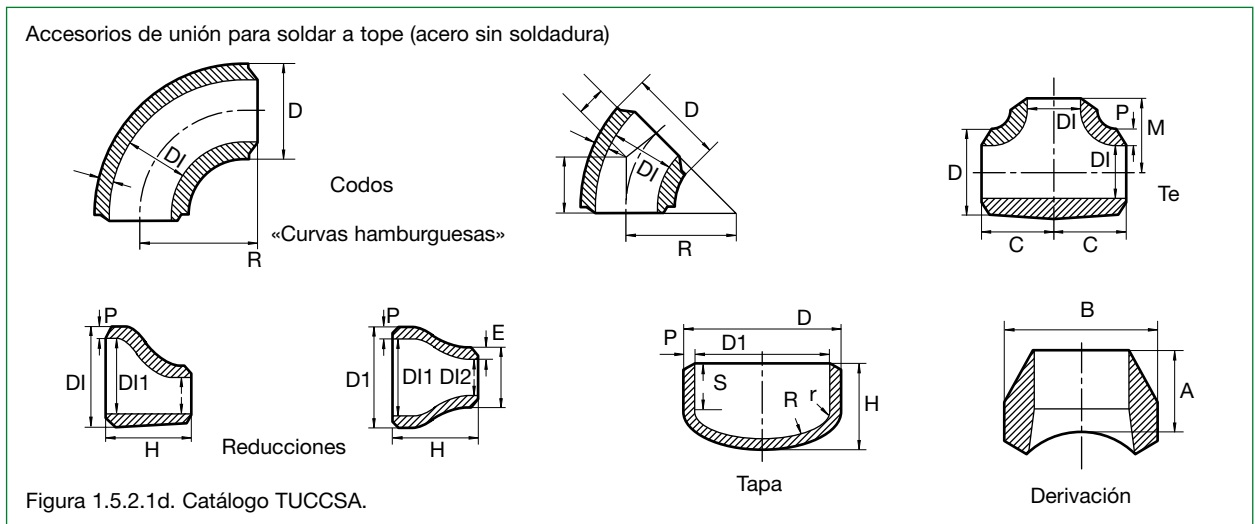
Accesorios de unión de aleación de cobre: Para la unión de tubos de cobre o tubos de acero inoxidable con tubo de cobre. Serán piezas mecanizadas según la norma UNE 37.103. Las medidas y tolerancias cumplirán la norma UNE 60.719. Se fabrican bajo la especificación BS 864 Parte 2, (próximamente EN 1254, Partes 1 a 5).



Accesorios de unión de acero: Los accesorios para soldeo, estarán fabricados en acero que cumpla la UNE-EN 10 241 (ver lo indicado en el punto 1.5.1.1 para el acero enterrado y en AP). UNE 19491.

Los modelos roscados son ANSI B 16.11 SWE (Screw end), cuya rosca es ANSI B 2.1 NPT. Los modelos para soldar a tope son ANSI B 16.9 (Butt Welding).

Los tipos de accesorios existentes son: Codos de 90° y 45°, Tés, Cruces, Manguitos, medios manguitos, tapones, Niples (manguito Macho-Macho), racores, reducciones (manguitos y niples), etcétera.



Accesorios de unión de acero inoxidable: Los accesorios para soldeo por capilaridad o a tope, serán de acero inoxidable de la misma calidad que los tubos.

El soldeo, fuerte o débil, ha de ser aportado. La solda debe ser de aleación específica para este tipo de material.

Los tipos de accesorios son similares a los ya descritos para el cobre.



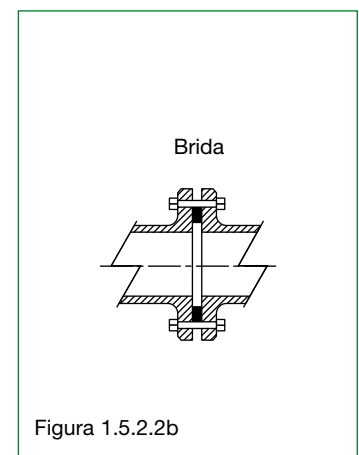
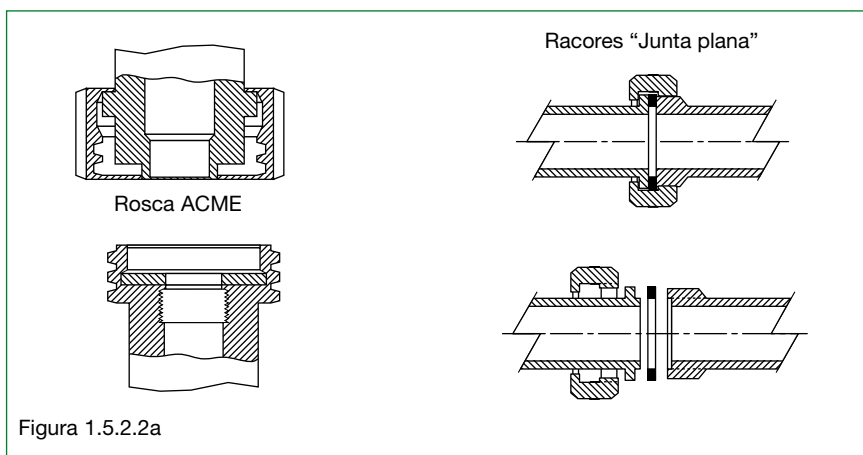
ESQUEMA DE UNIONES AUTORIZADAS				
	ACERO	COBRE O ALEACIÓN	ACERO INOXIDABLE	PE
ACERO \$	DN ≤ 50 mm: soldeo eléctrico y oxiacetilénico	Soldeo oxiacetilénico y por capilaridad. El acero inox. por capilaridad fuerte.		UNIÓN MECÁNICA MEDIANTE ACCESORIO TRANSICIÓN
COBRE O ALEACIÓN	Soldeo oxiacetilénico y por capilaridad fuerte	BP: Soldeo por capilaridad fuerte o blanda. MP: Soldeo por capilaridad fuerte. Prohibido la blanda con suelda Sn-Pb.		
PLOMO	INTERCALAR manguito de Cu ó Aleación.	Soldeo por capilaridad blanda, suelda Sn-Pb y Punto de fusión > 200 °C.		
ACERO INOX.			Soldeo por capilaridad fuerte o blanda, o a tope. Prohibido la blanda con suelda Sn-Pb.	
PE	UNIÓN MECÁNICA MEDIANTE ACCESORIO TRANSICIÓN			<ul style="list-style-type: none"> • soldeo autógeno • electrofusión • a tope • por enchufe

(\$) Para gas húmero y tubo galvanizado, eliminación de capa de Zinc o bien soldeo oxiacetilénico.

Material	SOLDEO			
	Eléctrico	Oxi-acetilénico	Por capilaridad	Por fusión
Acero	Sí	DN ≤ 50 mm	Calibrado fuerte	
Ac. Inoxidable		Sí	BP: blanda/fuerte	
Cobre	No, por espesor insuficiente		MP: sólo fuerte	
PE				Electrofusión

La unión entre tubos de acero y cobre se realiza con soldeo oxiacetilénico preferentemente, intercalando un manguito de aleación de cobre (ver punto 1.5.2.1e).

T3: 1.5.2.2 Uniones desmontables



Para asegurar la estanquidad entre cuerpos de válvulas se seguirán las recomendaciones del fabricante.

Las uniones desmontables podrán ser por junta plana, por bridas y las uniones metal-metal, incluidas las roscadas. Las normas UNE que se deberán cumplir en ellas se incluyen en la tabla de la página siguiente:

SISTEMAS AUTORIZADOS			
POR JUNTA PLANA	UNE 60 719	Junta elastómetro UNE 53 591 (o material adecuado) (5)	(1)
POR BRIDAS	UNE 19 152, UNE 19 153, UNE 19 282 y UNE 19 283	Junta elastómero UNE 53 591 (o material adecuado) (5)	(2)
METAL-METAL: Esfera- cono por compresión, de anillos cortantes o similar			no podrán estar sujetas a movimiento (3)
ROSCADAS	UNE 19 500 Roscas UNE 19 009 Accesorios fundición maleable UNE-EN 10 242	Cinta/Pasta: UNE-EN 751 (antes: UNE 60 725 y UNE 60 722)	(4)

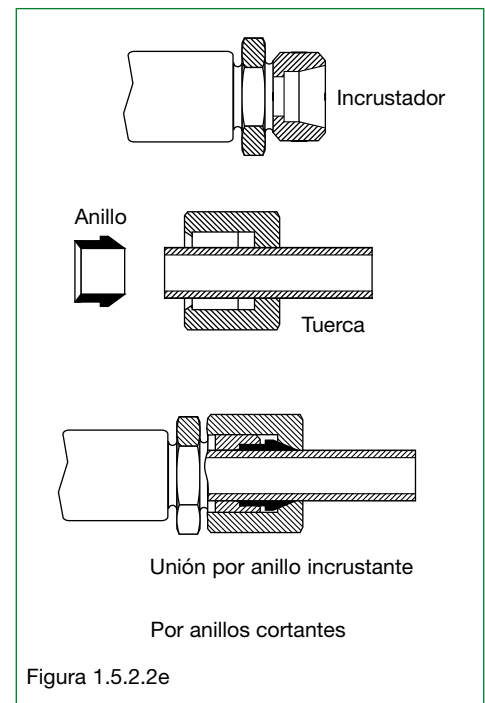
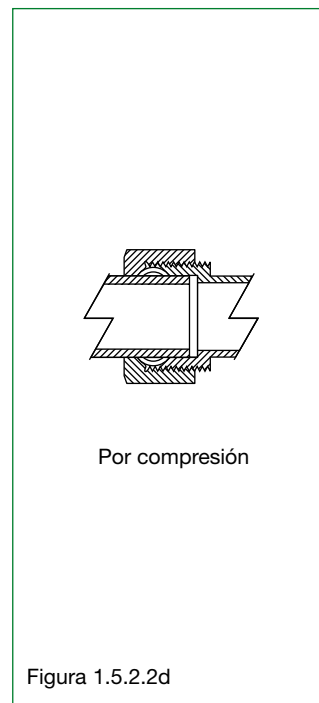
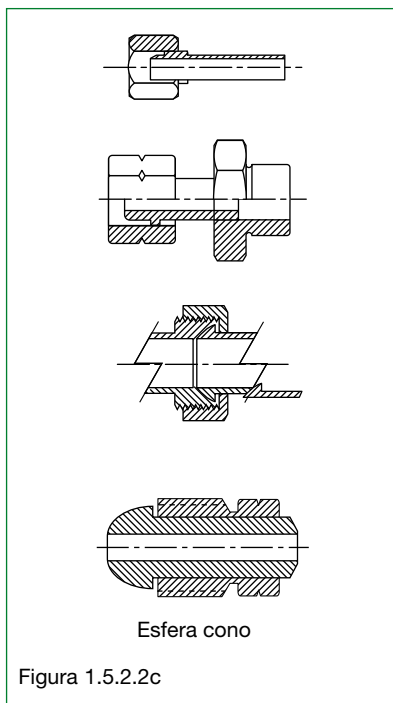
(1) Para la conexión de los accesorios desmontables (dispositivos de corte, contadores, reguladores, válvulas de seguridad por mínima presión, etc.)
Para la conexión rígidas de aparatos a gas fijos.
Para la unión flexibles de recipientes de GLP y de aparatos móviles.

(2) Para la conexión de accesorios desmontables pertenecientes a la instalación receptora (dispositivos de corte, contadores, líneas de regulación, etc.),
Para la conexión rígida de aparatos y quemadores a gas fijos.

(3) Para la conexión en conjuntos de regulación
Para la conexión de accesorios en baja presión. Se incluye la conexión "pol".

(4) Para la unión de elementos desmontables (tomas de presión, manómetros, etc.).
Prohibido para unir tubos entre sí.

(5) Las juntas de caucho sintético tipo BUNA

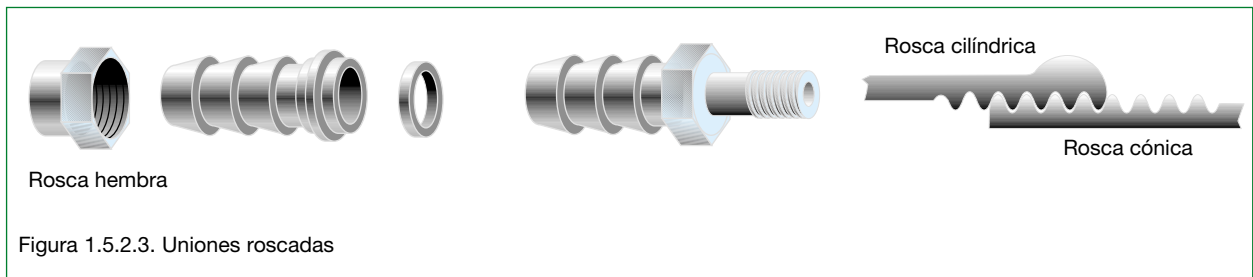


Materiales de estanquidad: Respecto a los materiales utilizados para obtener la estanquidad en las uniones desmontables, veamos el comportamiento de algunos de ellos con los GLP

Hidrocarburo	CAUCHO			BUNA		NEOPRENO	HYPALÓN	NITRILO	VITÓN
	Natural	Butilo	Silicona	S	N				
Propano	D	D	C	C	A	B	B	A	A
Butano	D	D	C	C	A	B	B	A	A
Butadieno 1,3	D	C	---	C	A	B	B	D	B
Propileno	D	D	C	D	A	B	B	---	---
Comportamiento	A = Bueno		B = Medio	C = Malo		D = No recomendado / a ensayar			

T3: 1.5.2.3 Uniones roscadas

Se utilizarán accesorios (manguitos, reducciones, té, codos, curvas, etc.) de fundición maleable, cumpliendo la UNE-EN 10 242. La rosca será cónica según UNE 19 009 (DIN2 999-ISO 7/1).

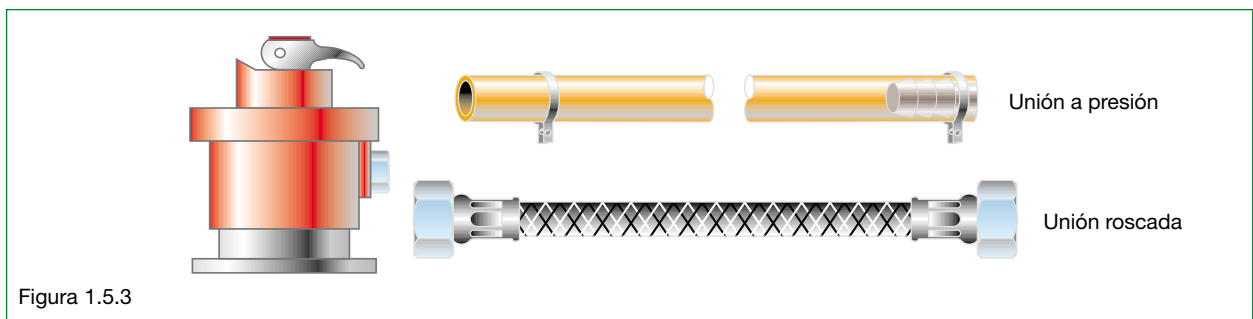


Para asegurar la estanquidad de las uniones roscadas se aplicará compuesto anaeróbico ⁽¹⁾, compuesto no endurecible o cinta de PTPE ⁽²⁾ conocido como Teflón, según norma UNE-EN 751 (partes 1, 2 y 3, respectivamente).

Las cintas se aplicarán varias capas superpuestas, en sentido contrario al de la rosca.

El exceso en la aplicación de cinta es perjudicial para la estanquidad.

T3: 1.5.3 Unión metal-tubo flexible



Los diferentes tubos flexibles utilizados en las instalaciones de GLP fueron vistos en el punto 1.5.1.5.

Las aplicaciones de los tubos se indican en el siguiente cuadro:

SELECCIÓN DEL TUBO FLEXIBLE EN FUNCIÓN DEL TIPO DE TRAMO Y DE LA PRESIÓN DE SERVICIO				
		Presión servicio: BP + MPA		Presión servicio: MPB + AP
Flexible elastómero	Conexión botellas	UNE 53 539		UNE 60 712/3 (lira)
	Tramo aparato (3)	UNE 53 539		UNE 60 712/3 (lira)
Flexible metálico	Conexión botellas	(1)		
	IRG (contadores)	UNE 60 713 Corrugado		
	Tramo de aparato	Espirometálico UNE 60 715 (versión CFS)	Corrugado UNE 60 715 UNE 60 713 (2)	

(1) Si el regulador de la botella doméstica tuviera conexión roscada en vez de boquilla, se podrían utilizar los tubos flexibles metálicos.
 (2) Solo para aparatos fijos.
 (3) Solo aparatos móviles, desplazables o sujetos a vibración.
 (CFS) Conexión flexible de seguridad. Al desconectar el tubo se cierra el paso del gas.
 UNE 53539. Longitud max. 80 cm.. Conexión al regulador de la botella doméstica y a aparatos móviles ($\phi = 9$ mm).
 UNE 60712. Conexión de botellas industriales y aparatos móviles de uso colectivo, comercial o artesanal.
 UNE 60713. Conexión de contadores (pendiente utilización para aparatos fijos).
 UNE 60 715. Conexión de aparatos móviles, desplazables o sujetos a vibración.
 UNE 60 717. Tubo flexible metálico para sustituir al de elastómero para GLP.

(1) Compuestos anaeróbicos: Líquidos sellantes adhesivos que solidifican cuando quedan encerrados sin aire entre las dos piezas que se desean unir o sellar.

(2) PTPE = Politetrafluoroetileno.

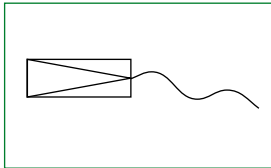
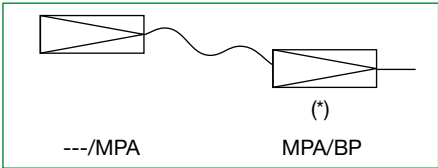
Las uniones entre dichos tubos y la conducción rígida, aparatos y botellas de GLP se pueden realizar mediante los sistemas siguientes:

TUBOS FLEXIBLE. CUADRO GENERAL DE APLICACIONES DE LOS TUBOS					
Aparatos.. ..	Tubo rígido	UNE 53 539	UNE 60 712	UNE 60 713	UNE 60 715
Cocción fijo o encastrado	Si	No	No	Si (*)	No
Cocción móvil, desplazable	No	Si	Si	Si	Si
Calentador de agua	Si	No	No	Si (*)	No
Calderas de calefacción	Si	No	No	Si (*)	No
Estufas fijas	Si	No	No	Si (*)	No
Radiadores murales	Si	No	No	Si (*)	No
Aparatos a motor	No	Sí	Sí	Si (*)	Sí
Generadores de aire caliente	Si	No	No	Si (*)	No
Estufas móviles GLP	No	Si	No	No	No
Estufas infrarrojos (fijas)	Si	No		Si (*)	No
Lavadoras y secadoras fijas	Si	No	No	Si (*)	No
Lavadoras y secadoras móviles o a motor	No	Si	Si		Si
Refrigeradores por absorción	No	Si	Si	Si (*)	Si
Refrigeradores por absorción desplazables	No	Si		No	Si

El tubo UNE 60 712 no se contempla concretamente en el RIGLO.
Pendiente de aprobación.

Cada equipo lleva sus juntas específicas que no deben ser reemplazadas por otras diferentes.

T3: 1.5.3.1 Conexión de botellas de GLP a la IRG

ACOPLAMIENTO DE BOTELLAS DOMÉSTICAS	
— / BP	— / MPA
 <p>UNE 53 539</p>	 <p>UNE 53 539</p>
<p>(*) Un solo regulador o cada aparato con su regulador.</p> <p>Figura 1.5.3.1</p>	

Se realizará mediante tubería flexible, pudiendo ser de elastómero o metálicas. Las primeras tendrán una longitud máxima de 0,80 m y las segundas 1 m.

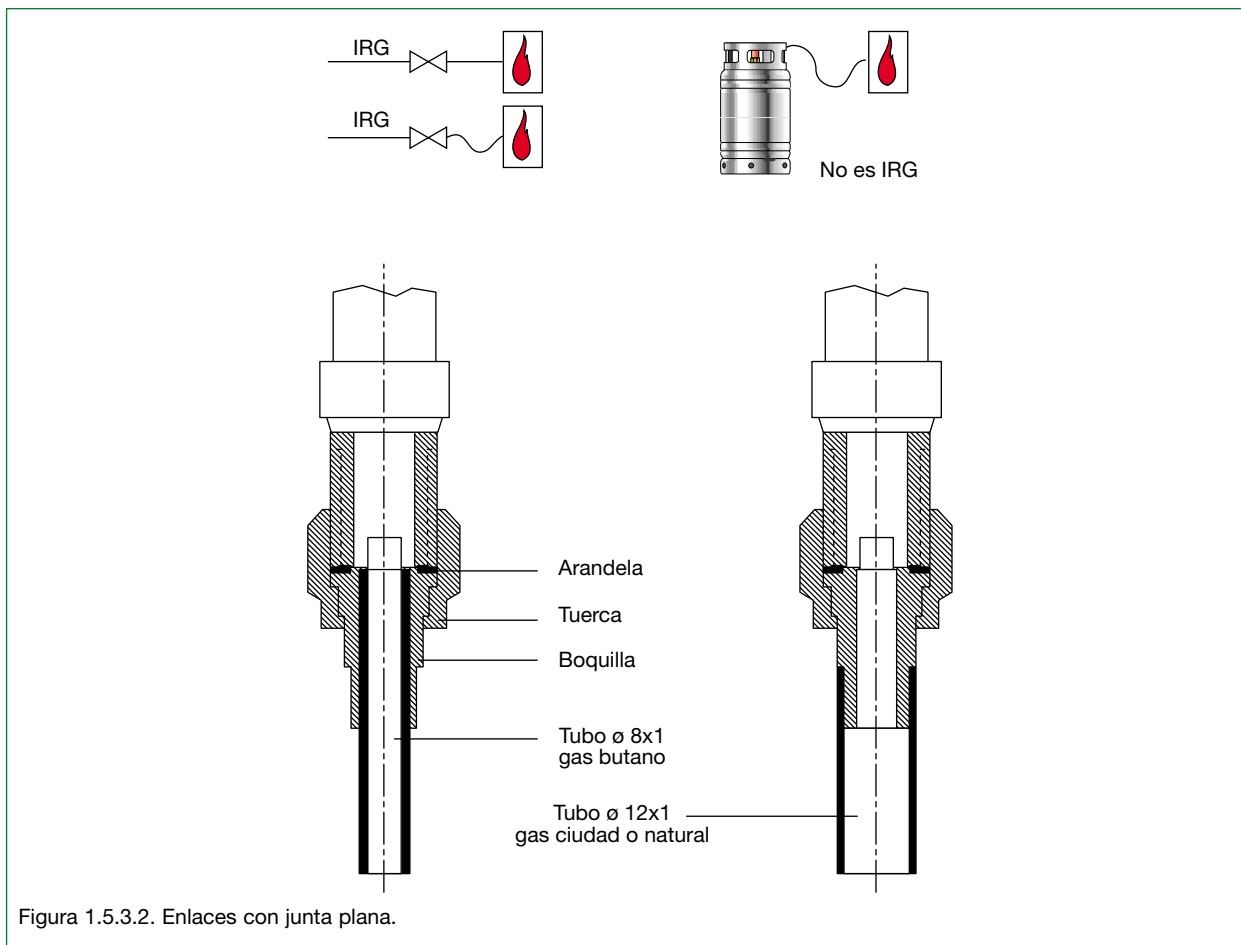
Hay que distinguir dos casos: Que la conexión se realice de forma directa (presión directa) o a través de un regulador (presión reducida).

- Las conexiones de las botellas domésticas a las que se le acopla el adaptador-regulador de 30 ó 50 mbar, utilizarán la tubería de elastómero sujeta mediante abrazaderas metálicas a través de boquilla UNE 60 714. En el caso de que estos adaptadores tuvieran conexión roscada, se podrían utilizar las tuberías flexibles metálicas según UNE 60 715.
- Las conexiones de las botellas domésticas a las que se le acopla el adaptador ajustable, utilizarán las tuberías flexibles previstas para las botellas industriales.
- Las conexiones de las botellas industriales utilizarán las tuberías de elastómero reforzada (UNE 60 712) y se espera que se autorice la metálica flexible UNE 60 713).

T3: 1.5.3.2 Conexión de aparatos a la IRG o a una botella de GLP

Se realizará mediante conexión rígida o flexible, en este caso, cumpliendo las normas UNE 60 612, UNE 60 613 y UNE 60 615, según los casos.

El tipo de conexión dependerá del tipo de aparato. Las normas UNE que han de cumplir las conexiones y la longitud máxima del tubo flexible necesario, se incluyen en la tabla siguiente:



Ver en el punto 1.5.1.5 Tubos flexibles, la descripción del tubo ondulado UNE 60 717.

CONEXIÓN DE APARATOS A LA IRG O A UNA BOTELLA DE GLP					
Tipo de conexión		Tipo de aparato			Long max
		Fijo	Móvil	Mecheros	
Rígida Las uniones mecánicas según UNE 60 719		Sí	No	No	—
Flexible <i>inoxidable</i> Para MPA (*2)	Según UNE 60 713 / 1	Sí	No	No	≤ 2m
	Según UNE 60 713 / 2	Sí	No	No	
Flexible <i>inoxidable espirometálica</i> con enchufe de seguridad (según UNE 60 715 / 1)		No	Sí	Sí	≤ 1,5 m. Caso de estufas ≤ 0,6 m
Flexible <i>inoxidable</i> con enchufe de seguridad (según UNE 60 715 / 2)		No	Sí (sólo aparatos cocción)	Sí	
Flexible <i>elastómetro</i> con armadura (lira) (según UNE 60 712)		No	Sólo aparatos de uso colectivo o comercial y botellas GLP a presión directa	Sí	
Flexible <i>elastómetro</i> BP (según UNE 53 539). Boquillas UNE 60 714 y abrazaderas metálicas		No	Sólo aparatos conectados desde botellas de GLP	Sí	
Flexible <i>inoxidable ondulada</i> (según UNE 60 717)		Sólo aparatos conectados desde botellas domésticas de GLP		No	≤ 1,5
(*1) Incluye los sopletes.					
(*2) La norma UNE 60 713 solo es admitida para conexiones de contadores y se espera su aprobación para conexión de aparatos fijos.					

T3: 1.5.4 Materiales para pruebas

Para la realización de las pruebas de resistencia mecánica (timbrado) y otras se requieren unos materiales y herramientas básicas.

Bombines hidráulicos. Los bombines hidráulicos se utilizan para proporcionar la presión necesaria para la prueba. Pueden ser manuales o accionados mediante motobombas eléctricas.

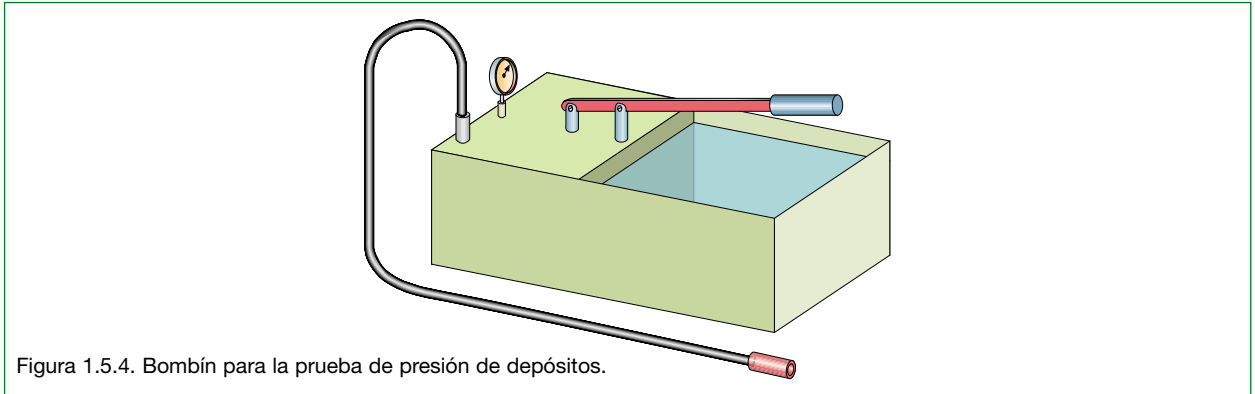


Figura 1.5.4. Bombín para la prueba de presión de depósitos.

Nitrógeno. Gas inerte utilizado para el inertizado, los ensayos de estanquidad, etc. Suele ser servido en botellas grandes, equivalentes a 7 m³ a presión atmosférica, o pequeñas, equivalentes a 2 m³ a presión atmosférica, en ambos casos el nitrógeno se encuentra a muy alta presión, por lo que se tomarán las debidas precauciones.

Indicadores. Para detectar las eventuales fugas de gas en depósito y conducciones se usan indicadores, el más habitual es agua espumante para que la fuga provoque burbujas. También se usan aerosoles, detectores de gas o papeles indicadores que cambian de color ante la presencia de gas.

T3: 1.5.5 Herramientas

Las herramientas específicas recomendadas para ser usadas en instalaciones son las siguientes:

De apriete. Se usarán llaves fijas de tubo y vaso para la valvulería o llaves específicas suministradas por el fabricante, en caso de necesidad se usarán llaves ajustables tales como las llaves inglesas.

Para tubos se usarán llaves de cadena y grifas.

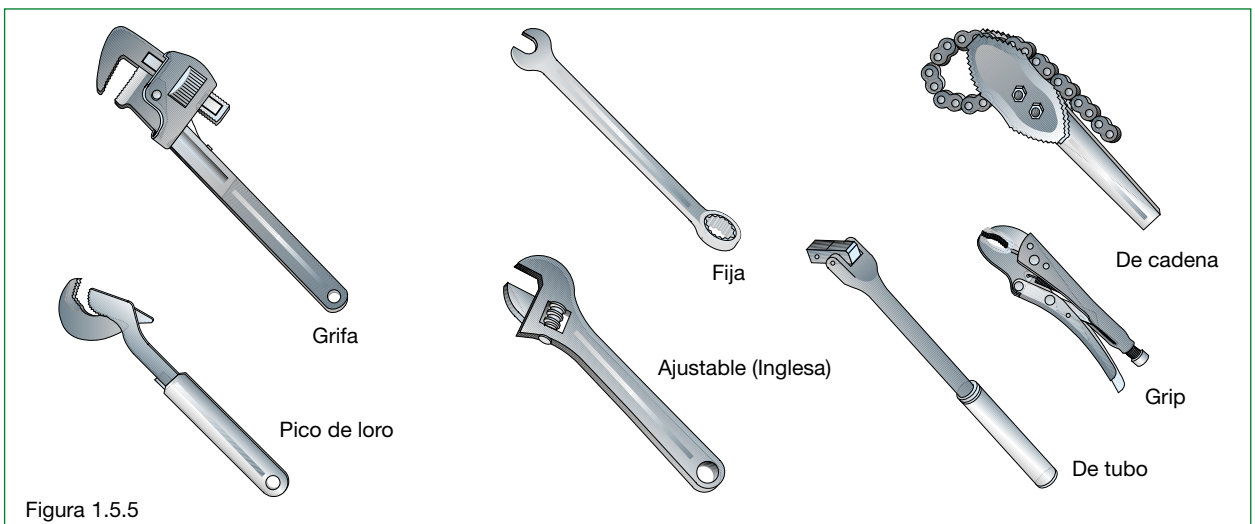


Figura 1.5.5

¡Nunca se debe usar llaves grifas para apretar tuercas! Estas llaves solo son para tubos de acero

Limpieza de roscas. Para mantener las roscas en perfecto estado se usarán machos de roscar específicos para la rosca que se vaya a repasar y cepillo metálico.

Mazos. Por razones de seguridad y siempre que haya gas almacenado, se usarán únicamente martillos antideflagrantes o antichispa, esto es, martillos de cabeza de bronce o plástico, nunca cabeza de acero.

Por seguridad Usar martillos de cabeza de bronce o plástico

T3: 1.5.6 Relación de norma UNE

La relación ha sido ampliada respecto a la incluida en la UNE 60 670. Las originales se encuentran en negrita.

UNE 19 009	Roscas para tubos en uniones con estanquidad en las juntas. Medidas y tolerancias.	Roscas
UNE 19 040	Tubos roscables de acero de uso general. Medidas y masas. Serie normal.	Tubos
UNE 19 045	Tubos soldados roscables. Tolerancias y características.	
UNE 19 046	Tubos sin soldadura roscables. Tolerancias y características.	
UNE 19 049	Tubos de acero inoxidable para instalaciones interiores de agua fría y caliente.	
UNE 19 152	Bridas. Medidas de acoplamiento para presiones nominales 1 a 6. Presiones de trabajo I-1 a 1-6, 11-1 a 11-5.	Bridas
UNE 19 153	Bridas. Medidas de acoplamiento para presiones nominales 10 a 16. Presiones de trabajo I-10 a I-16, II-8 a II-13 y III-13.	
UNE 19 282	Bridas sueltas con anillo. Para presión nominal 6. Presiones de trabajo I-6 y II-5.	
UNE 19 283	Bridas sueltas con anillo. Para presión nominal 10. Presiones de trabajo I-10 y II-8.	
UNE 19 500	Unión roscada para instalaciones de gas. Materiales y características.	
UNE 23 727	Ensayos de reacción al fuego de los materiales de construcción. Clasificación de los materiales utilizados en la construcción.	Fuego
UNE 36 864	Tubos de acero, soldados longitudinalmente, para redes de distribución e IRG de combustibles gaseosos, utilizados a presiones no superiores a 4 bar (media presión).	
UNE 37 103	Aleaciones de cobre para forja. Designación y composición.	Cobre
UNE 53 333	Plásticos. Tubos de polietileno de media y alta densidad para canalizaciones enterradas de distribución de combustibles gaseosos. Características y métodos de ensayo.	Plásticos
UNE 53 539	Elastómeros. Tubos flexibles no metálicos para conexiones a instalaciones y aparatos que utilicen combustibles gaseosos de la 1ª, 2ª y 3ª familia. Características y métodos de ensayo.	
UNE 53 591	Elastómeros. Materiales para juntas anulares de goma usadas en tuberías y accesorios para suministro de combustibles gaseosos de la 1ª y 2ª familias. Características y métodos de ensayo.	
UNE 60 002	Clasificación de los combustibles gaseosos en familias.	Gases
UNE 60 402	Regulador MPA/BP con válvula de seguridad incorporada de disparo por mínima presión para instalaciones receptoras de gases combustibles con caudal equivalente hasta 4,8 m ³ (n)/h de aire.	Regulador
UNE 60 403	Válvula de seguridad de interrupción por mínima presión para IRG combustibles con caudal equivalente hasta 4,8 m ³ (n)/h de aire.	VISmin
UNE 60 404	Conjuntos de regulación de presión para consumos domésticos, colectivos y comerciales con presión de entrada en media presión B.	Regulación
UNE 60 405	Tallos de polietileno para IRG con presión de servicio hasta 4 bar.	Tallos
UNE 60 406	Deflectores para conductos de evacuación de los PDC de aparatos que utilizan combustibles gaseosos.	Deflectores
UNE 60 490	Centralización de contadores G-4 y G-6 mediante módulos prefabricados.	Contadores
UNE 60 495	Soportes para contadores domésticos de membrana para combustibles gaseosos.	
UNE 60 510	Contadores de volumen de gas.	
UNE 60 601	Instalación de calderas a gas para calefacción y/o agua caliente de potencia útil superior a 70 kW.	Calderas
UNE 60 708	Llaves metálicas de obturador esférico y de macho cónico, accionadas manualmente, para IRG que utilizan combustibles gaseosos a presiones de servicio hasta 0,5 MPa (5 bar), de diámetro mayor de 50 mm y no superior a 100 mm.	Llaves
UNE 60 712	Tubos flexibles no metálicos, con armadura y conexión mecánica para unión de recipientes de GLP a IRG o para aparatos que utilizan combustibles gaseosos. Partes 1, 2 y 3.	Liras
UNE 60 713	Tubos flexibles de acero inoxidable con conexiones para conducción de combustibles gaseosos a media presión A (0,4 bar) de longitud máxima 2 m. Partes 1 y 2.	Flexibles inoxidables
UNE 60 714	Boquillas torneadas para la conexión de tubos flexibles destinados a conducir combustibles gaseosos a baja presión de la 1ª, 2ª y 3ª familias.	Boquillas
UNE 60 715	Tubos flexibles metálicos para unión de instalaciones de gas a aparatos que utilizan gas como combustible. Conjuntos de conexión flexible con enchufe de seguridad y rosca para unión a IRG de aparatos que utilizan gas como combustible. Partes 1 y 2.	Flexibles metálicos
UNE 60 717	Tubos flexibles metálicos ondulados de conexionado externo de aparatos de uso doméstico que utilizan propano y butano distribuido por recipientes.	

UNE 60 718	Llaves metálicas de obturador esférico y de macho cónico, accionadas manualmente para IRG que utilizan combustibles gaseosos a presiones de servicio hasta 0,5 MPa (5 bar). Características dimensionales y de bloqueo.	Llaves
UNE 60 719	Accesorios para llaves metálicas accionadas manualmente para IRG que utilizan combustibles gaseosos a presiones de servicio hasta 0,5 MPa (5 bar).	
UNE 60 765	Dispositivos de ayuda a la evacuación de los PDC acoplados a calderas y calentadores de circuito abierto, de tiro natural, destinados a ser conectados a un conducto de evacuación de los PDC, que utilizan combustibles gaseosos, cuyo gasto calorífico nominal es inferior o igual a 70 kW.	Evacuación
UNE-CR 1749	Esquema europeo para la clasificación de los aparatos que usan combustibles gaseosos según la forma de evacuación de los PDC (tipos).	Aparatos
UNE-EN 331	Llaves de obturador esférico y de macho cónico, accionadas manualmente, para instalaciones de gas en edificios.	Aparatos
UNE-EN 437	Gases de ensayo. Presiones de ensayo. Categorías de los aparatos.	Gases
UNE-EN 751	Materiales sellantes para juntas roscadas metálicas en contacto con gases de la 1ª, 2ª y 3ª familias y con agua caliente. Parte 1 Compuestos sellantes anaerobios. Parte 2 Compuestos sellantes no endurecibles. Parte 3 Cintas de PTFE no sinterizadas.	Sellantes
UNE-EN 1045	Soldeo fuerte. Fundentes para soldeo fuerte. Clasificación y condiciones técnicas de suministro.	
UNE-EN 1057	Cobre y aleaciones de cobre. Tubos redondos de cobre sin soldadura, para agua y gas en aplicaciones sanitarias y de calefacción.	Cobre
UNE-EN 1775	Suministro de gas. Red de conducciones de gas para edificios. Presión máxima de servicio inferior o igual a 5 bar. Recomendaciones funcionales.	
UNE-EN 1982	Cobre y aleaciones de cobre. Lingotes y piezas fundidas.	
UNE-EN 10 242	Accesorios roscados de fundición maleable para tuberías.	
UNE-EN 12 165	Cobre y aleaciones de cobre. Productos y semiproductos para forja.	
UNE-EN 29454-1	Fundentes para soldeo blando. Clasificación y requisitos. Parte 1: Clasificación, etiquetado y envasado.	
UNE-EN 50 194	Aparatos eléctricos para la detección de gases combustibles en locales domésticos.	Aparatos eléctricos
UNE-EN 50 244	Aparatos eléctricos para la detección de gases combustibles en locales domésticos. Guía para la selección, instalación, uso y mantenimiento.	
PrEN 12 864	Reguladores de reglaje fijo para presiones de salida inferiores o iguales a 200 mbar, de caudal inferior o igual a 4 kg/h incluidos los dispositivos de seguridad incorporados en ellos, destinados a utilizar butano, propano o sus mezclas.	
UNE-EN 60079/10	Material eléctrico para atmósferas de gas explosivas. Clasificación de emplazamientos peligrosos.	Material eléctrico
UNE-EN-ISO 10 564	Materiales para soldeo blando y fuerte: Métodos de muestreo para el análisis de los materiales de aportación para soldeo blando.	Soldeo
Directiva Europea 90/396/CEE y 93/68/CE		Aparatos a gas (RD 1428/92 y RD 276/95)
Directiva Europea 92/42		Calderas (RD 275/95)
Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión MIE-BT-026 y 27?		(RD 2413/73 y RD 2295/85)
Reglamento de Redes y Acometidas de Combustibles Gaseosos		(OM 18/11/74,.. 26/10/83,... 06/07/84 y 9/03/94)
EN 1173		
EN-1254		
UNE-EN10 241		
UNE 60 302/74	Canalizaciones para combustibles gaseosos. Emplazamiento.	
UNE 60 305/83	Canalizaciones de acero para combustibles gaseosos. Zonas de seguridad y coeficientes de cálculo según emplazamiento.	
UNE 60 309/83	Canalizaciones para combustibles gaseosos. Espesores mínimos para tuberías de acero.	

TABLA CON LAS PRINCIPALES CAPITALES, ZONAS CLIMÁTICAS DONDE SE ENCUENTRAN, GRADOS-DÍA ANUALES Y SU TEMPERATURA DE CÁLCULO											
Localidad	Zona	GD	Tc	Localidad	Zona	GD	Tc	Localidad	Zona	GD	Tc
Albacete	D	1377,4 *	-7	Granada	C	1041,8 *	-2	Pontevedra	C	695	0
Alicante	A	451	-1	Guadalajara	D	1448	-4	Las Palmas	A	2 *	15
Almería	A	319	5	Huelva	B	349	1	Salamanca	D	1785	-7
Avila	E	2 237	-6	Huesca	D	1350,1*	-5	San Sebastián	C	913,1 *	-1
A Coruña	C	863	2	Jaén	C	810	0	Santander	B	923	2
Badajoz	B	767,2*	-1	León	E	2090	-6	Segovia	E	1931	-6
Barcelona	B	655,7 *	2	Lleida	C	1269	-5	Sevilla	B	438,4 *	
Bilbao	C	819,9 *	0	Logroño	D	1404,4 *	-3	Soria	E	2 152	-7
Burgos	E	2 023	-6	Lugo	D	1760	-2	Tarragona	B	739	1
Cáceres	C	991	-1	Madrid	D	1341	-3	Teruel	E	1892	-8
Cádiz	A	292	2	Málaga	A	394	13	Toledo	C	1252	-4
Castellón	B	523	4	Murcia	B	432,5 *	-1	Tenerife	A	-6	15
Ceuta	A	604		Melilla	A	229		Valencia	B	741	0
Ciudad Real	D	1511	-4	Orense	C	967,4*	-3	Valladolid	D	1811	-5
Córdoba	B	662,7 *	-1	Oviedo	C	1200,3 *	-2	Vigo	C	719	2
Cuenca	E	1825	-7	Palencia	D	1810	-6	Vitoria	D	1599,6 *	-4
Girona	C	1119	-3	P. de Mallorca	B	527,4 *	4	Zamora	D	1701	-6
Gijón	C	863	1	Pamplona	D	1603	-5	Zaragoza	C	1150,7 *	-3

GD = Grados-día anuales
Tc = Temperatura de cálculo (mínima media de la localidad)

Ejemplo de lectura: Huelva se encuentra en la zona climática B, los grados-día anuales son 349 y tiene una temperatura de cálculo de 1° C.

Necesidades energéticas anuales para el servicio de calefacción para un bloque de viviendas. Coeficientes zonales: Para el cálculo de las necesidades energéticas anuales del servicio de calefacción, se emplea la fórmula siguiente:

$$C_{ALEF} = 0,043 \times S \times Ft \times \Delta t$$

siendo:

S = Superficie de la vivienda.

Ft = Factor tipo dependiente de la categoría y construcción de la vivienda.

Δt = Salto térmico para el día más frío, diferencia de temperatura entre 15° C y la de cálculo (exterior mínima media) de la localidad.

Factor tipo: En el cálculo de calefacción, se ha de considerar el factor tipo (Ft), dependiente de la categoría y construcción de la vivienda. Se distingue dos tipos de viviendas, por su construcción: la situada en bloque y la que se encuentra aislada. La categoría puede ser reducida, normal o de lujo.

TIPO DE CONSTRUCCIÓN	REDUCIDA	CATEGORIA NORMAL	LUJO
En bloque	0,8	1,0	1,4
Aislada	1,00	1,25	2,25

El volumen del depósito está ligado a la autonomía y al caudal másico diario por la siguiente relación:

$$0,65 \times V \times \rho = A \times C_{dm}$$

siendo ρ la masa en volumen del propano en fase líquida (506 kg/m³), al sustituir:

$$V = \frac{A \times C_{dm}}{328,9}$$

T3: 1.6.1 Ejemplo 1: Cálculo de instalación de GLP a granel

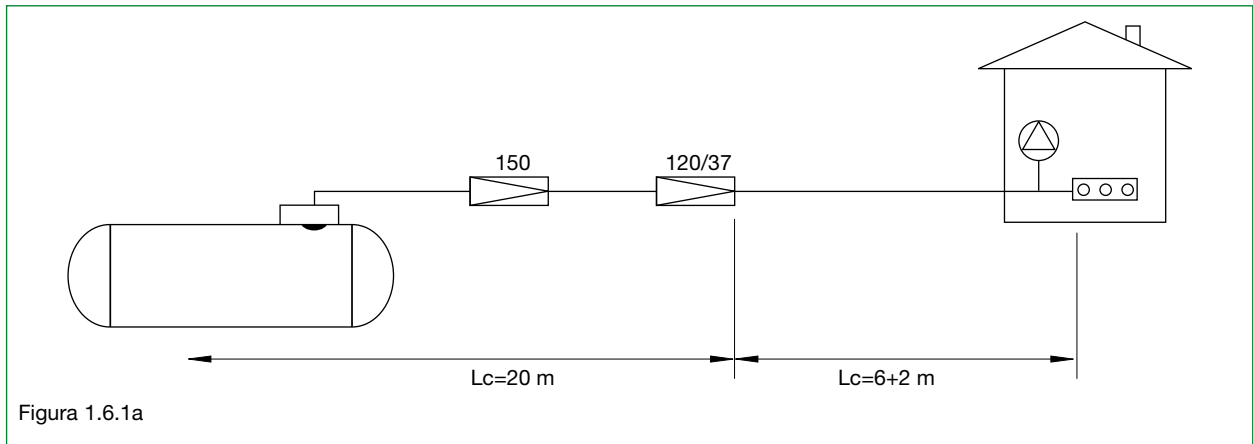


Figura 1.6.1a

Se trata de un chalet situado en Zona climática con temperatura de cálculo -3°C . Se le va a dotar de un depósito de propano para abastecer los servicios básicos domésticos: cocina, a.c.s. y calefacción. Se trata de un suministro de GLP a granel (Figura 1.6.1a).

La casa dispondrá de los siguientes aparatos, con la potencia superior (de cálculo o diseño), respecto al Hs, indicada: (No olvidar que si en el aparato se indica su potencia (consumo calorífico) respecto al Hi, este valor se deberá multiplicar por 1,1 para referirlo al Hs).

Cocina	$P_c = 6\text{ kW}$
Caldera mixta	$P_c = 28,5\text{ kW}$ (la mayor de los dos servicios)

Grado de gasificación (GG): A partir de las potencias de cálculo de los aparatos se puede obtener la potencia de diseño, que es la nominal de utilización simultánea (Psi) de la instalación individual, según se determinó en el Tema 1: 3.3.

$$P_{si} = P_A + P_B + \frac{P_C + P_D + \dots P_N}{3}$$

$$P_{si} = P_{\text{CALDERA}} + P_{\text{COCINA}} = 28,5 + 6 = 34,5\text{ kW}$$

El valor de la potencia nominal de utilización simultánea es inferior a 70 kW pero mayor de 30 kW, por lo que a la instalación le corresponde un grado de gasificación GG 2.

Caudal de cada aparato (Q): Según se indicó en el punto 4.1, el caudal es el cociente entre la potencia de cálculo (superior) y el poder calorífico superior (no olvidar expresarlo en volumen; lo necesitaremos después para el cálculo del diámetro de las conducciones).

$$Q = \frac{P_s}{H_s}$$

$$Q_{\text{coc}} = \frac{P_{\text{coc}}}{H_s} = \frac{6\text{ kW}}{29,23\text{ kWh/m}^3} = 0,21\text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_{\text{cal}} = \frac{P_{\text{cal}}}{H_s} = \frac{28,5\text{ kW}}{29,23\text{ kWh/m}^3} = 0,98\text{ m}^3/\text{h}$$

Caudal de utilización simultánea individual: según se vio en el punto T1: 3.2, el caudal simultáneo individual es la suma representada en la igualdad siguiente:

$$Q_{si} = Q_A + Q_B + \frac{Q_C + Q_D + \dots Q_N}{2}$$

$$Q_{si} = Q_{\text{CAL}} + P_{\text{COC}} = 0,98 + 0,21 = 1,19\text{ m}^3/\text{h}$$

Tiempo de funcionamiento diario de los aparatos: Cada aparato es utilizado un diferente número de horas al día, dependiendo del número de integrantes de la familia, de su nivel de confort y de las costumbres de cada uno. Podemos considerar un valor medio de la utilización diaria, según la tabla siguiente: (en cada caso se podrá elegir el valor más conveniente):

Cocina	$T_{\text{DIARIO}} = 1\text{ hora por día}$
Agua caliente	$T_{\text{DIARIO}} = 2,5\text{ horas por día}$
Calefacción	$T_{\text{DIARIO}} = 6\text{ horas por día}$

Consumo diario (C_{DIARIO}): El consumo diario de gas de cada aparato se obtiene multiplicando el caudal que consume por el tiempo de funcionamiento diario. No interviene la simultaneidad

$$C_{\text{DIARIO}} = Q \times T \text{ (en m}^3 \text{ por día)}$$

$$C_{\text{DIARIO-COC}} = Q_{\text{COC}} \times T_{\text{DIARIO}} = 0,21 \text{ m}^3/\text{h} \times 1\text{h/día} = 0,21 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$C_{\text{DIARIO-CAL}} = Q_{\text{CAL}} \times T_{\text{DIARIO}} = 0,98 \text{ m}^3/\text{h} \times 6\text{h/día} = 5,88 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$C_{\text{DIARIO-ACS}} = Q_{\text{ACS}} \times T_{\text{DIARIO}} = 0,98 \text{ m}^3/\text{h} \times 2,5\text{h/día} = 2,45 \text{ m}^3/\text{día}$$

Obteniéndose así el caudal diario de gas: $C_{\text{DIARIO}} = \sum Q \times T = 8,54 \text{ m}^3/\text{día}$

Autonomía: Para una autonomía de 30 días, el contenido mínimo del depósito será:

$$\text{Contenido} = C_{\text{DIARIO}} \cdot \text{N}^\circ \text{ de días} = 8,54 \text{ m}^3/\text{día} \cdot 30 \text{ días} = 256,2 \text{ m}^3 \text{ de fase gaseosa}$$

Cantidad equivalente a $256,2 \times 2,095 = 536,7 \text{ kg}$

Esta cantidad ocupará en fase líquida un volumen de:

$536,7 / 506 = 1,06 \text{ m}^3$ (2,095 y 506 son la masa en volumen del propano en fase gas y líquida respectivamente) (al vaporizarse 1 m^3 de líquido, se obtienen $506/2,095 = 241,5 \text{ m}^3$ de gas)

Volumen del depósito. Autonomía resultante: Considerando que ha de quedar, por ejemplo, un 20% de propano de reserva en el depósito, los $1,06 \text{ m}^3$ de líquido deberán ocupar el $0,85V - 0,20V = 65\%$ de V , luego el volumen del depósito será:

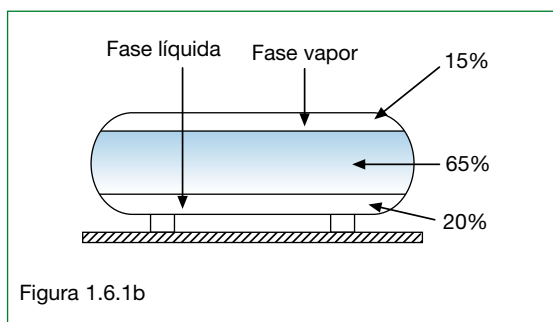
$$1,06 = 0,65 \cdot V, \text{ despejando } V, \text{ queda:}$$

$$V = 1,06 / 0,65 = 1,63 \text{ m}^3$$

El depósito habrá de ser llenado la primera vez con el 65% ($1,06 \text{ m}^3 = 536,7 \text{ kg}$) más el 20% de reserva, que hace un total del 85% de V :

$$1,63 \times 0,85 = 1,38 \text{ m}^3, \text{ equivalentes a } 1,38 \times 506 = 698,3 \text{ kg}$$

Estos valores quedan resumidos en la siguiente tabla: (cálculo aproximado pues no se tiene en cuenta el gas que no se licúa, el que ocupa el 15% del depósito) (Figura 1.6.1b).



	FASE GASEOSA		FASE LÍQUIDA
	(m ³)	(kg)	(m ³)
15 %	no tenido en cuenta		
65 %	256,2	536,7	1,06
20 %		161,6	0,32
85 %		698,3	1,38
100 %			V = 1,63 (*)
	m ³ gas x 2,095 → kg ← m ³ líquido x 506		

(*) *Cálculo directo:* Partiendo del Contenido mínimo en fase gas necesario para alcanzar la autonomía deseada, se obtiene el volumen mínimo del depósito multiplicando dicho volumen gaseoso por 0,00637.

En este caso: $256,2 \text{ m}^3 \times 0,00637 = 1,63 \text{ m}^3$ de depósito.

Más rápidamente se puede obtener mediante:

$$\text{Volumen del depósito} = \text{Consumo diario} \times \text{número de días de autonomía} \times 0,00637$$

En esta instalación se puede utilizar, al no existir un depósito de $1,63 \text{ m}^3$, el inmediato superior, el depósito de $V = 2,45 \text{ m}^3$ que proporcionará una autonomía (A) real de:

$$A = \frac{V \cdot 0,65 \cdot \rho_{\text{liq}}}{C_{\text{DIARIO}} \cdot \rho_{\text{gas}}} = \frac{V \text{ m}^3 \cdot 0,65 \cdot 506 \text{ kg/m}^3}{C_{\text{DIARIO}} \text{ m}^3/\text{día} \cdot 2,095 \text{ kg/m}^3} = \frac{157 \cdot V}{C_{\text{DIARIO}}}$$

En nuestro caso, $157 \times V / C_{\text{DIARIO}} = 157 \times 2,45 / 8,54 = 45$ días

Comprobación de la vaporización natural del depósito: El caudal de vaporización del depósito elegido, en las peores condiciones (a la temperatura de -5°C y estando con la reserva del 20 %), ha de ser igual o mayor que el caudal máximo probable (Q_{si}) requerido por la instalación en cuestión.

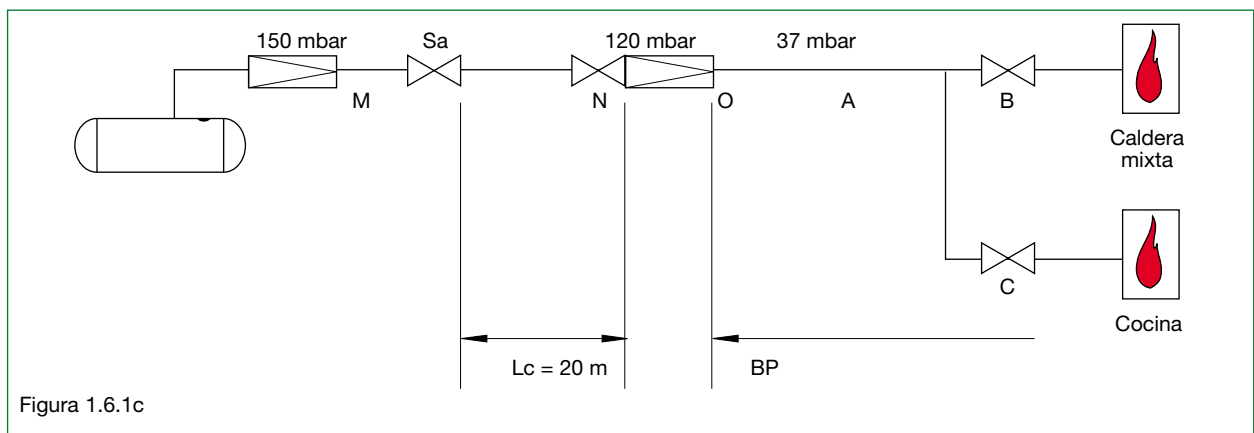
En nuestro ejemplo:

$Q_{\text{si}} = 1,19 \text{ m}^3 / \text{h}$, que expresado en masa es: $1,19 \text{ m}^3 / \text{h} \cdot 2,095 \text{ kg/m}^3 = 2,49 \text{ kg/h}$

El depósito escogido, aéreo, según la tabla de vaporización natural en el punto 1.7.2, considerando que el regulador está ajustado a una presión de 1,25 bar, proporciona un caudal de vaporización natural mínimo de 8,9 kg/h (al encontrarse a temperatura de cálculo de -3°C , se toma en la tabla -5°C). Por tanto, el depósito vaporiza lo suficiente. Si la presión de salida del regulador fuera mayor, el caudal suministrable por el depósito disminuiría, llegando a ser de 5,1 kg/h, siempre por encima del necesario.

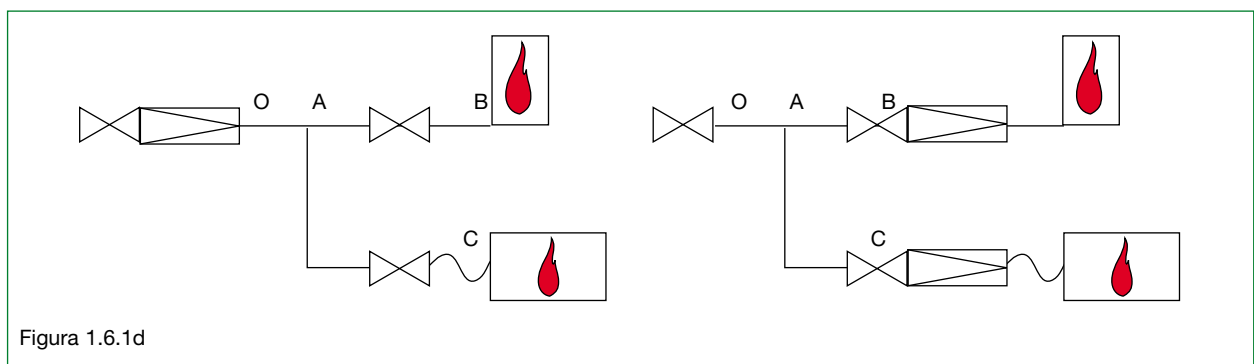
Cálculo de los diámetros de la conducción: El caudal de gas máximo a suministrar será el de utilización simultánea, calculado anteriormente: $Q_{\text{si}} = 1,19 \text{ m}^3 / \text{h}$

Se han de diferenciar las dos zonas existentes: la de MP (desde la llave de salida del almacenamiento hasta el regulador MP/BP) y la de BP. La primera es un tramo de 20 m y la segunda, está compuesta de tres tramos. Los escalonamientos de presión se determinan teniendo en cuenta el punto 1.6.5. Pérdida de carga admisible (Figura 1.6.1c).



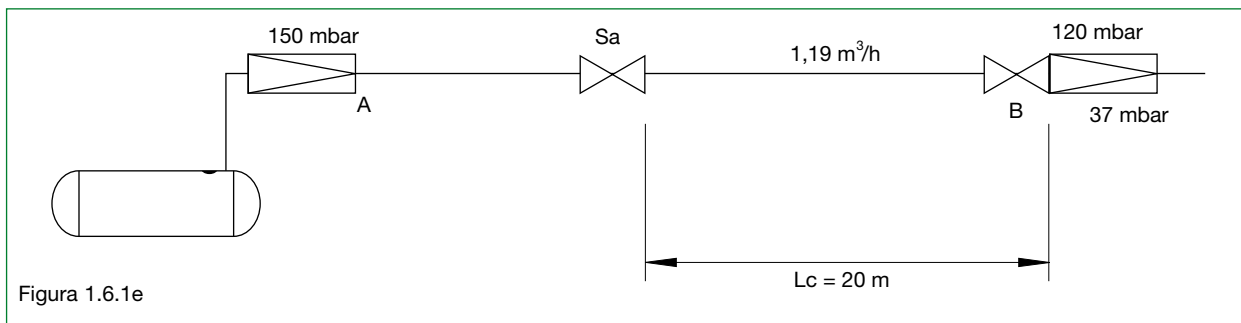
Para evitar que el gas entre en la vivienda con exceso de presión, la presión del gas se ha de limitar a la salida del depósito a la MPA (0,4 bar), por ejemplo, a 150 mbar.

La reducción a BP se puede hacer con un solo regulador para los dos aparatos (Caso A) o cada aparato con su regulador (Caso B), según se representa en la Figura siguiente. En este segundo caso, prácticamente toda la instalación (OAB y OAC) estaría a MPA pues los tramos de aparato resultan muy cortos.



Cálculo del tramo en MPA: El tramo entre reguladores tiene una longitud de cálculo de $L_c = 20$ m obtenida al multiplicar la geométrica por 1,2 ($L_c = 1,2 \times L$). El caudal es de $1,19 \text{ m}^3 / \text{h}$

La presión a la salida del almacenamiento se elige dentro de la MPA (150 mbar) y la presión final del tramo es la mínima necesaria para funcionamiento correcto del regulador final (120 mbar) (Figura 1.6.1e).



Se ha de utilizar la fórmula correspondiente a MP: $P_A^2 - P_B^2 = 51,5 \cdot dc \cdot Lc \cdot \frac{Q^{1,82}}{D^{4,82}}$, en donde dc vale 1,16.

Recordemos que las presiones se han de expresar en valores absolutos (por tratarse de MP).

Despejando el valor del diámetro: $D^{4,82} = 59,74 \times Lc \times Q^{1,82} / (P_A^2 - P_B^2)$

Sustituyendo valores, se obtiene:

$$D^{4,82} = 59,74 \times 20 \times 1,19^{1,82} / [(0,15 + 1,01325)^2 - (0,12 + 1,01325)^2] = 1194,8 \times 1,3724466 / 0,068895 = 23301,4$$

Extrayendo la raíz, queda: $D = 8,09$ mm

Como diámetro comercial podemos elegir el de 10 mm puesto que el de 8 mm se considera demasiado reducido.

Veremos más adelante, en el cálculo de los tramos en BP, que para los diámetros se obtienen valores mayores que 10 mm. La razón de que salga para MPA un diámetro inferior a los calculados en tramos posteriores, se debe a que en este tramo la presión disponible es mayor.

Comprobación de la velocidad: Aplicando la fórmula del Tema 3: 1.2:

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

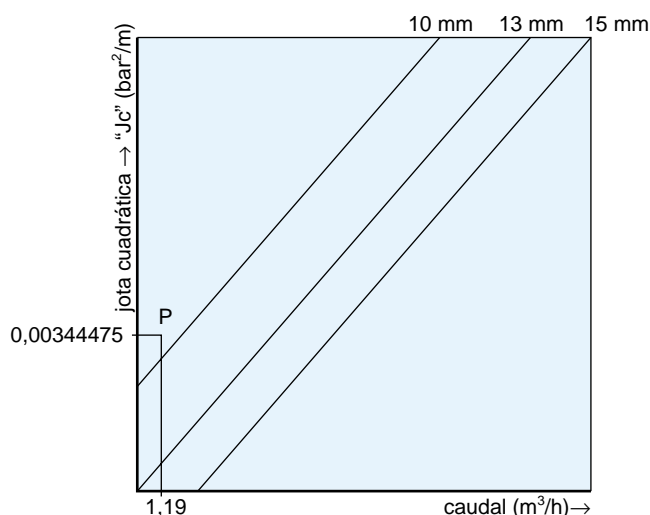
En este caso se obtiene un valor de: $v = 378,04 \times 1,19 / \{(1,01325 + 0,12) \times 10^2\} = 3,97$ m/s, valor aceptado por ser menor que 10.

Cálculo mediante nomogramas (MPA)

Estos cálculos se simplifican empleando el NOMOgrama ONIRA-15 del punto T3: 1.3.7.2 (Figura 1.6.1f).

La J^c en este caso vale: $P_A^2 - P_B^2 / Lc = 0,068895/20 = 0,00344475$

Para un caudal de 1,19 m³/h y la J^c calculada, se obtiene el punto P que nos indica como más idóneo el diámetro de 10 mm (no se acepta el de 8 mm por la razón antes expuesta).



Cálculo de los tramos en BP: Calculemos previamente los tramos correspondientes al esquema “A”.

En el esquema “A” existen dos cursos o itinerarios (conducción a calcular, entre el regulador y el aparato). El principal corresponde al aparato más alejado (OAB) y el secundario al otro (OAC).

La longitud de cálculo (L_c) de la conducción (ver punto T3: 1.3.4), será la geométrica (L) incrementada en un 20 %, resultando: $L_c = 1,2 \times L$.

Sean las longitudes de cálculo resultantes de cada tramo: $OA = 6$ m; $AB = 2$ m; y $AC = 1$ m. (Recordemos que todas las longitudes a utilizar se han de expresar en valores de cálculo.)

La presión inicial a la salida del regulador MPA/BP, en O es de 37 mbar; y admitiendo una pérdida de carga del 5%. Para el itinerario principal resultará una pérdida de carga disponible de:

$$PCd = 0,05 \times 37 \text{ mbar} = 1,85 \text{ mbar.}$$

Este sistema se emplea porque no existen en el mercado reguladores que proporcionen una presión de salida algo mayor que 37 mbar para compensar la pérdida de carga de los tramos en BP (recordemos que para gas natural si se tiene en cuenta y se dispone en el mercado de reguladores con presión de salida de 22, 24 mbar, etc., por ejemplo).

Admitiendo esta situación, la presión a la entrada del aparato resultará ser de $37 - 1,85 = 35,15$ mbar (la potencia del aparato queda en principio ligeramente reducida pues le llega el gas a presión inferior a la nominal) (Figuras 1.6.1g y 1.6.1h).

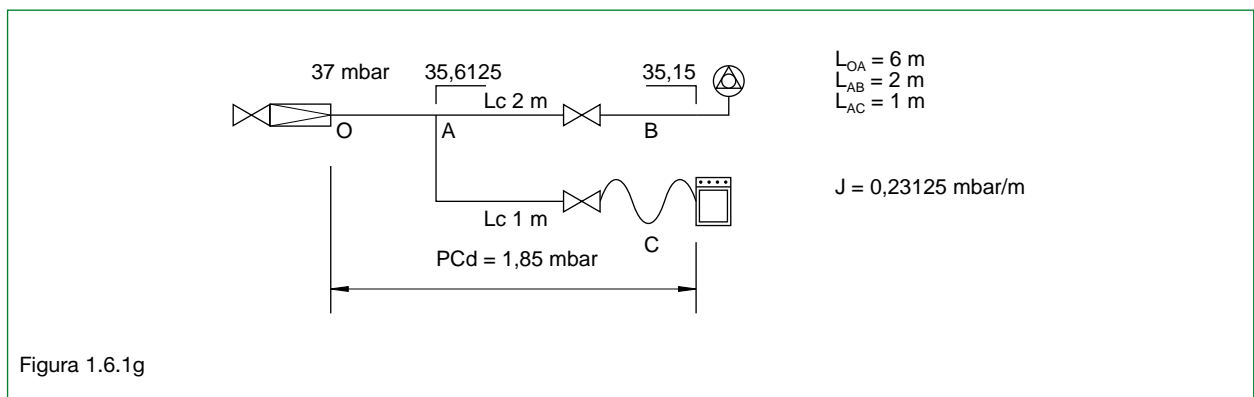


Figura 1.6.1g

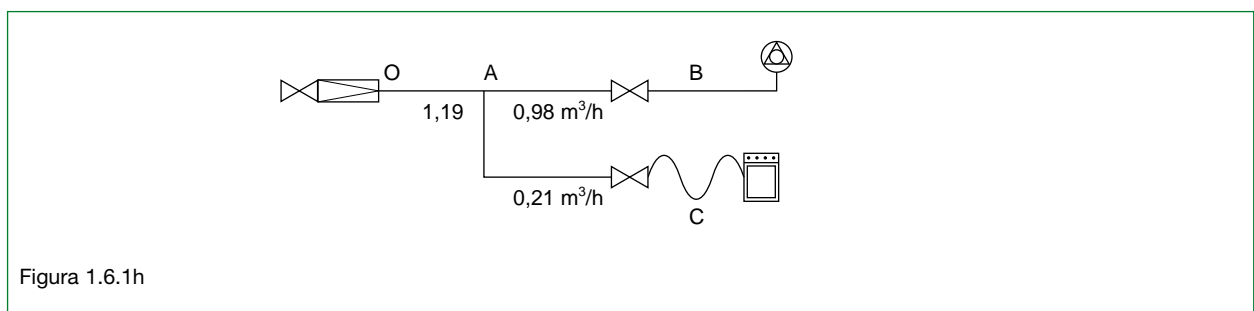


Figura 1.6.1h

Sistema de la “J”: Para determinar la presión en el nudo intermedio A se ha de emplear el sistema de la “J” consistente en el reparto de la PCd en función de la longitud de cálculo de los tramos.

Para ello se determina la pérdida de carga lineal (por metro de conducción de cálculo):

$$J = \frac{PCd}{L_c}$$

La Longitud de cálculo considerada es la correspondiente al curso o itinerario principal (es más largo).

En nuestro caso: $J = 1,85 / (6+2) = 0,23125$ mbar/m.

- Al tramo OA de 6 m le corresponderá $6 \times J$, esto es, $6 \times 0,23125 = 1,3875$ mbar,
- Al tramo AB, de longitud 2 m, le corresponderá $2 \times J$, esto es, $2 \times 0,23125 = 0,4625$ mbar
- Al tramo AC también le corresponderá la misma $PCd = 0,4625$ mbar

Comprobación: $1,3875 + 0,4625 = 1,85$ mbar

La presión en el nudo intermedio A valdrá: $37 - 1,3875 = 35,6125$ mbar.

Aplicando la fórmula de Renouard para BP

$$P_A - P_B = 25\,076 \cdot dc \cdot Lc \cdot \frac{Q^{1,82}}{D^{4,82}}$$

en donde dc para el propano y conducción de cobre vale 1,16. La expresión $25\,076 \times 1,16$ vale 29 088.

Las presiones son relativas.

Despejando el diámetro: $D^{4,82} = 29\,088,16 \times Lc \times Q^{1,82} / (P_i - P_f)$

Aplicando esta fórmula al Tramo OA de 6 m de longitud de cálculo, por donde pasa un caudal de $1,19 \text{ m}^3/\text{h}$:

$$D^{4,82} = 29\,088,16 \times 6 \times 1,19^{1,82} / 1,3875 = 174\,528,96 \times 1,372\,446\,6 / 1,3875 = 172\,635,45$$

Extrayendo la raíz, se obtiene un diámetro teórico de $D = 12,2$ mm, por lo que se elige el diámetro comercial inmediato superior: 13 mm.

Comprobación de la velocidad resultante: Aplicando la fórmula para BP (Tema 3: 1.2):

$$v = 360 \times \frac{Q}{D^2}$$

se obtienen el valor $v = 360 \times 1,19 / 13^2 = 2,5$ m/s inferior a 10 m/s y por lo tanto válido.

La comprobación puede realizarse directamente empleando el nomograma incluido en el punto T3: 1.3 (Nomo-12).

Para el caudal $1,19 \text{ m}^3/\text{h}$ y un diámetro de 13 mm para 37 mbar, se obtiene el punto $A = 2,5$ m/s

Repitiendo las operaciones para cada uno de los tramos restantes, se obtienen los siguientes valores tabulados:

TRAMO	CAUDAL	$Q^{1,82}$	Pr. Inic.	PCd	Pr. final	Lc	$D^{4,82}$	D	Dc	velocid.
OA	$1,19 \text{ m}^3/\text{h}$	1,3724466	37 mbar	1,3875	35,6125	6 m	172635,45	12,2	13	2,5
AB	$0,98 \text{ m}^3/\text{h}$	0,9638988	35,6125	0,4625	35,15	2 m	121245,58	11,3	12	2,4
AC	$0,21 \text{ m}^3/\text{h}$	0,0584035	35,6125	0,4625	35,15	1 m	3673,19	5,5	10	0,7

Para el tramo AB se considera el caudal de $0,98 \text{ m}^3/\text{h}$ correspondiente a la caldera mixta. La presión inicial será la determinada para el nudo "A". La pérdida de carga disponible será la total 1,85 menos la adjudicada al tramo anterior.

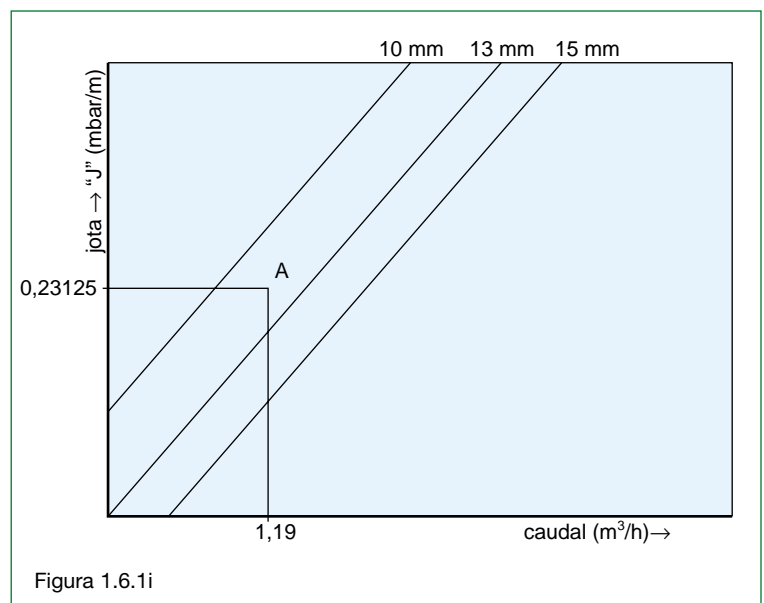
Un cálculo más exacto se realiza aplicando la PCd que no fue utilizada en el tramo OA, (se ha elegido un diámetro mayor que el de cálculo, que ofrece una menor pérdida de carga), a los tramos siguientes. De esta forma se puede conseguir para dichos segundos tramos una reducción de los diámetros ya que con este procedimiento se aumenta su PCd.

Para el tramo AC se seguirá el mismo procedimiento.

Cálculos mediante nomograma (BP)

La utilización de los NOMOgramas facilita y aligera los cálculos. Para BP utilizaremos el nomograma del punto T3: 1.3.7.1 (Figura 1.6.1i) (nomo ONIRA-12).

Para un caudal de $1,19 \text{ m}^3/\text{h}$ y una "j" para el tramo OA de: "j" = $1,3875/6 = 0,23125$ mbar/m, se obtiene el punto A situado entre las líneas correspondientes a los diámetros de 10 y 13 mm, por lo que se elegirá el diámetro mayor: 13 mm.



Tramo AB: Para un caudal de $0,98 \text{ m}^3/\text{h}$ y una “j” = $(35,6125 - 35,15)/2 = 0,23125 \text{ mbar/m}$, se obtiene el punto B situado entre las líneas correspondientes a los diámetros de 10 y 13 mm, por lo que se elegirá el diámetro mayor: 13 mm.

Tramo BD: Para un caudal de $0,21 \text{ m}^3/\text{h}$ y una “j” = $(35,6125 - 35,15)/1 = 0,4625 \text{ mbar/m}$, se obtiene el punto D situado por encima de la línea correspondiente al diámetro de 10 mm, por lo que se le elegirá.

T3: 1.6.2 Ejemplo 2: Cálculo de instalación de GLP canalizado. Depósito en azotea

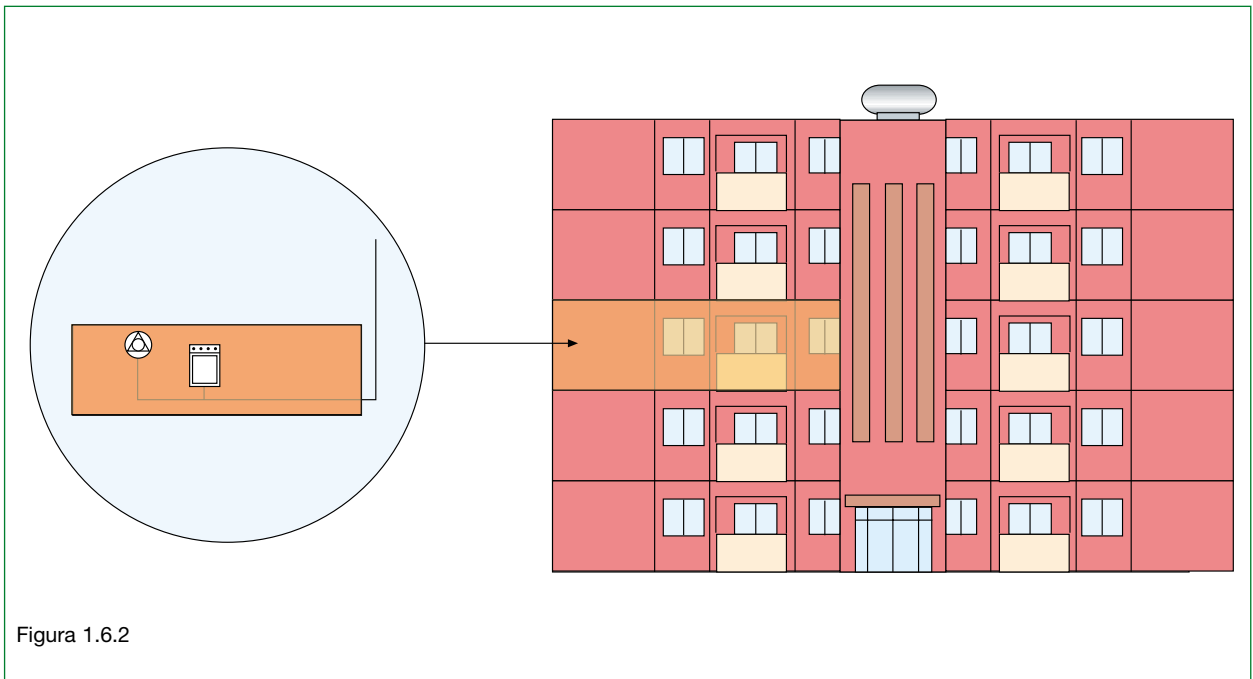


Figura 1.6.2

Se trata de un edificio situado en Zona climática B con temperatura de cálculo de 1°C . Lo componen 5 plantas, con 10 viviendas (2 por planta), a las que se les suministra propano mediante un depósito en la azotea del bloque para abastecer los servicios de: cocina y a.c.s. (no existe calefacción o el servicio está centralizado). Se trata de un suministro de GLP canalizado.

Cada vivienda dispone de los siguientes aparatos, con la potencia de cálculo o diseño (respecto al Hs) indicada: (No olvidar que si en el aparato se indica su potencia (consumo calorífico) respecto al Hi, este valor se deberá multiplicar por 1,1 para referirlo al Hs, esto es, para obtener su potencia superior, de cálculo o diseño.)

Cocina: 6 kW

Calentador instantáneo: 20 kW

Grado de gasificación (GG): A partir de las potencias de diseño de los aparatos se puede obtener la potencia nominal de utilización simultánea, (Psi) de la instalación individual, según se determinó en el punto 1.4.3.

$$\text{Psi} = P_{\text{CALENTADOR}} + P_{\text{COCINA}} = 20 + 6 = 26 \text{ kW}$$

La potencia nominal de utilización simultánea resulta de valor inferior a 30 kW, (GG 1), por lo que escogeremos la potencia de utilización simultánea igual a 30 kW.

Caudal de utilización simultánea individual: El caudal de simultaneidad individual será el correspondiente a una potencia de 30 kW y no a la suma de los caudales de cada aparato (no obstante los calculamos también):

$$Q_{\text{si}} = \frac{P_t}{H_s} = \frac{30 \text{ kW}}{29,23 \text{ kWh/m}^3} = 1,03 \text{ m}^3/\text{h}$$

Caudal de cada aparato: El caudal se obtiene de la división de la potencia de cálculo y el poder calorífico superior:

$$Q_{\text{coc}} = \frac{P_{\text{coc}}}{H_s} = \frac{6 \text{ kW}}{29,23 \text{ kWh/m}^3} = 0,21 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_{\text{cal}} = \frac{P_{\text{cal}}}{H_s} = \frac{20 \text{ kW}}{29,23 \text{ kWh/m}^3} = 0,68 \text{ m}^3/\text{h}$$

Caudal máximo probable para la instalación común: Al tratarse de bloques de viviendas, el volumen del depósito se puede calcular por métodos estadísticos. Como son 10 viviendas, el caudal máximo probable de la instalación común dependerá del factor de simultaneidad que tomaremos del tema 1. En el ejemplo, no existe calefacción por lo que a 10 viviendas corresponde un coeficiente de 0,25. (tendremos en cuenta que existen Comunidades Autónomas donde se han modificado algunos valores de los factores).

$$Q_{sc} = S \times \sum Q_{si} = 0,25 \times 10 \times 1,03 \text{ m}^3/\text{h} = 2,58 \text{ m}^3/\text{h}$$

Cálculo del depósito: Para obtener el volumen del depósito necesario, previamente hay que obtener el consumo anual por tablas experimentales (punto T3: 1.6) y luego reducirlo a consumo máximo diario.

Consumo de energía anual: La localidad donde se instalará el depósito se encuentra situada en la zona climática B (ver punto T3: 1.6), a la que le corresponde unos coeficientes de 1 para cocina y 0,88 para a.c.s.

El consumo anual para cocina y a.c.s. por vivienda, será:

$$C_{ANUAL(C+ACS)} = 1100 + 1520 \times 0,88 = 2438 \text{ kWh/año}$$

Consumo diario: El consumo energético diario se obtiene dividiendo el anual por el número de días que se estima que se utilizarán al año estos aparatos. Sea una estimación de 260 días por año.

$$Q_{d(C+ACS)} = \frac{C_{ANUAL(C+ACS)}}{260} = \frac{2438}{260} = 9,38 \text{ kWh/día}$$

El consumo en masa diario, necesario para saber qué depósito podremos necesitar, será el que resulte de dividir el energético por el Poder Calorífico Superior (Hs) del Propano (29,23 kWh/m³)

$$C_{dv} = \frac{C_{D(C+ACS)}}{H_s} = \frac{9,38 \text{ kWh/día}}{29,23 \text{ kWh/m}^3} = 0,32 \text{ m}^3 \text{ gas/día}$$

Para las 10 viviendas tendremos el consumo en volumen total diario igual a:

$$C_{dv} = 10 \times 0,32 \text{ m}^3/\text{día} = 3,2 \text{ m}^3 \text{ gas/día, para el bloque}$$

Volumen del depósito y autonomía resultante: Si imponemos una autonomía de $A = 30$ días, el depósito necesario tendrá un volumen de: ($\rho = 506 \text{ kg/m}^3$ es la masa en volumen del propano en fase líquida) (punto T3: 1.6).

$$V = \frac{C_{dv} \cdot A}{0,65}$$

En nuestro caso,

Los 3,2 m³ gas/día equivalen a $3,3 \times 2,095 / 506 = 0,01328 \text{ m}^3 \text{ líq/día}$

$$V = C_{dv} \times A / 0,65 = 0,01328 \times A / 0,65 = 0,0132 \text{ m}^3 \text{ líq /día} \times 30 \text{ días} / 0,65 = 0,613 \text{ m}^3$$

Se puede elegir el depósito más pequeño, el de $V = 2,45 \text{ m}^3$ que dará una autonomía real de:

$$A = \frac{0,65 \cdot V}{C_{dv}}$$

$$\text{En nuestro caso: } A = 0,65 \frac{V}{C_{dv}} = 0,65 \frac{2,45}{0,01328} = 120 \text{ días}$$

Comprobación de la vaporización natural del depósito: El caudal máximo probable de las 10 viviendas, 2,58 m³/h, en expresión másica, es el siguiente:

$$Q_{sc} = 2,58 \text{ m}^3/\text{h} \times 2,095 \text{ kg/m}^3 = 5,4 \text{ kg/h}$$

El caudal de vaporización natural del depósito elegido, en las condiciones más desfavorables (a la temperatura de 0° C y estando con la reserva del 20 %) y considerando que el regulador suministra una presión de 1,7 bar, es de 8,5 kg/h (ver tabla en punto T3: 1.4.2), mayor que el máximo probable de las 10 viviendas $Q_s = 5,4 \text{ kg/h}$, luego es aceptado.

Si la presión de salida del regulador fuera menor, el caudal suministrable por el depósito se incrementaría.

Cálculo de los diámetros de la conducción. A la salida del depósito se instala un regulador con presión de salida de 1,7 bar (punto A). A la entrada del recinto de contadores (centralizados en la azotea), se sitúa un regulador con presión de salida de 150 mbar (presión mínima a la entrada de 1,2 bar). La presión disponible en el tramo AB es, por tanto de 500 mbar. El regulador individual de BP se sitúa a la entrada de cada vivienda; su presión de salida es de 37 mbar y la mínima de entrada para correcto funcionamiento con el caudal previsto es de 70 mbar.

Comenzamos calculando el tramo común desde la salida del regulador del depósito (presión de salida 1,7 bar) hasta el regulador situado a la entrada del recinto de contadores (presión de salida 150 mbar). Ver punto T3: 1.3.5.

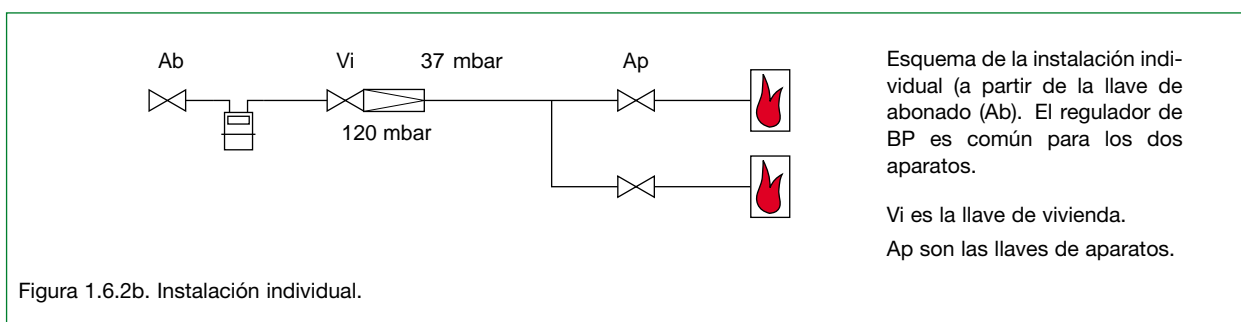
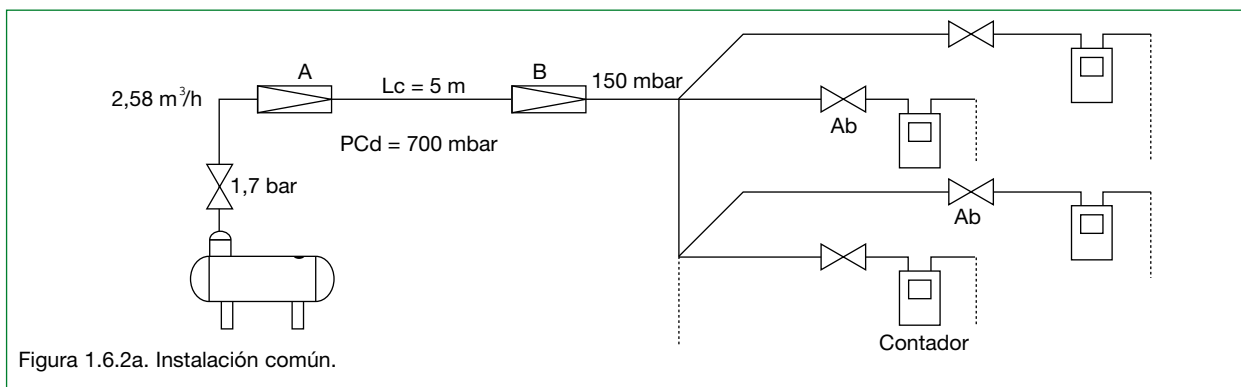
Los valores que intervienen en el cálculo son:

Caudal común: $Q_{sc} = 2,58 \text{ m}^3/\text{h}$

Presión inicial: $P_A = 1,7 \text{ bar}$

Densidad de cálculo: $dc = 1,16$

La presión final: $P_B = 1,0 \text{ mbar}$



Cálculo del tramo en MPB: Para una longitud de cálculo (L_c) del tramo entre reguladores de 5 m y aplicando Renouard, se tiene:

$$P_A^2 - P_B^2 = 51,5 \cdot dc \cdot L_c \cdot Q^{1,82} / D^{4,82}, \text{ sustituyendo valores: } 2,71^2 - 2,01^2 = 51,5 \cdot 1,16 \cdot 5 \cdot 2,58^{1,82} / D^{4,82}$$

Realizando las operaciones indicadas: $3,304 = 298,7 \cdot 5,612 / D^{4,82}$; o lo que es lo mismo:

$$3,304 = 1676,3 / D^{4,82}$$

Despejando: $D^{4,82} = 507,35 / 2,464 = 205,9$. Se obtiene un diámetro $D = 205,9^{1/4,82} = 3 \text{ mm}$

El diámetro comercial (D_c) inmediato superior para el tramo entre reguladores es de 10 mm, según lo convenido.

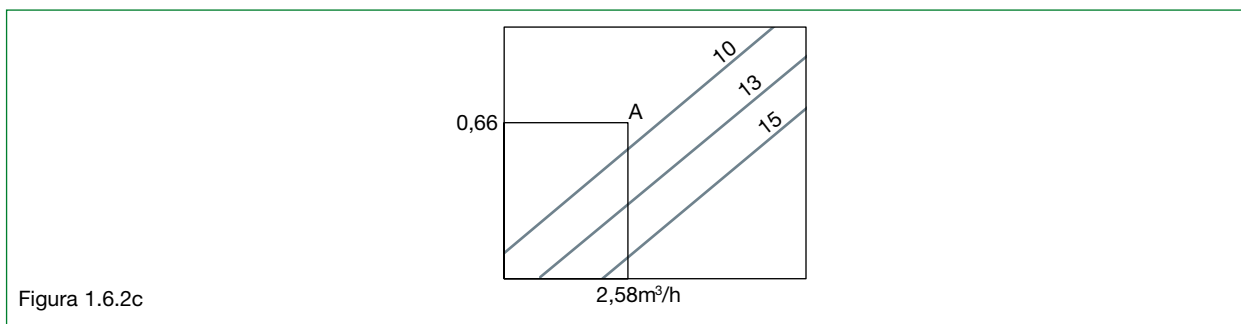
Comprobación de la velocidad: Recordemos que ha de ser inferior a 10 m/s

$$v = 378,04 \times Q / (P \times D^2) = 378,04 \times 2,58 / [(1,01325 + 1,0) \times 10^2] = 975,3 / 201,3 = 4,8 \text{ mm} < 10 \text{ m/s}$$

Para realizar el cálculo mediante nomograma se necesita conocer la J^c cuadrática: (Nomograma ONIRA-15 del punto T3: 1.3.7.2).

$$J_c = \frac{P_A^2 - P_B^2}{L_c}$$

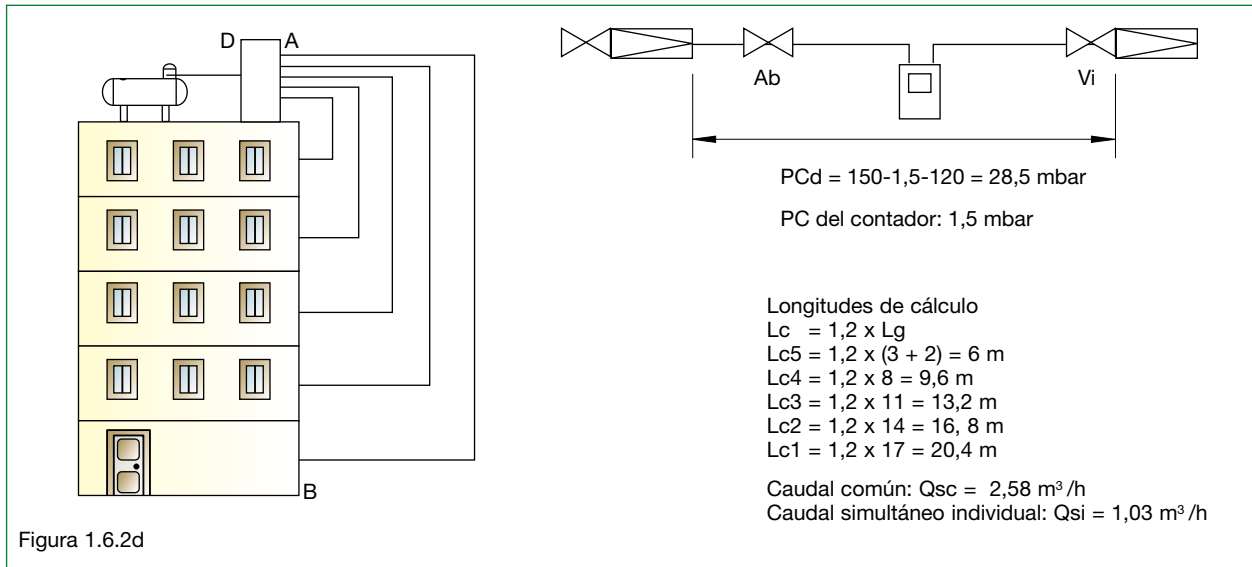
En nuestro caso, vale: $J^c = [(1,7 + 1,01325)^2 - (1 + 1,01325)^2] \times 5 = 0,66 \text{ bar/m}$ (Figura 1.6.2.c).



Para un caudal de $2,58 \text{ m}^3/\text{h}$ y una J_c de $0,66$, se obtiene el punto A sobre la línea correspondiente al diámetro 10 mm por lo que se elige éste.

Cálculo del tramo en MPA: La instalación en MPA consiste en un tramo corto común, varios comunes para parte de los contadores, y de conducciones individuales en donde se incluyen los respectivos contadores. Termina a la entrada de los reguladores de BP individuales situados a la entrada de las respectivas viviendas. Se determinarán las presiones en los nudos intermedios utilizando el sistema de la "J" visto en el ejemplo núm. 1 (punto 1.6.1).

Considerando que la distancia entre forjados es de 3 m , y que existe una conducción de 2 m en la parte superior, resulta una longitud geométrica para el itinerario individual más largo (la vivienda de la primera planta) de $L_g = 5 \times 3 + 2 = 17 \text{ m}$ y una longitud de cálculo de $L_c = 1,2 \times L_g = 1,2 \times 17 = 20,4 \text{ m}$ (Figura 1.6.2d).



Densidad de cálculo del propano : $dc = 1,16$
 Presión inicial (salida del regulador de MPA): $P_a = 150 \text{ mbar}$
 Presión final (entrada del regulador de BP): $P_b = 120 \text{ mbar}$

Se desprecia la ganancia de presión por altura:

PC del contador: no suele sobrepasar de $1,5 \text{ mbar}$ (consultar la documentación del fabricante).

Pérdida de carga disponible $PC_d = P_a - P_b - PC_c = 150 - 120 - 1,5 = 28,5 \text{ mbar}$.

Este valor de PC_d se utilizará para determinar la "J" en el cálculo de presiones intermedias.

Aplicando Renouard para MP: $P_A^2 - P_B^2 = 51,5 \cdot dc \cdot L_c \cdot Q^{1,82} / D^{4,82}$

- El primer miembro valdrá: $(1,01325 + 0,15)^2 - (1,01325 + 0,12)^2 = 1,353 - 1,284 = 0,069$
- El segundo miembro valdrá: $51,5 - 1,16 \cdot 20,4 \cdot 1,03^{1,82} / D^{4,82} = 1218,7 \cdot 1,055 / D^{4,82} = 1285,7 / D^{4,82}$

Igualando los miembros: $0,069 = 1285,729 / D^{4,82}$

Despejando el valor del diámetro: $D^{4,82} = 1285,729 / 0,069 = 18633,75$

De donde se obtiene el valor: $D = 18633,75^{1/4,82} = 7,69 \text{ mm}$

El diámetro comercial inmediato por exceso es el de 8 mm (se elige el de 10 mm).

Comprobación de la velocidad: El valor de la velocidad con este diámetro será:

$v = 378,04 \times Q / (P \times D^2) = 378,04 \times 1,03 / [(1,01325 + 0,12) \times 10^2] = 3,4 \text{ m/s}$, aceptable por ser inferior a 10 m/s .

El diámetro de los tramos comunes se pueden calcular directamente empleando la fórmula de la velocidad, para $v = 10$:

$v = 378,04 \times Q / (P \times D^2)$. Despejando el diámetro: $D^2 = 378,04 \times Q / (v \times P)$.

Sustituyendo valores: $D^2 = 378,04 \times 2,58 / [10 \times (1,01325 + 0,15)] = 975,34 / (10 \times 1,16) = 975,34 / 11,6 = 84$

Extrayendo la raíz: $D = 9,2 \text{ mm}$. El diámetro comercial inmediato superior es el de 10 mm .

El resto de las conducciones bajantes se calcularán de la misma manera. Al ser más cortas que la calculada y tener que transportar el mismo caudal, podrán ser del mismo diámetro.

La instalación individual se calculará como en el ejemplo anterior.

Cálculo mediante nomogramas (MP)

Para realizar el cálculo mediante nomograma, se necesita conocer la "Lc" cuadrática de cada tramo.

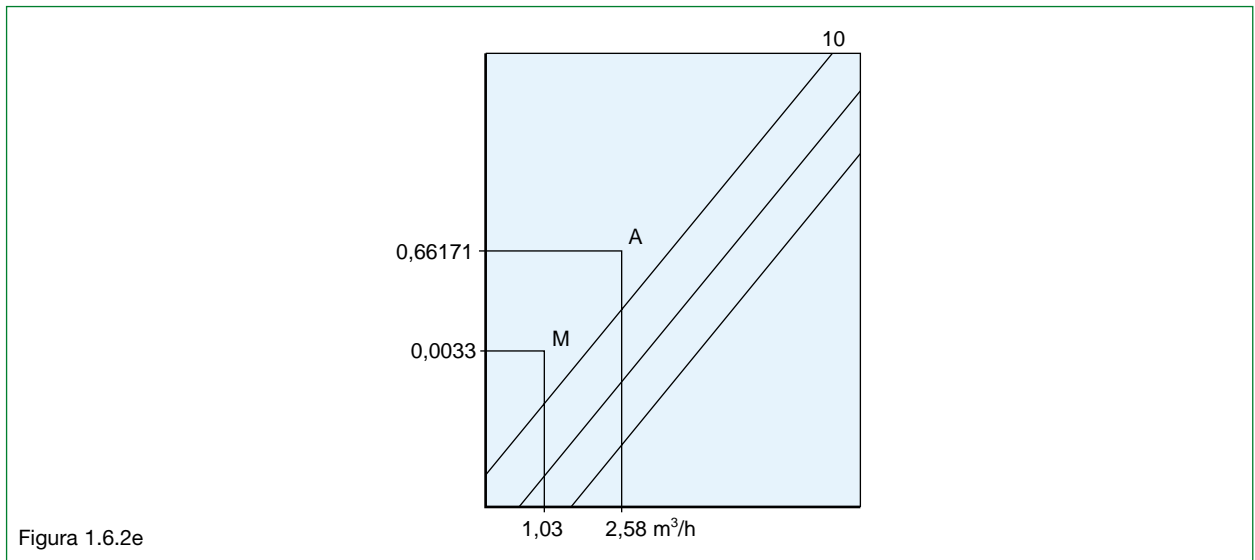
En el tramo de MPB, vale: $J^c = [(1,7 + 1,01325)^2 - (1 + 1,01325)^2] / 5 = 3,308/5 = 0,66171$

Para un caudal de 2,58 y una J^c de 0,66171, se obtiene el punto A sobre la línea correspondiente al diámetro 10 mm. Se elige el inmediato superior, el de 10 mm, por lo que se elige este diámetro.

Para cada bajante, cuyo caudal es 1,03, le corresponde una

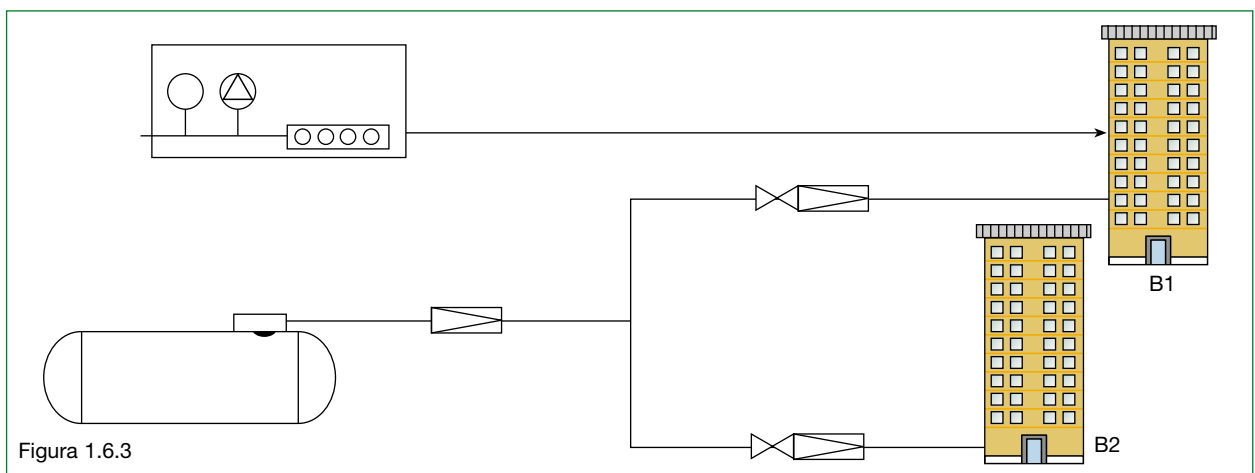
$J^c = [(1,01325 + 0,15)^2 - (1,01325 + 0,12)^2] / 20,4 = (1,35315 - 1,28425) / 20,4 = 0,0689/20,4 = 0,003377$

En el nomograma para MP (punto T3: 1.3.7.2) se obtiene el punto M al que le corresponde el diámetro 10 mm.



T3: 1.6.3 Ejemplo 3: Cálculo de instalación de GLP canalizado. Urbanización

Se trata de dos bloques de viviendas con 20 viviendas cada uno. Se encuentran ubicados en Zona climática C con temperatura de cálculo 0° C. En cada una de las viviendas se instalarán los siguientes aparatos (Figura 1.6.3):



BLOQUE 1		BLOQUE 2	
Cocina	6 kW	Cocina	6 kW
ACS	20 kW	ACS	20 kW
Caldera de calefacción	10 kW	Caldera de calefacción	15 kW

La potencia de cálculo (nominal de utilización simultánea) de cada una de las viviendas será:

Psi =	Psi =
$P_{ACS} + P_{CALEF} + \frac{1}{2} P_{COC} = 20 + 10 + \frac{1}{2} P_6 = 33 \text{ kW}$	$P_{ACS} + P_{CALEF} + \frac{1}{2} P_{COC} = 20 + 15 + \frac{1}{2} P_6 = 38 \text{ kW}$

Lo que significa un grado de gasificación 2 para ambos bloques (por ser $70 > \text{Psi} > 30 \text{ kW}$).

Los caudales de los aparatos resultan ser: $Q = P_c \text{ (kW)} / H_s \text{ (kWh/m}^3\text{)}$.

BLOQUE 1	BLOQUE 2
$Q_{\text{ACS}} \frac{20}{29,23} = 0,68 \text{ m}^3/\text{h}$	$Q_{\text{ACS}} \frac{20}{29,23} = 0,68 \text{ m}^3/\text{h}$
$Q_{\text{CALEF}} \frac{10}{29,23} = 0,34 \text{ m}^3/\text{h}$	$Q_{\text{CALEF}} \frac{15}{29,23} = 0,51 \text{ m}^3/\text{h}$
$Q_{\text{COC}} \frac{6}{29,23} = 0,20 \text{ m}^3/\text{h}$	$Q_{\text{COC}} \frac{6}{29,23} = 0,20 \text{ m}^3/\text{h}$

Los caudales de simultaneidad de las viviendas de cada bloque serán:

$$\text{Bloque 1}^\circ: Q_{\text{si}} = 0,68 + 0,34 + 0,2/2 = 1,12 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\text{Bloque 2}^\circ: Q_{\text{si}} = 0,68 + 0,51 + 0,2/2 = 1,29 \text{ m}^3/\text{h}$$

El caudal máximo probable para la instalación común, al ser 20 viviendas, dependerá del factor de simultaneidad, a tomar del punto T1, con calefacción, resultando 0,4 en ambos bloques.

$$\text{Para cada bloque: } Q_{\text{SC}} = S \sum Q_{\text{si}}$$

$$\text{Para el Bloque 1: } S \times Q_{\text{si-1}} \times N_1 = 20 \times 1,12 \times 0,4 = 8,96 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\text{Para el Bloque 2: } S \times Q_{\text{si-2}} \times N_2 = 20 \times 1,29 \times 0,4 = 10,32 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\text{Para el conjunto: } Q_{\text{SC}} = 8,96 + 10,32 = 19,28 \text{ m}^3/\text{h}$$

Cálculo del depósito: Para obtener el volumen del depósito necesario, considerando un mínimo de 30 días de autonomía, previamente hay que obtener el consumo anual por tablas experimentales (punto T3: 1.6) y luego reducirlo a consumo máximo diario, siguiendo el sistema descrito en el ejemplo núm. 2.

Consumo anual por cocina y a.c.s.: se calcula como en el ejemplo núm. 2. Al encontrarse la instalación en zona climática C, los coeficientes zonales son 1 y 1: Las necesidades anuales por vivienda serán: (Consultar Zonas climáticas y coeficientes zonales del punto 1.6).

$$C_{\text{ANUAL(COC+ACS)}} = 1100 + 1520 \times 1 = 2620 \text{ kWh / año}$$

Consumo diario individual por cocina y a.c.s.: Se obtiene al dividir el consumo anual entre los días de utilización previstos (260 días):

$$C_{\text{DIARIO}} = \frac{C_{\text{ANUAL}}}{260} = \frac{2.620}{260} = 10,1 \text{ kWh/día}$$

Consumo diario individual por calefacción: Para calcular el consumo diario en calefacción se emplea la fórmula dada en el punto T3: 1.6:

$$C_{\text{ALEF}} = 0,043 \times S \times F_t \times \Delta t$$

siendo:

S = Superficie de la vivienda. Tomaremos 120 m² en el ejemplo

F_t = Factor tipo. Se toma 1 al tratarse de un bloque de categoría normal.

Δt = Salto térmico para el día más frío. En nuestro caso, 15° – 0° = 15° C.

Aplicado a nuestro caso, obtendremos un consumo diario por calefacción de:

$$C_{\text{CALEF}} = 0,043 \times S \times F_t \times \Delta t = 0,043 \times 120 \times 1 \times 15 = 77,4 \text{ kWh/día}$$

Consumo diario total por vivienda: Sumando los consumos de cocina y a.c.s con los de calefacción, y dividiéndolo por el poder calorífico superior (H_s), se obtiene el consumo máximo diario por vivienda:

$$C_{\text{DIA-V}} = \frac{(10,1 + 77,4) \text{ kWh/día}}{29,23 \text{ kWh/m}^3} = 2,99 \text{ m}^3/\text{día, por vivienda}$$

Para 40 viviendas se tendrá un consumo total diario de:

$$C_{\text{TOTAL-V}} = 40 \times 2,99 = 119,74 \text{ m}^3/\text{día para los dos bloques}$$

Volumen del depósito y autonomía resultante: Para determinar el depósito necesario imponemos la autonomía mínima de $A = 30$ días. ($\rho = 506 \text{ kg/m}^3$, es la masa en volumen del propano en fase líquida). (Ver punto T3: 1.6.)

Los $119,74 \text{ m}^3/\text{día}$ equivalen a $119,74 \times 2,095 / 506 = 0,496 \text{ m}^3 \text{ líq./día}$.

$$V_{\text{DEPO}} = \frac{C_{\text{TOTAL}} \times A}{0,65} = \frac{0,496 \text{ m}^3/\text{día} \times 30 \text{ día}}{0,65} = 22,9 \text{ m}^3$$

El depósito comercial más próximo por exceso es el de $24,35 \text{ m}^3$, de $1,75 \text{ m}$ de diámetro.

La autonomía real de éste depósito se obtiene al aplicar la fórmula:

$$A = \frac{0,65 \cdot V_{\text{DEPO}}}{C_{\text{dv}}}$$

En nuestro caso, $A = 0,65 \times 24,35 / 0,496 = 31,9$ días

Comprobación de la vaporización natural del depósito: El depósito elegido de $24,35 \text{ m}^3$ en las condiciones más desfavorable (para $t = 0^\circ \text{ C}$) y presión de salida 2 bar vaporiza $44,2 \text{ kg/h}$. (ver punto T3: 1.4.2). Si se reduce la presión de salida del regulador hasta $1,25 \text{ bar}$, el caudal pasa a ser de $67,9 \text{ kg/h}$.

El caudal máximo probable de la instalación común es:

$$Q_{\text{sc}} = 19,28 \text{ m}^3 / \text{h} \times 2,095 \text{ kg} / \text{m}^3 = 40,39 \text{ kg/h},$$

en cualquier caso, inferior al suministrable por el depósito, por lo que el depósito de $24,35 \text{ m}^3$ se acepta, con una autonomía de: $A = 31,9$ días.

Si el caudal de vaporización del depósito elegido fuera insuficiente para las necesidades punta que se pudieran tener, habría que tomar alguna de las soluciones siguientes:

- Mantener el depósito instalado e incorporar un vaporizador para elevar el caudal.
- Elegir un depósito más grande.
- Reducir la presión de salida del regulador para incrementar el caudal.

Para el cálculo de los diámetros de las conducciones, seguir lo indicado en los ejemplos anteriores.

T3: 1.6.4 Ejemplo 4: Cálculo de instalación industrial de GLP

En este último ejemplo abordamos una instalación industrial con varios tipos de aparatos. Se encuentra ubicada en zona climática B con temperatura de cálculo de 2° C (Figura 1.6.4a).

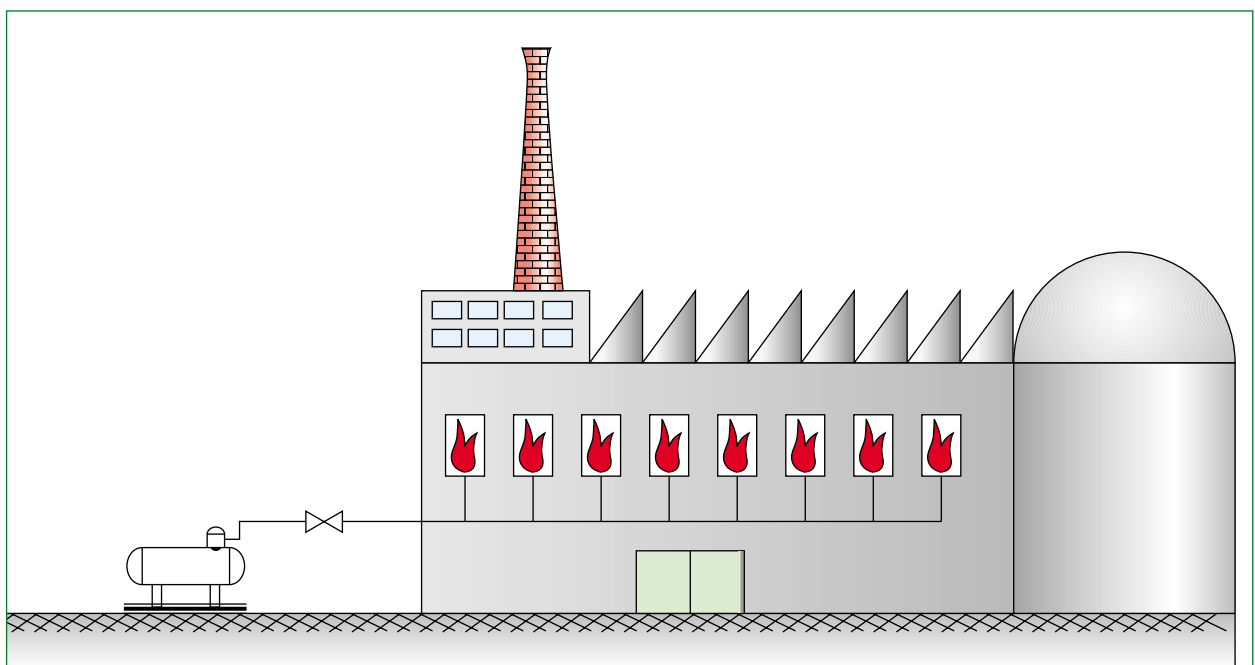


Figura 1.6.4a

Dispondremos de dos hornos de secado, una caldera para agua caliente, una caldera de calefacción y cuatro hornos de fusión cuyas potencias de cálculo son las siguientes:

Horno de secado	42 kW x 2 =	84 kW
Caldera para A.C.S.	35 kW x 1 =	35 kW
Caldera de calefacción	230 kW x 1 =	230 kW
Horno de fusión	700 kW x 2 =	1 400 kW
	Total:	1 749 kW

Grado de gasificación: El grado de gasificación será 3, debido a que la suma de las potencias de cálculo supera los 70 kW.

El caudal de simultaneidad o caudal máximo probable (Q_{TOTAL}), será la suma de todos los caudales.

$$Q_{HS} = \frac{42}{29,23} = 1,44 \text{ m}^3/\text{h} \rightarrow Q_{HS} = 1,44 \times 2 = 2,88 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_{ACS} = \frac{35}{29,23} = 1,20 \text{ m}^3/\text{h} \rightarrow Q_{ACS} = 1,20 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_{CAL} = \frac{230}{29,23} = 7,87 \text{ m}^3/\text{h} \rightarrow Q_{CAL} = 7,87 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_{HF} = \frac{700}{29,23} = 23,94 \text{ m}^3/\text{h} \rightarrow Q_{HT} = 23,94 \times 2 = 47,88 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_{TOTAL} = 2,88 + 1,20 + 7,87 + 47,90 = 59,83 \text{ m}^3/\text{h}$$

Valor equivalente en masa: $Q_{TOTAL} = 59,83 \text{ m}^3/\text{h} \times 2,095 \text{ kg}/\text{m}^3 = 125,34 \text{ kg}/\text{h}$

Para el cálculo del volumen del depósito necesario impondremos una autonomía mínima de $A = 15$ días.

Tiempo de funcionamiento diario de los aparatos: Los tiempos estimados son los siguientes:

Horno de secado	$T_{DIARIO} = 6 \text{ h}/\text{día}$
Caldera para A.C.S.	$T_{DIARIO} = 4 \text{ h}/\text{día}$
Caldera de calefacción	$T_{DIARIO} = 8 \text{ h}/\text{día}$
Horno de fusión	$T_{DIARIO} = 8 \text{ h}/\text{día}$

Consumo diario: el consumo diario de cada aparato (producto del caudal por el tiempo de funcionamiento), y por consiguiente el total, será:

Horno de secado	$Cd_{HS} = 2,88 \text{ m}^3/\text{h} \times 6 \text{ h}/\text{día} = 17,28 \text{ m}^3/\text{día}$
Caldera para A.C.S.	$Cd_{ACS} = 1,20 \text{ m}^3/\text{h} \times 4 \text{ h}/\text{día} = 4,80 \text{ m}^3/\text{día}$
Caldera de calefacción	$Cd_{CAL} = 7,87 \text{ m}^3/\text{h} \times 8 \text{ h}/\text{día} = 62,96 \text{ m}^3/\text{día}$
Horno de fusión	$Cd_{HF} = 47,88 \text{ m}^3/\text{h} \times 8 \text{ h}/\text{día} = 383,04 \text{ m}^3/\text{día}$
$C_{TOTAL} =$	$= 468,08 \text{ m}^3/\text{día}$

Su valor másico será:

$$C_M = 468,08 \text{ m}^3/\text{día} \times 2,095 \text{ kg}/\text{m}^3 = 981 \text{ kg}/\text{día}$$

El volumen que ocupa en fase líquida: $981/506 = 1,938 \text{ m}^3 \text{ líq.}/\text{día}$

El volumen de depósito necesario para quince días de Autonomía, será:

$$V_{DEPO} = \frac{C_{liq-v} \cdot A}{0,65} = \text{m}^3$$

En nuestro caso: $1,938 \times 15 / 0,65 = 44,7 \text{ m}^3$

Para estas exigencias de autonomía puede ser válido un depósito de $49,5 \text{ m}^3$ cuyas características principales son:

Carga máxima (al 85%)	21 289 kg
Superficie exterior	97,6 m ²
Diámetro del cilindro	2,2 m

Comprobación de la vaporización natural del depósito: Las necesidades de caudal de la instalación, en unidades másicas, calculadas anteriormente, son:

$$Q_{M-TOTAL} = 59,83 \text{ m}^3/\text{h} \times 2,095 \text{ kg/m}^3 = 125,34 \text{ kg/h}$$

El caudal de vaporización natural que nos ofrece el depósito elegido dependerá de la presión de salida del regulador y de la temperatura mínima del lugar de emplazamiento. Estos valores se toman de la tabla facilitada por el fabricante del depósito y que se encuentra en el punto T3: 1.4.2.

Para una temperatura de cálculo de 0° C (inmediata inferior a 2° C), los valores del caudal de vaporización están dados en la tabla siguiente donde se encuentran las características básicas de los volúmenes superiores:

CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DE LOS DEPÓSITOS				
Volumen	49,5 m ³	52,8 m ³	56 m ³	57,7 m ³
Carga máxima (al 85%)	21289 kg	22 709 kg;	24 085 kg	24 816 kg
Superficie exterior	97,6 m ²	103,7 m ²	109,9 m ²	112,9 m ²
Diámetro del cilindro	2,2 m	2,2 m	2,2 m	2,2 m
Caudales	108,8 y 71,2 kg/h	115,6 y 75,6 kg/h	122,6 y 80,1 kg/h	125,9 y 82,3 kg/h

En nuestro caso, el valor de 125,34 kg/h empieza a ser cubierto a partir del depósito de 57,7 m³.

Si no se desea disponer un depósito tan grande, se estudiará la incorporación de un vaporizador. El caudal obtenible con el vaporizador (Q_V) (ver T3: 2.21), deberá ser un 30 % mayor que el de las necesidades másicas:

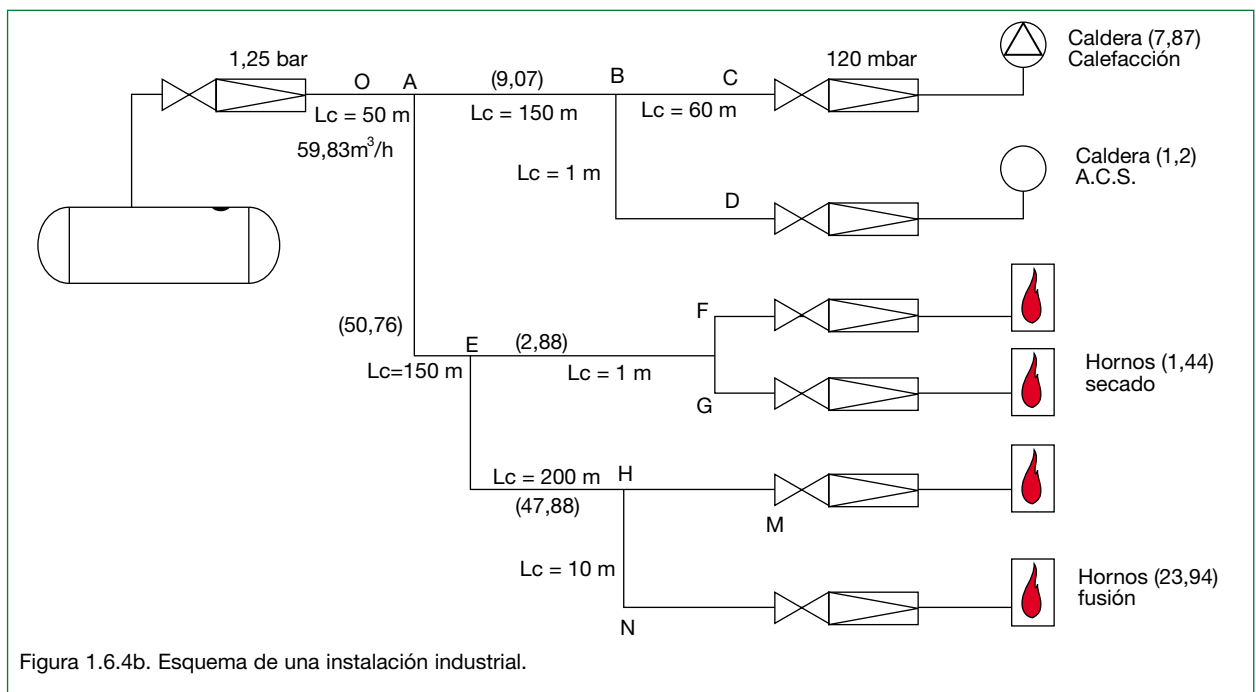
$$Q_V = 1,3 \times Q_{M-TOTAL} = 1,3 \times 125,34 = 163 \text{ kg/h}$$

La potencia de la caldera que alimente al vaporizador deberá tener una potencia de: (ver punto 2.16 sobre de vaporizadores).

$$P_{CALEF} = \frac{Q_V \times 0,11}{0,8} = \frac{163 \times 0,11}{0,8} = 22,41 \text{ kW}$$

siendo 0,11 kWh/kg, el calor latente de vaporización del propano y 08 el rendimiento considerado.

Cálculo de la conducción: En las instalaciones industriales, los reguladores de BP se sitúan a la entrada de cada aparato. El cálculo de los diámetro mínimos necesarios para la instalación se realiza por tramos (Figura 1.6.4b).



En el esquema de la instalación se encuentran anotadas las longitudes de cálculo (se obtiene al multiplicar por 1,2 las longitudes geométricas) de los tramos entre la salida del regulador del depósito y la entrada de los reguladores de aparatos.

La presión de salida del regulador del depósito es de 1,25 bar. Al ser instalación industrial no se limitan las presiones como es el caso del gas canalizado, por lo que el diseño se simplifica con solo dos escalonamientos: El primero impuesto por la vaporización deseada, y el segundo mediante reguladores de BP a 37 mbar, cuya presión mínima a la entrada es de 120 mbar.

Esto hace que la pérdida de carga disponible en los tramos de MP será de $PCd = 1,25 - 0,12 = 1,13$ bar.

Las presiones en los nudos intermedios se han de elegir aplicando el sistema de la "J", consistente en hacer un reparto de la pérdida de carga disponible proporcionalmente entre las longitudes de cálculo de los tramos.

Las longitudes de los cuatro cursos (itinerarios) están dadas en la tabla siguiente:

LONGITUD DE TRAMOS								
CURSOS	OA	AB	BC	BD	AE	EFG	EH	HN
VOABC = 50 + 150 + 60 = 260 m	50	150	60					
OABD = 50 + 150 + 1 = 201 m	50	150		1				
OAEG = 50 + 150 + 1 = 201 m	50				150	1		
OAEHN = 50 + 150 + 200 + 10 = 410 m	50				150		200	10
CAUDALES m ³ /h	59,83	9,07	7,87	1,2	50,76	2,88	47,88	23,94

El curso o itinerario principal es el OAEHN cuya longitud es $L_c = 50 + 150 + 200 + 10 = 410$ m

Cálculo del primer itinerario principal: Se elige el itinerario principal, el de mayor pérdida de carga, que en este caso será el OAEHN, cuya longitud es $L_c = 410$ m.

La "J" (pérdida de carga disponible por metro de conducción) del itinerario principal será:

$$J = 1,13 \text{ bar} / 410 \text{ m} = 0,002756 \text{ bar/m}$$

Al tramo OA, de 50 m de longitud, le corresponderán 50 "J" de pérdida de carga, por lo tanto $50 \times 0,002756 = 0,1378$ bar. La presión al final del tramo será: $1,250 - 0,1378 = 1,1122$ bar

Al resto de los tramos, les corresponderá lo indicado en la siguiente tabla, en donde se incluyen los caudales previstos y las longitudes de cálculo de cada tramo:

	TRAMO	CAUDAL	LONGITUD DE CÁLCULO (Lc)	PÉRDIDA DE CARGA ADMISIBLE (PCd)	PRESIÓN INICIAL	PRESIÓN FINAL
ITINERARIO OAEHN		m ³ /h	Lc	PCd = JOTA x Lc	Pi	Pf = Pi - PCd
	OA	59,83	50 m	0,1378 bar	1,25 bar	1,1122 bar
	AE	50,76	150 m	0,4134 bar	1,1122 bar	0,7086 bar
	EH	47,88	200 m	0,5512 bar	0,7086 bar	0,1574 bar
	HM	23,94	1	0,0027 bar	0,1574 bar	0,1546 bar
	HN	23,94	10	0,0027 bar	0,1574 bar	0,1546 bar

Cálculo del segundo itinerario: Para el siguiente itinerario, el OABC, se calcula nuevamente la "J":

El tramo OA ya está calculado, por lo que se calcula la "J" para el resto: ABC.

La pérdida de carga disponible será $(1,1122 - 0,12) = 0,9922$

La "J" valdrá: $0,9922 / (150 + 60) = 0,00472$ bar/m

	TRAMO	CAUDAL	LONGITUD DE CÁLCULO (Lc)	PÉRDIDA DE CARGA ADMISIBLE (PCd)	PRESIÓN INICIAL	PRESIÓN FINAL
ITINERARIO ABC		Q	Lc	PCd = JOTA x Lc	Pi	Pf = Pi - PCd
	AB	9,07 m ³ /h	150 m	0,708 bar	1,1122 bar	0,4042 bar
	BC	7,87 m ³ /h	60 m	0,2832 bar	0,4042 bar	0,121 bar

Las presiones aquí manejadas son valores relativos mientras que para aplicar la fórmula de Renouard se han de convertir en absolutas (por tratarse de gas a MP). Para ello se deberá añadir el valor de la presión atmosférica normal = 1,01325 bar.

Las presiones en los nudos quedan reflejadas en el esquema.

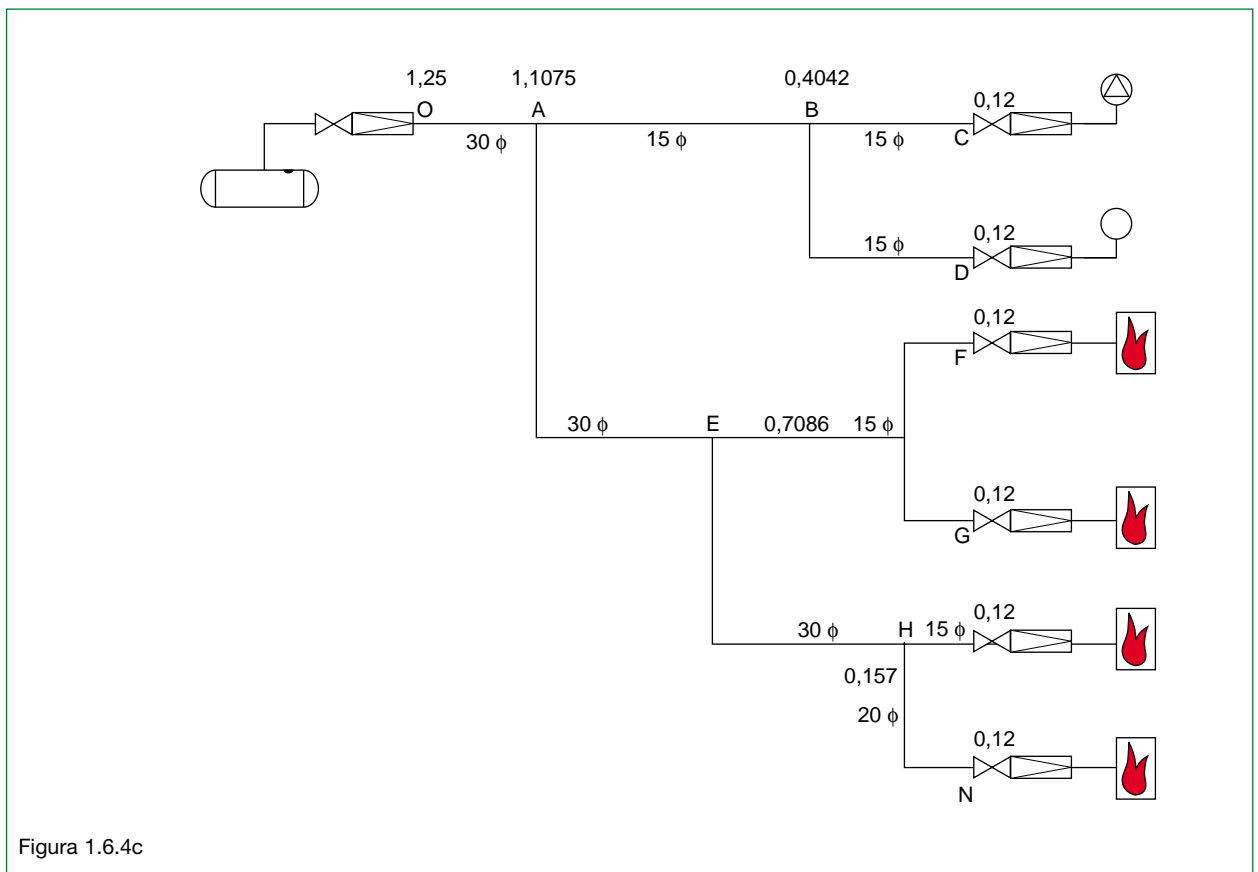
La fórmula usada es la de Renouard para MP:

$$P_A^2 - P_B^2 = 51,5 \cdot 1,16 \cdot L_c \cdot Q^{1,82} / D^{4,82}, \text{ en donde } 51,5 \times 1,16 = 59,74$$

Los pasos a realizar se simplifican reuniéndolos en una hoja de cálculo:

TRAMO	Pi abs.	Pi ²	Pf abs.	Pf ²	Pi ² - Pf ² = P	Q ^{1,82}	Lc	R=59,74 · · Lc · Q ^{1,82}	R/P	D = (R/P) ^{1/4 · 82}
OA	2,26325	5,12230	2,12075	4,49758	0,62472	1713,93	50	5119509	8194886	27,2 (30)
AE	2,12075	4,49758	1,69325	2,86709	1,63049	1270,72	150	11386922	6983742	26,3 (30)
EH	1,69325	2,86709	1,12325	1,26169	1,60540	1142,56	200	13651306	8503367	27,4 (30)
AB	2,12075	4,49758	1,38683	1,92329	2,57429	55,315	150	95677	192549	12,5 (15)
BC	1,38683	1,92329	1,09325	1,19519	0,72810	42,72	60	153126	210309	12,7 (15)
BD	1,38683	1,92329	1,09325	1,19519	0,72810	1,39	1	83	114	2,6 (15)
EF/G	1,69325	2,86709	1,09325	1,19519	1,6719	6,86	1	409	244,6	3,1 (15)
HM	1,17025	1,3695	1,13325	1,28425	0,08525	23,94	1	19331,7	226765	12,9 (15)
HN	1,17025	1,3695	1,13325	1,28425	0,08525	23,94	10	193317,5	2267653	20,8 (20)

En los tres primeros tramos se eligen tuberías de 30 mm. de diámetro interior, como mínimo. En los dos últimos, se seleccionan de 15 mm (Figura 1.6.4c).

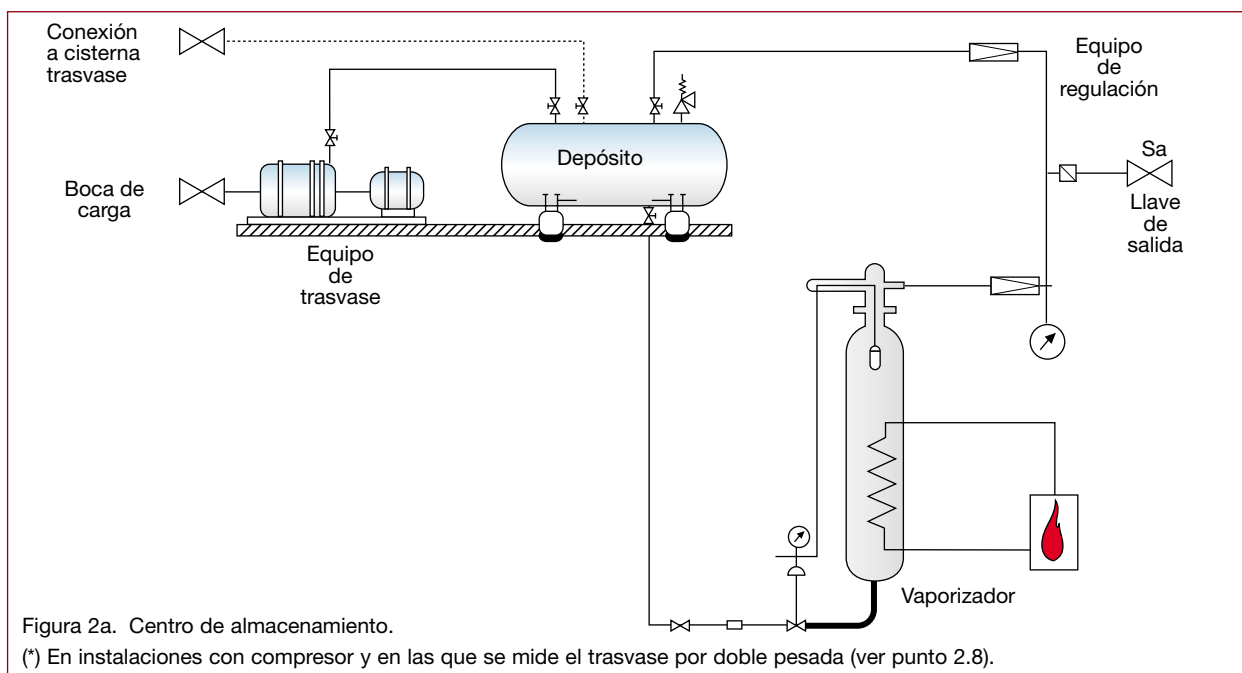


T3: CAPÍTULO 2: CENTROS DE ALMACENAMIENTO. DEPÓSITOS

El “reglamento sobre instalaciones de almacenamiento de GLP en depósitos fijos para su consumo en instalaciones receptoras” (RDF) es la normativa que regula este tipo de instalaciones. (O.M. de 29/01/86, BOE núm. 46 de 22/02/86 y 138 de 10/06/86).

Un centro de almacenamiento se compone por el conjunto o parte de los siguientes elementos (Figura 2a):

- Boca de carga
- Depósitos con su valvulería y dispositivos de medida y seguridad
- Equipo de trasvase (ET) ⁽¹⁾
- Equipo de vaporización (EV) ⁽²⁾
- Equipo de regulación (ER) ⁽³⁾
- Equipo de seguridad (ES) ⁽⁴⁾
- Instalaciones complementarias ⁽⁵⁾
- Llave de salida (Sa)



Almacenamiento de GLP mediante depósito fijo:

Los depósitos son recipientes destinados a contener los GLP en estado (fase) líquido, bajo presión, para su almacenamiento y consumo.

Estos depósitos se llenan “in situ” mediante camión cisterna. La toma de gas para utilización se realiza a través de conducción fija.

Los depósitos pueden ubicarse aéreos, enterrados o semienterrados (Figura 2b):

- Depósitos de superficie o aéreos son los situados al aire libre y cuya generatriz inferior queda a nivel superior del terreno.
- Depósitos enterrados son los situados enteramente por debajo del terreno circundante. Su generatriz superior debe distar entre 30 y 50 cm del terreno. Una profundidad mayor dificultaría los trabajos de trasvase.
- Depósito semienterrado es el depósito no situado enteramente por debajo del terreno circundante pero que, cumpliendo una serie de requisitos, es considerado como si estuviera enterrado.

(1) Equipo de trasvase. Compuesto por bombas o compresores para poder trasvasar el GLP de un depósito a otro.

(2) Equipo de vaporización. Compuesto de vaporizador y elementos complementarios para producir la vaporización forzada del GLP

(3) Equipo de regulación. Compuesto por el/los regulador(es) y el elemento de seguridad contra sobrepresión

(4) Equipo de seguridad. Dispositivos destinados a la protección de las personas y las cosas, como las válvulas de seguridad por alivio de presión, protección contra la corrosión, contra el fuego, etc.

(5) Instalaciones complementarias. tales como carteles de prevención, vestimenta de protección, linternas, alarma, explosímetro, etc.

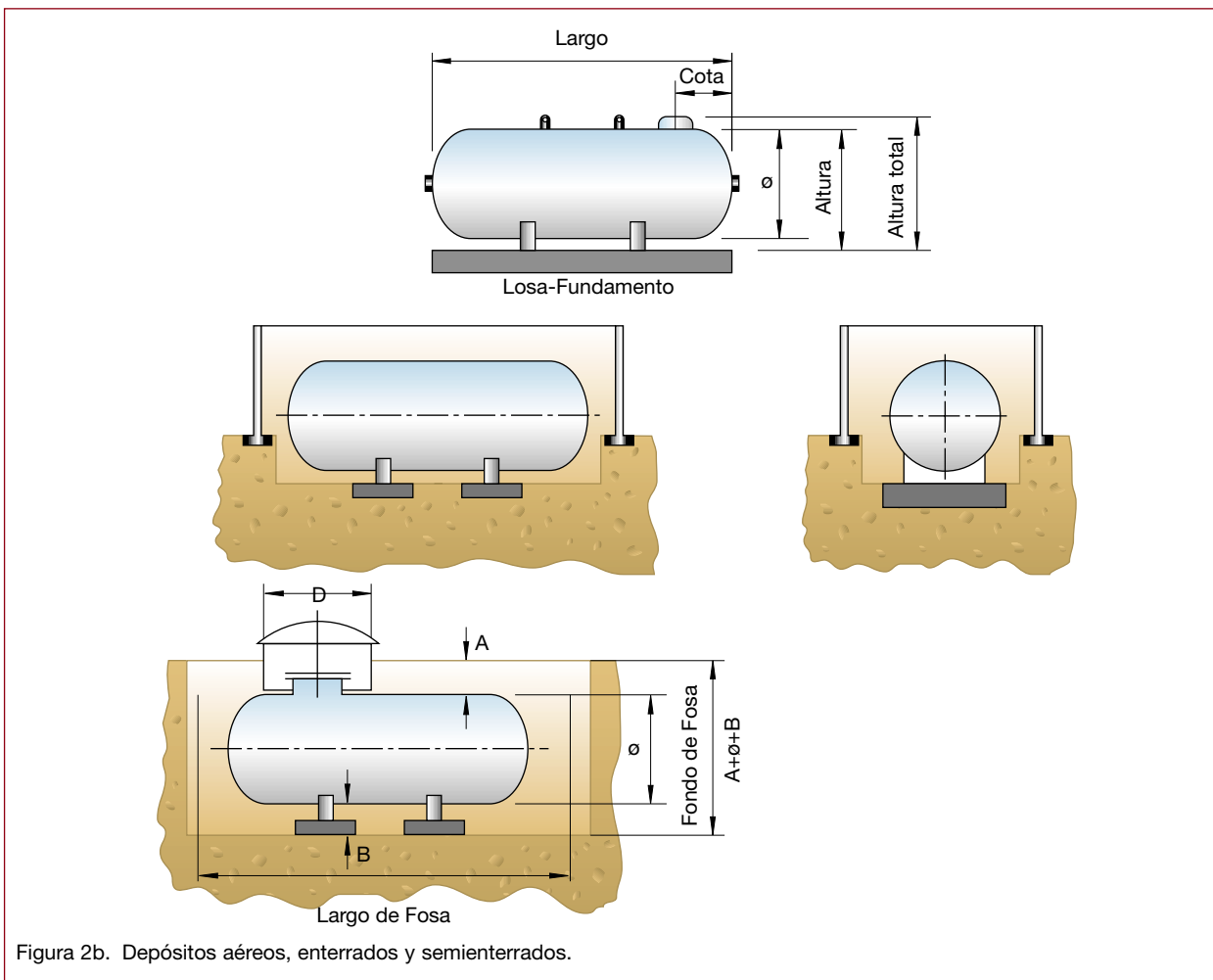


Figura 2b. Depósitos aéreos, enterrados y semienterrados.

Se considerarán depósitos pequeños a los de volumen hasta los 20 m³ y grandes los mayores.

El diseño de un depósito tiene en cuenta la presión máxima de trabajo (de timbre) correspondiente al GLP a contener. Dicha presión es la resultante de la temperatura de 60° C. que es de unos 20 bar (se toma la del propano). La presión de prueba del depósito es un 30 % superior a dicha presión (26 bar).

Los depósitos cilíndricos se componen de una virola con sendos fondos en sus extremos que pueden ser casquetes semiesféricos o elípticos, a tener en cuenta al considerar las distancias de seguridad (D_p) desde las paredes del depósito.

Las superficies externas de los depósitos se han de proteger contra la corrosión mediante revestimiento adecuado. Los depósitos de superficie se entregan con pintura protectora en blanco y los destinados a ser enterrados, con recubrimiento protector contra la corrosión y con arqueta para contener los accesorios.

Según la reglamentación vigente, los depósitos deberán llevar dos placas de datos:

- Placa de diseño: a suministrar por el OTC, con indicación de la presión de diseño y máxima de servicio, número de registro del depósito y fecha de la primera y sucesivas pruebas de presión (retimbrados).
- Placa de identificación, indicando fabricante, número de fabricación, volumen (m³), diámetro, Superficie exterior, etc.

Una vez en funcionamiento, los depósitos han de quedar protegidos contra los agentes y acciones externas según sea la ubicación del depósito:

- Los aéreos hasta 20 m³, cubiertos con una capota.
- Los enterrados, en arqueta con tapa.

En ambos casos, protegidos con cerradura o quedando el depósito en recinto cercado.

Los elementos mínimos (ver punto T3:2.8 "Equipo de control y maniobra") a incorporar en los depósitos son: Boca de carga (puede ir desplazada por exigencias de distancia al aparcamiento o por existir equipo de trasvase), indicadores de nivel, de lectura continua y otro para máximo llenado (punto alto), manómetro de lectura directa, válvula de seguridad por alivio de presión, tomas de fase líquida y otra de fase gaseosa, con válvulas de exceso de flujo, drenaje y borna de toma de tierra.

El grado máximo de llenado será el 85 % en volumen, considerando la masa en volumen del gas a 20° C

Cuando puedan existir grandes diferencias de temperatura en un mismo día, en verano o en invierno, se recomienda no pasar del 80 % el grado de llenado. (pensar que en el propano, por cada grado que aumente su temperatura, el volumen aumenta un 0,324 %).

Criterios de selección de los depósitos

Los depósitos aéreos presentan, respecto a los enterrados, una mayor facilidad de inspección, limpieza y mantenimiento, mientras que los enterrados resultan más estéticos y con mejor protección mecánica contra agentes externos y requieren menor espacio utilizado ya que las distancias de seguridad a mantener son menores.

Los depósitos enterrados requieren una obra civil más costosa que los aéreos (se ha de pensar en las pruebas de presión reglamentarias). Por otro lado, su vaporización se ve disminuida en zonas normales.

Los depósitos semienterrados se elegirán cuando exista impedimento justificado como terreno rocoso, terreno con pendiente pronunciada o la capa freática sea alta.

T3: 2.1 Clasificación de los centros de almacenamiento

De acuerdo con la suma de volúmenes geométricos de todos los depósitos existentes en el centro de almacenamiento y de su ubicación, éstos se clasifican en los siguientes grupos:

AÉREOS	
Denominación	Volumen del Centro de almacenamiento
A-0	Hasta 5 m ³
A-1	Mayor de 5 m ³ , hasta 10 m ³
A-2	Mayor de 10 m ³ , hasta 20 m ³
A-3	Mayor de 20 m ³ , hasta 100 m ³
A-4	Mayor de 100 m ³ , hasta 500 m ³
A-5	Mayor de 500 m ³ , hasta 2 000 m ³
ENTERRADOS O SEMIENTERRADOS	
Denominación	Volumen del Centro de almacenamiento
E-0	Hasta 5 m ³
E-1	Mayor de 5 m ³ , hasta 10 m ³
E-2	Mayor de 10 m ³ , hasta 100 m ³
E-3	Mayor de 100 m ³ , hasta 500 m ³

Existe la posibilidad de que la clasificación cambie con la nueva normativa.

No se permite enterrar o semienterrar depósitos de más de 60 m³ de capacidad unitaria

La capacidad de almacenamiento de cada grupo se encuentra en el punto T1: 1.1.1.

Las dimensiones de los depósitos no se han normalizado oficialmente. En los centros de almacenamiento, se autorizan los aéreos hasta un volumen total máximo de 2 000 m³ y los enterrados o semienterrados, hasta 500 m³ (volumen unitario máximo de 60 m³).

T3: 2.2 Estación de GLP

Estación de GLP es la superficie de terreno limitada por las distancias de seguridad según la referencia 4 que figura en el cuadro de distancias (ver punto T3: 2.2.1) en función con la clasificación efectuada en el punto T3: 2.1.

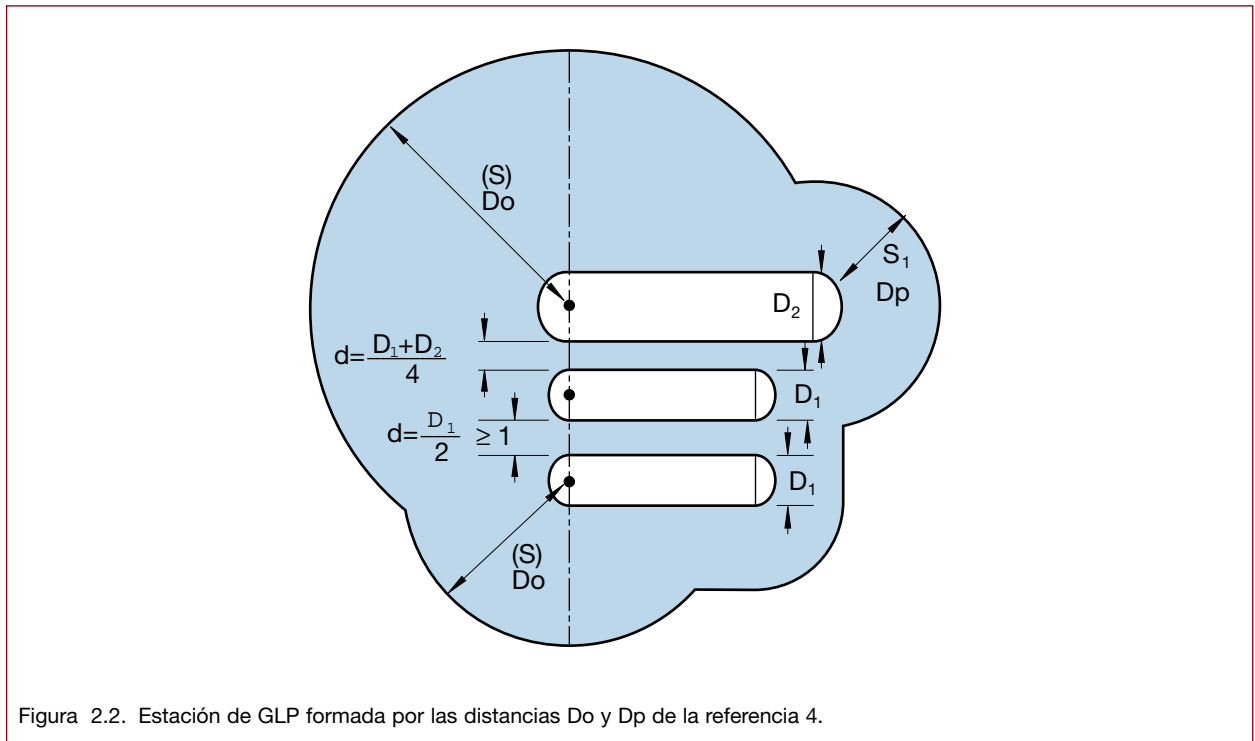
Las distancias de seguridad (Do y Dp) son aquellas mínimas que se han de guardar entre el depósito y los diferentes puntos para los que el almacenamiento de GLP puede representar algún riesgo (inmuebles, vías, sótanos, alcantarillas, desagües, etc.) o desde los que pueden provenir algún riesgo (límite de propiedad, "puntos calientes", vías públicas, etc.).

Según la normativa, a partir de las distancias de seguridad, los riesgos de que se formen mezclas explosivas dentro de los límites de inflamabilidad, son de menor consideración.

Do Distancia medida desde los "orificios" del depósito. También designada por S.

Dp Distancia medida desde el perímetro del depósito. También designada por S1

Orificios son cualquier abertura de un depósito de GLP, no cerrada por medio de tapones roscados o bridas ciegas por donde, en su función normal, puede dar lugar a una eventual salida de gas. Son orificios, las válvulas de seguridad y las bocas de carga situadas en el depósito (no alejadas). Se considerará la más alta.



Según estas distancias, no todo el Centro de almacenamiento queda en el interior de la Estación. Para obviarlo, sería necesario que el reglamento estableciera distancias de seguridad no solo alrededor del depósito, sino también alrededor del resto de los equipos.

T3: 2.2.1 Diseño constructivo del centro de almacenamiento de GLP

Al proyectar el Centro de almacenamiento se han de tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Deberá estar cubierto mediante una solera de hormigón con cuantía mínima de 150 kg de cemento por m^3 , y de al menos de 10 cm de espesor
- Los depósitos han de respetar las distancias de seguridad establecidas. Ver tabla de página siguiente.
- Los depósitos cilíndricos se instalarán con su eje longitudinal sensiblemente horizontal, con una ligera inclinación hacia el orificio de drenaje en los de superficie.
- La zona de ubicación de los depósitos será horizontal (referencia 1 del cuadro de distancias).
- Cuando se instalen varios depósitos en un mismo Centro, ubicarlos de forma que no se pueda producir el sobrellenado de uno a costa de los otros, utilizando válvulas de retención o colocándolos con la generatriz superior al mismo nivel. Figura 2.3.1b.
- Aparcamiento del camión cisterna. La maniobra necesaria para salir del Centro deberá resultar fácil. (El camión cisterna se deberá situar en posición de salida antes de comenzar la descarga).
- Si no se puede ubicar el depósito a una distancia del aparcamiento destinado a la cisterna, inferior a la longitud de las mangueras (unos 30 m), se deberá situar la boca de carga a distancia. La longitud física de las mangueras alcanza los 40 m, pero la eficaz es unos metros menos.
- Para volúmenes grandes se recomienda dividir la capacidad entre depósitos de menor volumen, según características de la instalación. Disponer de dos depósitos ofrece ventajas en su mantenimiento y suministro, lo que resulta imprescindible en instalaciones industriales.
- A igualdad de volumen, elegir los de menor diámetro para conseguir una mayor superficie mojada y una mayor vaporización.
- Cuando los depósitos, en función de su capacidad, lleven apoyos de hormigón en lugar de patas —con zapatas—, se intercalará entre el depósito y estos apoyos juntas de neopreno para evitar un contacto directo.

TABLA DE DISTANCIAS DE SEGURIDAD											
Instalación	Grupo	Volumen m ³	Distancia	Referencias							
				1	2	3	4A	4B	5	6	
Aérea	A0	≤ 5	Do (S)				3	3	6	3	
			Dp (S1)	0,60	1,25	0,60	2	2		3	
	A1	≤ 10	Do (S)				5	5	10	3	
			Dp (S1)	0,60	1,25	0,60	3	3		3	
	A2	≤ 20	Do (S)				7,5	7,5	15	3	
			Dp (S1)	1	1,25	1	5	5		3	
	A3	≤ 100	Do (S)				10	10	20	3	
			Dp (S1)	1	3	5	7,5	7,5		3	
	A4	≤ 500	Do (S)				15	15	30	3	
			Dp (S1)	1	5	5	10	10		3	
	A5	≤ 2 000	Do (S)				30	30	60	3	
			Dp (S1)	2	10	7,5	20	20		3	
	Resto	E0	≤ 5	Do (S)	0,8	1,5	0,8	3	3	6	3
		E1	≤ 10	Do (S)	0,8	2	1	4	4	8	3
E2		≤ 100	Do (S)	0,8	3	2	5	5	10	3	
E3		≤ 500	Do (S)	0,8	5	3	10	10	20	3	

Referencia 1: Espacio libre alrededor de la proyección sobre el terreno del depósito. Quedará horizontal para facilitar el desplazamiento del equipo de extinción de incendios.

Referencia 2: Distancia al *cerramiento*. El recinto no podrá contener elementos ajenos al servicio.

Referencia 3: Distancia a *muros* o paredes ciegas (R-120 como mínimo).

Referencia 4A: Distancia a límite de propiedad, proyección de líneas aéreas de alta tensión.

Referencia 4B: Distancia a aberturas de inmuebles, aberturas de sótanos, aberturas de alcantarillas, focos fijos de inflamación, motores fijos de explosión, vías públicas, férreas o fluviales navegables equipos eléctricos no protegidos, y desagües. Determina la Estación de GLP.

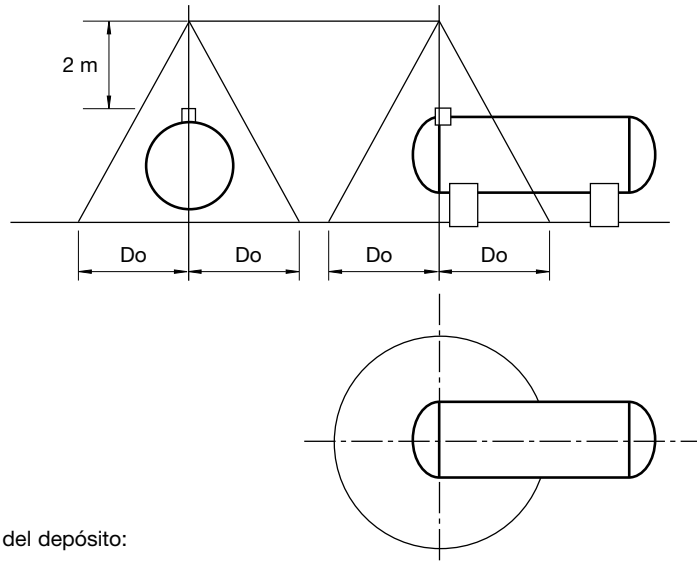
Referencia 5: Distancias a aberturas de edificios de uso docente, de uso sanitario, de hospedaje, de culto, de esparcimiento o espectáculo, de acuartelamiento, de centros comerciales, museos, bibliotecas o lugares de exposición públicos. Estaciones de servicio (bocas de almacenamiento y puntos de distribución).

Referencia 6: Distancia desde la *boca de carga* a la cisterna de trasvase.

Propuesta presentada oficialmente en el Congreso de CONAIF de 1.994:

- Se desglosa la referencia 4 en dos grupos (4A y 4B) porque el poder aplicar muros para reducir distancias de seguridad hasta el 50 % se refiere exclusivamente al grupo 4B. Dichas distancias se encuentran en recuadros con fondo oscuro.

Distancias desde orificios:



Distancias desde paredes del depósito:

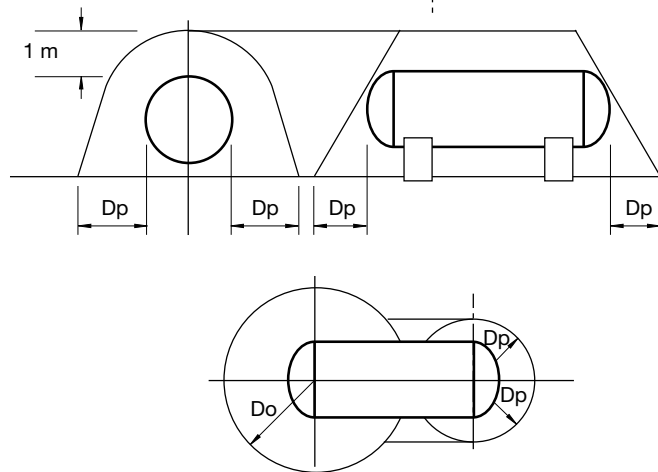


Figura 2.2.1. Modo de medir las distancias de seguridad

T3: 2.2.2 Cerramiento

Con el fin de impedir el acceso de personas ajenas al Centro de almacenamiento (*depósitos y equipos*) éste se ha de situar en un recinto delimitado, en los casos que así lo requiera la Normativa, por una *cerca* de 2 m de altura, como mínimo, metálica o de otro material incombustible que permita su ventilación. El cerramiento se encontrará a una distancia mínima del depósito señalada por la referencia 2 del cuadro de distancias de seguridad. (Figura 2.2.2a).

Cuando se utilicen muros o pantallas ⁽⁶⁾ reglamentarias estos podrán hacer la función de cerramiento si no impidan la correcta ventilación, debiendo tener entonces una altura mínima de 2 m. El suplemento entre 1,5 m del muro y los 2 m de la cerca, puede ser de malla metálica.

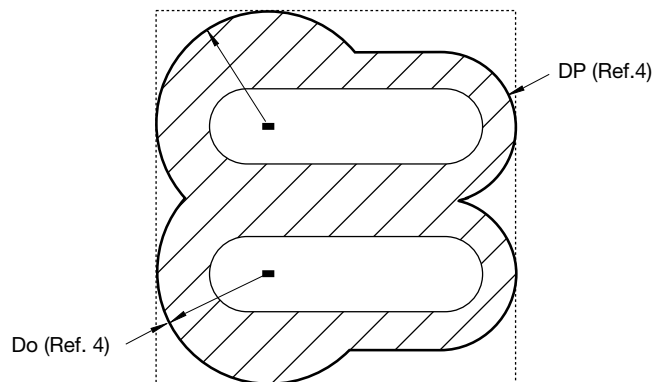


Figura 2.2.2a. Cerramiento. Distancias según referencia 2.

⁽⁶⁾ Muros o pantallas son construcciones que permiten reducir las distancias de seguridad. Ver punto 2.2.3.

Se podrá prescindir de cerramiento cuando los depósitos sean aéreos, de hasta 5 m³ o bien enterrados, de hasta 10 m³, en ambos casos sin equipo de trasvase o de vaporización y que no suministren a instalaciones que pertenezcan a lugares de pública concurrencia. En estos casos, la boca de carga, las llaves, equipos de regulación y los accesorios de los depósitos se encontrarán dentro de una arqueta o capota incombustible con su correspondiente cerradura (puede existir boca de carga a distancia, en una arqueta bajo llave). Igualmente se podrá prescindir de cerramiento cuando la instalación de GLP se encuentre en el interior de plantas industriales de productos petrolíferos y las autorizadas por el OTC.

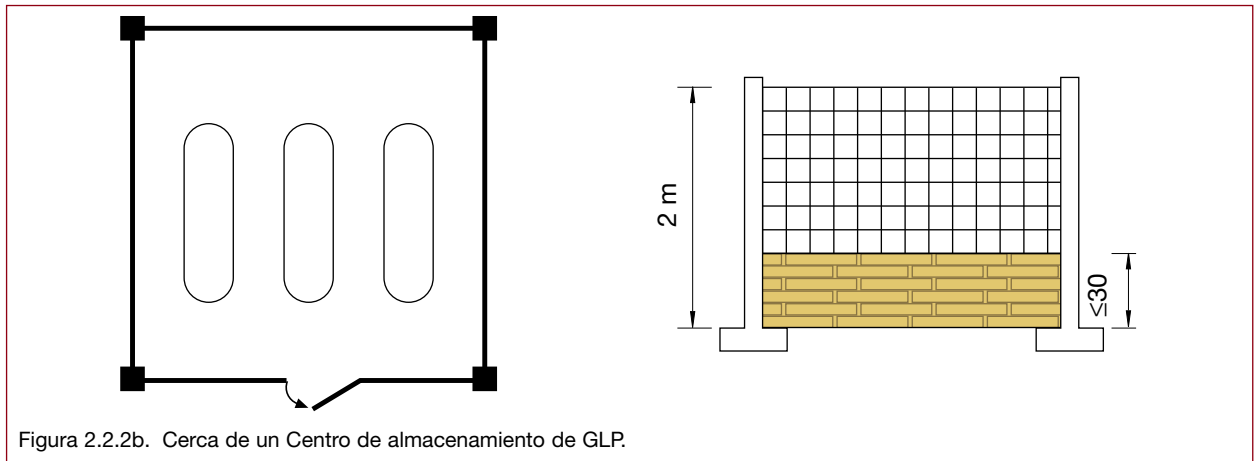


Figura 2.2.2b. Cerca de un Centro de almacenamiento de GLP.

El zócalo, cuando se construya, no podrá tener una altura superior a 30 cm.

Las puertas abrirán hacia el exterior y los cierres serán de accionamiento rápido manipulables desde el interior sin necesidad de llaves (Figura 2.2.2b).

T3: 2.2.3 Muros o pantallas

Los muros se pueden utilizar para reducir las distancias de seguridad (D_0) desde los orificios, hasta el 50 %, puesto que suponen un freno al eventual derrame de gas fugado por los mismos. Han de ser rectos, incombustibles (RF-120) (7), y sin abertura alguna (ciegos). La altura del muro, no inferior a 1,5 m, vendrá definida por el cateto AC del triángulo ABC formado en la figura (Figura 2.2.3a).

No se permite más de dos muros en una instalación.

- En los depósitos aéreos, la reducción afecta a todas las distancias desde los orificios.
- En los depósitos enterrados y semienterrados, afecta a las distancias de la referencia 5 (locales de pública concurrencia).

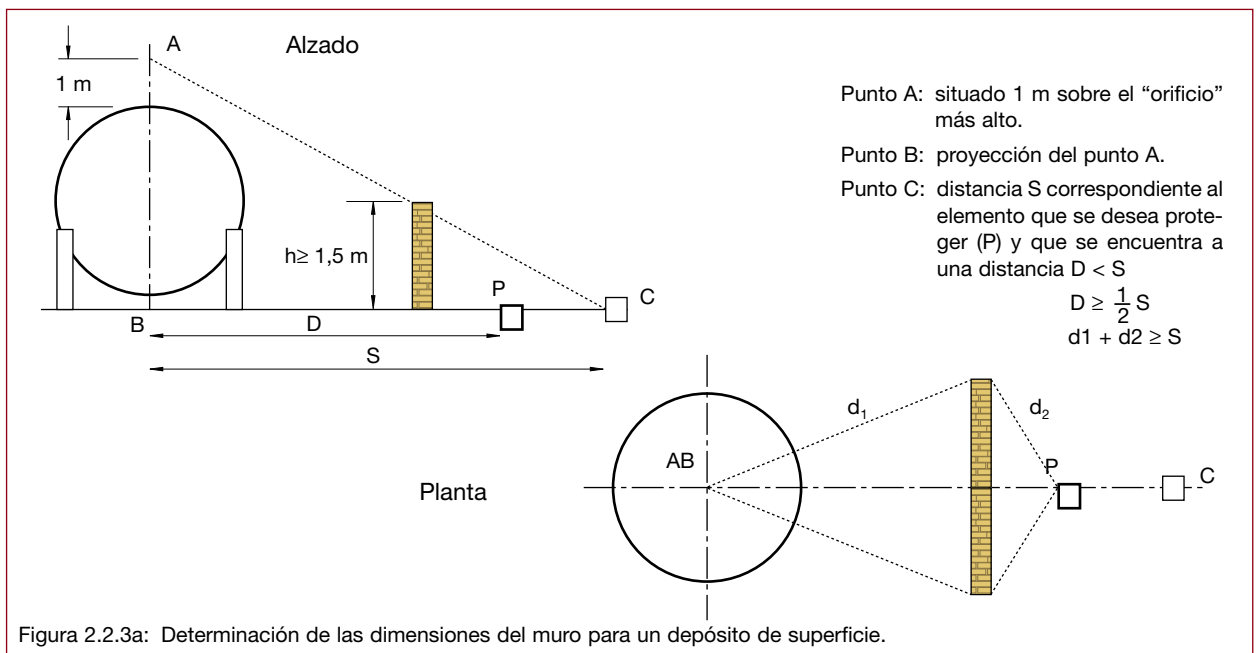


Figura 2.2.3a: Determinación de las dimensiones del muro para un depósito de superficie.

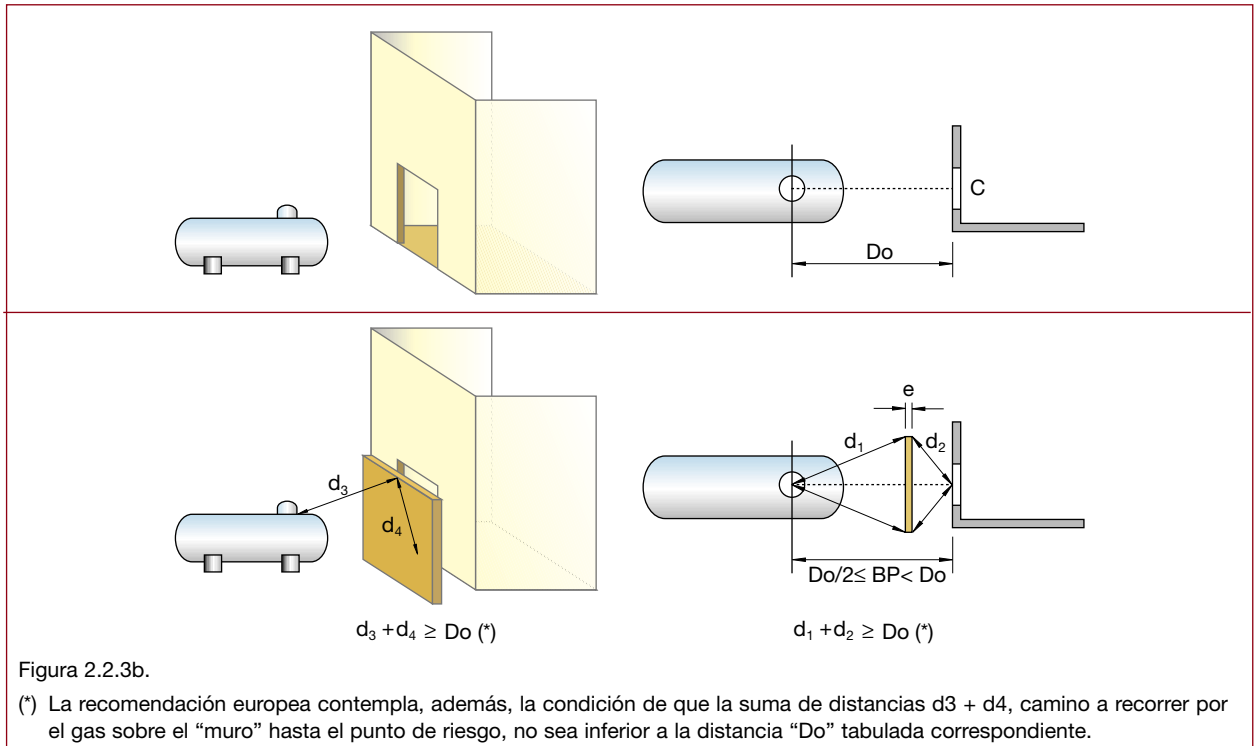
(7) RF = Resistencia al fuego: Grado de incombustibilidad de un material, medido según los criterios establecidos en la Norma Básica de la Edificación (NBE-CPI-82). Decir que la resistencia al fuego de un material es RF-120 significa que puede soportarlo durante 120 minutos sin quemarse o destruirse.

P es el punto que pretendemos proteger y el punto C representa la distancia de seguridad necesaria.

S es la distancia de seguridad correspondiente al punto P a proteger, es decir de B a C. (es superior a la disponible D).

Se ha de cumplir: $D \geq \frac{1}{2} S$

Condiciones adicionales del muro: La altura mínima será de 1,5 m y la longitud mínima será tal que se cumpla: $d_1 + d_2 \geq D_0$.



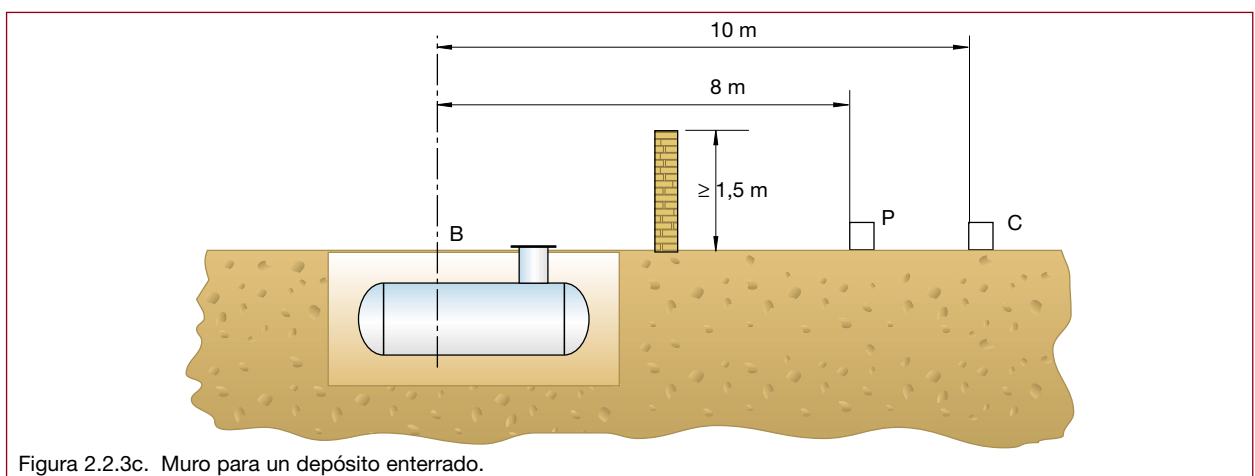
Ejemplo de aplicación en depósito de superficie: Supongamos que para poder colocar un depósito aéreo se ha de respetar una distancia "D" = 10 m a un elemento determinado "P" (límite de propiedad en A3) pero se dispone de una distancia "d" = 8 m insuficiente: "d" < "S", siendo: $d \geq \frac{1}{2} D$.

Se situará el punto imaginario A a 1 m sobre el orificio más alto del depósito. Se situará el punto C a 10 m de la proyección del punto A sobre el suelo. Se unirán los puntos A y C. El muro deberá alcanzar dicha hipotenusa que marca su altura mínima. Recordad que alrededor de 1 m del depósito (referencia 1) no debe existir construcción alguna.

Ejemplo de aplicación en depósito enterrado: Sea un depósito E2 que ha de respetar una D = 10 m a un hospital, pero se dispone de tan solo d = 8 m. Se cumple la condición: $8 \geq \frac{1}{2} 10$.

Sobre el orificio más alto del depósito se sitúa el punto A, a 1 m de altura. Como la altura mínima del muro es de 1,5 m, la solución geométrica de la hipotenusa no es de aplicación.

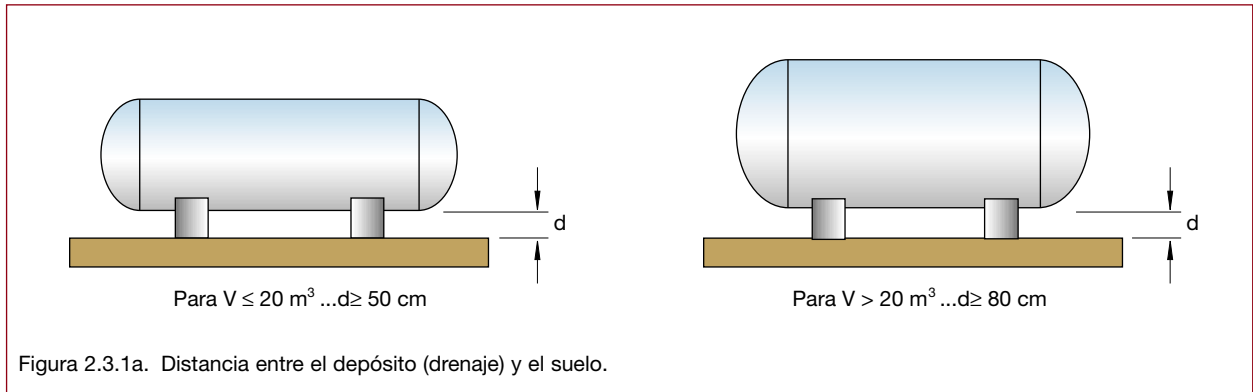
La longitud del muro se calculará del mismo modo que en los depósitos de superficie (Figura 2.2.3c).



T3: 2.3 Depósitos de superficie (aéreos)

T3: 2.3.1 Emplazamiento

En caso de existir más de un depósito en el Centro de almacenamiento, se emplazarán de forma que, caso de desplazamiento de uno de ellos en el sentido de su eje longitudinal no encuentre cortada su trayectoria por otro depósito del mismo Centro (emplazamiento paralelo) (Figura 2.3.1b).

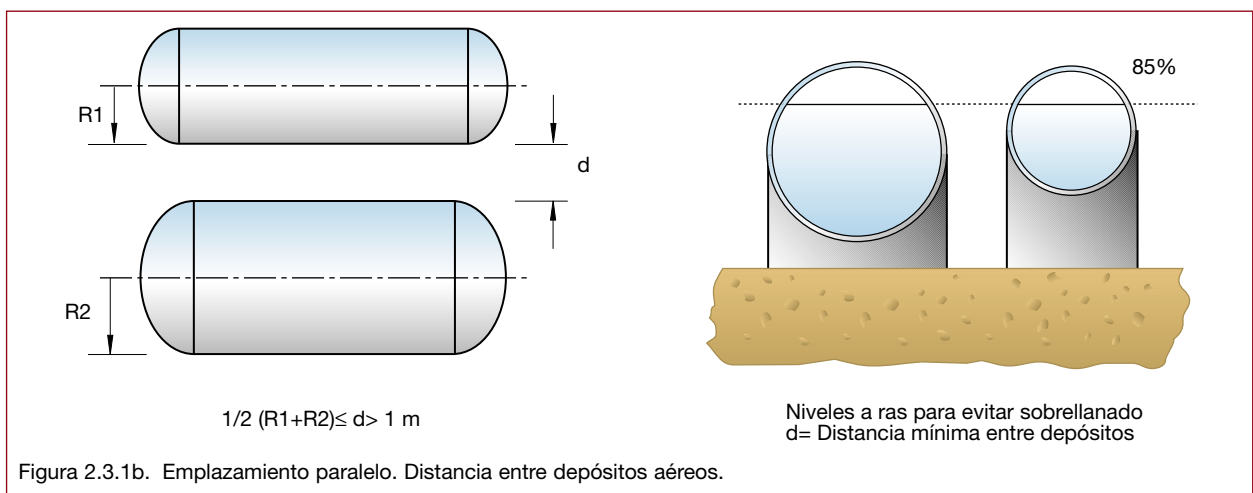


Los apoyos del depósito soportarán la carga que se produce en la prueba hidráulica ⁽⁸⁾. Deben estar anclados de tal forma que permitan las dilataciones y concentraciones de esfuerzos que puedan producirse.

El drenaje de los depósitos de hasta 20 m^3 no quedará a una distancia inferior a 50 cm del suelo. Para volúmenes superiores, la distancia mínima será de 80 cm . El eje longitudinal del depósito se encontrará con la inclinación suficiente para facilitar el drenaje (Figura 2.3.1a).

La distancia entre depósitos aéreos deberá ser al menos igual a la semisuma de sus respectivos radios R_1 y R_2 y como mínimo de 1 m (Figura 2.3.1b).

Se conectarán a tierra con una resistencia menor de 20Ω



T3: 2.3.2 Accesibilidad de los dispositivos del depósito. Escaleras

Para facilitar el acceso a los elementos "accesorios" del depósito (llenado, lectura, etc.), será obligatoria la existencia de un altillo, escalera o escalones, ya sean, metálicos o de fábrica, con objeto de que la distancia entre el punto más alto del depósito y el escalón superior esté situado como máximo a $1,5 \text{ m}$.

En los depósitos pequeños podrá ser uno o varios escalones de fábrica no distanciados del depósito más de 30 cm . En el caso de depósitos grandes puede ser conveniente el acoplar una escalera metálica fija al terreno para que los accesorios sean de fácil acceso. Cuando exista arqueta sobre el depósito, colocar la escalera en el lateral opuesto a donde se encuentren las bisagras (Figura 2.3.2).

⁽⁸⁾ Se ha de tener en cuenta que el agua pesa el doble que el propano y que con agua el depósito se llena al 100% .

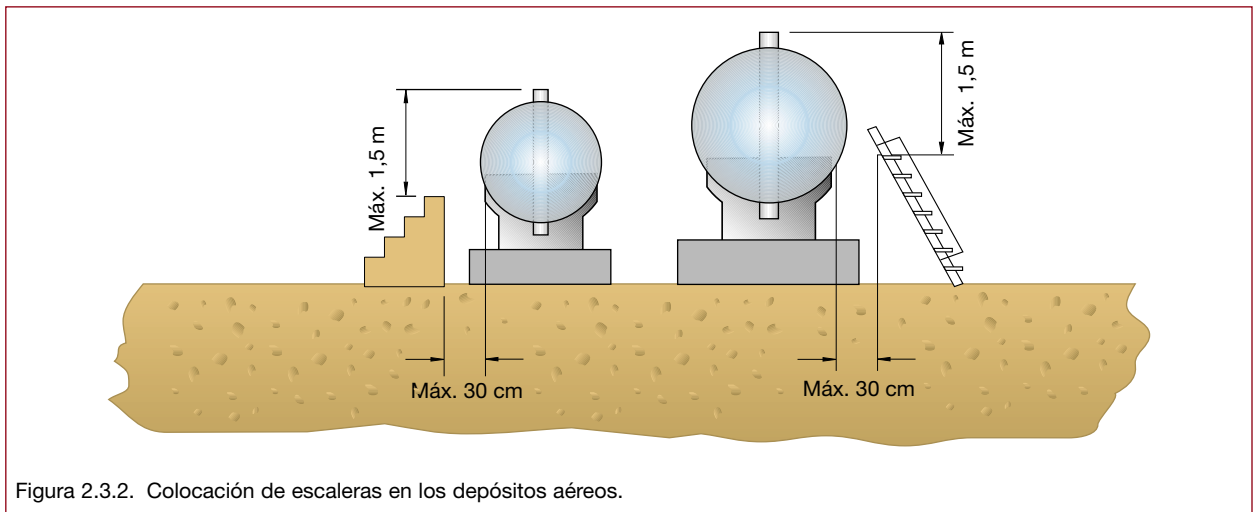


Figura 2.3.2. Colocación de escaleras en los depósitos aéreos.

T3: 2.4 Depósitos enterrados o semienterrados

Los depósitos enterrados deberán tener su generatriz superior entre 30 y 50 cm por debajo del nivel del terreno circundante. Profundidades mayores dificultarían las labores de llenado y mantenimiento (Figura 2.4.2).

Se consideran depósitos semienterrados a aquellos que por algún impedimento justificado (roca a escasa profundidad, terreno con pendiente pronunciada, nivel freático próximo, etc.), no puedan cumplir las condiciones de profundidad previstas para el caso de depósitos enterrados.

Los dispositivos acoplados en el depósito se encontrarán protegidos mediante arqueta con tapa de registro, debiendo quedar accesible desde el exterior y los aparatos de control fácilmente legibles. Se evitará pueda ser afectada por el paso de vehículos.

Los depósitos enterrados se situarán sobre fundación firme y anclados de forma tal que se impida su flotación, caso de inundación o subida de la capa freática (al ser el propano líquido más ligero que el agua, el conjunto, aún encontrándose lleno al 85 %, pesa menos que el agua que desaloja estando inundado).

El zunchado de los depósitos enterrados facilitan las operaciones de mantenimiento. Se puede emplear fleje o cable de acero de resistencia suficiente que atraviese la solera, cuyos extremos se anudan asegurando la unión mediante abrazaderas a presión por tornillo. El depósito puede quedar apoyado sobre la plataforma, sin utilizar espárragos de fijación (Figura 2.4).

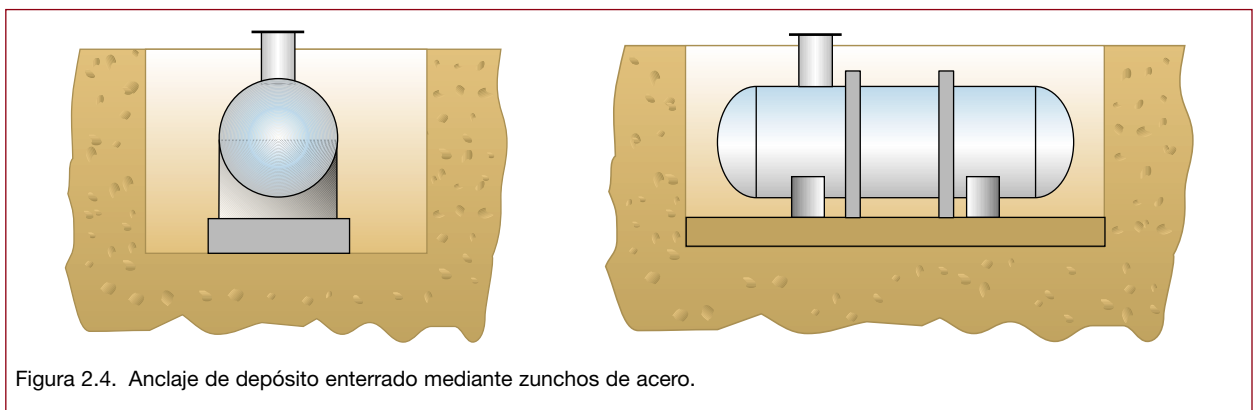


Figura 2.4. Anclaje de depósito enterrado mediante zunchos de acero.

T3: 2.4.1 Emplazamiento de los depósitos enterrados

Instrucciones a la Empresa instaladora:

- Los depósitos cilíndricos se instalarán con su eje longitudinal sensiblemente horizontal.
- Una fosa puede contener más de un depósito; en estos casos, la separación entre ellos será ≥ 1 m.
- La fosa ha de estar terminada a la llegada del depósito y cumplir las dimensiones mínimas establecidas en la normativa (ver Figura 2.4.2). Para fijar la profundidad se ha de tener en cuenta el definitivo suelo ya que puede modificarse el actual.
- El fondo de la fosa se ha de compactar antes de alojar al depósito.
- Colocar la capa de arena neutra en el fondo antes de depositar al depósito.
- El depósito quedará cubierto por una capa de arena neutra compactada, según reglamento. El grosor de los granos no ha de superar los 3 mm.

- Respetar las distancias de seguridad respecto a los cables eléctricos (recomendable $D > 0,8$ m), a otras conducciones y a los cimientos de los edificios.
- El camión grúa se ha de poder situar al borde de la fosa para descargar el depósito.
- Si el nivel freático fuera alto se deberá diseñar un semienterrado.
- La toma de tierra no debe quedar conectada a la protección catódica.
- Para evitar que el agua de lluvia pueda quedar estancada en el interior de la fosa, la solera no ha de cubrir el fondo totalmente para favorecer la filtración del agua.
- Directamente antes de colocar el depósito en su alojamiento se ha de comprobar el buen estado del aislamiento.
- Las deficiencias en el recubrimiento se han de corregir hasta conseguir los valores mínimos establecidos y se comprobará posteriormente si ha quedado de forma correcta. En la corrección de la resina se ha de aguardar el tiempo necesario para su endurecimiento.
- El depósito se alojará en la fosa sin recibir golpes. No se permite arrastrarlo ni rodarlo. Los depósitos con resina se alojarán utilizando correas para su transporte. Al utilizar las orejetas para su transporte, éstas quedarán dañadas perdiendo la protección contra la corrosión por lo que deberán recubrirlas nuevamente.
- Al instalarse la protección catódica se han de atender las instrucciones de montaje que indique el fabricante.
- Caso de existir protección catódica, los cables se tenderán utilizando la misma zanja que para las conducciones enterradas.
- No se deberá realizar cambio de dirección en la conducción de gas en las proximidades de la arqueta y, de necesitarse, se doblarán dentro de la misma y el pasamuro necesario se hará estanco si lo ha de ser la arqueta.
- Un tubo buzo en cualquiera de las esquinas facilita la evacuación del agua que la fosa pudiera contener; a la vez de hacer posible la introducción de un detector de gas (Figura 2.4.2).

T3: 2.4.2 Fosas

Fosa: Alojamiento en el terreno destinado para contener un depósito a enterrar. Puede ir o no revestida interiormente de obra de fábrica u hormigón, según sean las características del terreno

Las fosas para albergar depósitos deben ir revestidas cuando se tenga que resistir el empuje del terreno. A la vez de servir de continente a la arena de relleno, el revestimiento aísla al depósito de las influencias exteriores (corrientes de agua, tierras no inertes que puedan contaminar el contenido, etc.).

Antes de construir las zapatas en las que se anclarán las patas de los depósitos, se compactará convenientemente el terreno donde se vayan a recibir éstas, evitando que el asentamiento posterior del terreno favorezca la entrada de agua por la zona superior de la arqueta de acceso a la valvulería.

Las paredes del revestimiento de la fosa no se podrán enfoscar (impermeabilizar).

Se facilitará la filtración de las aguas de lluvia que se puedan introducir en la fosa, para ello, la fundación firme no cubrirá totalmente la planta de la fosa, ni los parámetros laterales, y se dejarán aberturas discontinuas laterales a fin de permitir la salida del agua, que por cualquier causa se pudiera acumular en la fosa.

El relleno de la fosa se realizará con arena fina neutra. El techo de la fosa no requerirá forjado, a menos que se prevea el paso por encima de vehículos, personas, etc., en cuyo caso se preverá todo lo necesario para resistir dichas cargas, forjado incluido.

Cuando no lleve forjado, la parte superficial de la fosa deberá ser de arena exenta de piedras. Si no es preceptivo el cerramiento, se construirá un bordillo de obra de fábrica alrededor de la arqueta, de al menos 30 cm de altura, para indicar su situación e impedir el aparcamiento sobre el depósito. Figura 2.4.2.

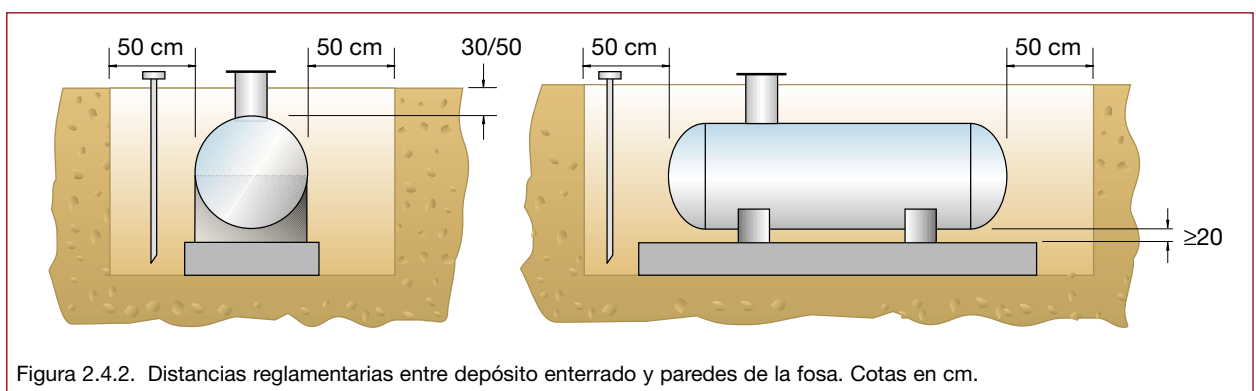


Figura 2.4.2. Distancias reglamentarias entre depósito enterrado y paredes de la fosa. Cotas en cm.

Para detectar cualquier acumulación de gas o de agua en el fondo de la fosa, se instalará en una de sus esquinas un tubo buzo de ≥ 110 mm de diámetro interior, cortado oblicuamente en su extremo inferior y dotado de tapón en el superior.

Fosa para depósito semienterrado: Para considerarlos como enterrados, deberá completarse la fosa por encima del terreno mediante paredes de obra de fábrica u hormigón hasta la altura necesaria para cumplir las condiciones exigidas a los mismos.

Las paredes utilizadas serán resistentes al fuego (RF-240) y resistirán los esfuerzos a que puedan verse sometidas, o bien se reforzarán con tierra compactada según el talud natural del terreno o contenida mediante un segundo muro calculado para contener el empuje.

Los depósitos enterrados deberán quedar protegidos contra la corrosión mediante la adecuada protección catódica, incluyendo las tuberías enterradas.

T3: 2.4.3 Cálculo de la plataforma o solera

La solera para soportar al depósito y evitar la eventual flotación tendrá un espesor mínimo de 15 cm.

Para evitar la flotación de los depósitos, en el caso más desfavorable de encontrarse éstos vacíos, al descubierto y sumergidos en agua, se han de anclar, mediante zuncho, pernos, etc., a una solera de hormigón armado de suficiente masa, que compensen dicho empuje ascendente de flotación. Evitar el contacto del depósito con otros cuerpos metálicos.

Sea un depósito de 10 m^3 de volumen de almacenamiento (V_a). Su diámetro es de 1,5 m y su longitud total de unos 6 m.

- La superficie de la plataforma serán como mínimo la de la proyección vertical del depósito. En este caso, $6 \times 1,5 \text{ m}$.
- Masa de agua desalojada: $M_a = V_a \times \rho = 10 \text{ m}^3 \times 1000 \text{ kg/m}^3 = 10\,000 \text{ kg}$
- Tara (masa) del depósito: $T = 2\,180 \text{ kg}$
- Empuje vertical ascendente resultante: $E = (M_a - T) \times g = (10\,000 - 2\,180) \times g = 7\,820 \times g$
siendo $g = 9,81$ la aceleración de la gravedad

Valores para la solera:

- Masa de la solera: $M_s = E/g = 7820 \times g / g = 7\,820 \text{ kg}$
- Volumen de la solera: Para una masa en volumen del hormigón de $\rho = 2\,400 \text{ kg/m}^3$, la solera deberá tener un volumen de: $V_s = M_s / \rho = 7\,820 / 2\,400 = 3,26 \text{ m}^3$
- Espesor de la solera: Al ser el volumen $V = e \times 1,5 \times 6 = 3,26 \text{ m}^3$; despejando el espesor:
 $e = 3,26/9 = 0,362 \text{ m}$

Si tomamos un espesor de 0,4 m, la masa de la solera será:

$$(6 \times 1,5 \times 0,4) \times 2\,400 = 8\,640 \text{ kg}$$

que supera el empuje vertical ascendente por flotación calculado anteriormente ($7\,820 \cdot g \text{ kg}$).

De forma directa se puede obtener el valor del espesor mediante la expresión:

$$e = \frac{1\,000 \times V - T}{2\,400 \times A \times L};$$

siendo:

- e = espesor de la plataforma (m)
- V = volumen del depósito (m^3)
- T = Tara (masa) del depósito (kg)
- A = Ancho de la plataforma (como mínimo, el diámetro del depósito) (m)
- L = Longitud de la plataforma (como mínimo, la longitud del depósito) (m)

Ejemplo de aplicación: En nuestro caso, al ser los datos en el orden descrito: 10 m^3 ; $2\,180 \text{ kg}$; $1,5 \text{ m}$ y 6 m , el espesor resulta ser:

$$(10\,000 - 2\,180)/(2\,400 \times 1,5 \times 6) = 7\,820/21\,600 = 0,362 \text{ m}$$

Para frenar el agrietamiento o quebrantamiento del hormigón, se pondrá un enmallado de 10 mm con una resistencia de 4 100 kg/cm².

Dimensiones de la solera definitiva: 6 x 1,5 x 0,4 m

A modo de orientación, las dimensiones de la plataforma, en función del volumen del depósito pueden ser las siguientes:

DIMENSIONES DE LA PLATAFORMA (ORIENTATIVO)			
Carga max. kg	Espesor "e" m	Ancho "A" m	Largo "L" m
3 400	0,2	1,6	3,0
5 900	0,2	1,6	4,8
10 600	0,3	2,0	5,5
15 000	0,3	2,0	7,5

T3: 2.4.4 Cálculo de los espárragos de sujeción

Si por cada apoyo del depósito se colocan un espárrago, cada uno soportará la cuarta parte del esfuerzo vertical.

Para el cálculo de los espárragos de sujeción se ha tenido en cuenta:

$$T_u = \frac{E}{n} = \frac{7\,800 \times g}{4} = 1\,955 \times g \quad \text{por espárrago}$$

siendo:

T_u = Tensión unitaria

E = esfuerzo vertical ascendente

n = número de espárragos

g = aceleración de la gravedad

Para un coeficiente de trabajo de $C_t = 4\,100 \times g$ del acero (tetracero, en kg/cm²), resulta necesaria una sección de:

$$S = T_u / C_t = (1\,955 \times g) / (4\,100 \times g) = 0,476 \text{ cm}^2 \text{ por espárrago}$$

Para la que se precisa un diámetro:

$$D = \sqrt{0,476/\pi} = 0,389 \text{ cm}$$

Se eligen espárrago de 1 cm de diámetro.

De forma rápida se pueden calcular el diámetro del espárrago mediante la fórmula siguiente:

$$D = \frac{\sqrt{1\,000 \times V - T}}{226,98}$$

siendo:

D = diámetro del espárrago (cm)

V = Volumen del depósito (m³)

T = Tara del depósito (kg)

Ejemplo de aplicación: En nuestro caso, al ser los datos en el orden descrito: 10 m³; 2 180 kg, el diámetro del espárrago resulta ser: 0,389 cm

T3: 2.5 Depósitos de GLP en patios

A efectos de este Reglamento, se define como patio la superficie de terreno sensiblemente horizontal, rodeada de edificaciones fijas al menos en un 75 % de su línea poligonal o curva que formen sus fachadas interiores y con acceso abierto a calles o zonas exteriores que estén al mismo o inferior nivel.

Las instalaciones de GLP podrán ubicarse en el interior de los patios si se cumplen las siguientes condiciones (el depósito quedará protegido contra eventuales choques):

- Los depósitos de superficie (aéreos) han de tener un volumen geométrico máximo de 20 m³ y los enterrados de 10 m³. (Se proyecta ampliar los enterrados hasta 20 m³).
- El patio tendrá acceso apropiado a vehículos de suministro y socorro (Empresa suministradora, bomberos, etc.). *La propuesta de reglamento entiende por apropiado una dimensión mínima de 3 m de ancho y 4 m de alto.*
- El área de la Estación de GLP estará descubierta

Cada almacenamiento aéreo no podrá superar los 20 m³ y si es enterrado los 10 m³

cumpliendo además uno de los conjuntos de condiciones siguientes:

1ª condición: implica cumplir las condiciones indicadas a continuación

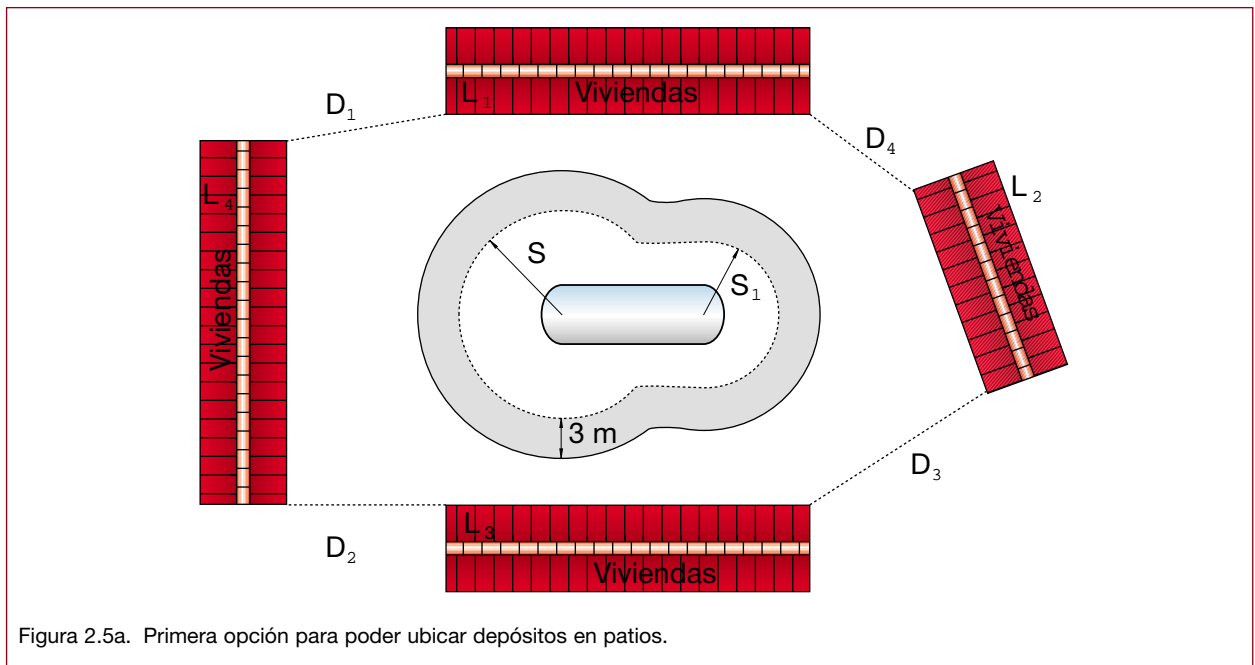
- El patio estará abierto totalmente a calles o zona exterior permanentemente ventilada y a nivel del suelo.
- Las aberturas entre edificios deben sumar, al menos un 1/6 del perímetro del patio, (considerando idealmente cerrado, por las rectas que unen las esquinas interiores de las partes abiertas) $D_e \geq P/6$.
- El patio podrá contener íntegra la Estación de GLP y una franja alrededor de ella, de anchura mínima de 3 m.
- El área de la Estación de GLP deberá estar descubierta.

Siendo:

De Las distancias entre las esquinas interiores de las partes abiertas: $D_e = D_1 + D_2 + D_3 + D_4 + \dots$

Lf Las longitudes de fachada de los edificios que forman el patio: $L_f = L_1 + L_2 + L_3 + L_4 + \dots$

P El perímetro del patio formado por distancias entre esquinas y por longitudes de fachadas: $P = D_e + L_f$



2ª condición: implica cumplir las condiciones indicadas a continuación

- Las edificaciones que forman el patio no tendrán altura mayor al radio del círculo mayor que pueda “inscribirse” en el patio que incluya los depósitos y equipos (más que la estación de GLP).
- Podrá contener íntegra la zona limitada por la Estación de GLP (que en este caso se considerará con distancias doble de las señaladas por la referencia 4 del “Cuadro de distancias de seguridad”).
- Podrá contener una franja libre alrededor de la zona anterior de al menos 3 m.

En los patios no se podrán utilizar muros o pantallas para reducir las distancias de seguridad.

Se admite más de un Centro de almacenamiento en un patio siempre que sean independientes. El emplazamiento del depósito vendrá condicionado por las dimensiones del patio y por las aberturas libres entre bloques de vivienda, así como por las alturas que conforman dicho patio.

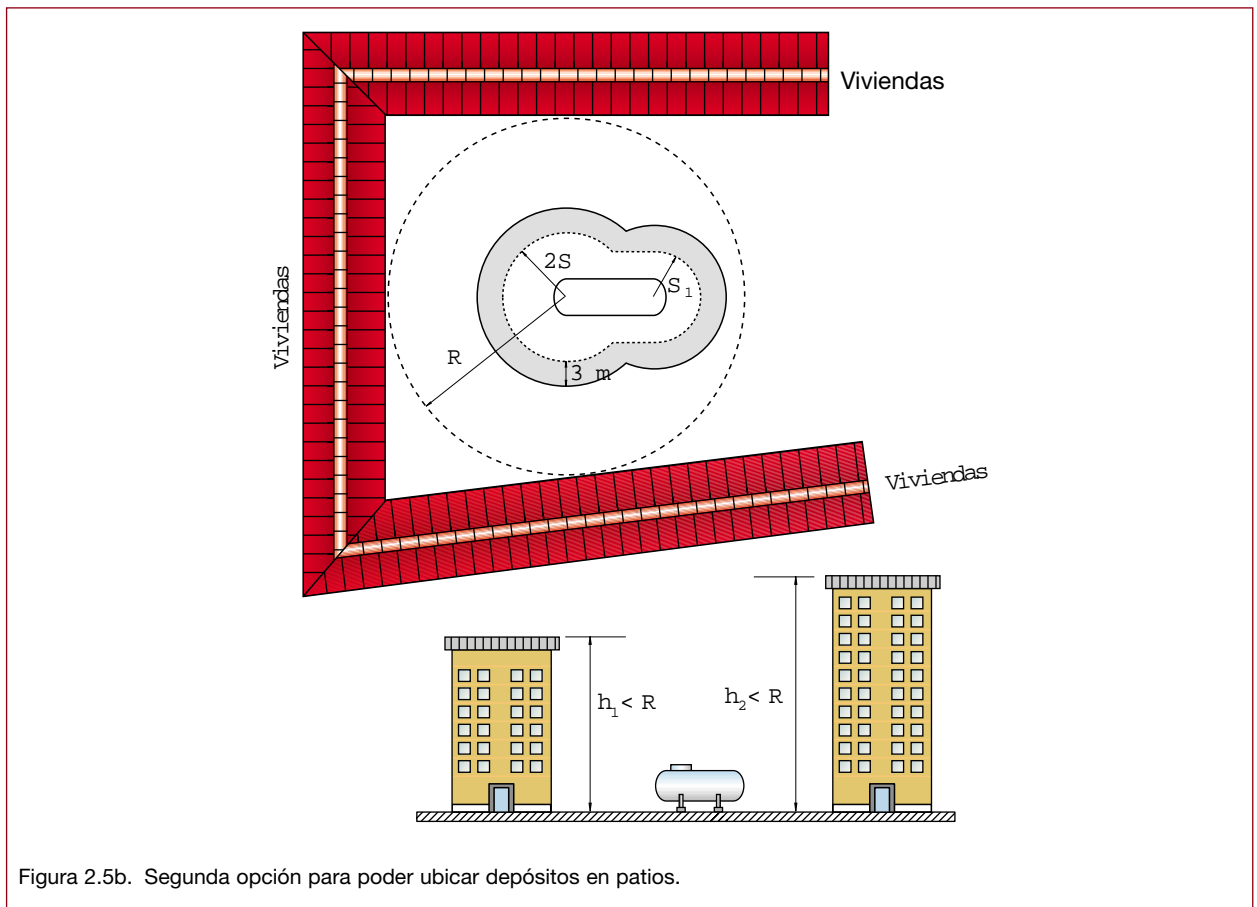


Figura 2.5b. Segunda opción para poder ubicar depósitos en patios.

Ejemplo de aplicación:

Se trata de un depósito enterrado de 10 m³ de volumen que se desea instalar en un patio formado por cuatro bloques de casas, según la Figura 2.5.

Las longitudes de fachada son respectivamente 35, 40, 50 y 60 m, lo que hace un total de $L_f = 185$ m

Las distancias entre esquinas interiores son de 15 m cada una, lo que hace un total de $D_e = 60$ m

El perímetro a considerar será de $P = 185 + 60 = 245$ m

Cumplimiento de condiciones: $D_e \geq P/6$; En este caso: $60 > 245/6 = 40,8$; Se cumple

La estación se determina mediante radios desde orificios, según referencia 4 del cuadro de distancias. Al tratarse de un depósito E1, la distancia a considerar es de 4 m.

DEPÓSITOS ENTERRADOS			
Grupo	Volumen	Referencia 4	
E0	≤ 5	Do (S)	$2 \cdot 3 + 3 = 9$ m
E1	≤ 10	Do (S)	$2 \cdot 4 + 3 = 11$ m
E2	≤ 100	Do (S)	$2 \cdot 5 + 3 = 13$ m
E3	≤ 500	Do (S)	$2 \cdot 10 + 3 = 23$ m

Como hay que añadir una franja de 3 m, la zona que ha de poder ser incluida en el patio ha de contemplar un radio de 7 m.

Ejemplo de aplicación:

Se trata de un depósito aéreo de 5 m³ de volumen que se desea instalar en un patio formado por tres bloques de casas, según la Figura 2.5b.

En el patio se puede inscribir un círculo de 20 m de radio.

Las alturas de los edificios no sobrepasan los 25 m.

El centro de almacenamiento no incluye equipos de transvase ni de vaporización. El resto se puede incluir en el patio.

La estación se determina mediante radios desde orificios, según referencia 4 del cuadro de distancia. Al tratarse de un depósito A0, la distancia a considerar es el doble de 3 m más 3 m de franja adicional, lo que hace un total de 9m. Como el patio admite un círculo de radio 20 m, se admite la instalación del Centro de almacenamiento

DEPÓSITOS AÉREOS			
Grupo	Volumen	Referencia 4	
A0	$\leq 5 \text{ m}^3$	Do (S)	$3 \rightarrow 6 + 3 = 9 \text{ m}$
A1	$\leq 10 \text{ m}^3$	Do (S)	$5 \rightarrow 10 + 3 = 13 \text{ m}$
A2	$\leq 20 \text{ m}^3$	Do (S)	$7,5 \rightarrow 15 + 3 = 18 \text{ m}$

T3: 2.6 Depósitos de GLP en azotea

Solamente se admitirán en azoteas, instalaciones de GLP con sólo depósitos de hasta 5 m^3 , los A0 (está en estudio ampliarlo hasta los 10 m^3 , los A1), siempre y cuando, además de las prescripciones señaladas para los depósitos aéreos, cumplan las siguientes:

- Un técnico titulado competente en la materia deberá certificar que la edificación puede soportar las cargas que la instalación produzca, tanto durante la explotación como durante las pruebas del depósito con agua (para el cálculo, cada kg de GLP se convierte en $1\ 000 / (0,85 \times 506) = 2,33$ kg de agua), y que el suelo esté construido de forma que su resistencia al fuego sea, como mínimo RF-240.

Ejemplo: Se trata del depósito LP 2 450 ($2,45 \text{ m}^3$), cuya masa en vacío es aproximadamente de 600 kg. La masa resultante a considerar será de $600 + 2\ 450$ + la masa de la bancada.

- Las distancias a partir de los orificios a chimenea, desagües, aberturas a patios o a huecos o accesos a niveles inferiores no serán inferiores a 6 m. Ver Figura 2.6. Se piensa modificar a: En el caso de chimeneas de combustibles sólidos o líquidos (pendiente de aprobar por el nuevo reglamento), la distancia geométrica desde los orificios a las aberturas de las mismas deberán ser de 6 m como mínimo.
- Si la azotea es practicable para otros usos, la estación de GLP (el centro) deberá estar provista de cerramiento. Dentro del mismo no se podrá encontrar objetos ajenos al servicio.
- No se autorizarán muros o pantallas a efectos de reducción de distancias de seguridad.
- La instalación de equipos de vaporización y/o trasvase requerirá autorización expresa de los servicios competentes en materia de industria y energía de la Comunidad Autónoma.
- La superficie de estas Estaciones de GLP deberán tener, al menos, una cuarta parte de su perímetro abierto a calles o zonas exteriores perfectamente ventiladas, entendiéndose que cumplen esta condición aun cuando existan protecciones de obras de fábrica siempre que su altura no sea superior a 70 cm y tengan aberturas a ras de suelo de, al menos, 150 cm^2 por metro de longitud en la zona perimetral protegida.
- Todas las tuberías serán aéreas.
- En la estación de GLP deberá existir una toma de agua.
- El depósito no podrá estar conectado a la tierra del edificio. Deberá estar protegido por pararrayos o cubierto por una malla metálica conectada a tierra independiente.
- La canalización de carga se situará en fachada exterior. La boca de carga se situará en arqueta o armario protegidos por cerradura (Figura 2.6c).
- La azotea tendrá fácil acceso para el personal de mantenimiento, suministro y socorro.
- En una misma azotea, se admiten almacenamientos independientes entre sí y que cumplan la norma.
- Junto a la boca de carga deberá instalarse un dispositivo apropiado visible desde la cisterna de trasvase, u otro igualmente eficaz para evitar que pueda superarse el nivel máximo de llenado del depósito.
- ...Las distancias referidas a huecos o accesos situados en la propia azotea que comuniquen por niveles inferiores al suelo de la misma con el interior del edificio, así como a orificios de ventilación, desagües y aberturas a patios, será como mínimo, el doble de la señalada con la referencia 4 del "Cuadro de distancias", midiéndose tal como se expresa en la Figura 2.6d (pendiente de aprobar por el nuevo reglamento).

Cada almacenamiento situado en azotea podrá tener como máximo un volumen de 5 m^3 .

No se autoriza la inclusión de equipos de vaporización ni de trasvase.

Todas las conducciones serán aéreas.

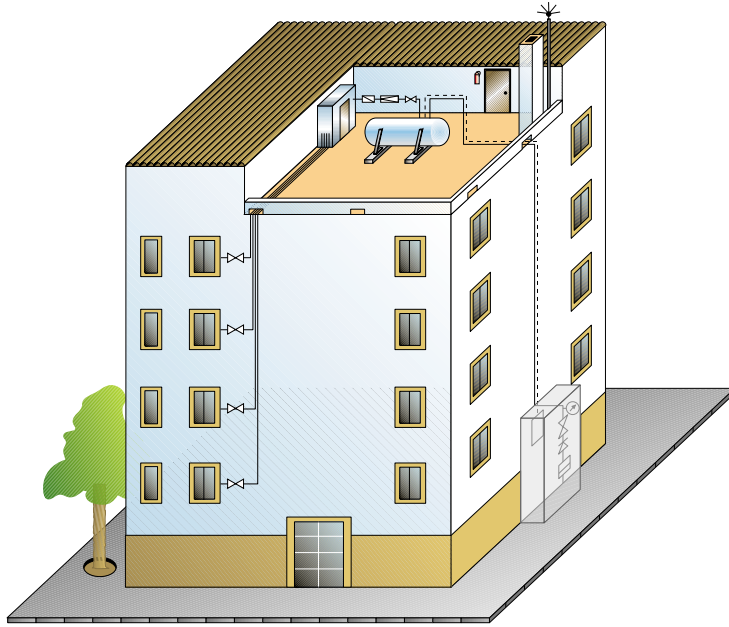


Figura 2.6a. Instalación de un Centro de almacenamiento en la azotea de un edificio de viviendas.

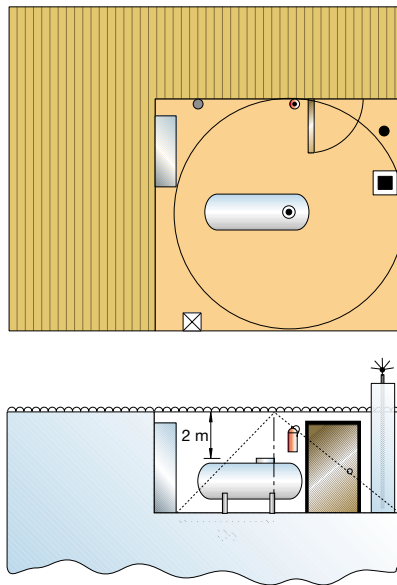


Figura 2.6b. Centro de almacenamiento en azotea propuesto como ejemplo. Zona de seguridad.

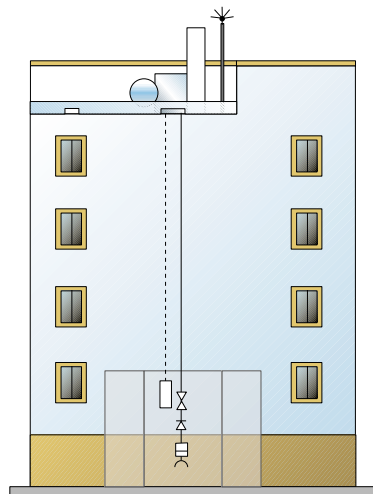
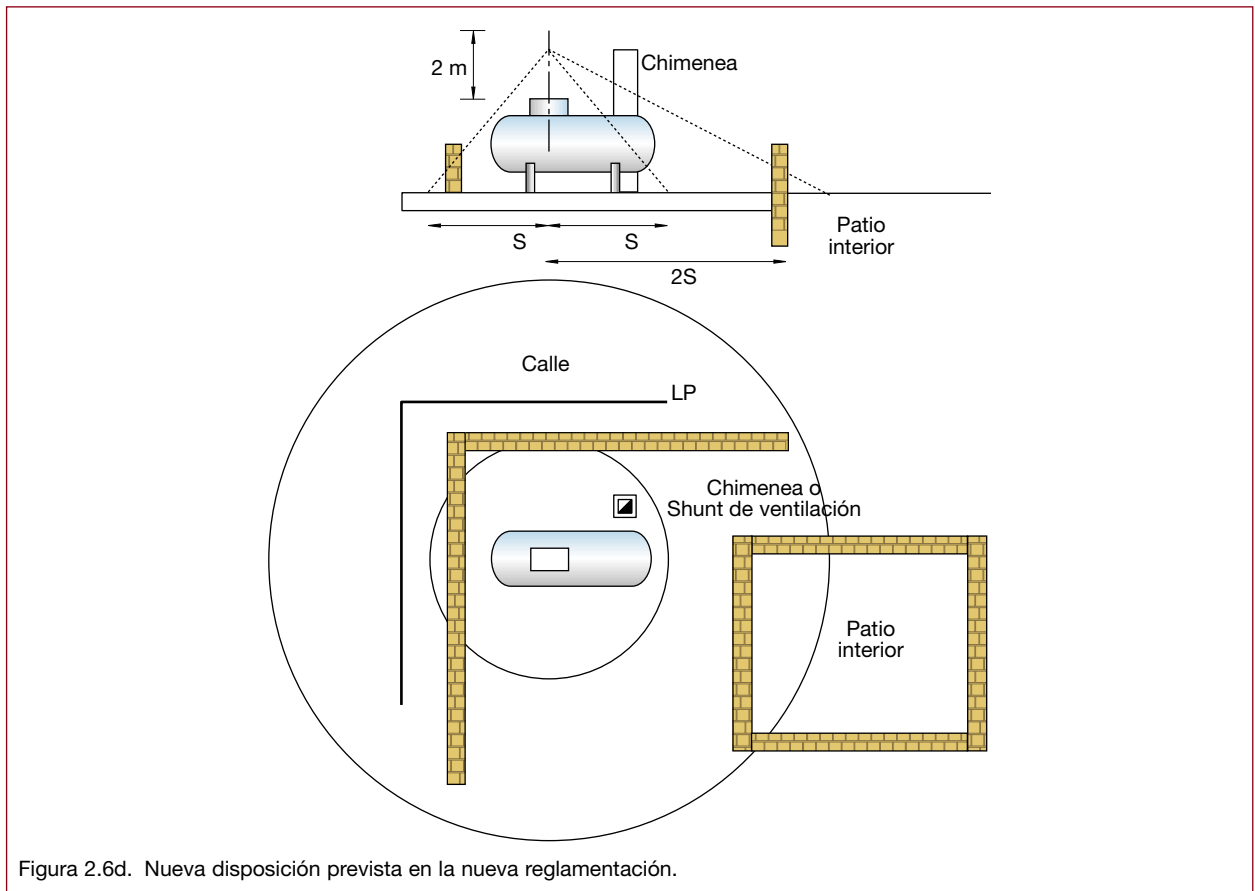


Figura 2.6c. Situación de la boca de carga a distancia.



T3: 2.7 Canalizaciones del centro de almacenamiento

T3: 2.7.1 Normas generales

Las conducciones desde el depósito hasta el equipo de regulación deberán cumplir con la I.T.C.- M.I.G. 5.2 del Reglamento de redes y acometidas.

Las conducciones de fase líquida tendrán presión de prueba de 26 bar, rigiéndose igualmente por la misma ITC que las de fase gaseosa.

Para todas ellas se obtendrá del fabricante un certificado de la partida.

Las conducciones para fase líquida que pudieran quedar aisladas entre llaves de corte, dispondrán de una válvula de seguridad por alivio térmico o diferencial (bi-pass) automáticas que liberen cualquier exceso de presión.

Las conducciones que queden fuera de servicio se cerrarán mediante tapón roscado, disco ciego o brida ciega.

Cuando las conducciones deban atravesar paramentos o forjados, lo harán a través de pasamuros.

T3: 2.7.2 Uniones de tuberías

Uniones fijas: Se realizarán mediante soldeo a tope. Los accesorios tales como codos, tés, reducciones, etc. serán normalizados y deberán ser al menos de la misma calidad y propiedades que la tubería (ver punto T3: 1.5.2.1).

Los soldadores serán calificados por el CENIM (Centro Nacional de Investigaciones Metalúrgicas) y el procedimiento de soldeo estará homologado. Referente a la calificación de soldaduras, se seguirá lo dispuesto en la Norma UNE 14.011 o equivalente.

Uniones desmontables: Se podrán utilizar las siguientes (Ver punto T3: 1.5.2.2)

- Las uniones mediante bridas se utilizarán únicamente para la conexión de cierto tipo de dispositivos tales como reguladores, llaves, válvulas, juntas aislantes y otros.
- Las uniones mediante rosca cónica (rosca gas) según UNE 19 0009 se pueden realizar únicamente para la conexión de elementos auxiliares tales como válvulas de purga, manómetros, etc. siempre que el diámetro sea inferior a 40 mm.
- Racores con asiento plano a compresión.
- Uniones metal-metal, tipo esferocónico, se utilizará solo en conexiones accidentales como pueda ser la de las mangueras.

No está permitida la conexión de tuberías mediante bridas, estas solo se usarán para accesorios

Las uniones roscadas tienen el uso limitado a diámetros inferiores a 50 mm, para accesorios y aparatos únicamente

Las uniones se realizarán mediante soldadura a tope

T3: 2.7.3 *Tendido de canalizaciones*

Podrán ser aéreas, en canales registrables o enterradas pero nunca empotradas. Las que conecten depósitos entre sí o con equipos complementarios deberán ser aéreas, sean para fase líquida o gaseosa.

La distancia mínima de las conducciones al suelo será de 5 cm. Se montarán sobre apoyos convenientemente anclados, pudiendo ser metálicos o de fábrica (Figura 2.7.3a).

Cuando las conducciones discurren adosadas a un muro, se mantendrán a una distancia de éste de como mínimo 2 cm.

Se evitará el contacto entre la tubería y el anclaje intercalando neopreno (flexible) o teflón (rígido). Las alturas que deben guardar las mostramos en la Figura 2.7.3a.

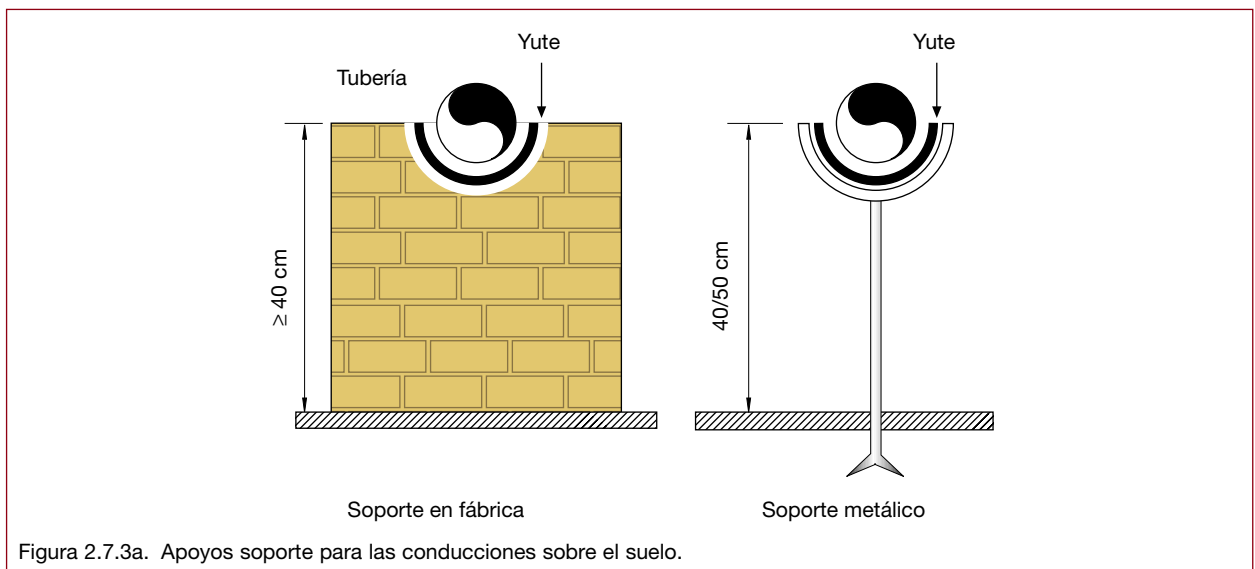


Figura 2.7.3a. Apoyos soporte para las conducciones sobre el suelo.

Todas las conducciones se protegerán contra la corrosión.

Las tuberías destinadas a fase líquida se pintarán en color rojo y las destinadas a fase gas, en amarillo.

Conducciones enterradas: Se conservará un plano donde se refleje la ubicación de las mismas. Cuando existan uniones que pudieran formar pares galvánicos, se intercalarán las correspondientes juntas aislantes.

Las conducciones envainadas llevarán un aislamiento interno que evite su mutuo contacto como es el armaflex (Figura 2.7.3b).

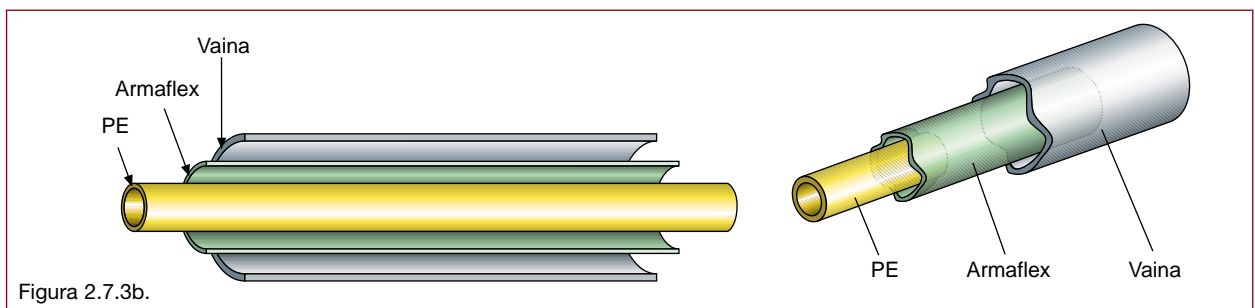


Figura 2.7.3b.

Donde no se pueda asegurar una perfecta unión soldada, se utilizarán las uniones de enchufe y bordón mediante manguito, cuya soldadura no se puede radiografiar.

T3: 2.7.4 *Pararrayos*

Sistema de protección contra el rayo. Normas generales de instalación.

El sistema se compone de un terminal aéreo de captación (pararrayos y mástil), bajante a tierra (cable conductor), y toma de tierra.

El terminal aéreo debe superar como mínimo la máxima cota de la estructura a proteger.

El conductor bajante será en forma de cable, varilla, pletina o cinta, se tenderá lo más vertical posible. La sección mínima en cobre electrolítico será de 50 mm².

La toma de tierra a base de placas de cobre electrolítico o bronce, o electrodos, tendrá una resistencia óhmica lo más baja posible. Se utilizará la arqueta registro normalizada de PE.

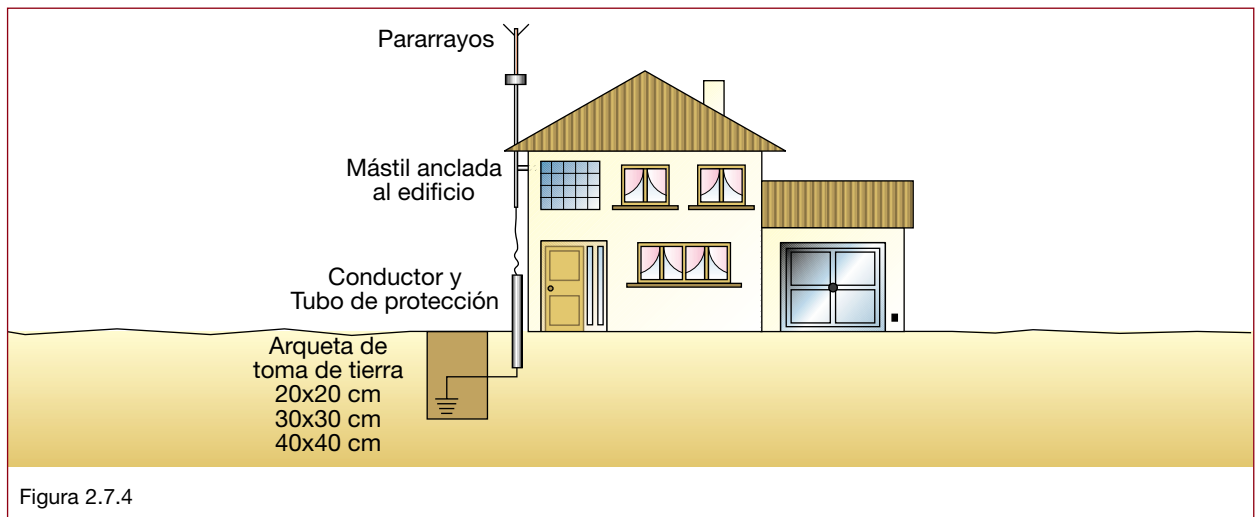
En el caso de existir varios pararrayos, se deberá buscar una equipotencialidad compensada.

El mantenimiento del sistema de protección debe consistir en una revisión periódica anual y también inmediatamente después de que se tenga constancia de haber recibido una descarga eléctrica atmosférica.

Se recomienda instalar un contador de rayos para controlar la caída de los mismos y con fines estadísticos.

Los materiales a utilizar deberán cumplir la norma UNE 21 186.

Cada instalación deberá quedar avalada por un certificado de normalización, justificando el radio de acción.



T3: 2.8 Dispositivos de maniobra y control de los depósitos

Los depósitos de GLP requieren llaves, válvulas y dispositivos de control especiales para llevar a cabo cada operación. Los dispositivos recomendados por CEPSA se adjuntan en hoja aparte.

Recordemos las definiciones de llave y válvula:

- **Llave:** Dispositivo que realizan la función de apertura o cierre del flujo del fluido (gas o líquido) y que exige una intervención manual para actuar mediante volante, palanca. Se clasifican por su construcción (de asiento, de un cuarto de vuelta bola o esfera, de mariposa, de compuerta..., etc.) o por su aplicación, de corte, de regulación, rompehielos, de mantenimiento, etc.
- **Válvula:** Dispositivo de corte o regulación intercalado en una conducción o formando parte de un aparato que es accionado por alguna de las características del propio fluido (por su presión, caudal o flujo, temperatura, sentido de desplazamiento, etc.) Se incluyen los dispositivos de corte de accionamiento electromagnético y neumático. Las válvulas tienen unas características según la función específica que cumplan.

T3: 2.8.1 Llaves. Tipos

Las llaves además de resultar estancas (sin fuga al exterior), han de ser herméticas (no han de permitir el paso del fluido cuando se encuentre en posición cerrada), fundamental para poder aislar un equipo para su reparación o sustitución y para aislar un servicio a una parte de la instalación (ver puntos T3: 1.5.1.10 y T3: 3.6).

Las llaves de un cuarto de vuelta son muy indicadas para las instalaciones de gas, precisamente por su facilidad y rapidez de manejo, pues con un sencillo movimiento pasan de una posición a otra, lo que las hace insustituibles en circunstancias de emergencia.

Las llaves deben llevar indicación de sus respectivas posiciones abierto o cerrada, o sentido de maniobra (abrir o cerrar).

La pérdida de carga que una llave ofrece al paso del fluido depende de la configuración de la válvula y del caudal, y debe ser facilitada por el fabricante de la misma, por ejemplo, en longitud equivalente.

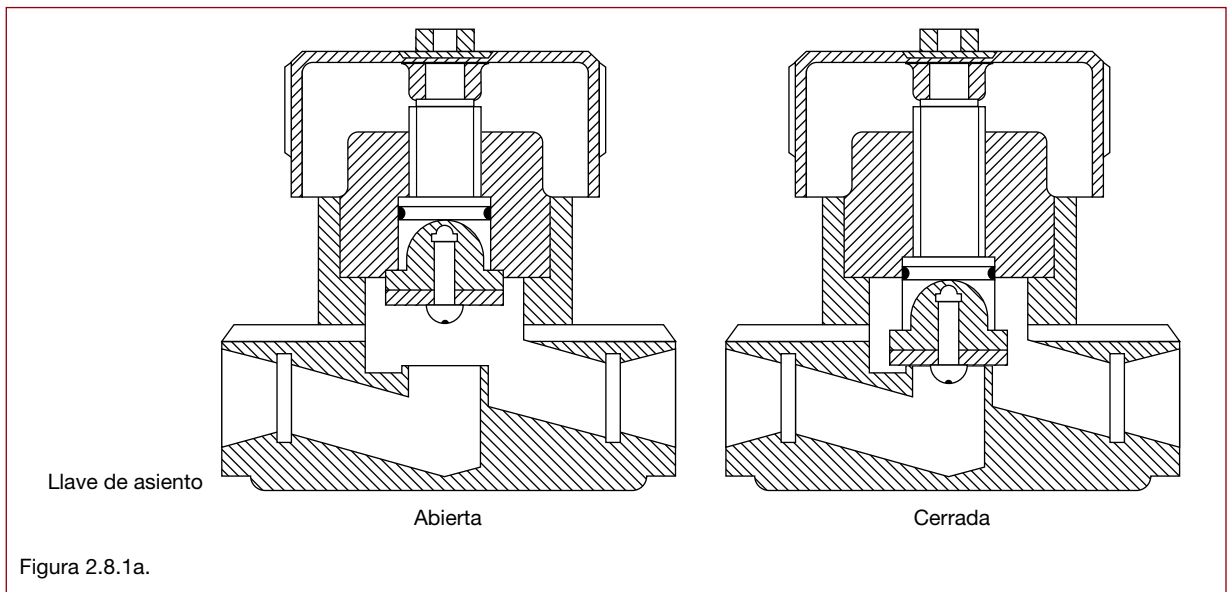
Se instalarán llaves delante de los reguladores, a la entrada de los aparatos de consumo y de los contadores y en todas las ramificaciones de la instalación.

Las partes fundamentales de una llave son el cuerpo con el asiento de cierre, el usillo con el obturador, las juntas entre usillo y cuerpo (empaquetadura), el volante o la palanca de accionamiento y las conexiones a la conducción que pueden ser roscadas, por bridas, por racores.

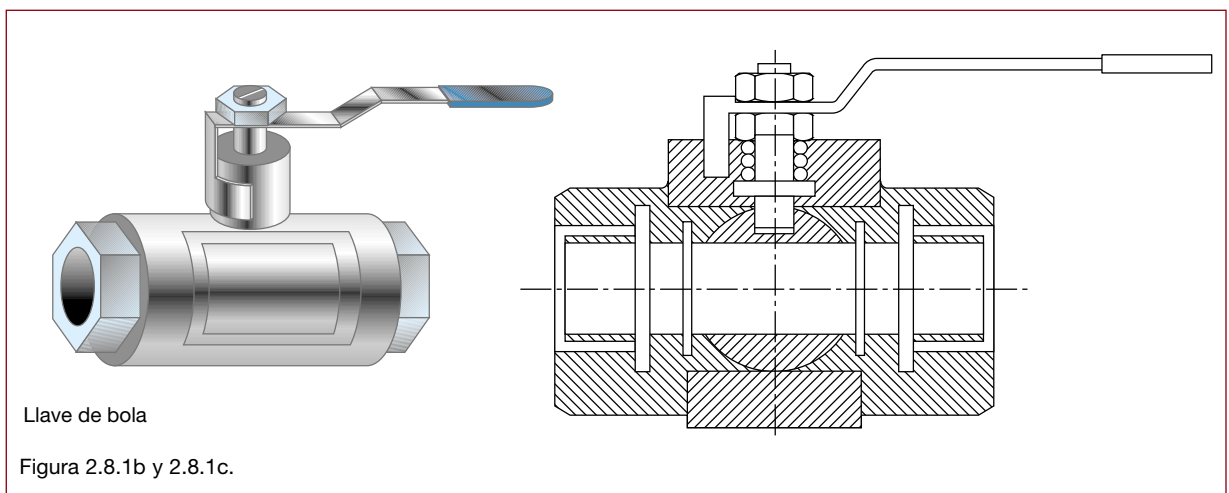
Tipos de llaves:

1. *Llaves de asiento* (antiguamente tipo globo): Se trata de un usillo portador de un obturador que se desplaza verticalmente sobre el asiento de la llave, a modo de un tapón. Se acciona mediante volante. El obturador acoplado "loco" en el usillo, al descender y entrar en contacto con el asiento, deja de girar evitándose así el deslizamiento sobre el asiento y el consecuente desgaste.

La pérdida de carga es elevada pues el fluido cambia de sentido a su paso. Se recomienda montarlas de forma que el fluido entre de abajo a arriba (Figura 2.8.1a).

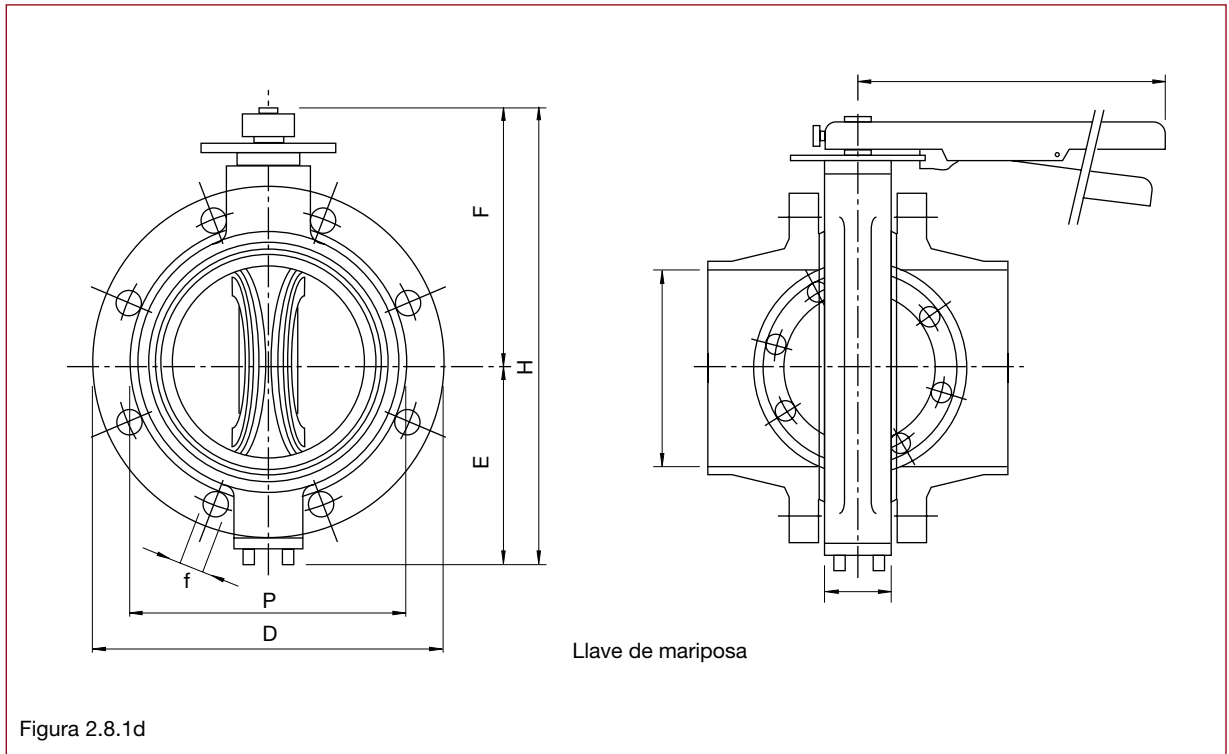


2. *Llaves de bola*: Funcionan como las de macho cónico con la salvedad de que el obturador es una bola o esfera. La hermeticidad se consigue utilizando juntas de PTFE (teflón). La pérdida de carga en posición abierta es reducida pues el fluido atraviesa sin cambio de sentido. En los modelos con reducción de sección de paso, la pérdida de carga equivalente puede considerarse de 1 m de tubería. (UNE 60 708). La palanca en posición abierta debe ser paralela al eje de la conducción que la contiene.(en sentido de flujo). Se podrán precintar en posición cerrada (Figura 2.8.1b)



Las llaves para conducciones de PE son de bola y si hacen la función de llave de acometida, llevan una prolongación telescópica que incluye la extensión de maniobra. Son metálicas con recubrimiento total de poliuretano (Figura 2.8.1c). Ver Figura 3.3.6b.

3. *Llaves de mariposa*: parecidas a la de compuerta pero en las que el obturador gira un cuarto de vuelta, sin desplazamiento, sobre su eje vertical, de forma que en la posición abierta, el fluido la baña en posición de perfil.



Cada fabricante da a sus modelos de llaves unas particularidades propias.

T3: 2.8.2 Válvulas

Según su finalidad, llevan nombres apropiado que iremos viendo. En este tipo de instalaciones existen dos tipos de válvulas que suelen estar incorporadas en otras y en llaves por lo que consideramos que se deben tratar previamente. Nos referimos a las válvulas de retención y a las de exceso de flujo.

1ª. Válvula antirretorno (de retención)

La válvula antirretorno permite el paso del fluido que la atraviese, tanto en fase gaseosa como en líquida, en un sólo sentido, cerrándolo automáticamente cuando el fluido intenta circular en sentido contrario.

Se compone de los siguientes elementos:

- Parte fija: Un cuerpo que se intercala en el conducto de gas del que forma parte.
- Parte móvil: Un eje portaobturador que se desliza por un cilindro ajustado. También puede consistir en un disco basculante, accionado por el flujo del gas (ver visor de flujo para fase líquida)
- Un muelle que tiende a mantener el obturador (no el disco) de la válvula en posición cerrada. La fuerza de accionamiento es muy débil.

Mientras el gas no fluya, la válvula se encuentra en posición cerrada (se igualan las presiones a ambos lados de la misma, la de llenado y la del depósito) y es el muelle o la gravedad la que cierra el paso. Si el gas fluye en sentido correcto, el flujo vence la reducida resistencia del muelle o la gravedad que tiende a mantener el disco en contacto con el asiento y la válvula se abre sin dificultad. Las de clapeta no se pueden montar en conducciones verticales.

Observaciones:

- El cuerpo de la válvula antirretorno lleva marcado el sentido en que el gas ha de desplazarse para ayudar a su correcto montaje y evitar pueda instalarse en posición invertida.
- La pérdida de carga de la válvula es muy reducida.

Esta válvula se encuentra incluida entre otros accesorios, en la boca de trasvase, adaptador de llenado, visor, etcétera).

2ª. Válvula de exceso de flujo (limitador de caudal)

Se trata de una válvula parecida a la retención, en la que el muelle actúa en sentido contrario. Se mantiene abierta por la acción del muelle y se cierra cuando el flujo del gas, por ser excesivo, vence la reacción de dicho muelle.

El corte del paso del fluido puede ser debido a una eventual rotura de la conducción aguas abajo de la válvula. Una pequeña fuga de gas no la hace actuar.

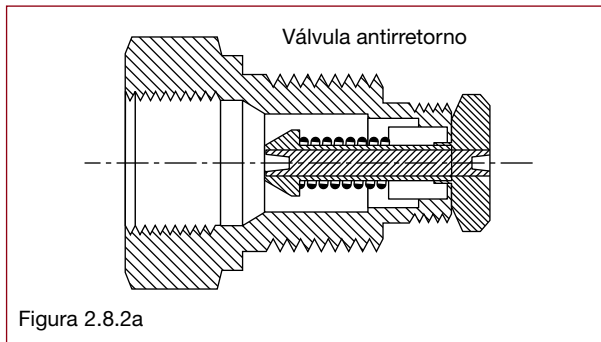


Figura 2.8.2a

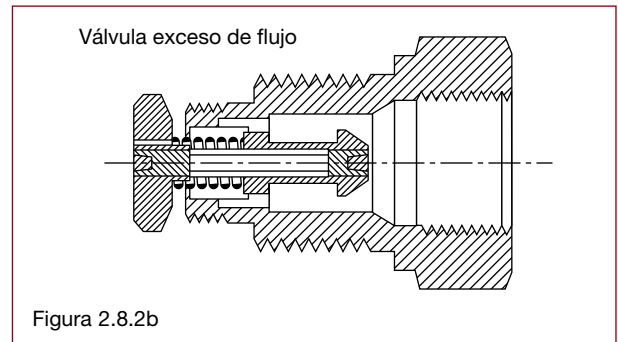


Figura 2.8.2b

Esta válvula se encuentra incluida entre otros accesorios en el dispositivo de toma de gas (en fase líquida o gaseosa).

La válvula de exceso de flujo lleva un pequeño taladro o un asiento no estanco del obturador (metalmetal) para permitir el rearme automático de la válvula, por lo tanto, no es de cierre total. El rearme se consigue al igualarse las presiones a ambos lados del obturador para lo cual se requiere cerrar una llave general aguas abajo de la misma.

El limitador de caudal permite el paso del gas en los dos sentidos, pero actúa en uno solo de ellos, el indicado por una flecha que lleva marcada.

Existen válvulas de exceso de flujo de diversos modelos: obturador de bola, de cono o de platillo.

T3: 2.8.3 Accesorios de los depósitos fijos de GLP

La Reglamentación vigente para los depósitos fijos de GLP, señala como necesarios los siguientes accesorios (Dentro del concepto "accesorios" se incluyen las llaves, válvulas, instrumentos de medida, elementos de control, etc.) (Figura 2.8.3).

- Boca de carga con doble válvula antirretorno.
 - Indicador de nivel, de medida continua y lectura directa (magnético y galga rotativa).
 - Indicador de nivel de máximo llenado, fase líquida (**).
 - Manómetro de lectura directa de la presión del gas contenido (**).
 - Válvula de seguridad por exceso de presión (VS), conectada a la fase gaseosa.
 - Toma de fase gaseosa, con válvula de exceso de flujo y con llave de corte manual (*) (**).
 - Toma de fase líquida, con válvula de exceso de flujo en el interior del depósito y con llave de corte manual (*). Si esta toma se encuentra en la generatriz superior del depósito, por ejemplo en los depósitos enterrados y semienterrados, llevará un tubo buzo para extraer la fase líquida.
 - Borna con pica de toma de tierra.
 - Drenaje en un extremo de la generatriz inferior:
 - En los depósitos aéreos, con válvula de exceso de flujo y tapón roscado
 - En los enterrados y semienterrados, cerrado mediante tapón roscado de acero
- (*) Si esta toma no se utiliza normalmente, se podrá sustituir la llave de corte manual por un tapón roscado.
 (**) Suele ir agrupado con otros accesorios, formando la multiválvula.

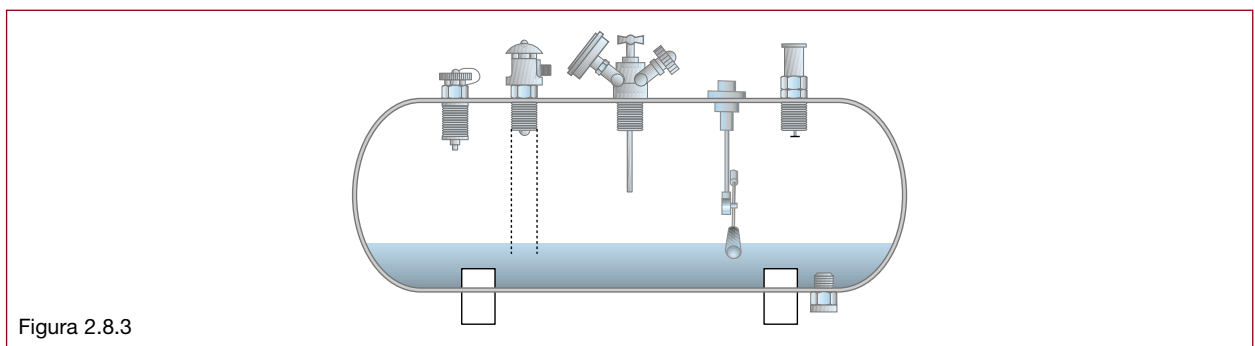


Figura 2.8.3

T3: 2.8.3.1 Dispositivo de llenado. Boca de carga directa y a distancia

Para el llenado del depósito se requiere un conjunto de accesorios específicos. Tiene como misión hacer posible la conexión de la manguera del equipo del camión cisterna de donde se trasvasa el GLP en fase líquida y evitar que el gas pueda retroceder o salir del depósito realizando el corte rápido del flujo en caso de fugas durante la operación de llenado. Se conecta en la generatriz superior (los pequeños), o en la generatriz inferior, con tubo buzo (los grandes) (Figura 2.8.3.1).

El llenado de un depósito se puede realizar siguiendo dos procedimientos:

- Trasvase de fase líquida.
- Trasvase de fase líquida y retorno de fase gaseosa.

El trasvase de fase líquida se lleva a cabo conectando la manguera de fase líquida entre camión cisterna (zona de fase líquida) y depósito (zona de fase gaseosa), necesitándose que el depósito disponga de la boca de carga.

El trasvase de fase líquida con retorno de fase gaseosa se realiza como el anterior; añadiendo una segunda manguera que conecta la fase gaseosa de la cisterna con la fase gaseosa del depósito necesitando que éste disponga, además, de una conexión para el equilibrio de presiones, normalmente incorporada en la multiválvula, tratándose de una simple válvula de retención.

La boca de carga, también llamada válvula de llenado o de trasvase, ha de incorporar un doble cierre:

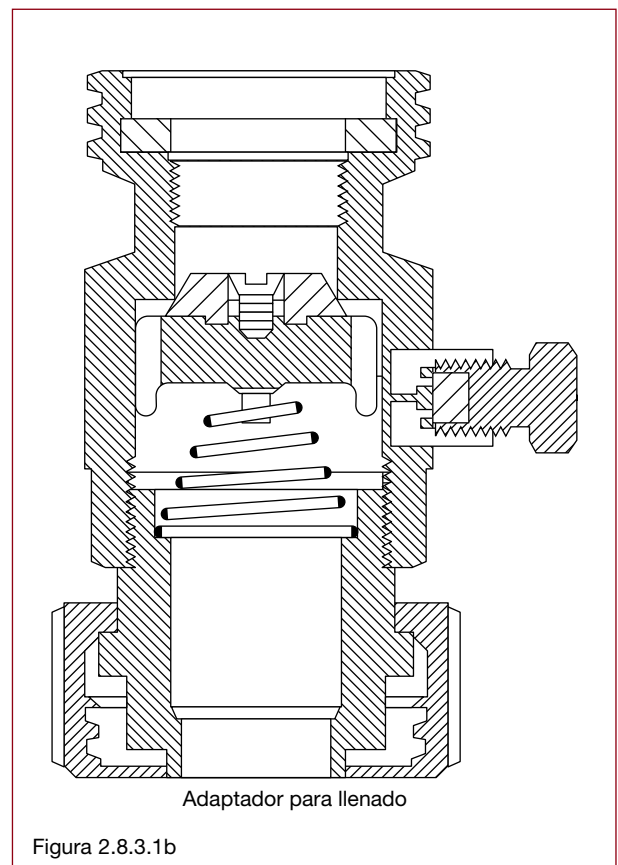
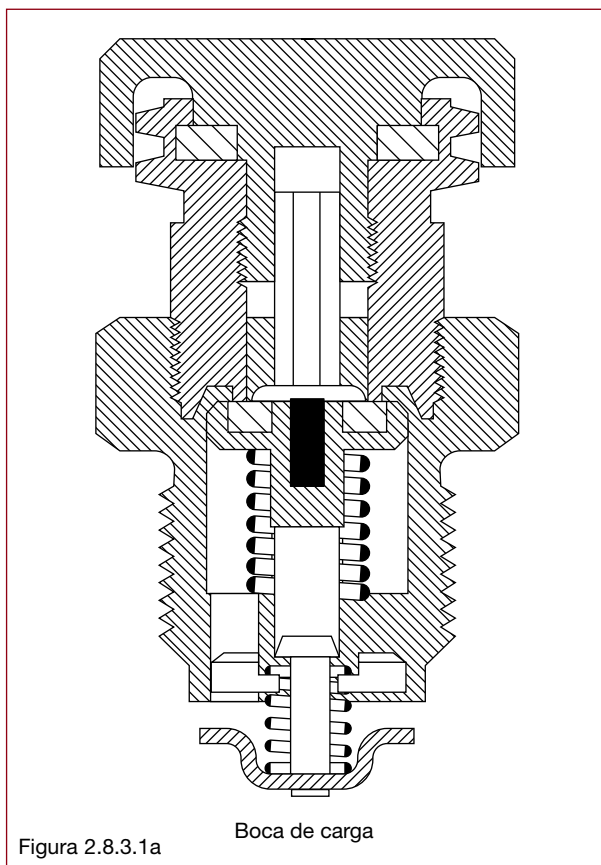
- La superior, una válvula manual, telemandada o de retención que ha de quedar en el exterior.
- La inferior, una válvula de retención, en el interior del depósito, para evitar la salida del gas, caso de rotura o seccionamiento de la válvula.

Tanto la válvula superior como la inferior, al ser de retención, se abren por la acción del flujo de gas, por lo que al cesar el trasvase, se cierran.

Las válvulas de retención se cierran automáticamente por la presión de un muelle y por la propia presión ejercida por el gas, cuando cesa la acción que las abrió.

La clapeta inferior provoca el efecto ducha en el llenado y puede ser basculante para así aumentar el caudal de trasvase (se reduce de ese modo la pérdida de carga).

En las instalaciones con equipo de trasvase, las válvulas de retención incorporan un indicador de caudal.



Depósitos grandes: El llenado de estos depósitos se hace a través de una válvula antirretorno.

Conexiones de la boca de carga

La conexión de la boca de carga al depósito es mediante rosca gas (1 1/4" NPT, macho cónico). La conexión a la manguera es mediante rosca macho 1 3/4" ACME, específica para ese fin, en evitación de conexión equivocada de manguera correspondiente a otro fluido (punto 1.8.2.3a).

Cuando se quiera introducir otro fluido en el depósito, por ejemplo agua, se habrá de disponer del adaptador adecuado, conversión a racor Barcelona, para poder utilizar el agua de la instalación contra incendios (punto 1.8.2.3b).

El caudal que puede atravesar la válvula en posición abierta dependerá de su sección de paso, de la naturaleza del gas así como de la diferencia de presión entre la entrada y la salida, la que a su vez depende de la presión suministrada por la bomba de trasvase.

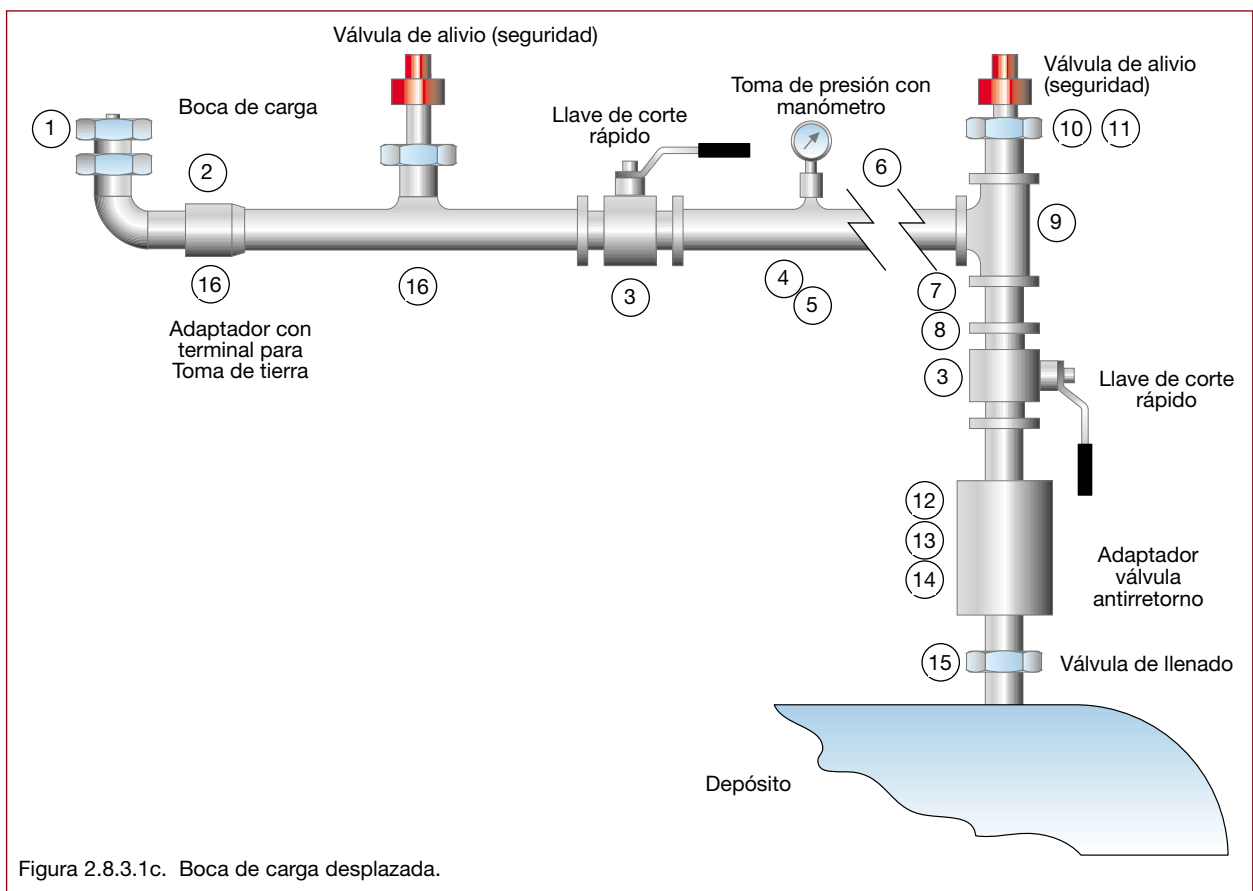
Averías y soluciones. Puede darse el caso de que la válvula superior no sea hermética provocado por elementos extraños intercalados entre el obturador y el asiento de válvula. Para evitar que esto suceda, la válvula debe tener puesta una caperuza protectora siempre que no se use.

Puede darse el caso de que al terminar un llenado (trasvase), la boca de carga no cierre completamente (no actúa la válvula de retención). En consecuencia, no se podrá desenganchar la manguera y por lo tanto el camión cisterna quedaría inmovilizado. En previsión de ello, se intercala entre la manguera y la boca de carga, un adaptador de llenado dotado de válvula antirretorno y descompresor específico (Figura 2.8.3.1b); con ello se hace posible liberar la cisterna en estos casos.

Boca de carga a distancia

La boca de carga suele ir acoplada directamente en el depósito. En el caso de que el depósito se ubicara alejado del aparcamiento destinado para el camión cisterna, más de lo que la longitud de la manguera permita, se deberá instalarla al final de una conducción de acero conectada al depósito, llamándose en este segundo caso, boca de carga a distancia o desplazada. La conducción rígida ha de ser de DN \geq 40 mm y por conducir fase líquida, deberá sufrir una prueba de presión (30 bar). Esta boca de carga podrá estar fuera del recinto de almacenamiento y en ese caso quedará suficientemente protegida (Figura 2.8.3.1c).

En estos casos, el acoplamiento de la conducción rígida al depósito está dotado de una válvula de retención, para impedir la salida de gas del depósito en caso de rotura accidental de la canalización de carga. Se dispondrá, además de un sistema de cierre consistente en una llave de corte rápido de accionamiento manual de 1/4 de vuelta, tipo esfera.



La conducción que une la boca de carga a distancia con el depósito podrá ser utilizada para el vaciado accidental del depósito, para lo cual se la dotará de una derivación obturada mediante tapón ciego, próximo a la toma de fase líquida del depósito.

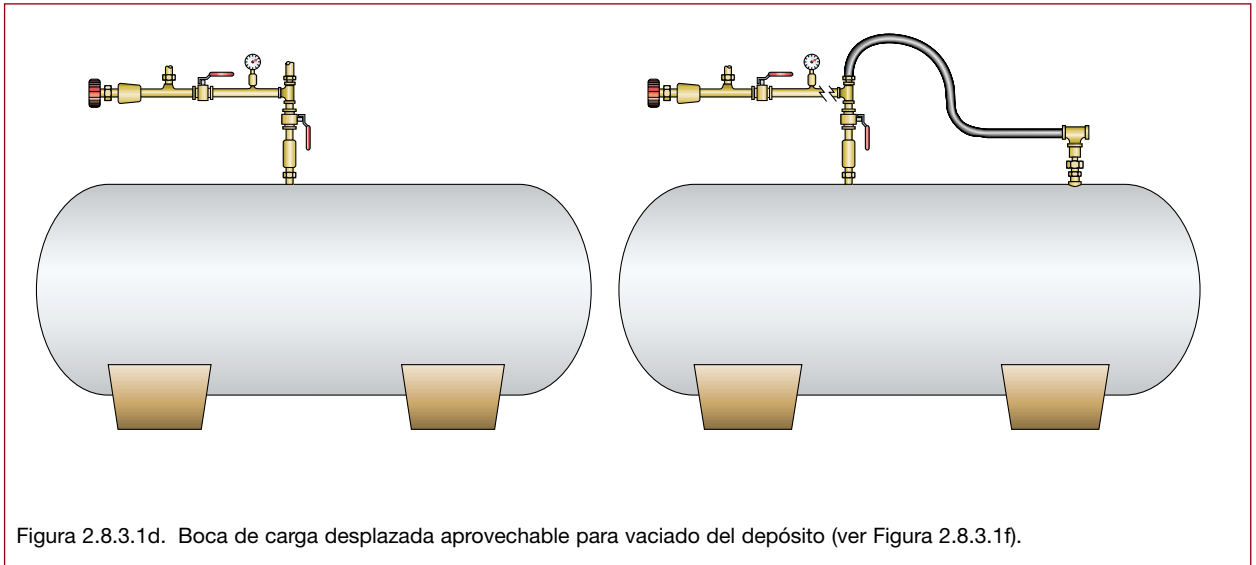


Figura 2.8.3.1d. Boca de carga desplazada aprovechable para vaciado del depósito (ver Figura 2.8.3.1f).

Requisitos a cumplir por la boca de carga a distancia

- Estará ubicada dentro de los límites de la propiedad y en un lugar ventilado y accesible desde zona comunitaria.
- Estará protegida por arqueta o armario con cerradura, incombustible y resistente a las acciones a que pueda ser sometida, quedando bajo llave.
- Deberá estar dotada de una válvula de retención de doble dispositivo de cierre además de una válvula de corte rápido.
- Deberá diseñarse de forma que se haga posible, en caso de necesidad, el vaciado del depósito utilizando la conducción de acero para el llenado (Figura 2.8.3.1d).

En el caso de que la boca de carga a distancia quedara en la vía pública, se deberá contar con la autorización de la autoridad local competente para llevar a cabo las operaciones de trasvase.

Cuando la boca de carga a distancia se encuentre fuera de la estación de GLP se deberá acotar una zona a su alrededor de 2 m durante el trasvase para impedir en esa zona actividades susceptibles de producir “puntos calientes”.

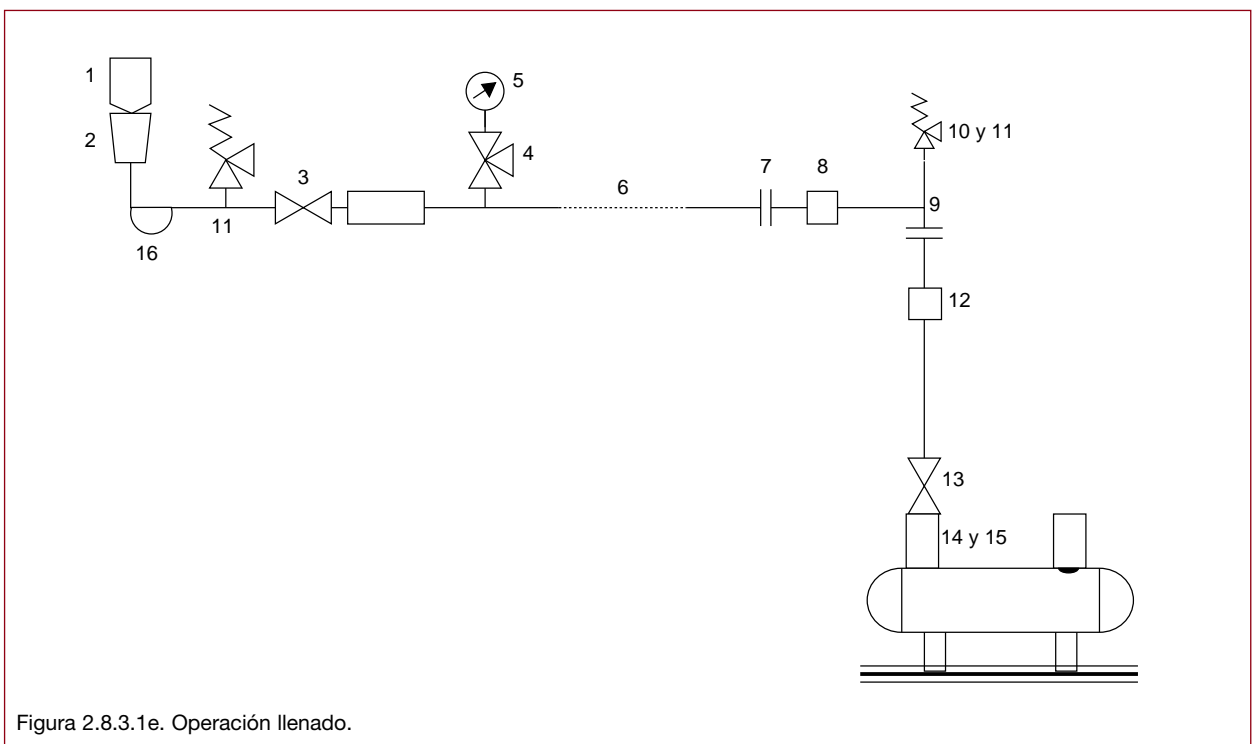
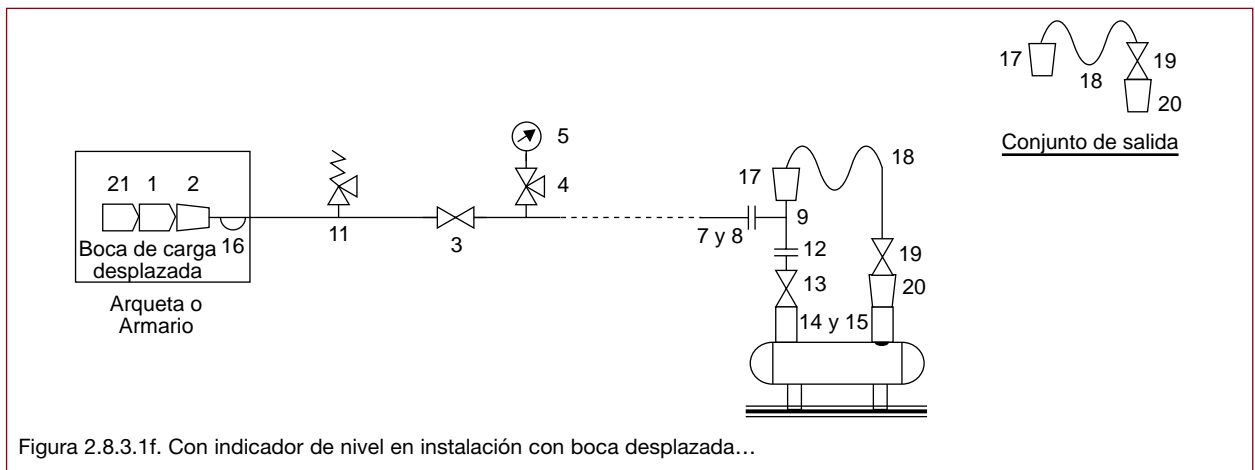


Figura 2.8.3.1e. Operación llenado.

Operación vaciado

Se sustituye la válvula de seguridad (11) y adaptador (12) por el “conjunto de salida” formado por adaptador (17), manguera (18), llave (19) y adaptador chek-lok (20).

Se conectará el adaptador para apertura de boca de carga (21).



LISTA DE MATERIALES

Nº	Descripción	Presión	Características	Material
1	Boca de carga		DN 32 NPT macho	
2*	Adaptador-reducción		DN 32 NPT hembra; DN 40 NPT macho	en acero forjado
3	Llave de corte rápido	PN 40	DN 40 hembra	en acero
4	Casquillo.		DN 40 NPT macho	a soldar
5	Manómetro (&)	0-40 bar	baño de glicerina, con llave de corte y descompresión	
6	Tubería		DN 40	soldada en extremos
7	Brida	PN 40	DN 40	
8	Casquillo		DN 40 a soldar - DN 40 NPT macho	
9	“Te”		DN 40 NPT hembra	
10	Reducción		DN 40 NPT macho - DN 19 NPT hembra	
11	Válvula seguridad ext.		DN 19 NPT macho	
12	Adaptador		DN 40 NPT macho - DN 40 NPT macho	
13	Llave de corte rápido	PN 40	DN 40 hembra	en acero
14	Adaptador		DN 40 NPT macho - DN 32 NPT macho	
15	Válvula antirretorno		DN 32 NPT hembra - DN 32 NPT macho	interna
16	Terminal toma de tierra		Pica toma de tierra	cobre (preferible)
17	Adaptador		DN 40 NPT macho - ACME 1 3/4 " macho	
18	Manguera	PN 40	DN 25 Terminales: DN 19 NPT macho-ACME 1 3/4 hembra.	
19	Llave de corte rápido	PN 40	DN 19 NPT hembra	
20	Adaptador chek-lok		DN 19 NPT macho - DN 19 NPT macho	
21	Adaptador boca carga		ACME hembra 1 3/4" (tipo R.3119 A) para descarga	

(&) La incorporación de un manómetro permite comprobar la estanquidad de la conducción.

(*) Si es necesario un codo, debe ser de expansión 2 1/2 "

T3: 2.8.3.2 Indicador de nivel

Este dispositivo tiene como misión indicar el nivel que alcanza el líquido en el interior del depósito, o lo que es lo mismo, el grado de llenado del mismo, para:

- Indicar el contenido de gas en cada instante, advirtiendo de cuando se debe volver a llenar el depósito, como consecuencia del consumo realizado (repostar). Se ha de avisar a la Empresa suministradora con la suficiente antelación, antes de rebasar el nivel de reserva, (de un 30 a un 20 %), para evitar problemas por insuficiente vaporización de combustible,
- Advertir del contenido que va adquiriendo durante la repostado con el fin de no sobrepasar el máximo llenado (85 %).

Existen dos tipos de indicadores de nivel: de flotador y rotativo.

1°. Nivel de flotador

Este indicador consta básicamente de un flotador (boya), un contrapeso sobre el mismo eje, y un sistema de lectura exterior. La posición del flotador, siguiendo el nivel del líquido, se transmite a una aguja situada sobre un dial en donde se marca el grado de llenado en cada momento, en tantos por ciento en volumen.

El flotador se mantiene sobre la superficie del líquido equilibrado por el contrapeso. El giro del eje basculante se transmite mediante piñón-corona (no olvidar engrasar al montarlo), al eje vertical y de éste al cabezal donde se conecta el dial con escala de porcentaje, lo que hace que este último sea desmontable sin tener que vaciar el depósito previamente. El acoplamiento es magnético, de ahí el nombre de nivel magnético.

El cabezal se conecta al depósito mediante brida con pivote por lo que es desmontable, ventajoso en caso de eventual avería.

Las dimensiones del indicador han de ser la adecuada al diámetro del depósito con el fin de que la medición realizada sea acorde con el contenido real de gas.

Existe una cabeza electrónica con la que se puede transmitir a distancia las indicaciones sobre el contenido, ventajoso en depósitos de difícil acceso, como puede suceder en los depósitos situados en las azoteas. El conductor eléctrico deberá estar enmallado para evitar interferencias.



Figura 2.8.3.2a. Indicador de nivel tipo flotador.

Averías y soluciones. Puede suceder que la aguja del cabezal no se mueva, o lo haga con dificultad, durante el llenado o vaciado del depósito. Esto puede ser debido a varias causas:

- A la formación de hielo en el engranaje piñón-corona. Para evitarlo se ha de reducir el grado de humedad en el interior del depósito, adicionando un producto adecuado para este fin, y engrasando dicho engranaje con un producto específico para GLP, que no se disuelva con el propano.
- A la inadecuada colocación del indicador rotativo de forma que el eje basculante tropiece con algún otro elemento interior.

El engranaje de conexión deberá estar engrasado con un producto específico para GLP

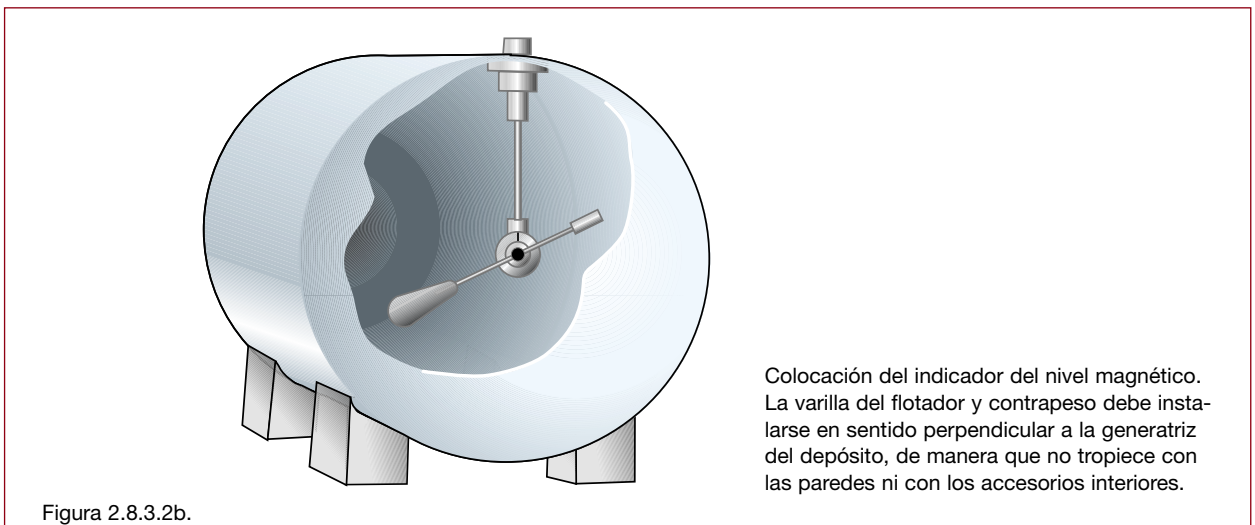


Figura 2.8.3.2b.

Colocación del indicador del nivel magnético. La varilla del flotador y contrapeso debe instalarse en sentido perpendicular a la generatriz del depósito, de manera que no tropiece con las paredes ni con los accesorios interiores.

El indicador se montará de forma que el recorrido del brazo basculante no encuentre impedimento en su recorrido. Su plano de giro debe ser perpendicular al eje longitudinal del depósito. Con esta posición, se evita que el chorro de gas durante el llenado, pueda dañarlo. Por ello se ha de realizar una comprobación del correcto funcionamiento del indicador durante el primer llenado del depósito. No basta con introducir una pequeña cantidad de gas con objeto de verificar la estanquidad sino que se deberá llenarse el depósito al 85 % para comprobar el correcto funcionamiento del indicador (Figura 2.8.3.2b).

La colocación del indicador de nivel será con la varilla del flotador situada transversalmente al depósito. Sólo está permitido poner niveles magnéticos ROCHESTER cuando la instalación deba dotarse de un sistema de telemedida.

2°. Indicador de nivel rotativo

Consiste básicamente en un tubo buzo curvado que gira accionado manualmente desde el exterior. Su extremo interno esta abierto mientras que el externo termina en una válvula o llave, según modelo, de pequeña sección situada en una maneta que incorpora una flecha indicadora deslizante sobre el dial de medición.

Al girar el conjunto, se abre la válvula citada. La medición se basa en situar el extremo libre del tubo, enrasando con la superficie libre del líquido. Si el orificio libre del tubo se encuentra en zona de vapor, saldrá éste, mientras que si se encuentra por debajo del nivel, saldrá fase líquida (Figura 2.8.3.2c).

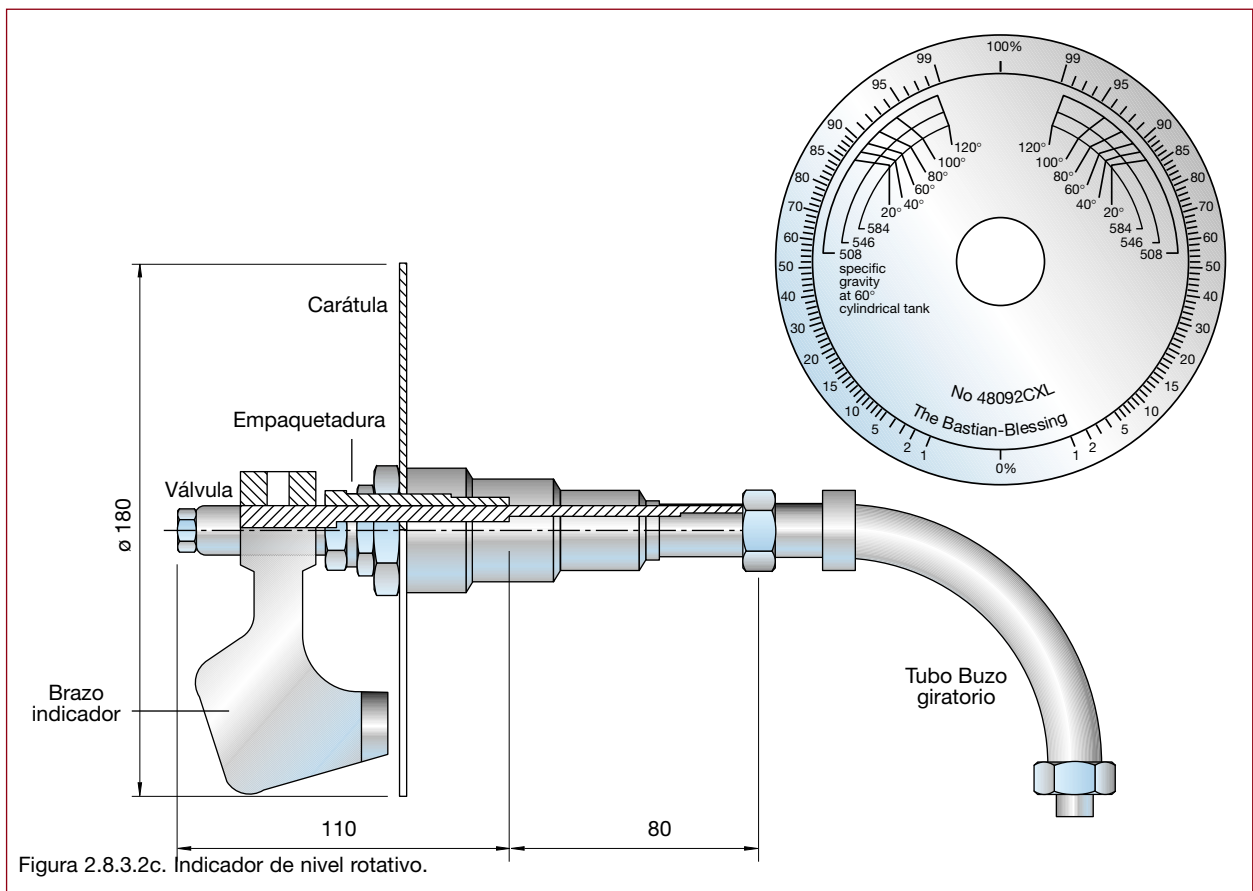


Figura 2.8.3.2c. Indicador de nivel rotativo.

El sistema se basa en la diferencia óptica entre una salida en fase gaseosa y otra en fase líquida. En esta última, además de producir ruido y desprender olor, que es común a los dos casos, la vaporización instantánea del líquido condensa el vapor de agua de la atmósfera, formando una nube blanca.

Situada la flecha de la maneta en posición donde se aprecie el cambio entre salida en líquido y salida en gas, (la aparición de la nube), se realiza la lectura en el dial con la escala graduada en porcentaje de llenado. Terminada la lectura, al disponer el indicador de contrapeso, el tubo vuelve a su posición perpendicular y se cierra la llave o válvula.

El dial incorpora unas curvas correctoras del porcentaje en función de la temperatura y de la masa en volumen del GLP con las que se puede calcular el porcentaje en masa.

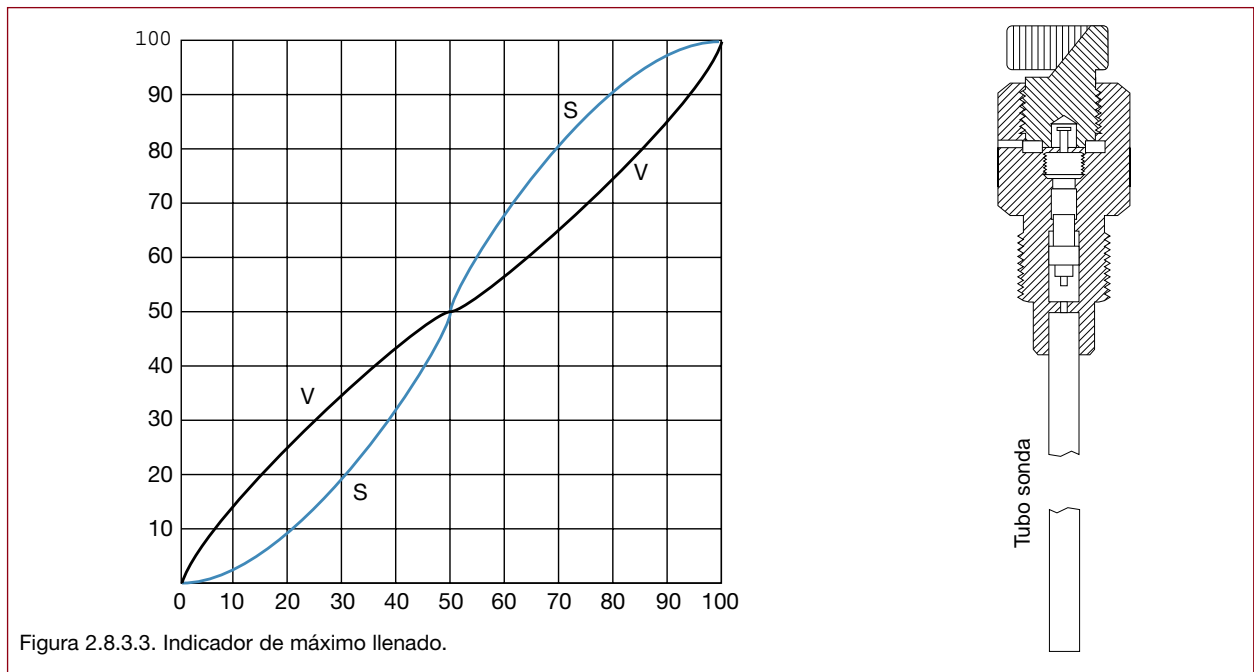
Este indicador de nivel es utilizado en los depósitos grandes así como en los camiones y vagones cisternas.

Es posible que, una vez montado el indicador, también llamado galga rotativa, se aprecie que roza con las paredes del depósito. Ello puede ser debido a que el diámetro del depósito es menor que el nominal o a que la longitud del tubo buzo sea mas largo de lo debido. La solución práctica es acortar el tubo lo mínimo necesario pero sin utilizar cortatubo sino hoja de sierra para evitar obstruirlo con las rebaba que se pudiera formar.

T3: 2.8.3.3 Indicador de máximo llenado (punto alto)

En estas instalaciones es conveniente poder comprobar que el depósito no se ha sobrellenado por encima del 85 %. Esto resulta imprescindible si el indicador de nivel se llega a estropear, por ejemplo, por formación de hielo en la transmisión o porque la boya tropezara, p.e. con el tubo buzo de la toma de fase líquida. Para ello se dispone de un indicador de máximo nivel.

La indicación se basa en la diferencia que existe entre una salida a la atmósfera de gas en fase vapor y otra en fase líquida como ya se ha indicado en el indicador de nivel rotativo.



El Indicador de nivel consiste en un grifo (llave con salida a la atmósfera) con tubo sonda, de longitud hasta el nivel máximo calculado, que no debe ser sobrepasado durante el llenado. Este dispositivo suele ir integrado en una “multiválvula” en depósitos pequeños y junto con el manómetro, en los grandes (ver punto 2.8.3.11).

El orificio de salida de gas al exterior es de pequeño diámetro, 1,5 mm, y su eje orientado de tal forma que se evite que el gas incida sobre las personas.

Cuando se prevea durante el llenado que se va a alcanzar el 85% de llenado, se abrirá este grifo por donde saldrá fase gaseosa. Las oleadas del líquido formadas por el propio chorro del GLP que se trasvasa, anuncian con intermitentes salidas de fase líquida (formación de nube), que se está alcanzando el máximo nivel previsto, por lo que se ha de proceder a la interrupción del trasvase.

La longitud del tubo sonda depende del tamaño del depósito y del tipo de multiválvula donde vaya montado. El instalador deberá comprobar que la longitud del tubo capilar es la correcta. En el caso de que hubiera que acortarlo, la longitud que ha de tener se obtiene de la tabla siguiente:

VÁLVULA	LONGITUD DEL TUBO CAPILAR (VARILLA)				
	D = 1,2 m	D = 1,5 m	D = 1,75 m	D = 2,2 m	D = 2,45 m
Omega GS 50	302	385	417		
Rego 2805 C		324	379	469	522
Rego 8101 COVT	281	343	398	488	541
Rego 7556 VR 12.0	318	380	435		
Clesse ECG H05	292	355	407		
GOK	303	365	417		
Valor de G	253	316	368	463	516

La longitud del tubo sonda se calcula con la siguiente fórmula para el caso de indicadores no situados en multiválvula:

$$L = 0,207 \times D$$

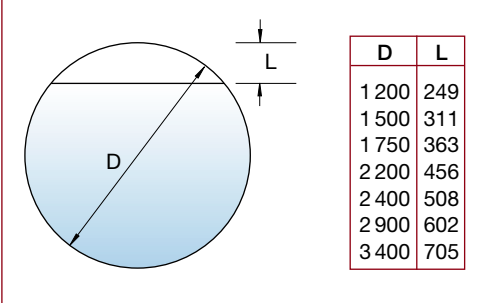
donde:

L es la longitud de la sonda en mm.

D es el diámetro interno del depósito en mm

...Regla nemotécnica: La longitud es el valor del doble del diámetro (m), expresado en decímetros, más un 10 % del diámetro.

Ejemplo: A un depósito de $D = 1,2$ le corresponde una $L = 2,4 \text{ dm} + 0,12 \text{ dm} = 2,52 \text{ dm}$, exactamente 248 mm.



D	L
1200	249
1500	311
1750	363
2200	456
2400	508
2900	602
3400	705

Si la sonda va situada en una multiválvula entonces deberá ser más larga, pues va alojada en un punto alejado unos 50 mm de la generatriz superior del depósito.

Averías y soluciones. Los problemas de funcionamiento de este dispositivo tiene dos orígenes.

El primer problema puede ser una longitud incorrecta de la sonda. Esto puede dar una indicación de máximo llenado antes del 85 %, si es más larga, o después, si es más corta.

Se debe cortar a la longitud correcta, nunca más corta.

No debe utilizarse la cinta de PTFE (Teflón) en la rosca del tubo sonda de la multiválvula.

A la hora de cortar la sonda en el montaje, en su longitud exacta, se debe evitar que las rebabas del corte puedan cegar el tubo imposibilitando su funcionamiento, por tratarse de tubo de pequeño diámetro. El corte se puede realizar con una sierra de corte para metal pero nunca con tenaza. El escareado final se recomienda.

T3: 2.8.3.4 Control de presión. Manómetros

El manómetro es un instrumento de medida que indica la presión relativa existente en un recinto o conducto determinado.

Los manómetros utilizados en este tipo de instalaciones suelen ser de tubo metálico curvado y elástico. La presión del gas en el interior del tubo modifica la curvatura del mismo y al tener un extremo fijo (por donde entra el gas), y el otro cerrado, se desplaza por la propia deformación producida, efecto de la presión, actuando sobre la aguja que se mueve sobre un dial donde se encuentra la escala de presión. El valor de la deformación es proporcional a la presión sufrida.

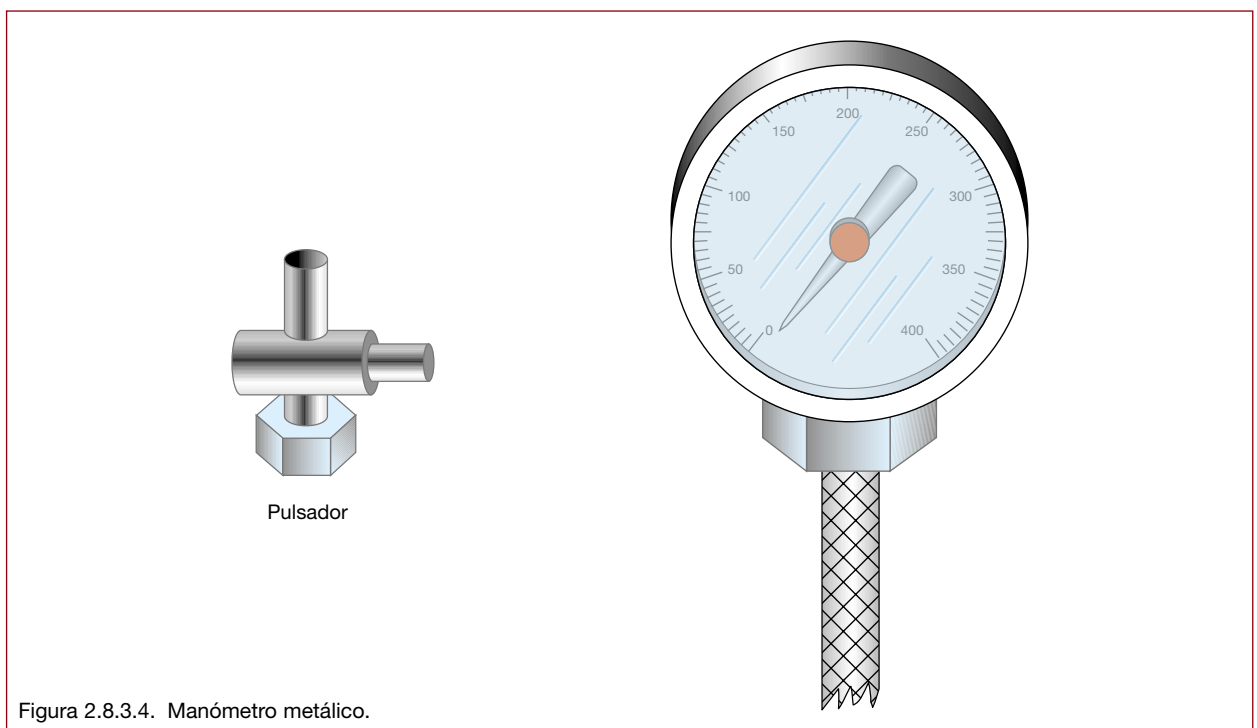


Figura 2.8.3.4. Manómetro metálico.

Al cesar de actuar la presión, el tubo recupera su forma original, volviendo a indicar la flecha el valor cero de la escala.

El diámetro de la esfera no será inferior a 63 mm y se han de conectar en contacto con la fase vapor o gaseosa.

Se utilizan igualmente los manómetros de membrana metálica elástica que trabajan bajo el mismo principio.

La presión directa del GLP en los depósitos se mide mediante manómetro conectado sin intercalar llave alguna (lectura continua). La escala de medición ha de abarcar, como mínimo el rango comprendido entre 0 y 40 bar. Normalmente se incorpora en la multiválvula y/o junto al indicador de punto alto.

En el resto de la instalación, la lectura de la presión no tiene que ser continua. Debido a que todos los manómetros elásticos tienen el inconveniente de que el elemento sensible se deforma con el tiempo, se les ha de someter a presión únicamente durante la medición. Los manómetros que han de quedar fijos en la instalación se han de montar intercalando una llave con el fin de poderlos desconectar, a la vez de que se permite la descompresión, dejando salir el fluido que contiene.

Para protegerlos de los movimientos bruscos producidos al someterlos a elevadas presiones (golpes de ariete), el mecanismo se aloja en baño de glicerina.

En los tramos en Media Presión, se instalan manómetros cuya escala alcance los 4 bar. (para la prueba de presión, se deberá sustituir por otro que alcance los 10 bar.

T3: 2.8.3.5 Válvula de seguridad por alivio de presión (VAS)

Dentro del depósito puede aumentar la presión del gas debido a los siguientes motivos:

- Aumento de la temperatura del gas.
- Sobrellenado del depósito (al alcanzarse el 100 % ya no es posible la condensación).
- Contener un hidrocarburo cuya tensión de vapor sea superior a la prevista (etano, eteno).
- Existir aire o gas inerte en la zona de fase vapor que, al elevarse su temperatura y no producirse la correspondiente condensación, originaría un aumento de presión mayor de lo previsto. En estos casos se ha de purgar la fase gaseosa para eliminar el aire o gas inerte residual.

Los depósitos se construyen con una determinada resistencia mecánica que no se podrá sobrepasar por razones de seguridad. Esto obliga a incorporar unas válvulas que eviten se alcancen presiones elevadas (por encima de 20 bar que es la presión máxima de servicio que corresponde al propano a una temperatura del orden de 50° C). Estas válvulas se llaman de seguridad por alivio de presión.

La válvula de seguridad debe estar conectada a la fase gaseosa del depósito. Entra en funcionamiento automáticamente, esto es, da salida a cierta cantidad de gas al exterior, cuando la presión del depósito excede del valor de timbre (20 bar), aliviando con ello la presión del interior del depósito.

El caudal de descarga de la válvula deberá ser lo suficiente para que la presión en el interior del depósito no sobrepase el valor límite (un 5% en los depósitos de capacidad hasta 20 m³ y un 10 % en los mayores, de la presión de apertura "P" de la misma) y como mínimo, el resultante de la siguiente función, que depende de la superficie del depósito.

$$A = 10,6552 \cdot S^{0,82} \text{ m}^3 \text{ (st) de aire/min.}$$

donde:

- A caudal de aire en m³/min. estándar
- S superficie total del depósito en m²

En base a la fórmula anterior se ha construido la tabla siguiente:

Superficie S (m ²)	Caudal aire A (m ³ /min.)	Superficie S (m ²)	Caudal aire A (m ³ /min.)	Superficie S (m ²)	Caudal aire A (m ³ /min.)	Superficie S (m ²)	Caudal aire A (m ³ /min.)
5	39,87	9	64,57	13	87,30	16,5	106,14 *
5,5	43,12	9,5	67,50	13,5	90,04	17	108,77
6	46,31	10	70,40	14	92,76	17,5	111,39
6,5	49,45	10,5	73,27	14,5	95,47	18	113,99
7	52,54	11	76,12	15	98,16	18,5	116,58
7,5	55,60	11,5	78,95	15,5	100,84	19	119,16
8	58,63	12	81,75	16	103,50 *	20	124,28
8,5	61,61	12,5	84,53				

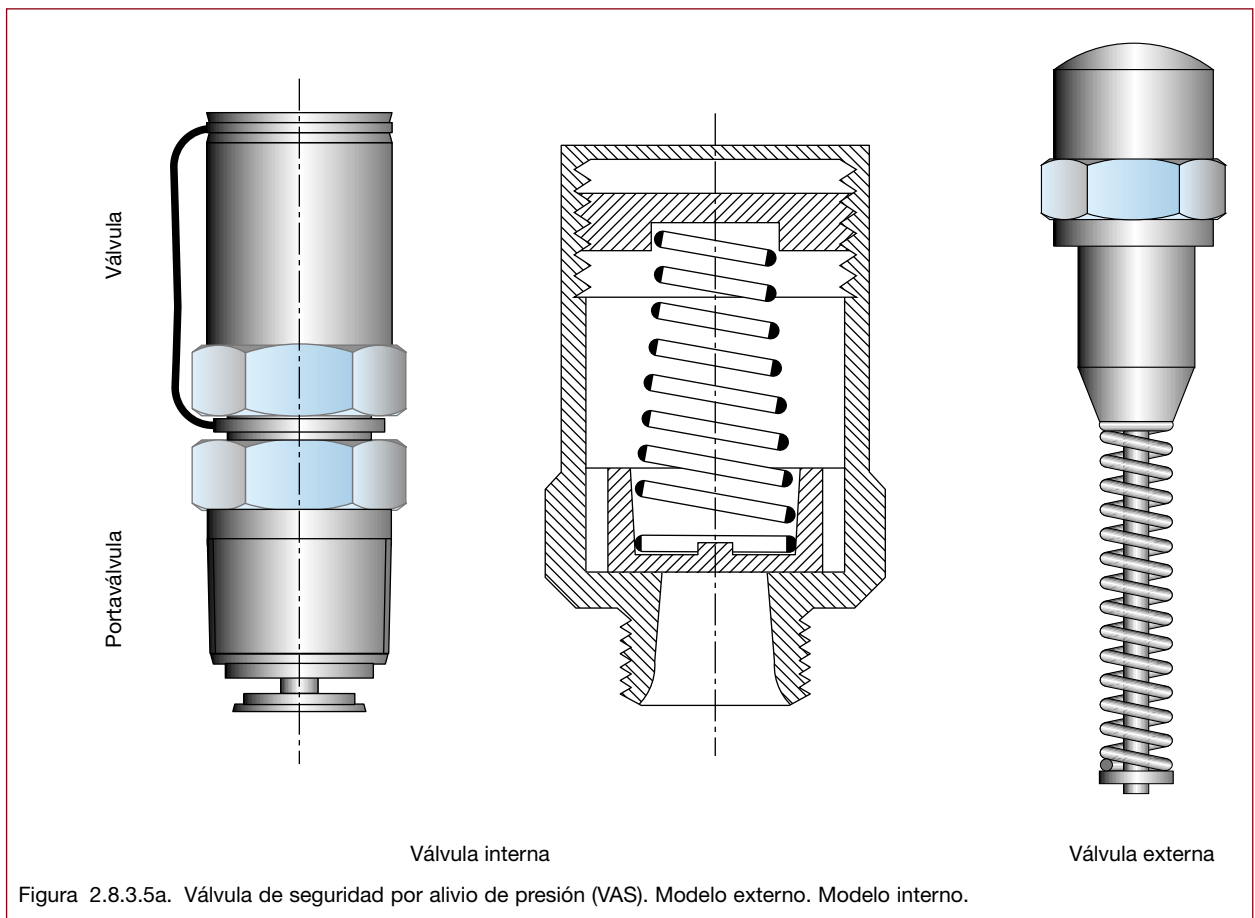
Si el depósito es enterrado se puede considerar que el caudal es un 30 % menor. En función del caudal obtenido colocaremos la válvula de seguridad que nos dé un caudal mayor que el mínimo.

VALORES DE LA DESCARGA QUE HA DE TENER LA VÁLVULA DE SEGURIDAD PARA DEPÓSITOS DE HASTA 60 m ³							
Diám. m	Volum. m ³	Descarga V.S. m ³ /min		Diám. m	Volum. m ³	Descarga V.S. m ³ /min	
		aéreo	enterrado			aéreo	enterrado
1,2	2,450	69,8	48,9	2,2	28,000	295,9	207,1
	2,670	74,4	52,1		29,600	308,9	216,2
	4,000	99,2	69,4		33,000	334,1	233,8
	4,440	107,7	75,4		36,200	359,3	251,3
	4,660	110,9	77,6		37,900	371,8	260,2
	4,880	115,0	80,5		39,500	383,8	268,6
	6,430	141,9	99,3		42,900	408,3	285,8
	6,650	145,8	102,1		46,200	432,1	302,5
	6,870	148,7	104,1		47,800	444,0	310,8
	7,090	152,2	106,5		49,500	455,9	319,1
8,334	122,3	122,3	52,800	479,2	335,4		
1,5	7,000	133,9	93,7	56,000	502,6	351,8	
	10,000	173,8	121,7	57,700	513,8	359,6	
	13,030	211,3	147,9	59,400	525,3	367,7	
	16,050	247,8	173,5	22,650	239,9	167,9	
	19,070	282,8	198,0	24,900	256,5	179,5	
	22,090	316,8	221,8	27,200	272,9	191,0	
1,75	10,600	168,0	117,6	31,800	305,5	213,8	
	15,180	243,6	170,5	36,300	337,0	235,9	
	19,760	263,5	184,5	38,600	352,4	246,7	
	24,350	308,5	216,0	40,900	367,8	257,4	
	28,930	351,9	246,3	45,500	398,0	278,6	
	33,510	391,9	274,3	49,950	427,8	299,4	
	38,100	435,5	304,9	52,300	442,5	309,7	
2,2	23,000	256,5	179,5	54,600	457,5	320,2	
	26,300	282,8	197,9	59,100	486,4	340,5	

Toda válvula de seguridad llevará grabado en sitio visible el caudal mínimo de descarga. En la práctica lo expresan en m³/h de aire, para un diferencial de presión determinado.

Estas válvulas se conexionan directamente a la zona de fase vapor ya que de esta forma, la salida del GLP produce vaporización en el interior del depósito, lo que ocasiona un enfriamiento benefactor al disminuir la presión del gas. Si la válvula de seguridad se conectara a la zona de fase líquida, además de no producirse enfriamiento en el interior del depósito, la cantidad de gas evacuado sería unas 250 veces mayor.

La normativa indica que la válvula de seguridad debe ser de sistema a resorte y estar tarada a 20 bar. La válvula consta fundamentalmente de un obturador con vástago guía que cierra la salida del gas por efecto de la acción de un muelle. Cuando la presión del gas es superior a la ejercida por el muelle, presión de tarado, éste cede, permitiendo el desplazamiento del obturador y con ello la evacuación del GLP. Una vez aliviada la presión, el muelle se recupera cerrando de nuevo la salida del gas. La evacuación suele hacerse al exterior y en ciertos casos al depósito o a zona de aspiración de la bomba o compresor.



La presión de tarado de la válvula de seguridad puede ser ajustada tensando lo necesario el muelle que actúa sobre el obturador de la válvula.

Existen dos tipos de válvula de seguridad: La externa y la interna, según que su muelle se encuentre fuera o dentro del depósito, envase o conducción que contiene el gas. En ambos casos, sus respectivos muelles trabajan a compresión.

En los depósitos pequeños, al no requerir de colector, se montan preferentemente las de tipo interno pues ofrecen la ventaja de que el muelle se encuentra, una vez montada, protegido de los agentes atmosféricos externos y además por encontrarse más protegida contra eventuales golpes.

Las válvula de seguridad de tipo externo se montan preferentemente en tuberías al no ser posible utilizar las de tipo interno para este tipo de instalación.

Depósitos pequeños ($V \leq 20 \text{ m}^3$). Para este tipo de depósitos se usan válvulas individuales de tipo interno.

Depósitos grandes ($V > 20 \text{ m}^3$). Dispondrán de al menos dos válvulas de seguridad externas estándar, pudiendo ir acopladas en un colector de seguridad. Ello viene a compensar la falta en el mercado de válvula de mayor tamaño. En estos casos, el eventual fallo de una de ellas obliga a colocar una de reserva y de manera que al quitar la averiada, quede acoplada automáticamente la de reserva. Simultáneamente se impide que las restantes puedan ser desconectadas.

Tuberías de fase líquida. Cuando pueda quedar líquido atrapado entre dos llaves o válvulas seguidas, sin expansión posible, es obligatorio disponer de una válvula de seguridad que alivie la dilatación del líquido. Es el caso concreto de la boca de carga.

Entre dos llaves de corte o válvula en tuberías de fase líquida es obligatorio proveer de una válvula de seguridad que alivie la dilatación del líquido.

Las válvulas deben llevar una caperuza para evitar se introduzcan en ella sustancias extrañas. Al actuar la válvula, el tapón ha de saltar fácilmente y no resultar obstáculo en la proyección de la descarga.



Figura 2.8.3.5b. Colector de seguridad para VAS.

Queda expresamente prohibido intercalar entre la válvula de seguridad y el depósito otra válvula o llave que la pueda inutilizar. Se admite, no obstante, montar una portaválvula tipo válvula cheklok (ver toma de fase líquida), sin exceso de flujo, pues ello permite desmontar la válvula de seguridad sin tener que vaciar previamente el depósito. (el obturador de la portaválvula se abre al estar acoplada la válvula de seguridad). Esta portaválvula reduce el valor de la descarga lo que se ha de tener en cuenta al elegir la válvula de seguridad adecuada.

Cuando la descarga de gas se produzca en un local (sala de bombas, p.e.) y tenga que ser evacuada al exterior, se hará en sentido vertical ascendente, utilizándose para ello una conducción prolongadora, intercalando un manguito de unión, que actúe como punto débil y sea por él por donde se pueda romper con preferencia. Debe desembocar a 4 m del suelo. Un colector puede servir para la evacuación de varias válvulas. El extremo de descarga quedará protegido para evitar la entrada de agua y suciedad pero sin dificultar su funcionamiento.

T3: 2.8.3.6 Toma de la fase gaseosa

La toma de fase gaseosa se realiza mediante una llave de corte de tipo asiento de accionamiento manual, conectada directamente a la zona de fase vapor del depósito. Esta llave ha de disponer de una válvula de exceso de caudal situada aguas arriba de la llave y suele ser interna para evitar deterioro y manipulación no deseada.

Normalmente, la llave de toma de fase gaseosa y la válvula de exceso de caudal se encuentran incorporadas en la multiválvula, donde se conectan, además, el indicador de punto alto de llenado y el manómetro (en depósitos pequeños ya que en los grandes se encuentran separados).

El limitador de caudal actúa también cuando se realiza una apertura brusca de la llave, principalmente en la puesta en gas de la instalación, cuando las conducciones al estar vacías, están depresionadas (la apertura inicial debe realizarse muy lentamente).

Para probar el buen funcionamiento de la válvula de exceso de caudal, basta con abrir rápidamente la llave de toma. Si se oye el mecanismo y se comprueba que no sale gas por los aparatos de consumo, es que la válvula funciona correctamente.

Cuando solo se tome fase líquida del depósito, se podrá prescindir de la llave manual de toma de fase gas, protegiendo el cierre con un tapón roscado o brida ciega.

Cuando el llenado y la toma de fase gaseosa se realizan por debajo del depósito mediante los correspondientes tubos buzo, cuyos extremos libres se encuentren cercanos, resulta posible que fase líquida pueda penetrar en el interior del tubo buzo de la toma de fase gaseosa y por lo tanto, al poner en funcionamiento los aparatos, haga que por su quemador salga fase líquida en un principio.

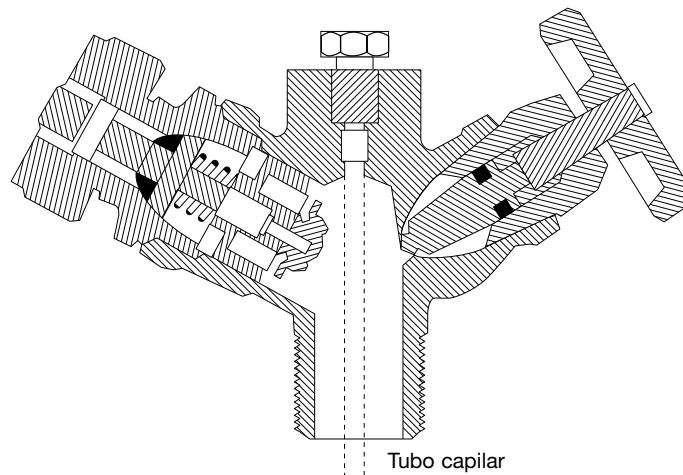


Figura 2.8.3.6. Toma de fase gaseosa incorporada en la multiválvula.

T3: 2.8.3.7 Toma de la fase líquida

La toma de fase líquida se realiza a través de una válvula de exceso de caudal y de una llave de corte. Es el resto de los casos, utilización de equipos de vaporización, trasvases entre depósitos o vaciados y para la toma de muestras de gas, se utiliza la chek-lok. La norma pide que la toma se realice mediante una válvula con doble sistema de cierre, siendo uno de ellos (la válvula) automático por exceso de flujo, situado en el interior del depósito, y el otro, (la llave), de corte manual.

Este equipo toma el fluido de la parte inferior, ya sea por estar colocado sobre la generatriz inferior del depósito directamente (depósitos grandes aéreos), o por estar sobre la generatriz superior con un tubo buzo que lo conecta con la parte inferior. El tubo buzo no ha de llegar totalmente al fondo para no arrastrar los sedimentos hacia la utilización.

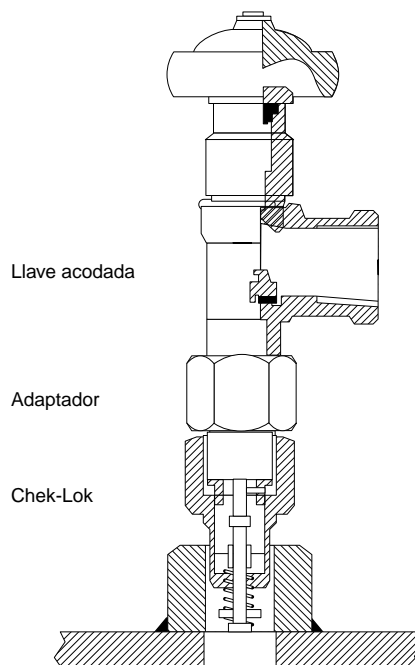


Figura 2.8.3.7. Toma de fase líquida (chek-lock).

La válvula y la llave pueden estar integrados en un mismo cuerpo de forma que ambos sistemas, manual y automático accionen el cierre. En la válvula de exceso de flujo, el cierre se producirá cuando la presión exterior sea inferior a la interior del depósito.

La llave manual se acopla a la chek-lok directamente y en algunos modelos, intercalando un adaptador, en ambos casos abriendo el obturador de la chek-lok.

Caso de no utilizarse la toma de fase líquida, la llave manual ha de quedar precintada en posición cerrada, pudiendo faltar, en cuyo caso se cerrará la chek-lok mediante un tapón roscado de acero o brida ciega.

El acoplado y desacoplado de la llave se ha de realizar con sumo cuidado debido a que en la operación se escapa el gas al quedar en posición entreabierto. En estos casos, la llave se ha de encontrar en posición cerrada. Se ha de cerciorar de que la chek-lok cierra correctamente, lo que no se lograría caso de existir suciedad en el asiento del obturador.

Una válvula chek-lok sin válvula de exceso de flujo puede utilizarse intercalándola entre el depósito y una válvula de seguridad con el fin de poder desmontar ésta sin tener que vaciar el depósito previamente.

Características a tener en cuenta para seleccionar la chek-lok

- Se trata de una válvula muy importante de la instalación debido a que una rotura de la conducción sería de consecuencias graves
- Permite el paso del GLP en ambos sentidos
- El asiento plano de la válvula es hermético en posición cerrada.
- Es de rearme automático.
- Al seleccionar la válvula, elegir la que suministre un caudal, dos veces superior al necesario en condiciones normales.

Acoplamiento de la llave de corte a la chek-lok:

- 1 Al desenroscar el tapón de la chek-lok se notará un escape de gas por el orificio de 1/8" en el tapón. No extraer dicho tapón hasta que se deprime totalmente.
- 2 Cerrar la llave de corte que deberá llevar el adaptador acoplado si no lo tiene incorporado.
- 3 Acoplar el conjunto llaveadaptador a la chek-lok. Durante la operación se abre la chek-lok dejando salir un poco de gas.

T3: 2.8.3.8 Dispositivo de drenaje

Este sistema tiene como cometido principal el permitir el drenado (eliminación de los sedimentos y elementos decantados) del depósito así como el agua utilizada para la prueba de resistencia mecánica. Los cuerpos extraños y el agua son más densos que el GLP y decantan en el fondo del depósito por lo que el dispositivo se ha de situar en su punto más bajo. Se la nombra equivocadamente "Purga".

Depósitos de volumen inferior a 60 m³. En este tipo de depósitos, el sistema de purga más eficaz consta de una válvula chek-lok con una llave de corte si no la llevara incluida (Figura 2.8.3.8).

Depósitos de volumen superior a 60 m³. En este tipo de depósitos, además de la chek-lok y su llave de corte manual conectada a un decantador que dispondrá de válvula de seguridad y grifo antihielo. (ver toma de muestras en el punto 2.19).

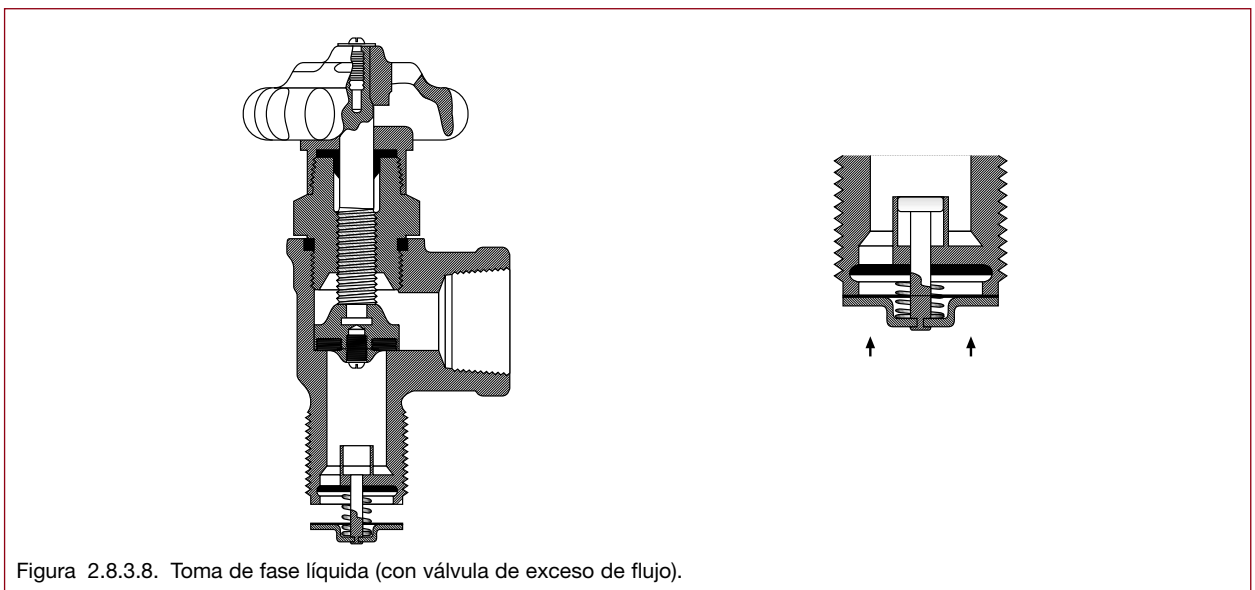


Figura 2.8.3.8. Toma de fase líquida (con válvula de exceso de flujo).

Este decantador estará bien anclado y se vaciará cuando se considere seguro y necesario. El drenaje del depósito se deberá realizar después de cada uno de los suministros. Se abrirá la llave para que el gas pase al decantador, teniendo la precaución de que el grifo del mismo se encuentre cerrado. La maniobra será rápida con apertura parcial de la llave del decantador y cierre inmediato. A continuación se abrirá el grifo con las lógicas precauciones, tratando de recuperar el gas para evitar la contaminación.

Esta operación se repetirá siempre que se encuentren elementos ajenos al propano.

La operación de purgado se realizará con posterioridad a cada uno de los suministros.

En los depósitos enterrados o semienterrados se instala en su generatriz superior una segunda válvula de salida de fase líquida (chek-lok) con tubo buzo hasta el fondo para hacer las veces de válvula de drenaje. En estos casos, dicha válvula se protegerá mediante un tapón roscado mientras no se utilice. El tubo buzo deberá llegar casi hasta el fondo para arrastrar la máxima cantidad de sedimentos posible.

Para un mejor resultado de la operación, el depósito se ha de colocar ligeramente inclinado hacia el lugar en que se encuentra el dispositivo de drenaje, para facilitar así su labor de sumidero, pero simultáneamente se ha de procurar que los sedimentos que pudieran existir en el fondo no lleguen a obstruirla.

El grifo corta-hielo es de bola, de 1/4 de vuelta y su extremo libre irá cerrado por tapón ciego. Permite eliminar la interrupción de la salida de fase líquida por efecto de la producción de hielo debido a la vaporización de la fase líquida en la atmósfera.

T3: 2.8.3.9 Toma de tierra

Los depósitos y los camiones cisterna durante el trasvase, tienen que estar al mismo potencial eléctrico para que no pueda saltar chispa eléctrica de uno a otro. Conectándolos entre sí estando el depósito conectado a tierra, se impide dicho riesgo.

El camión cisterna debe llevar un cable que se conecte al borne de la pica de toma de tierra dispuesta a tal fin. Dicha borna deberá ser de cobre sin proteger. La toma de tierra no podrá tener más de 20 Ohmios de resistencia eléctrica usándose cable de conexión a tierra de 16 mm² (equivalente a 4,5 mm Ø).

Para depósitos enterrados, por existir protección catódica, el depósito no se conectará a tierra, pero para el camión cisterna deberá existir una toma de tierra independiente y estar situada en arqueta normalizada visible, lo más cerca posible de la puerta del Centro de almacenamiento.

T3: 2.8.3.10 Válvula de compensación de fases vapor (fase gas)

Consiste en una válvula antirretorno utilizada para poner en comunicación la zona de fase vapor de un depósito con la de otro depósito o cisterna durante el trasvase de gas, a fin de acelerar o hacer posible la operación.

Esta válvula es imprescindible cuando se realiza el trasiego mediante compresor en vez de con bomba.

En el trasvase utilizando la manguera de compensación de fases, la entrada de líquido en el depósito trae consigo la salida de vapor; el primero se factura al ser medido por el contador del equipo de trasvase pero el segundo no es deducido, luego solo será rentable la utilización de esta conexión cuando se facture al cliente el gas trasvasado por el método de la doble pesada, (una antes y otra después de la operación).

La válvula de compensación suele ir incorporada en la multiválvula.

T3: 2.8.3.11 Multiválvulas

Se trata de un conjunto de válvulas formando un bloque que se conecta directamente al depósito mediante una sola conexión. Previstas para depósitos de hasta V = 20 m³. Suele estar compuesta por (Figura 2.8.3.6).

- Toma de fase gaseosa con válvula de exceso de flujo.
- Indicador de punto alto de llenado.
- Conexión para manómetro (presión de almacenamiento).

y excepcionalmente,

- Por la válvula de compensación de fases gaseosas.
- Con boca de carga y la incorporación de un dispositivo que interrumpa el llenado al alcanzarse el nivel máximo.
- Toma de fase líquida.

Al formar la multiválvula un sólo cuerpo se simplifica su montaje en el depósito, aunque la avería de un elemento componente obliga a la sustitución del conjunto.

La conexión al depósito suele ser de 3/4" NPT y la conexión de salida es POL 21,8 izq.

La salida de gas se suele orientar paralela al eje longitudinal del depósito, en dirección al fondo mas cercano.

T3: 2.8.4 Composición y disposición de la valvulería ⁽¹⁾ sobre el depósito

En las tablas 2.1 y 2.2, se resume la relación de elementos a incorporar a los depósitos, así como su disposición sobre él y sus conexiones. En la columna "orificios y función" vemos el tipo de elemento y su referencia con respecto al dibujo del depósito.

TABLA 2.1. ELEMENTOS PARA DEPÓSITOS HASTA EL MODELO 33.510									
ORIFICIOS Y FUNCIÓN	CONEXIÓN	REF. COMERCIALES		GRUPOS DE DEPÓSITOS					
		GOK	REGO	1	2	3	4	5	6
A- Boca de carga Antirretorno Llave	1-1/4" NPT		7579 C	X	X	X	X	X	
	1-1/4" NPT	K 5401000	6579 C	X	X	X	X	X	X
	1-1/4" NPT								X
	1-1/4" NPT								X
B- Válvula de Seguridad 1 válvula 1 válvula 2 válvulas 2 válvulas Colector	1-1/4" NPT	K5611500		X	X				
	1-1/4" NPT		8685	X					
	1-1/4" NPT		8685		X	X	X	X	
	1-1/4" NPT	K5611500				X	X		
	4"		A 8573						X
C- Toma de fase gaseosa Multiválvula Limitador Limitador Llave Llave	3/4" NPT	K 5520300	8101	X	X	X	X		
	3/4" NPT	K 5520500	PTC 124	X	X	X	X		
	3/4" NPT		12472	X	X	X	X		
	1-1/4" NPT		A 8013 DA					X	X
	1" NPT		A 7507 AP					X	X
	1-1/4" NPT							X	X
D- Toma de fase líquida (**) ...	3/4" NPT	K 224400	7572 FC	X	X	X	X		
	1-1/4" NPT	K CE 70570	7580 FC					X	X
E- Drenaje: Aéreos (**) Aéreos Enterrados Enterrados	3/4" NPT			Tapón	Tapón	Tapón	Tapón		
	1-1/4" NPT 3/4							Tapón	Tapón
	" NPT	K-5224400	7572 FC	X	X	X	X		
G- Drenaje inferior (**) Aéreos Aéreos Enterrados Enterrados	1-1/4" NPT	KCE 70570	7580 FC					X	X
	3/4" NPT			Tapón	Tapón	Tapón	Tapón	Tapón	
	1-1/4" NPT 3/4								Tapón
	3/4" NPT								
F- Nivel mag: Ø 1,20 m Ø 1,50 m Ø 1,75 m	Junior	SJR 800							
	Junior	SJR 1 200							
	Junior	SJR 1 200	6281-TM	X	X				
	Junior	SJR 1 500	6281- TM			X	X	X	
	Junior	SJR 1 750	6281- TM					X	X
H- Punto alto y manómetro	3/4" NPT		A 2805 C					X	X

(**) Para drenar, el instalador deberá tener Adaptador y Llave de Corte: REGO: 7572 C14 A;T550-P.

(1) Obs.: En Hispano-américa, al conjunto de llaves y válvulas se le nombra con la palabra "valvulario" mientras que en España se usa "valvulería" o "accesorios", aunque en nuestro caso, incluimos también a los dispositivos de seguridad y a los instrumentos de medida que lleva el depósito.

MODELOS PERTENECIENTES A CADA GRUPO (sin distinción de enterrado o aéreo):					
Grupo		Volumen Dep. (m ³)	Grupo		Volumen Dep. (m ³)
1	A0, E0 (hasta 5 m ³)	2,45; 4,00; 4,66 y 4,88	4	A2, E2 (hasta 20 m ³)	13,03
2	A1, E1 (hasta 10 m ³)	6,65 y 8,334	5	A2, E2 (hasta 20 m ³)	16,05; 19,07 y 19,76
3	A1, E1 (hasta 10 m ³)	10,00	6	A3, E2 (más de 20 m ³)	24,35 y 33,51

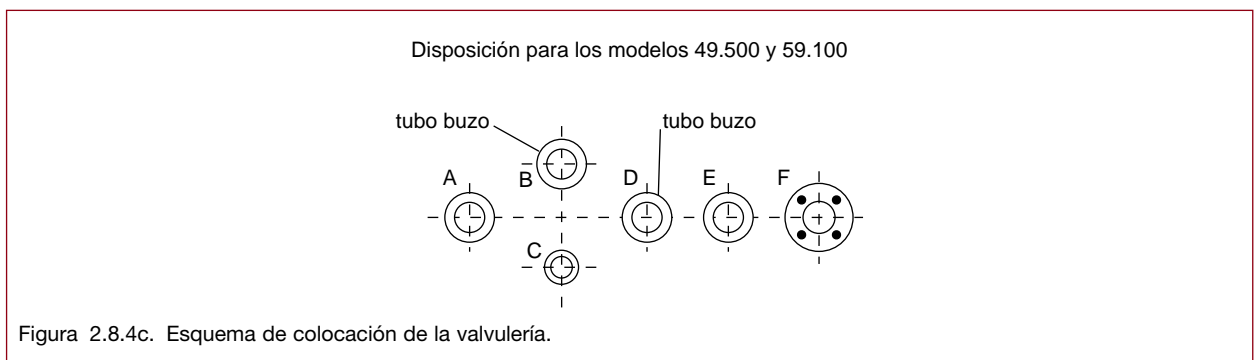
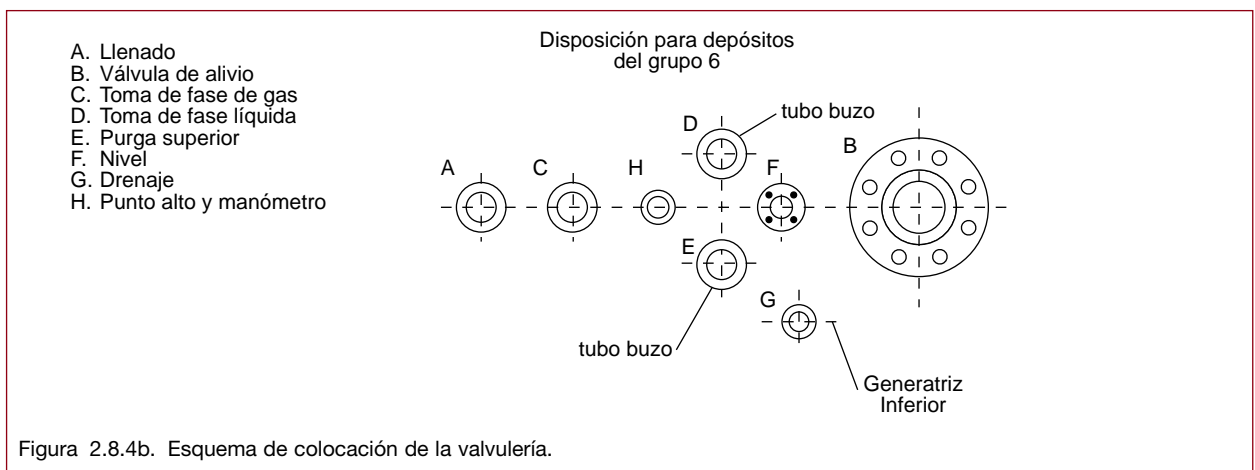
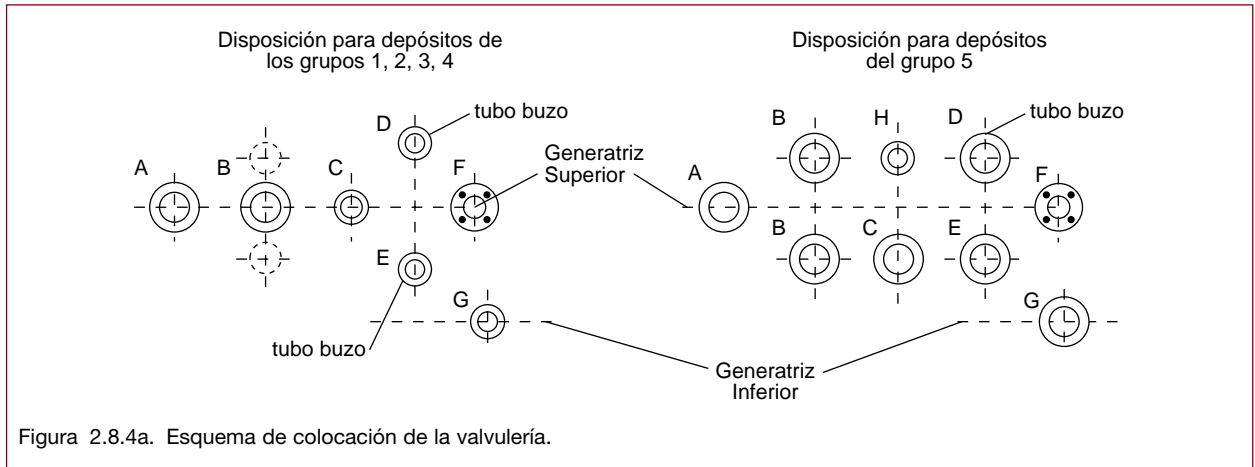
En el apartado B de la tabla 2.1, se podrá montar cualquiera de las opciones marcadas con X, las dos opciones dependen de la referencia comercial elegida, ya que no son totalmente equivalentes, como en otros apartados.

En los apartados E y G, referentes al drenaje, se debe distinguir si el depósito es enterrado o aéreo; ello es debido a que en cada caso llevan el tapón y la válvula en diferente sitio.

TABLA 2.2. EQUIPOS PARA LOS MODELOS 49.500 a 59.100						
ORIFICIOS Y FUNCIÓN	CONEXIÓN	REF. COMERCIALES			DEPÓSITOS	
			REGO		49.500	59.100
A- Llenado						
Antirretorno	1 $\frac{1}{4}$ " NPT					
Llave de corte	1 $\frac{1}{4}$ " NPT					
Boca de carga	1 $\frac{1}{4}$ " NPT		6579 C		X	
Antirretorno	2" NPT		A 3400 L4			X
Llave de corte	2" NPT		A 7513 FP			X
B- Drenaje (*)	1 $\frac{1}{4}$ " NPT		7580 FC		X	X
C- Punto alto y manómetro	$\frac{3}{4}$ " NPT		A 2805-C		X	X
D- Toma de fase líquida (*)	1 $\frac{1}{4}$ " NPT		7580 FC		X	
Limitador	2" NPT		A 3500 PA			X
Llave	2" NPT		A 7513 FP			X
E- Toma de fase gaseosa						
Limitador	1 $\frac{1}{4}$ " NPT		A 8013 DB		X	
Llave	1 $\frac{1}{4}$ " NPT		A 7509 BP		X	
Limitador	2" NPT		A 3500 PA			X
Llave	2" NPT		A 7513 FP			X
F- Nivel mag						
Aéreos Ø 2.200	1" NPT		A 9095 RS		X	
Aéreos Ø 2.450	1" NPT		A 9095 RS			X
Enterrados Ø 2.200	Senior		6360-08		X	
Enterrados Ø 2.450	Senior		6360-08			X
Colector de Seguridad (**)	DN 100 DIN 2634 ANSI 4" 300 L		A 8573		X	X

(*) Para drenar, el instalador deberá tener Adaptador y Llave de Corte: REGO: 7572 C14 A; 7550-P
(**) Ambos modelos de depósito pueden usar cualquiera de las dos referencias, pero estas no son equivalentes.

En las Figuras 2.8.4a, 2.8.4b y 2.8.4c se muestran los esquemas de colocación de la “valvulería” sobre el depósito y la función de cada orificio.



T3: 2.8.5 Recomendaciones generales para el montaje

Llegado a este punto ya sabemos como funciona cada elemento de la valvulería, donde va a ir situado y cuales debe incorporar cada depósito. Pero no está de menos recordar algunas cuestiones básicas y seguir las siguientes recomendaciones a la hora de proceder al montaje de los mismos.

La cinta de PTFE (Teflón) se usa para asegurar la estanquidad y orientación de los elementos que se acoplan en el depósito.

Uniones roscas. Las roscas se limpiarán con cepillo eliminando así cualquier viruta o suciedad que haya podido introducirse entre los filetes de rosca.

Encintado con PTFE (Teflón). Una vez limpia y desengrasada la rosca se procede a aplicar la cinta de PTFE para asegurar la estanquidad de la misma y la orientación final del accesorio. Se realizará el encintado en sentido inverso al de la rosca y como norma general, se aplicarán varias capas superpuestas de Teflón.

Colocación de los elementos accesorios. Cada elemento tiene su sitio y solamente un lugar correcto de ubicación. Hay que comprobar si lleva tubo buzo o no, con objeto de identificar cada orificio.

Algunos orificios llevan tubo buzo y otros no, antes de colocar la válvula deben estar todos los orificios correctamente identificados

Limpieza de pequeños orificios. Existen pequeños orificios de toma de presión, de equilibrio de presión u otros que son fundamentales para el correcto funcionamiento de algunos elementos como el manómetro o el limitador de caudal. Tales agujeros son de pequeño diámetro y hay que comprobar que no estén obstruidos, mediante soplado.

Capotas y arquetas. Los elementos y accesorios van protegidos por capotas o arquetas, esto se hace así para minimizar el daño que pueden sufrir los equipos por estar a la intemperie. Carecer de la protección intensifican el desgaste de dichos elementos.

**Cuando no se trabaje con los elementos accesorios, la capota permanecerá cerrada y la arqueta limpia y cerrada
Las válvulas no son tapones, no deben ser usadas para ese fin**

T3: 2.9 Protección contra la corrosión

El acero es un metal que sufre dos tipos básicos de corrosiones: La ocasionada por los agentes atmosféricos y la iónica. La primera debida principalmente por el oxígeno del aire y la humedad, y la segunda al formarse pares galvánicos cuando se encuentran enterrados. Estas son las que se tienen en cuenta en las instalaciones de gas.

La protección consiste en las operaciones que se realizan para evitar la corrosión. Se distingue entre protección pasiva y activa.

- Protección pasiva: Consiste en la aplicación de diferentes recubrimientos (pinturas, cintas aislantes, recubrimientos plásticos, etc.) y el enterramiento del metal a proteger en un medio “inerte” como es la arena de río lavada o utilizando depósitos de doble pared.
- Protección activa: Consiste en la conexión del metal a proteger con otro metal auxiliar originando o inyectando una corriente de sentido contrario a la que se originaría de forma natural, que ocasione solamente la corrosión del metal auxiliar (a modo de sacrificio). Se trata de la llamada protección catódica.

T3: 2.9.1 Protección pasiva

Cuando los depósitos y conducciones de acero se encuentren enterrados o semienterrados deberán protegerse contra la corrosión externa mediante un revestimiento continuo a base de brea de hulla, betún de petróleo, materia plástica (epoxi) u otros materiales (metalizado), de forma que la resistencia eléctrica, adherencia al metal, impermeabilidad al aire y al agua, plasticidad y resistencia mecánica sean las adecuadas. Las tuberías aéreas se recubrirán con pintura antioxidante, bituminosa, con cinta aislante autoadherente, etc. (punto T3: 3.5.4).

Los apoyos y zunchados ⁽²⁾ se prepararán de forma que no puedan dañar al metal a proteger o a su protección, intercalando elementos aislantes.

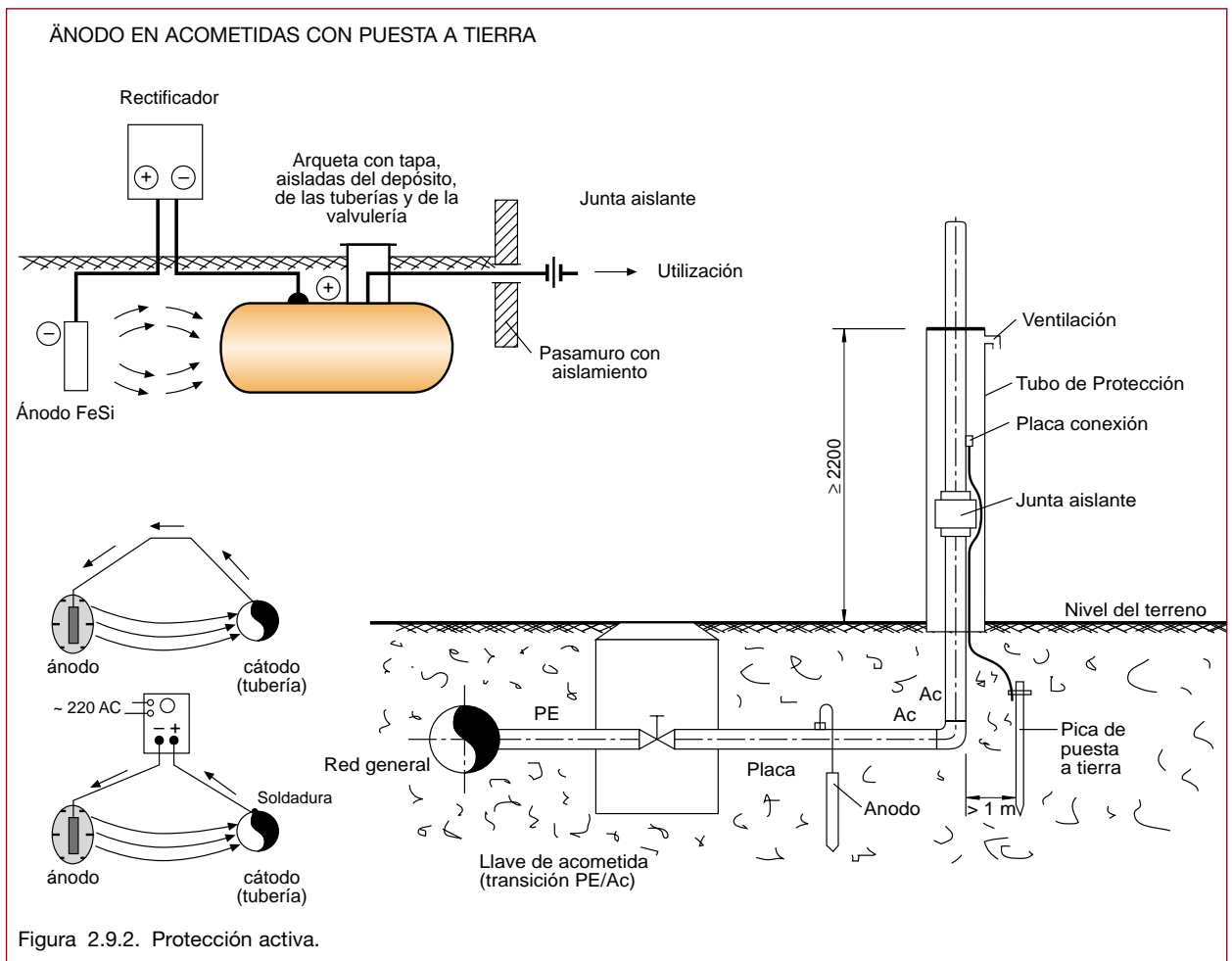
Inmediatamente antes de ser enterrados los depósitos, se comprobará el buen estado del revestimiento, y las conducciones mediante un detector de rigidez dieléctrica por salto de chispa tarado a ≥ 15 kV.

Cuando los depósitos y conducciones de acero se encuentran enterrados, la protección pasiva, aunque esté correctamente aplicada, consigue únicamente retardar los procesos de corrosión; por ello es necesario, como complemento para conseguir una protección eficaz, la utilización de un sistema activo. (salvo que un estudio de agresividad del terreno demuestre no ser necesario).

T3: 2.9.2 Protección activa

Al enterrar un cuerpo de acero (depósito, tubería) sin ningún tipo de protección, se verá afectado por la variación de las condiciones del terreno o del metal produciéndose una diferencia de potencial entre dos puntos que engendrará una corriente eléctrica continua a través del terreno, y esta corroerá (disolverá) el metal. Esto ocurre cuando las circunstancias son favorables (humedad, agresividad del terreno) (punto T3: 3.5.6).

⁽²⁾ Zunchos son abrazaderas o anillos metálicos usados como refuerzo.



La zona por donde sale la corriente se llama anódica (polo positivo) y por la que entra es la catódica (polo negativo). El origen de estas corrientes es de muy diversa procedencia, como pueden ser corrientes estáticas, por agresividad del terreno o bien cuando se ponen en contacto dos metales diferentes.

La protección catódica se consigue de dos formas diferentes:

- Conectando el metal a otro más electronegativo (ánodo) que el que se quiere proteger, por ejemplo magnesio (bolsa con polvos o ánodos). Se genera una corriente galvánica de protección.
- Inyectando corriente continua externa, conectando el polo negativo (-) a la conducción a proteger y el positivo (+) a tierra a través de electrodo auxiliar.

La finalidad de la protección catódica es garantizar un potencial entre el depósito y el suelo que medido respecto al electrodo de referencia cobresulfato de cobre Cu/CuSO_4 , sea igual o inferior a $-0,85$ V. En aquellos casos en que existan bacterias sulfatorreductoras y/o corrientes vagabundas, deberán adaptarse medidas especiales.

La corriente eléctrica continua pasa a través del electrolito (terreno), entre el elemento que le corresponde disolverse (ánodo) y otro metal (cátodo), en contacto con aquel. Con ello se invierte el sentido de la corriente, por lo que el elemento incorporado pasa a ser el ánodo y el elemento a proteger pasa a ser cátodo.

Sistemas de protección activa por corriente galvánica: El potencial de inmunidad, puede lograrse mediante la utilización de electrodos galvánicos, que están elaborados normalmente a base de zinc, magnesio, aluminio. Estos electrodos se entierran alrededor del acero a proteger, conectados entre si mediante cables conductores enfundado, con la finalidad de que aquellos hagan la función de ánodos y sean los que se disuelvan, quedando de este modo protegido el acero. A estos ánodos se les llama de sacrificio por la labor que realizan.

Sistemas de protección activa por inyección de corriente. (corriente impuesta y no impresa, como dicen algunos) La protección por inyección de corriente se utiliza cuando la intensidad producida por el sistema galvánico resulta insuficiente o el electrolito (terreno) es de alta resistividad. Esto sucede cuando se trata de proteger redes de distribución construidas en acero y de cierta importancia, generalmente con longitudes superiores a 3 km. En estos casos se debe incluir también la protección de los depósitos.

Este procedimiento consiste en poner en contacto eléctrico la estructura a proteger con la borna negativa de una fuente exterior de corriente continua (rectificador), y los ánodos auxiliares con la borna positiva. Se deben enterrar en el electrolito (terreno) en que se encuentre la estructura metálica, en sitio húmedo para que la resistencia sea menor.

Los ánodos auxiliares (los electrodos dispersores de corriente) más comúnmente utilizados son: la chatarra de hierro, el ferrosilicio o el grafito.

Este sistema ofrece la ventaja de poderse variar la tensión y de diseñarse según la intensidad necesaria.

Los depósitos de doble pared, con cámara intermedia de separación, podrán, una vez autorizados, prescindir de la protección catódica, al haberse eliminado las causas de la corrosión.

Resumiendo:

		PROTECCIÓN	
		Pasiva	Activa
Depósitos	aéreos	pintura	no necesaria
	enterrados	revestimiento continuo. Comprobar antes de enterrar	protección catódica (-0,85 V)
Canalización	aérea	pintura, metalizado, etc.	no necesaria
	enterrada	revestimiento continuo (solape del 50%). comprobar antes de enterrar (>15 kV)	protección catódica (-0,85 V)

Un depósito enterrado debe quedar aislado eléctricamente del resto de la instalación exterior mediante la correspondiente junta aislante.

Utilizando protección catódica activa no han de existir juntas aislantes en la conducción pues interrumpirían la corriente protectora. Si existen bridas, éstas se han de puentear.

Para que la protección resulte eficaz es necesario cumplir las especificaciones siguientes:

- 1 La arena de río tiene que llegar hasta la losa de hormigón que tapa el alojamiento del depósito, dado el caso.
- 2 Situar los ánodos equidistantes, rodeando el depósito. El punto medio del ánodo deberá estar a nivel con el eje longitudinal del depósito, para lograr un reparto de corriente equilibrado.
- 3 Todos los ánodos han de estar unidos entre sí mediante cables enfundados, que estarán unidos al depósito.
- 4 En caso de cubrir la fosa con un encofrado de hormigón, deberá dejarse en su zona central un registro de 200 mm de diámetro, con tapa, para poder realizar las medidas de potencial requeridas. Este registro facilita el secado de la arena. El fondo de la fosa no ha de quedar estanco.
- 5 El fondo de la fosa ha de ser permeable con el fin de facilitar el drenado del agua que pudiera existir. Un suelo húmedo favorece la corrosión.
- 6 La arena no es garantía de anticorrosividad porque se puede contaminar con los sólidos disueltos en el agua. En algunos casos puede agravar el problema de la corrosión, como es el caso de que el terreno donde se encuentre la fosa sea arcilloso.
- 7 Cuanto mayor es el diámetro del depósito, mayor es la diferencia entre las resistividades de las generatrices superior e inferior, y por lo tanto una mayor actividad corrosiva.
- 8 Las tuberías enterradas en las proximidades del depósito deberán quedar aisladas mediante protección pasiva alrededor. La toma de tierra deberá quedar suficientemente alejadas, identificadas y localizadas.
- 9 Para el diseño del sistema a utilizar debe hacerse ensayos de campo para determinar el tipo de corrosión y la intensidad de corriente necesaria.
- 10 Los ánodos de sacrificio se disuelven (consumen) con el tiempo. Su renovación se hace imprescindible. Se calculan normalmente para 12 años.
- 11 Los ánodos de sacrificio se han de enterrar rodeados de backfill, compuesto que aporta un medio que facilite su disolución (consumo) uniforme, disminuye la resistencia ánodo-terreno, retiene la humedad (resistividad baja), y actúa como agente despolarizante.
- 12 Los ánodos de ferrosilicio o grafito para el sistema de inyección de corriente utilizan un relleno carbonoso para aportar un medio homogéneo y disminuir la resistencia del circuito.
- 13 La regulación de la corriente se consigue intercalando una resistencia óhmica. El sistema de corriente inyectada incorpora dispositivo de ajuste de tensión e intensidad, que en algunos casos es automático.

Comparación entre sistemas:

ANODOS DE SACRIFICIO	INYECCIÓN DE CORRIENTE
No requiere fuente externa de energía eléctrica	Si requiere fuente externa de energía eléctrica
Diferencia de potencial fija e intensidad de corriente baja	Diferencia de potencial e intensidad de corriente variables. La intensidad puede ser bastante más elevada que con ánodos de sacrificio

T3: 2.10 Protección contra incendios

Previamente repasemos algunas definiciones:

Punto caliente es toda fuente de calor capaz de producir la combustión de una mezcla combustible.

Material inflamable: Aquel que se enciende fácilmente.

Mezcla inflamable: La mezcla de gas y aire capaz de propagar una llama (ardiendo o explosionando) cuando se enciende.

Incendio es la combustión incontrolada de un combustible que no está destinado a arder.

Explosión es la liberación brusca de una gran cantidad de energía encerrada en un volumen relativamente pequeño, la cual produce un incremento violento y rápido de la presión con desprendimiento de calor, luz y gases.

Ambiente explosivo es aquel cuya atmósfera está constituida por una mezcla de aire y gas combustible en proporción tal que sea susceptible de inflamarse por la presencia de un punto caliente. Puede ser deflagración o detonación.

Deflagración es la combustión iniciada en un punto que se transmite a una velocidad inferior a la del sonido. La gran producción de productos de la combustión (PDC) origina una onda expansiva rompedora seguida de un frente de ondas. Puede llegar a ser explosión.

Detonación es la combustión que se inicia de forma generalizada en zonas que se encuentran a temperatura superior a la de inflamación. La velocidad de transmisión es superior a la del sonido (340 m/s). Los gases combustibles comerciales sólo pueden detonar si se encuentran en presencia de oxígeno puro.

Bleve: Acrónimo de “Boiling liquid, Expanding Vapor Explosion”, es el fenómeno que ocurre por ejemplo con los GLP, cuando estos se transforman, de forma brusca en toda su masa, en fase gaseosa. La fricción originada por el brusco cambio de estado produce una deflagración y como consecuencia, un incendio. Es una explosión en la que por ser la velocidad de reacción superior a la del sonido, pasa a ser detonación.

Punto de inflamación: Es la temperatura mínima a la cual un combustible puede llegar a reaccionar con el aire (de 400 a 450° C).

Límite inferior de inflamabilidad: Concentración mínima de combustible que ha de existir en una mezcla gas aire, por debajo de la cual ésta no arde. Se dice que la mezcla es pobre (2 % aprox.).

Límite superior de inflamabilidad: concentración máxima de combustible en el aire por encima de la cual la mezcla es demasiado rica para arder. No se produce combustión por exceso de combustible o defecto de comburente (10 % aprox.).

Intervalo de inflamabilidad de una mezcla inflamable a una temperatura dada, es el rango o campo comprendido entre los límites superior e inferior de la proporción de gasaire, dentro de los cuales la mezcla es inflamable a esa temperatura.

Aire como comburente: Está compuesto por aprox. un 21 % en volumen de oxígeno y el resto de nitrógeno principalmente. Si el aire se encuentra enrarecido, interviniendo el oxígeno en una proporción inferior al 15 %, la combustión no llega a realizarse. Por el contrario, si el oxígeno interviene en una proporción superior al 21 % señalado, la combustión se activa y la temperatura de la llama aumenta.

Clases de fuegos: Los fuegos se clasifican internacionalmente en función de la naturaleza del combustible y de las condiciones en que se realiza, en cinco clases: A para combustibles sólidos, B para los líquidos, C para los gaseosos (GLP), etc.

Riesgos en la utilización de los GLP: Los riesgos son debidos a:

- Las propias magnitudes físicas: temperatura, presión.
- Su naturaleza: combustible, vaporización (producción de quemaduras al contacto con la fase líquida).
- Su utilización, imprudente o errónea.

T3: 2.10.1 Prevención de incendios

Prevención contra incendios: es la toma anticipada de medidas adecuadas tendentes a reducir y en su caso anular, el riesgo de que se produzca un incendio o explosión. Consiste en dotar al centro de almacenamiento de los medios y sistemas que eviten una situación de emergencia. Si ésta se produjera, deberá disponer de medios para combatirla eficazmente.

Los centros de almacenamiento de GLP han de estar dotados de medios suficientes para la prevención de incendios.

Los medios para la defensa contra incendios (DCI) estarán constituidos por:

- Agentes extintores: Materiales empleados para la extinción del incendio. Los principales son el polvo químico seco (PQS) y el agua
- Elementos complementarios como son: equipos de respiración, mascarillas con filtro (caretas antigás), guantes, extintores, instalación de agua (cortinas de agua), carteles indicadores, linternas, mantas y trajes ignífugos, cascos de aproximación, alarmas, explosímetros, etc.

Se ha de tomar todas las medidas preventivas para evitar la formación de puntos calientes (chispas o llamas), como son:

- Abstenerse de fumar.
- No realizar trabajos que puedan producir chispas, tales como soldar, afilar, etc.
- No golpear con objetos metálicos. Utilizar martillos de goma o cobre, que no producen chispa.

No iniciar la operación de descarga de gas sin haber conectado previamente la toma de tierra del camión cisterna a la pica, para descarga de corrientes estáticas

Las medidas más frecuentes que se han de tomar cuando se realicen trabajos en instalaciones de gas, son:

- Prohibición de fumar y de hacer fuego.
- Utilizar equipo eléctrico antideflagrante.
- No producir chispas eléctricas al accionar interruptores.
- Utilizar herramientas de material distinto al acero (bronce, por ejemplo), para evitar la producción de chispas.
- Instalar los dispositivos adecuados a fin de evitar la electricidad estática que se pudiera crear en la maquinaria.
- Proceder a descargar la electricidad estática de la maquinaria que la pudiera contener.
- Realizar una vigilancia y control durante los trabajos en caliente (soldaduras, oxicorte, etc.).
- Evitar la formación de mezcla explosiva en los envases, tuberías, locales, etc. (ver inertizado).
- Realizar pruebas de presión y ensayos de estanquidad de la instalación una vez terminados los trabajos.
- Toda instalación de gas debe realizarse cumpliendo la normativa vigente.
- Respetar las condiciones de ventilación establecidas.
- La localización de las fugas detectadas, se realizará mediante espumantes o detectores adecuados.
- Verificar las instalaciones antes de la puesta en funcionamiento.
- Las fugas detectadas se subsanaran purgando previamente la instalación afectada después de haber interrumpido el suministro de gas. Se realizarán los trabajos con suficiente ventilación. Todo corte de suministro y la correspondiente reanudación, se realizarán avisando previamente a los usuarios.
- Caso de cerrar una llave equivocadamente, no volverla a abrirla sin comprobar que todas las llaves aguas abajo de esa instalación se encuentran cerradas.
- Los materiales a utilizar en la reparación han de ser de garantía. No utilizar caucho natural para realizar las juntas de estanquidad por ser material soluble en los GLP.
- En las juntas roscadas utilizar cinta o pasta homologada para completar la estanquidad.
- Todo material que por corrosión produzca fuga de gas, deberá sustituirse y nunca parchearse.
- La reanudación del servicio de gas se realizará teniendo la seguridad de que todas las llaves aguas abajo están cerradas.

T3: 2.10.2 Materia extintora

La materia extintora a utilizar en estas instalaciones para combatir los incendios producidos por los GLP, es el Polvo Químico Seco (PQS): Se trata de una mezcla de diferentes bicarbonatos (polvo muy fino) que se aplican impulsándolos con un gas inerte (nitrógeno) a presión. El PQS actúa por inhibición (cortando la reacción en cadena), por sofocación (el calor descompone los bicarbonatos produciendo CO_2) y por enfriamiento.

El PQS se suministra en extintores: Botellas, resistentes a la presión del gas impulsor (nitrógeno a 15 a 20 bar), que contienen cantidades normalizadas de agente extintor (12, 25, 50, 100 kg, etcétera). El nitrógeno a utilizar se debe encontrar en una botella recargable, adosada al extintor, que sólo se abre en el momento de la utilización.

La materia extintora será polvo químico seco (PQS).

Siempre que la capacidad de almacenamiento (no volumen de almacenamiento) sea mayor que 5 m^3 , al menos dos de los extintores serán de 12 kg de PQS.

Según la suma de volúmenes geométricos de los depósitos se deberá disponer de:

VOLUMEN	AÉREO	ENTERRADO	OBSERVACIONES
Hasta 5 m^3	A0	E0	al menos 2 extintores de 6 kg de PQS cada uno
De 5 a 10 m^3	A1	E1	al menos 2 extintores de 12 kg de PQS cada uno
De 10 a 20 m^3	A2	E2	1 kg de PQS por cada 1 m^3 de volumen geométrico con el mínimo de 2 extintores de 12 kg cada uno
De 20 a 100 m^3	A3	E2	
De 100 a 500 m^3	A4	E3	al menos 100 kg de PQS, más 1 kg por cada 10 m^3 de volumen (Va) que sobrepasen los 100 m^3 de volumen de almacenamiento
De 500 a $2\,000 \text{ m}^3$	A5	No autorizado	

Ejemplo: Para $V = 1640 \text{ m}^3$ se requieren por un lado 100 kg y por otro: $(1640-100) / 10 = 154 \text{ kg}$, lo que hace un total de 254 kg. Esta cantidad puede alcanzarse de diferentes formas (teniendo en cuenta que al menos 2 extintores han de ser de 12 kg):

$$3 \times 12 \text{ kg} + 9 \times 25 \text{ kg} = 261 \text{ kg}$$

$$5 \times 12 \text{ kg} + 8 \times 25 \text{ kg} = 260 \text{ kg}$$

$$5 \times 12 \text{ kg} + 6 \times 25 \text{ kg} + 1 \times 50 \text{ kg} = 260 \text{ kg}$$

El área del equipo de trasvase estará dotada de 2,5 kg de PQS por cada m^3/h de capacidad de trasvase (con un mínimo de 50 kg distribuidos, al menos, en dos extintores).

Ejemplo: Un equipo de trasvase, capaz de trasvasar $10 \text{ m}^3/\text{h}$ de GLP, necesita $2,5 \times 10 = 25 \text{ kg}$, y por tanto, 50 kg distribuidos en $2 \times 25 \text{ kg}$.

Si existiera equipo vaporizador en caseta, se dispondrá al menos de un extintor de 12 kg como dotación suplementaria).

Si el equipo de trasvase se encuentra en el interior de una caseta, los extintores se situarán fuera de ella.

Todos los extintores estarán ubicados en un lugar accesible y protegidos de la intemperie.

El personal encargado de la instalación deberá conocer el funcionamiento y manejo de los extintores.

No se debe olvidar que el material de extinción utilizado deberá revisarse periódicamente conservándose en perfecto estado de servicio, exigiéndose el certificado correspondiente. El retimbrado corresponde hacerlo cada 5 años. La vida de un extintor de capacidad inferior a 100 kg de PQS es de 20 años.

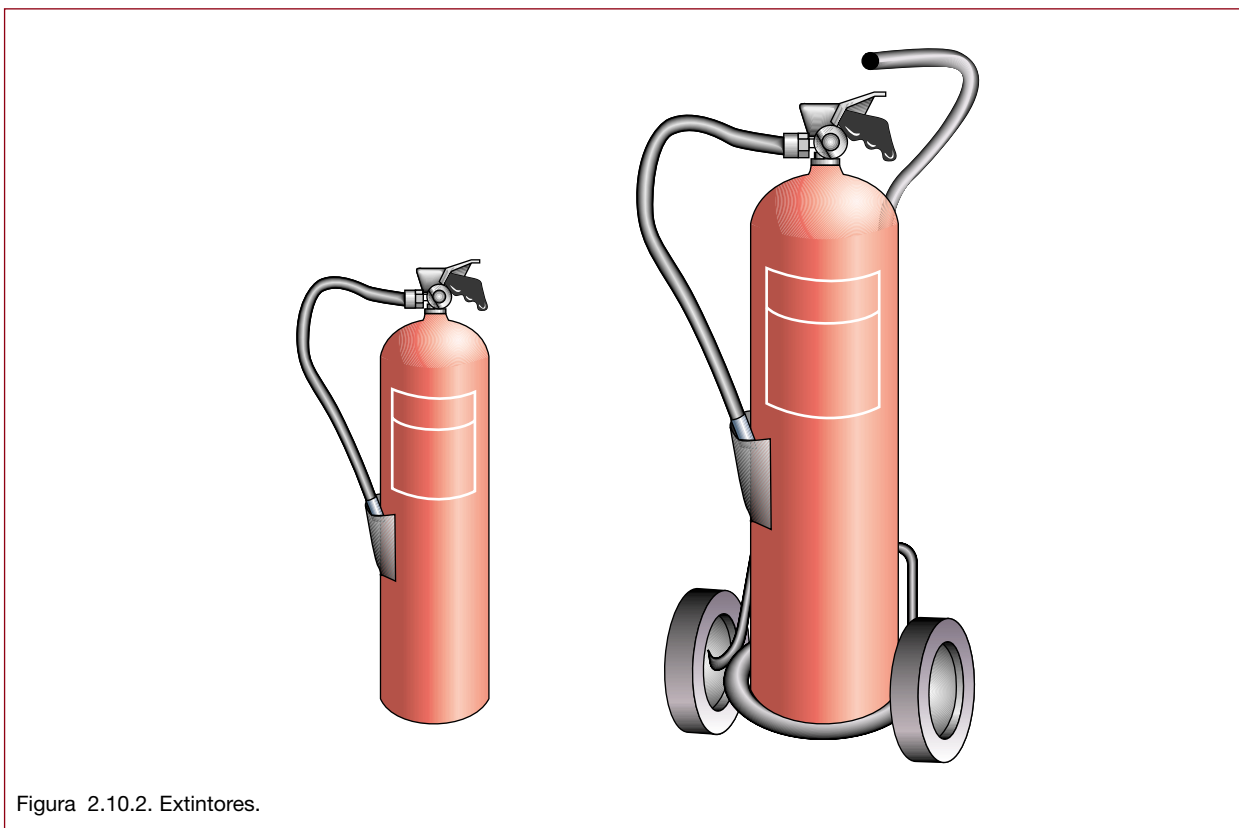


Figura 2.10.2. Extintores.

T3: 2.10.3 Suministro de agua

A partir de los 20 m³ de volumen, los depósitos aéreos dispondrán de una red de agua y de los elementos precisos de acoplamiento rápido que permitan hacer llegar a cualquier punto de la Estación de GLP a la presión de 5 bar, los siguientes caudales mínimo:

ALMACENAMIENTO AÉREO	CAUDAL (min.)	OBSERVACIONES	PRESIÓN
A3 de 20 a 100 m ³	15 m ³ /h	si no se dispone de agua deberá duplicarse el PQS (2 kg PQS por m ³)	5 bar
A4 de 100 a 500 m ³	30 m ³ /h	con 2 tomas de agua (hidrantes) en puntos diferentes	
A5 de 500 a 2.000 m ³	50 m ³ /h	con 2 tomas de agua (hidrantes) en puntos diferentes	

Queda establecido, por tanto, que los depósitos enterrados no requieren instalación de agua para ser autorizados.

Los depósitos aéreos de volumen unitario superior a 100 m³ (A4 y A5) dispondrán de un sistema de riego propio para enfriamiento (el accionamiento será a distancia, de forma automática), evitando así el aumento de la presión del gas en su interior.

El agua actúa por enfriamiento, sofocación (el vapor de agua formado desplaza al aire) y por inhibición (cortando la reacción en cadena).

Si se carece de suministro exterior de agua, se deberá disponer de depósitos de almacenamiento y medios propios de bombeo que permitan el funcionamiento de la red durante 1 h 30 min a la presión y con los caudales establecidos.

Las mangueras y los racores de acoplamiento se ajustarán a la normativa siguiente:

- UNE 23 09181 (parte 2A, con corrección de febrero/83).
- UNE 23 40082 (partes 2ª y 3ª).

Las lanzas de agua, con acoplamiento rápido, serán de doble efecto (chorro y agua pulverizada).

Se recomienda eliminar la maleza que pueda crecer alrededor de los depósitos aéreos, ya que en verano se convertiría en fácil combustible.

Los desagües, que han de respetar las distancias de seguridad establecidas bajo referencia núm. 4 se entienden tendrán sus sifones cebados para evitar que eventuales fugas de gas puedan penetrar en las canalizaciones subterráneas.

El agua pulverizada ofrece una gran protección térmica al actuante (tras ella, se puede acercarse a cerrar una llave que se encuentre próxima al fuego). Además se utiliza para arrastrar nubes de GLP, barriéndolas de zonas peligrosas a la vez que las diluye.

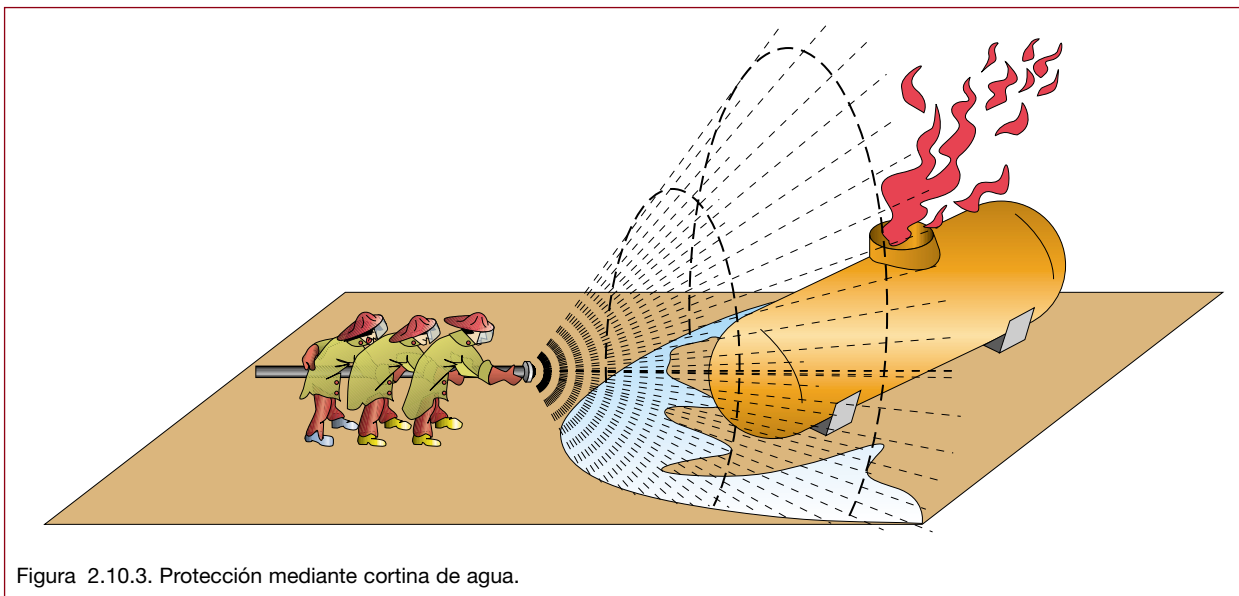


Figura 2.10.3. Protección mediante cortina de agua.

T3: 2.10.4 Elementos complementarios

Este tipo de elementos son accesorios de carácter preventivo o de apoyo a la extinción. En la estación se dispondrá de:

1. Carteles indicadores con el siguiente texto:

GAS INFLAMABLE

PROHIBIDO FUMAR O HACER FUEGO

que se situarán en las inmediaciones y en cada uno de los lados del cerramiento, si existe, y puertas de acceso.

2. Un par de guantes de cuero.

Para instalaciones de más de 100 m³ aéreas o enterradas llevarán, en el correspondiente armario, además:

3. Una linterna portátil y antideflagrante.
4. Tres mantas ignífugas.
5. Tres cascos con pantallas de aproximación al fuego.
6. Tres caretas antigás.

Para instalaciones de más de 500 m³, dispondrán además de:

7. Un dispositivo de alarma acústico de accionamiento manual o automático manual.
8. Un explosímetro.

CUADRO RESUMEN			
ELEMENTOS	Va ≤ 100 m ³	Va > 100 m ³	Va > 500 m ³
carteles	sí	sí	sí
guantes	1 par	1 par	1 par
linterna	no	1 unidad	1 unidad
manta	no	3 unidades	3 unidades
casco	no	3 unidades	3 unidades
alarma	no	no	sí
explosímetro	no	no	1 unidad

T3: 2.10.5 Medidas para reducir el riesgo de fuga, incendio, explosión

- A Se han de elegir los materiales adecuados protegidos si fuera necesario contra los agentes externos y contra la acción del terreno si se encuentran enterrados.
- B. Las uniones de los diferentes elementos constitutivos de la instalación entre sí han de realizarse de forma segura, duradera y permanente, asegurando la estanquidad y la hermeticidad en posición abierto o cerrado.
- C El trazado de las conducciones y el montaje serán los correctos.
- D Se han de realizar trabajos de conservación de forma programada, regular y eficazmente.
- E Se han de respetar las normas de seguridad para la prevención y la protección contra incendios.
 - a) Los equipos de lucha contra el fuego han de estar siempre dispuestos para su inmediata utilización.
 - b) El personal encargado de la instalación de GLP tendrá los conocimientos necesarios, los medios de protección personal reglamentarios y la instrucción y practica requeridas.

T3: 2.10.6 Extinción de incendios

La extinción de un incendio de clase C se realiza eliminando o reduciendo convenientemente al menos uno de los tres factores del triángulo del fuego (Combustible, comburente, energía de activación) y evitando la reacción en cadena.

Para que una mezcla gasaire deje de ser inflamable se ha de modificar la proporción en que interviene con el fin de sacarlo de los límites de inflamabilidad. (reduciendo la proporción del combustible o aumentando la del comburente).

1. Eliminación del combustible, por ejemplo:

- Cerrando la llave de corte de gas.
- Introduciendo agua para convertir una fuga de fase líquida en otra que no suponga peligro la maniobra requerida.
- Introduciendo en el depósito gas inerte menos denso que el propano en fase gas. Este sistema es muy apropiado en la extinción de fuegos de la clase B y C.

No se extinguirán fuegos de la clase C sin antes estar seguro de poder cortar la fuga pues el gas podría formar mezcla explosiva lo que resultaría ser mas peligroso de llegar a explosionar.

Diluir el combustible para no alcanzar el límite inferior de inflamabilidad.

- 2. Eliminación o reducción de comburente (sofocación). Este sistema consiste en interponer un gas inerte o un elemento adecuado entre el combustible y el comburente (aire) a fin de impedir la reacción entre ambos. Por ejemplo, cubriendo el fuego con una manta, con un gas inerte o con polvo que cumpla la misma función.
- 3. Eliminación de la energía (enfriamiento), para reducir la temperatura de la reacción hasta un valor por debajo del punto de inflamación.
- 4. Interrumpiendo la reacción en cadena mediante catalizadores (inhibición).

Si un fuego de la clase C originó otros de las clases A (combustibles sólidos) y/o B (combustibles líquidos), se deberá extinguir primero estos últimos pues de hacerse al revés se reavivaría el C.

El gas líquido en contacto con la piel produce quemaduras ocasionadas al “robarle” su calor en la vaporización.

Cuando se produce un encendido de la mezcla en un punto distante de la fuga, la nube de gas actúa como mecha rápida que trasmite la llama hasta el punto de fuga.

Para su correcta combustión, los GLP necesitan 12 m³ de aire por cada kilogramo de gas consumido,

Los GLP en fase líquida son menos pesados que el agua por lo que si en un depósito de almacenamiento existiera una fuga en zona bañada por la fase líquida (zona mojada), al introducir agua, ésta llegará a ocupar la zona baja, llegando a sustituir la fuga de GLP por la de agua que lógicamente puede llegar a ser controlada mas fácilmente y con mucho menor riesgo.

Los GLP en fase gaseosa son mas pesados que el aire por lo que una fuga tenderá a esparcirse por las partes bajas del local o de la zona en que se produzca la fuga y lógicamente estará influenciada por las posibles corrientes de aire o viento que pudieran existir.

Los GLP en fase gaseosa son mas pesados que el nitrógeno y que el anhídrido carbónico por lo que si en un depósito con fuga en fase gaseosa introducimos uno de estos gases, éstos ocuparán la zona alta con lo que la fuga de gas se convierte en fuga de gas inerte que se puede controlar mucho mas fácilmente.

Caso de una mala combustión, abrir las puertas y ventanas para producir una rápida ventilación y no utilizar el aparato hasta que una empresa mantenedora lo haya revisado.

Al aumentar la temperatura de los GLP se produce un aumento de presión y la consecuencia de ello es un incremento del caudal de fuga.

T3: 2.10.7 Emergencias

En todo caso, lo mas importante que debe hacerse es proteger las vidas humanas. Por tanto, en todas las actuaciones que se lleven a cabo para salvar los materiales y las instalaciones, no se expondrán a riesgos innecesarios a las personas que se ocupen del salvamento.

Existe, sin embargo, obligación moral de prestar la colaboración que esté al alcance del sujeto que intervenga, cuando se trate de auxiliar a otras personas que se encuentren en peligro.

Se deberá disponer de una ficha con los teléfonos de todas aquellas personas que pueden participar de una manera u otra a fin de aminorar las consecuencias negativas de la avería o emergencia: Mantenedor, encargado, distribuidor, bomberos, protección civil, etc.

La conexión de mangueras de agua más generalizada es la de tipo Barcelona.

T3: 2.10.8 Consignas de seguridad

1. Generales:

- a) No colocar material combustible dentro de un radio de acción determinado, alrededor del depósito.
- b) No debe existir punto caliente en zona de seguridad a determinar. (NO FUMAR).
- c) No dejar que las hierbas invadan el área del depósito, aunque no se han de utilizar herbicidas clorados.
- d) Durante las operaciones de llenado, seguir las instrucciones de la Empresa Suministradora.

2. En caso de fuga:

- a) Cerrar la llave general del depósito (en la multiválvula). Normalmente será la de fase gaseosa.
- b) Eliminar cualquier punto caliente (fuego abierto, aparato a gas o eléctrico, automóviles, etc.).
- c) No accionar los interruptores eléctricos que se encuentren en la zona de fuga de gas.
- d) Desconectar el interruptor general si se encuentra fuera de la zona de peligro.

3. En caso de incendio:

- a) Cerrar la llave general del depósito (en la multiválvula) Normalmente será la de fase gaseosa.
- b) Regar el depósito para enfriarlo.
- c) Avisar al mantenedor.

Caso de fuga de gas en la estación de GLP (actuar de inmediato). Puede ser debido a que no es estanco:

- El punto alto: Apretarlo. Sustituir la junta si es de neopreno (negra). Accionarla a mano.
- La boca de carga: Desbloquearla "pinchándola", introduciendo una barra de bronce o madera con golpe seco. Ponerse guantes de protección. Si persiste la fuga, taponar la boca de carga con el tapón (a ser posible metálico) o con la válvula intermedia (RegO 7577). No desmontarla jamás.
- El regulador: La fuga puede estar en el orificio de conexión con la atmósfera. Se deberá sustituir el regulador, o si la fuga es en las conexiones, sustituir las juntas, previo cierre de la llave de salida de fase gas.
- El manómetro: Al ser conexión directa al depósito, no se podrá desmontar en ningún momento. Si existiera fuga y ésta fuera reducida, quizás baste con apretar la tuerca del racor de unión.

Según sea la gravedad de la fuga, se avisará al servicio de mantenimiento y en último extremo a Protección Civil.

T3: 2.10.9 Causas posibles de que el gas no salga del depósito

1. Puede ser debido a congelación del regulador de primer escalón. Se deberá regar con agua corriente o caliente.
2. Puede ser debido a mal funcionamiento del regulador. Sustituirlo.

T3: 2.11 Sistemas de trasvase de GLP: Llenado, vaciado o trasvase entre depósitos, mediante bombas y compresores

Generalidades

Para facilitar la exposición de estos sistemas, en el llenado denominaremos cisterna al envase del que se quiere extraer el GLP y **depósito** al envase que se quiere llenar.

Un trasvase puede consistir en el llenado o vaciado de un depósito de almacenamiento del usuario, y en el caso de contener la Estación de GLP varios depósitos, el trasiego entre ellos.

El trasvase de GLP se realiza mediante equipos compuestos por bomba o compresor, conducciones, mangueras, y elementos auxiliares.

El trasvase de GLP desde un envase a otro se realiza siempre en fase líquida por requerirse de esta forma mucho menos tiempo que si se hiciera en fase vapor. Esta operación se lleva a cabo creando una diferencia de presión entre ambos envases mediante bomba aceleradora, cuando se actúa sobre la fase líquida o mediante compresor-aspirador en el caso de actuarse sobre la fase vapor. El sistema no requiere que el envase a vaciar se encuentre a nivel superior al del depósito que se va a llenar (Figura 2.11).

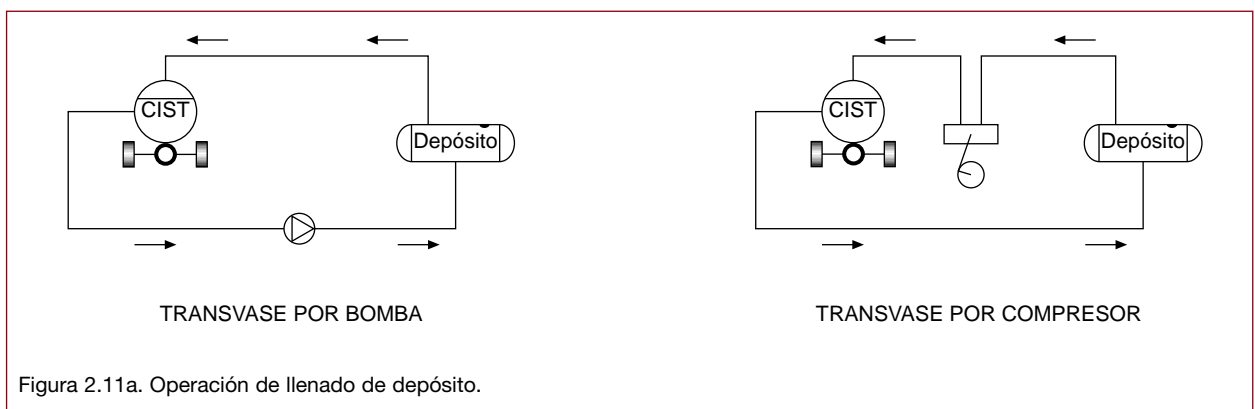


Figura 2.11a. Operación de llenado de depósito.

El visor incluido para observar el trasiego no ha de incorporar válvula de retención o en caso contrario deberá instalarse un by-pass.

Trasvase por bomba: La fase líquida de la cisterna es impulsada hacia el otro envase pudiendo o no existir comunicación entre las fases de vapor de ambos. La entrada del GLP en fase líquida en el depósito se realiza normalmente por su parte superior en forma de lluvia (si se introduce el gas por abajo, deberá hacerse mediante tubo buzo). Al interconectar las fases de vapor, se descarga a la bomba de un exceso de presión lo que produce un aumento de caudal.

Trasvase por compresor: La fase vapor del depósito se aspira, impulsándola a la cisterna. Como consecuencia, la fase líquida de la cisterna pasa al depósito a través de la conducción prevista para este fin.

En la Figura anterior se ha representado la operación de llenado de un depósito. La operación de vaciado se realiza de igual manera, salvo invirtiendo en el circuito la acción de la bomba o del compresor. En este caso, la salida del líquido del depósito se hará por su parte inferior (Figura 2.11b).

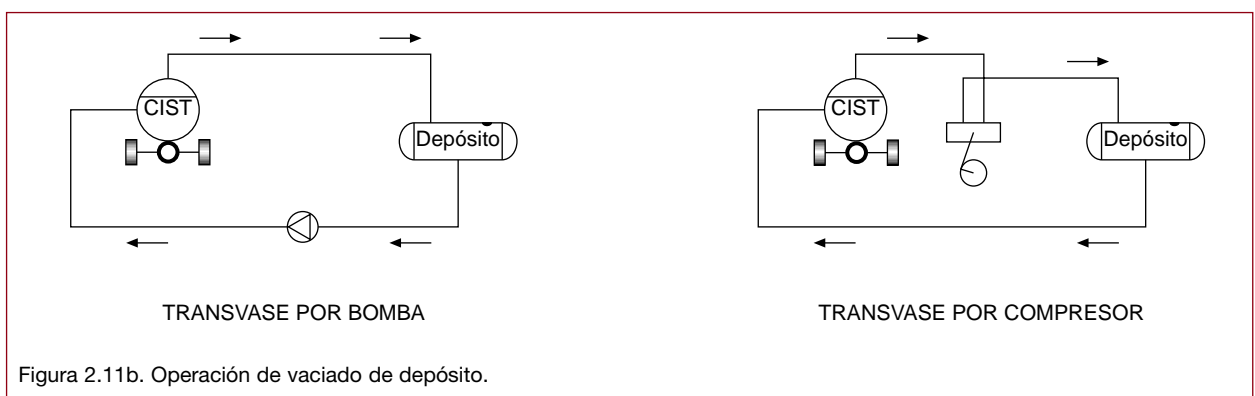
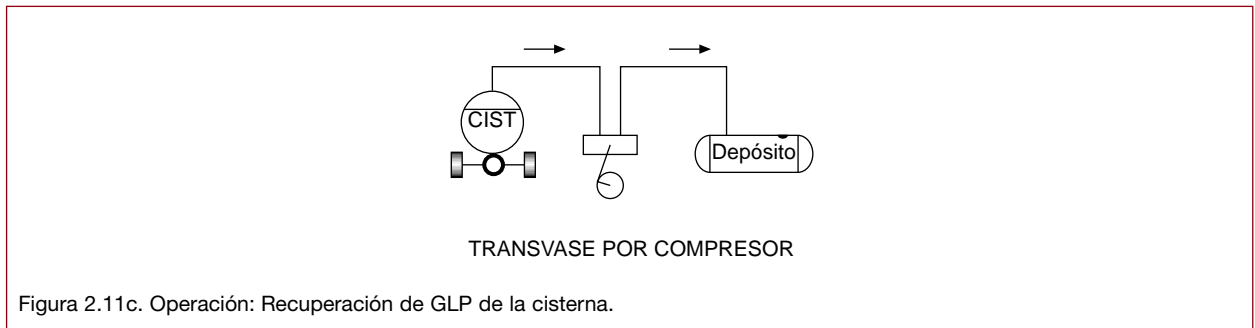


Figura 2.11b. Operación de vaciado de depósito.

Mediante compresor se puede realizar una tercera operación llamada recuperación, consistente en el trasvase de la fase líquida residual que quedaría en la cisterna utilizando bomba, así como (en gran parte) la fase vapor, lo que con bomba no es posible. El esquema correspondiente es el mismo que el utilizado en la operación vaciado, salvo que no existe comunicación entre fases líquidas (Figura 2.11c).



La cantidad de gas que se puede llegar a recuperar es de cierta consideración pues se encuentra normalmente a una presión alta, de orden de 5 a 7 bar. La recuperación debe cesar al alcanzarse una presión de 1 bar en la cisterna, para evitar el riesgo de la puesta en depresión (posibilidad de que por falsa maniobra pudiera entrar aire) caso de que se enfriara inesperadamente. La entrada de ese gas en el depósito se debe realizar por la parte inferior, burbujeando a través de la fase líquida para favorecer su condensación.

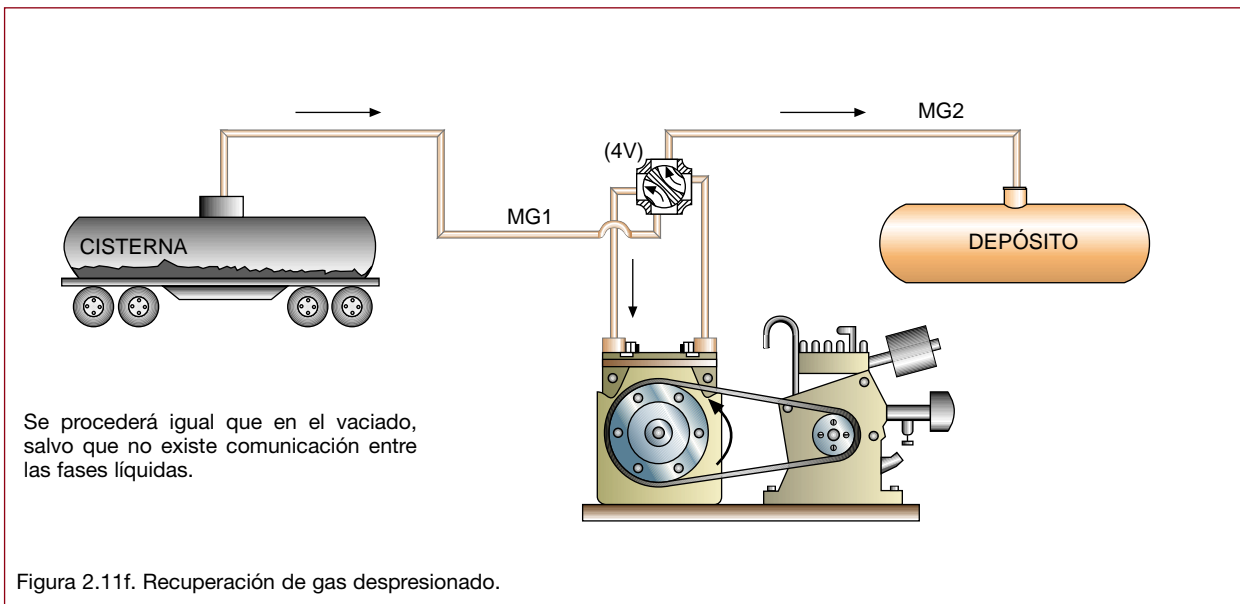
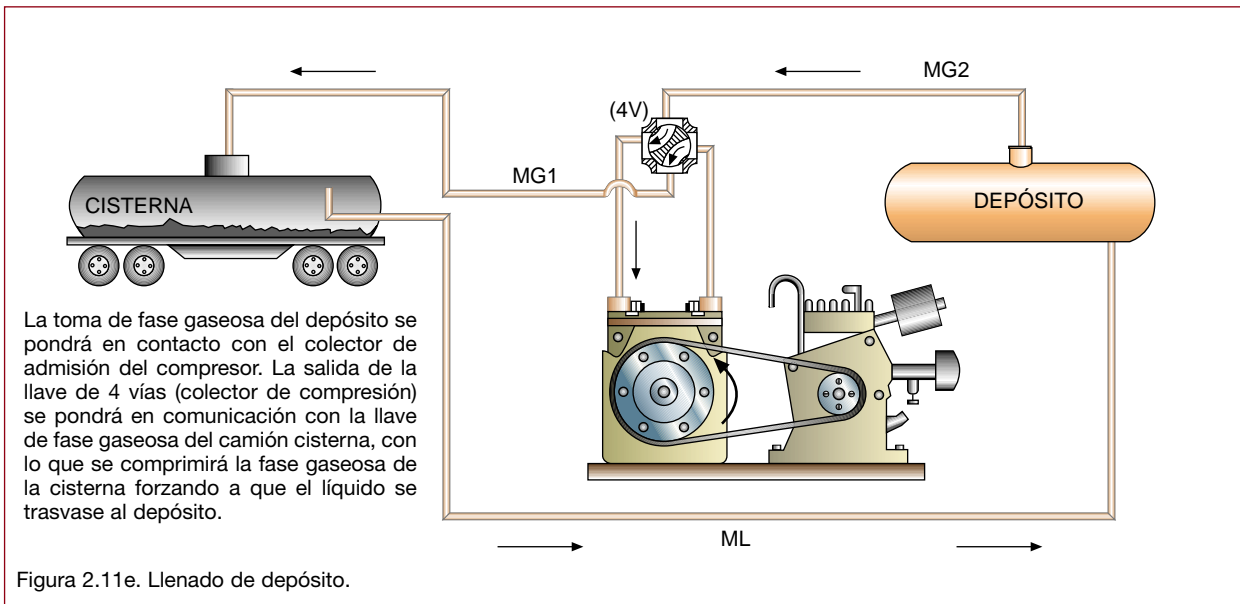
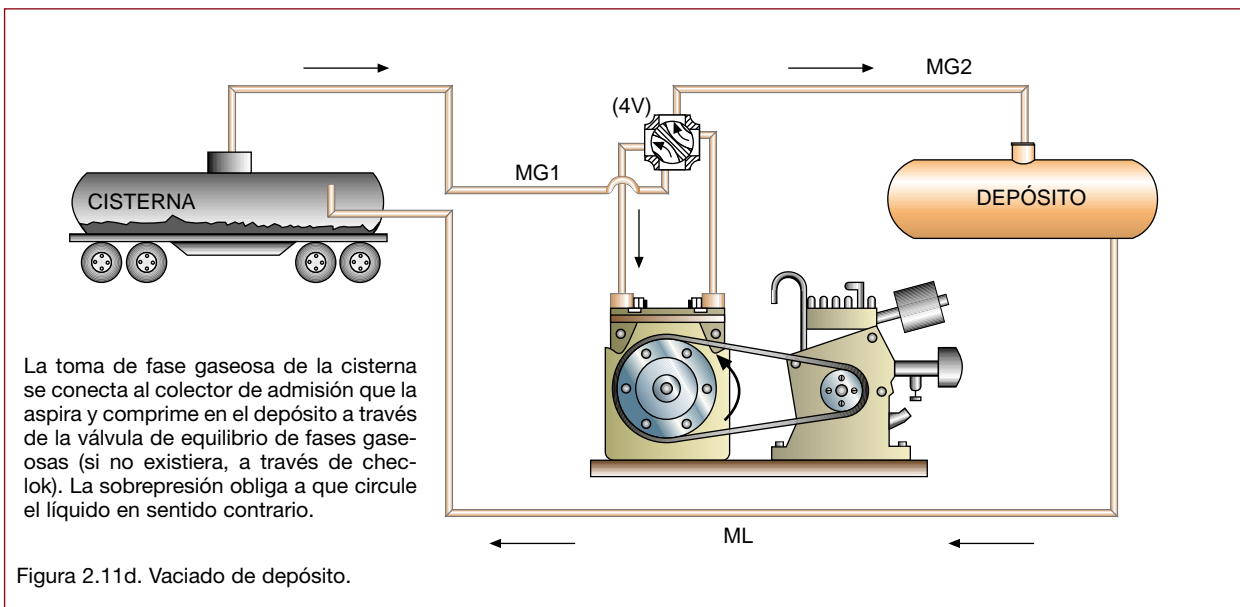
Las bombas, a igualdad de potencia absorbida, trasiegan mayor caudal que los compresores (operación más rápida). Tienen el riesgo, sin embargo, de descebarse y el propio de manipular fase líquida frente a manipular fase vapor.

El sistema de trasvase con bomba resulta más económico que el realizado mediante compresor, debido al menor coste de la bomba y al mantenimiento más complejo del compresor.

***Este sistema es recomendable para almacenamientos aéreos,
para enterrados se recomienda el sistema con compresor.***

En los extremos de la instalación rígida, en cada uno de los puntos de unión de las tuberías de fase líquida con las mangueras flexibles, se colocará una válvula antirretorno, que impida la salida incontrolada del producto a la atmósfera. Además existirá en cada uno de los puntos de unión, tanto de la fase líquida como de la fase de gas, una válvula de cierre rápido manual.

Se sobrentiende que las mangueras deberán estar homologadas o ser específicas para conducir GLP a presión directa y llevarán racores de conexión apropiados (tipo Weco) y con válvulas antirretorno que eviten el derrame de GLP, caso de rotura o desprendimiento de la manguera.



MANGUERA	ENTRE	CONEXIÓN A CISTERNA	CONEXIÓN A DEPÓSITO
MG1 fase gas	cisterna y compresor (aspiración)	WECO (H)	1 - 1 $\frac{1}{2}$ "
MG2 fase gas	compresor (impulsión) y depósito	—	ACME 1 $\frac{1}{4}$ " (boca de carga)
ML fase líquida	cisterna y depósito	WECO (H) 2"	$\frac{3}{4}$ " NPT (chek-lok)

T3: 2.11.1 Bombas: Principios de funcionamiento. Utilización

La bomba es una máquina destinada a impulsar el propano en fase líquida disponiendo de mecanismos de seguridad especiales por tratarse de un líquido inflamable.

El accionamiento suele ser eléctrico y las incorporadas en los camiones cisternas de trasvase son accionadas por la propia caja de cambio del motor (Figura 2.11.1a).

Funcionamiento: Por el centro del eje de la bomba entra el líquido axialmente aspirado por la rotación del rodete, pasando a ser impulsado radialmente por los álabes en su movimiento de giro, tendiendo a salir del cuerpo de la bomba por el orificio de impulsión. La salida es cónica (difusor) para que el líquido pierda velocidad para transformar la energía cinética en energía de presión. La diferencia de presión entre impulsión y aspiración se llama presión comunicada por la bomba o presión total.

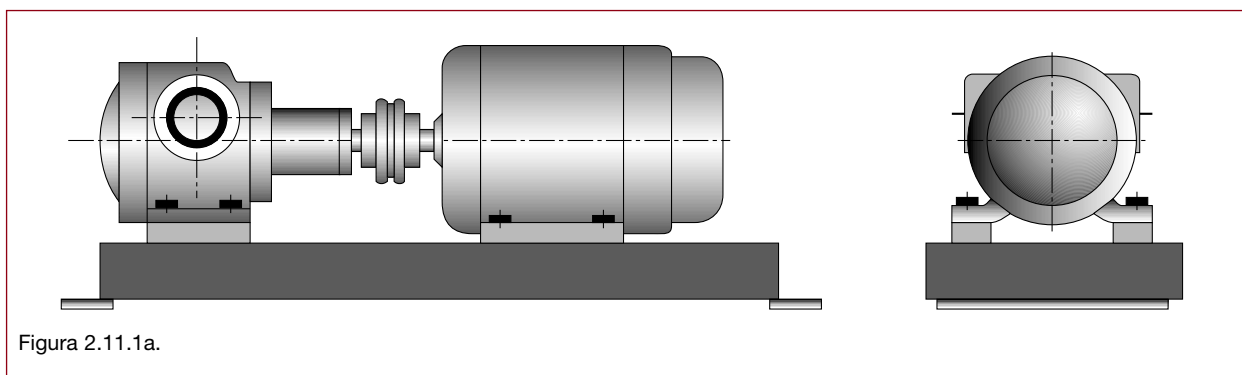


Figura 2.11.1a.

Los ejes del motor y de la bomba han de estar acoplados perfectamente; para ello se montan ambos aparatos sobre una bancada común horizontal.

Los cojinetes del motor de la bomba se lubrican con el propio líquido a trasegar por lo que la bomba no ha de funcionar en seco ya que se dañaría el mecanismo.

En el caso de desearse aumentar el caudal transportado, se deberán acoplar en paralelo bombas de las mismas características. Normalmente se instalan por parejas, una en uso y la otra en reserva. Las bombas han de incluir llaves de mantenimiento (Figura 2.11.1b).

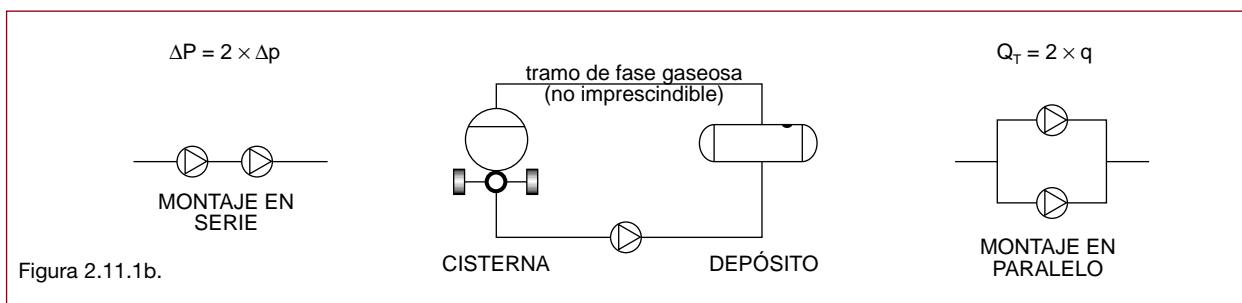


Figura 2.11.1b.

El montaje en serie se utiliza para aumentar la presión de impulsión (altura manométrica); con ello se aumenta también un poco el caudal.

El sentido de rotación de la bomba se indica con una flecha en el cuerpo de la bomba, no debiendo girar nunca en sentido contrario.

Cavitación de la bomba. La cavitación es el fenómeno de aparición de burbujas de gas en el seno del GLP, dentro de la bomba o conducciones y que provoca, además de un desgaste grande de la misma (por reducción del engrase de las partes móviles), una reducción de su rendimiento e incluso un funcionamiento en vacío.

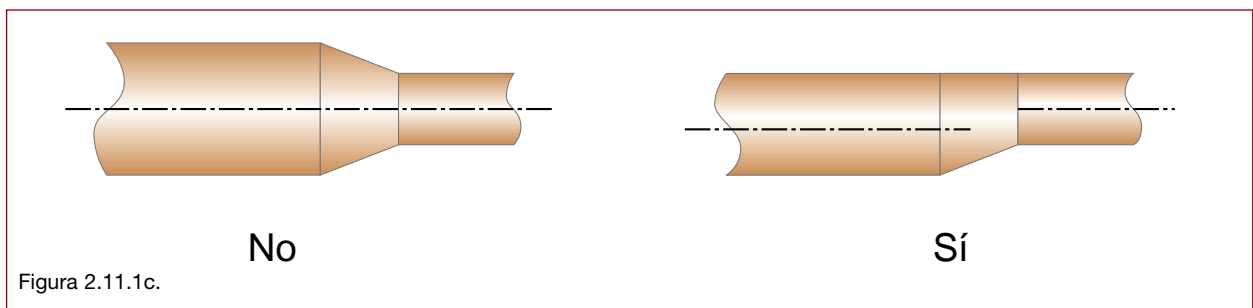
Esto es debido a que la presión absoluta en la bomba o conducción desciende por debajo de la tensión de vapor del líquido, considerada a la temperatura del medio. En consecuencia, el líquido se vaporiza parcialmente formando una burbuja de mayor volumen que el que ocupaba el líquido vaporizado. Esto provoca un tapón en la conducción o bomba.

No se debe olvidar que los GLP pueden vaporizarse por falta de presión o aumento de temperatura, por lo que se debe evitar que la bomba se caliente. En el tramo de impulsión se producen aumentos locales de temperatura y bajadas locales de la presión, causa de que se produzca cavitación.

La cavitación provoca una gran bajada en el rendimiento y un mayor desgaste de la bomba. Puede incluso, provocar una rotura instantánea de la bomba.

Recomendaciones Generales en la instalación de bombas.

- Las llaves a instalar se situaran con su eje en posición horizontal para evitar la localización de burbujas.
- En las conducciones se ha de evitar las reducciones de sección bruscas, y de realizarlas, montarlas excéntricas. Situar las reducciones necesarias, distanciadas de las bridas de la bomba a más de 5 veces el diámetro (Figura 2.11.1c).



- Los codos serán sustituidos por curvas y en todo caso se situarán alejados de la bomba, evitar los cambios de dirección horizontales próximos a la bomba.
- El equipo de trasvase se diseñará para que la velocidad en la bomba sea la recomendada por el fabricante. Los limitadores de caudal y las bombas deberán ser compatibles entre sí en sus características.
- Antes de la puesta en marcha de la bomba hay que purgarla del vapor que pudiera contener (cebar) para lo cual se abrirá lo estrictamente necesario el purgador dispuesto para tal fin. El gas fugado hay que ventilarlo conduciéndolo directamente al exterior.

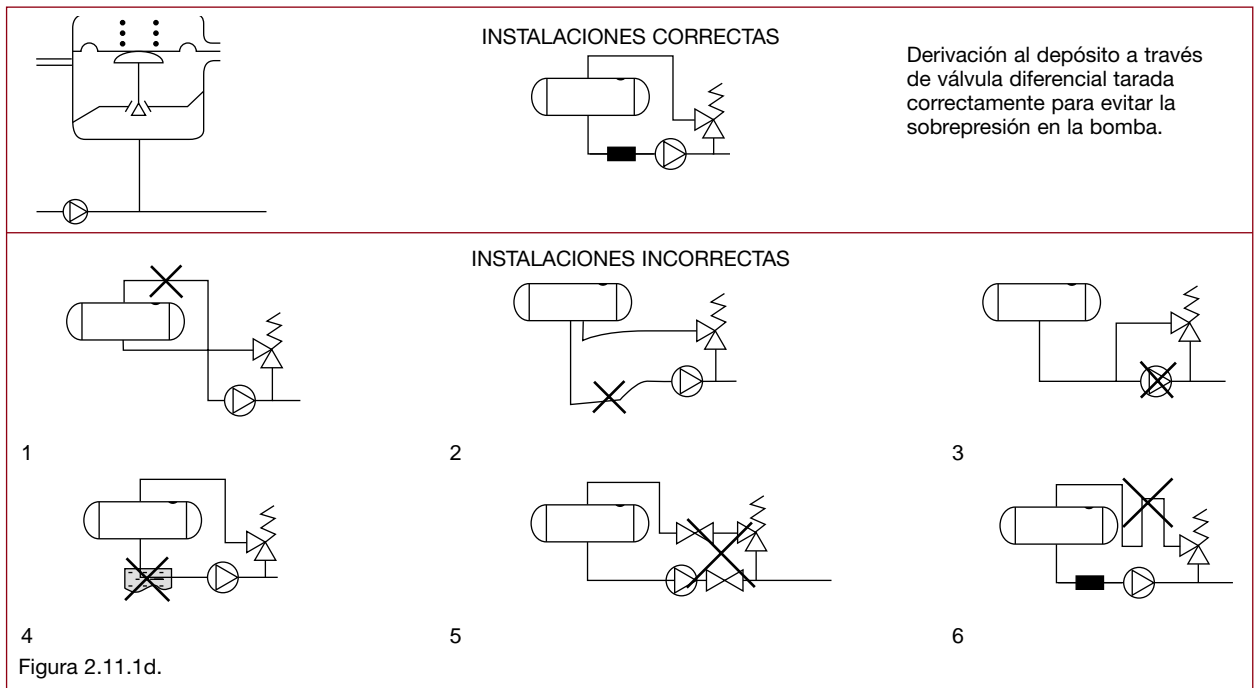
A Tramo de aspiración:

- Las instalaciones se han de diseñar de forma que se evite la posibilidad de cavitación y caso de ocurrir, se puedan separar las burbujas conduciéndolas a la fase gaseosa de la cisterna mediante una derivación al efecto.
- Se procurará que la pendiente sea descendente hacia la bomba para evitar se pueda formar burbuja (cavitación) en la parte alta si se realiza en forma de sifón. Esto provoca que la bomba se descebe.
- El diámetro del tramo de aspiración debe ser igual o superior al diámetro de conexión de la bomba para alcanzar a la entrada movimiento laminar con objeto de eliminar turbulencias que pudieran perturbar su funcionamiento. El cambio de sección no deberá tener inclinación negativa para evitar la formación de burbujas. Dicho tramo de aspiración será de mayor sección de paso que el de impulsión.
- La conducción de admisión no se debe enterrar, también se evitará que esta conducción pase por puntos calientes. La diferente temperatura o el enterramiento hacen de vaporizador lo que provoca el cambio de fase.
- Un líquido en ebullición no debe ser aspirado por lo que la bomba se deberá situar a nivel inferior al depósito. La bomba ha de recibir por gravedad un caudal, al menos, el nominal de trasiego. Para la correcta ubicación de la bomba seguir las recomendaciones del fabricante.
- Se evitarán curvas y estrangulamientos en el tramo de aspiración de la bomba así como una longitud excesiva del mismo, para producir una mínima pérdida de carga. A la entrada de la bomba, se recomiendan utilizar filtros de acero inoxidable cuya malla sea la recomendada por el fabricante y no otra más fina. Con ella se retendrán los sedimentos que pudiera transportar el líquido.

B Tramo de impulsión:

- En el tramo de impulsión se puede producir exceso de presión que puede dañar a la bomba. Para evitar esto último, se ha de situar una derivación con una válvula diferencial, que solo se abra cuando la presión en la impulsión se eleve anormalmente. La válvula diferencial se debe tarar correctamente para evitar la sobrepresión en la bomba. El escape de dicha válvula ha de conectarse al depósito de donde se extrae o si esto no fuera posible, al tramo de aspiración pero esto último podría generar burbujas en el tramo. No se deben situar llaves de corte entre la bomba y la derivación.
- Si no se diseña convenientemente la instalación, el conducto de impulsión puede quedar descebado lo que se traduce en interrupciones de funcionamiento.

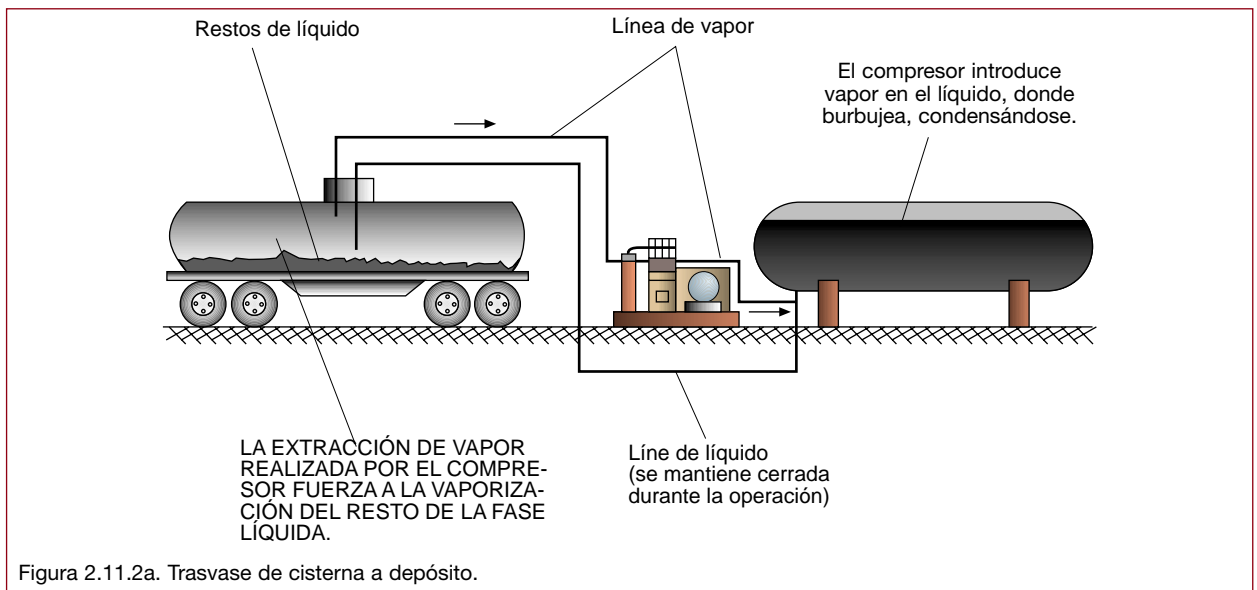
Defectos e instalaciones incorrectas típicas:



T3: 2.11.2 Compresores

Los compresores son máquinas de émbolo (cilindro y pistón), que trabaja únicamente con la fase gaseosa del GLP. Producen una sobrepresión en el gas con el que se opera. Esta sobrepresión se aprovecha para trasegar EL GLP de un envase a otro y también para elevar la presión de un gas en un envase.

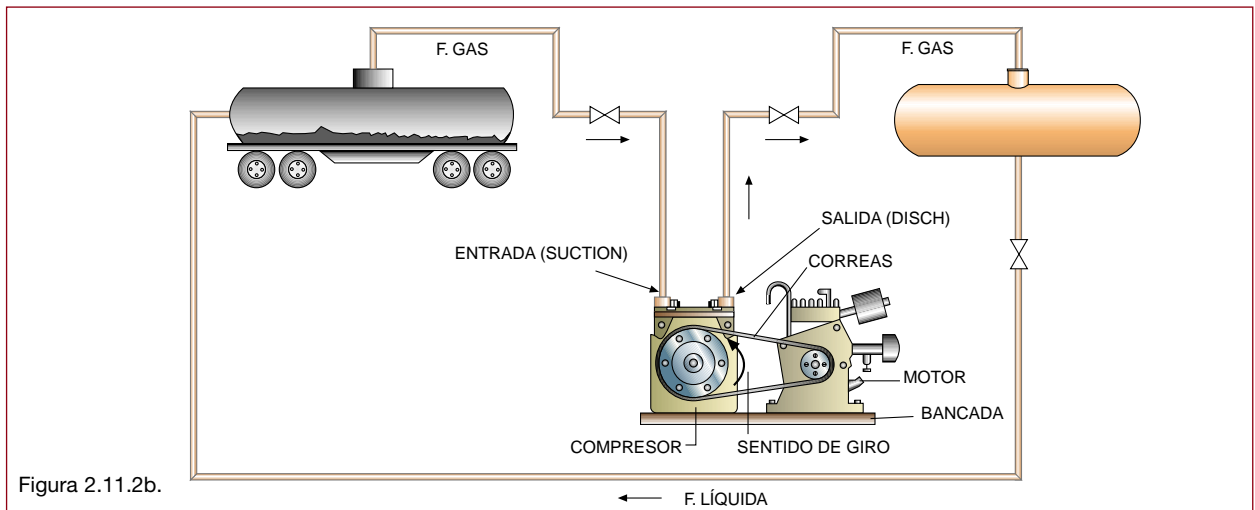
La diferencia de presiones alcanzada entre la cisterna y el depósito, aspirando la fase gaseosa del depósito y comprimiendo la de la cisterna, provoca el flujo del líquido de un recipiente a otro a través de otra conducción que interconecta ambos recipientes. Por efecto de la compresión se produce un aumento de la temperatura.



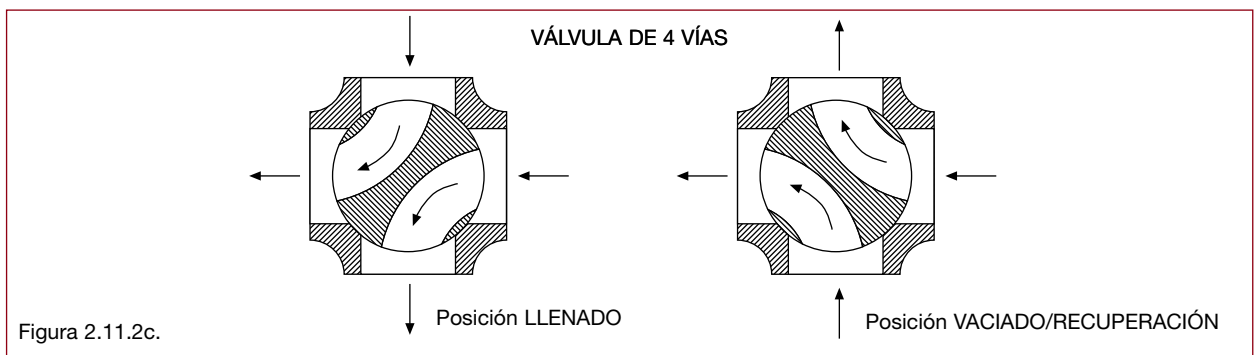
- Durante el llenado del depósito, el compresor aspira de la zona gaseosa del depósito y comprime la fase gaseosa de la cisterna.
- Durante el vaciado del depósito, produce la aspiración de la fase gaseosa de la cisterna y comprime la fase gaseosa del depósito que al aumentar la presión obliga a circular el líquido que contiene hacia la cisterna.

Como se puede apreciar, se ha de comprimir el depósito que deseamos vaciar y aspirar del que se requiere llenar, con esto se consigue que la fase líquida fluya del uno al otro.

Los émbolos trabajan como en los motores de explosión, en cuanto que tienen fase de admisión (aspiración) y fase de compresión (impulsión). Los compresores son accionados por un motor eléctrico o a gas. Figura 2.11.2b.



Como se ha mencionado anteriormente, los compresores se utilizan para el llenado, el vaciado, la recuperación de gas y para el trasiego entre depósitos. Mediante la incorporación de una llave de cuatro vías, se facilita la inversión del sentido de flujo necesario para pasar de una a otra posición.



Esta válvula tiene dos posiciones: una para el llenado y otra para el vaciado o recuperación, del depósito objeto del trasvase. Mediante un simple giro de 90° de su palanca se consigue la inversión del proceso.

Es muy importante evitar la entrada de fase líquida en un compresor, Para ello el grupo compresor lleva un **calderín** incorporado en la aspiración del compresor. Este incorpora un interruptor de nivel para interrumpir el funcionamiento del motor cuando el nivel de condensados alcance un valor máximo (Figura 2.11.2d).

La aspiración hace que la fase gas atraviese el calderín en donde su velocidad de desplazamiento disminuye considerablemente lo que hace se decante en él la fase líquida que pudiera llevar en suspensión, depositándose en el fondo donde posteriormente puede vaporizarse de nuevo al ascender la temperatura o al disminuir la presión.

El calderín ha de drenarse lentamente para evitar una depresión fuerte que aspire el aceite del cárter. Se ha de comprobar frecuentemente el nivel de aceite en el cárter.

El **separador de aceite** (decantador) situado a la salida del compresor tiene por objeto separar las partículas de aceite que se pudieran formar al ser calentado el gas (polimerización) y que son arrastradas por el mismo gas. El separador está en comunicación con el cárter del motor para acumular allí los aceites cuando se pare el motor. (Figura 2.11.2d).

Se ha de diseñar la conducción de aspiración corta para evitar condensaciones eventuales.

Bajo el punto de vista estratégico de la instalación en relación con la factoría más cercana En algunos casos puede ser más conveniente el uso del compresor frente al de la bomba pues permite, en caso de necesidad, la descompresión de una cisterna para un posible auxilio en el vaciado del depósito de otra instalación.

Cuando el trasvase se realice mediante compresor, éste dispondrá de presostatos de baja y de alta.

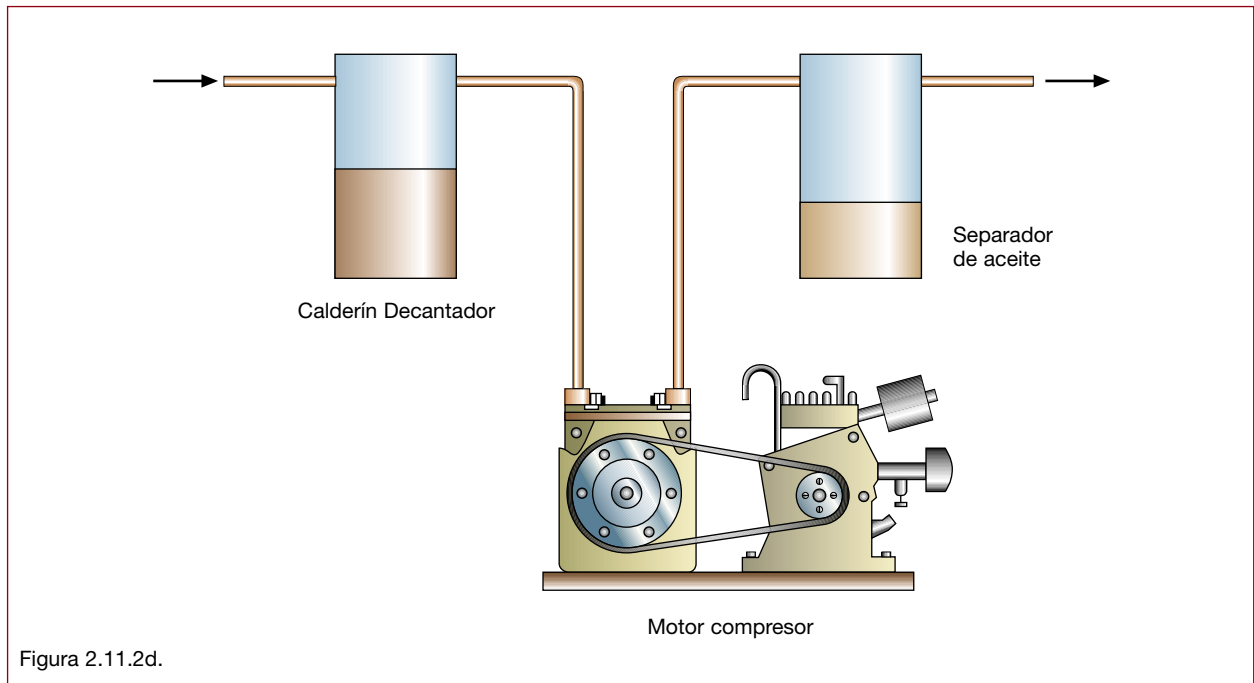


Figura 2.11.2d.

T3: 2.12 Estación de compresión que forme parte de una red principal de conducción de gas

En caso de tener que realizar este tipo de instalación, consultar a la Empresa instaladora y regirse por el Reglamento de redes y acometidas, ITC-MIG- R.8.

T3: 2.13 Vaciado de un depósito

En todo vaciado debe estar presente personal de CEPSA ELF GAS.

Para el vaciado de un depósito se pueden presentar dos situaciones diferentes según sea la presión existente en la cisterna.

- Cisterna despresurizada, es decir, a menor presión que el depósito pero a mayor presión que la atmósfera.
- Cisterna con presión igual o superior a la del depósito.

En el primer supuesto, cuando la presión en la cisterna es inferior a la del depósito, una vez puestos en comunicación en modo vaciado, se procede abriendo lentamente la comunicación entre fases líquidas. El trasvase se realizará por succión de la cisterna.

El segundo supuesto se produce cuando se igualan las presiones en el supuesto primero, o cuando la cisterna no se encuentra despresurizada con respecto al depósito. En este caso será necesario el uso de la bomba del camión cisterna para lograr el trasvase o del compresor utilizado para ello.

**En todo vaciado se debe poner especial atención, para que la presión manométrica del depósito no sea menor o igual a 0,3 bar.
Esta medida se toma para evitar que se pueda introducir aire y formar mezcla peligrosa.**

Tener en cuenta lo indicado en el punto 2.17.3 relativo al vaciado con el compresor portátil "LP GAS", sin olvidar la recuperación de gas.

T3: 2.14 Instalación de un depósito y primer llenado

T3: 2.14.1 Ubicación de los depósitos

Los depósitos se han de situar en su emplazamiento definitivo con una ligera inclinación (no mayor que 1 %) hacia el tapón de drenaje para que sea más fácil y efectivo el vaciado de agua posterior a las pruebas y el drenaje (Figura 2.14.1).

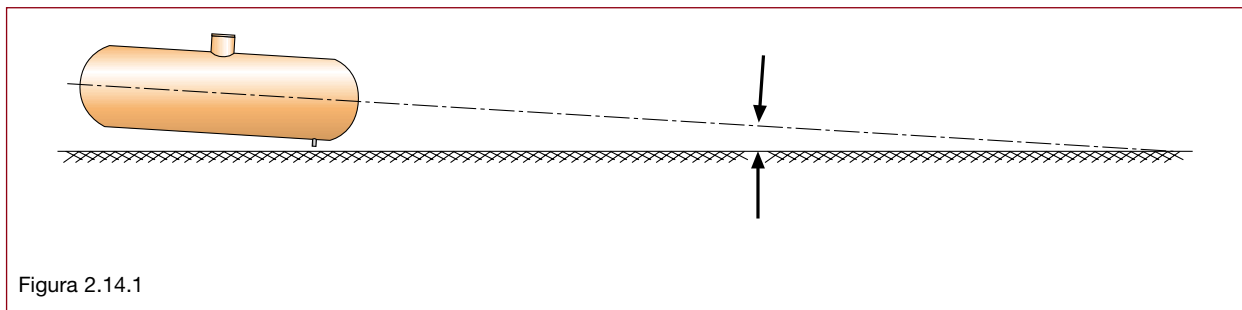


Figura 2.14.1

Se debe aportar una inclinación no mayor del 1 % para que el vaciado de agua posterior a las pruebas sea más efectivo.

T3: 2.14.2 Retimbrado (prueba de presión). Eliminación del agua utilizada

Una vez colocados e inmobilizados los depósitos en el emplazamiento de destino y de acuerdo con los criterios de cada Comunidad Autónoma, se deberá realizar, en algunos casos, una segunda operación de timbrado independientemente de la realizada por el fabricante.

La prueba se realizará con agua, la que habrá de eliminarse antes de proceder al llenado con GLP. En tiempo seco es suficiente dejar unas horas el drenaje inferior y algún orificio superior abierto para que se produzca la total evacuación de agua.

La eliminación del agua utilizada en la prueba se hará antes de la colocación de la valvulería. Se realizará por el orificio de la generatriz inferior (drenaje). La eliminación de la humedad en el interior será conveniente para el buen funcionamiento posterior del equipo de regulación.

Antes de colocar el último elemento, se aprovecha ese orificio para realizar un barrido con aire o con nitrógeno, finalizando con la adición de un producto adecuado para reducir la humedad, en la proporción adecuada ⁽¹⁾. Después de dejarlo reposar, se efectúa un drenaje para extraer la mayor cantidad de la mezcla formada.

Cuando aparezcan problemas derivados de la existencia de agua en el depósito y cuando no exista vaporizador, se recomienda volver a introducir el producto deshidratante (higroscópico) mediante bomba en la proporción adecuada. Esto se hará antes del llenado y después de realizar un drenaje para tratar de extraer la posible agua decantada en el fondo. No tiene sentido la adición continua de dicho producto sin haber realizado esta operación.

Si persistiesen los problemas después de la primera adición del producto higroscópico, se repetirá el proceso, drenando siempre antes de introducirlo.

T3: 2.14.3 Accesorios

En la colocación de valvulería se tendrá en cuenta situar cada una de ellas en el sitio previsto. Para ello, consultar las instrucciones del suministrador del depósito.

No se debe colocar la valvulería si no se tiene la seguridad de que el interior está exento de humedad.

⁽¹⁾ Recordemos que la proporción de metanol es de litro y medio por cada m³ de volumen geométrico del depósito, como mínimo, según cantidad de agua existente.

T3: 2.14.4 Inertizado

Antes de proceder al primer llenado de cualquier recipiente de GLP, se ha de tener en cuenta que es preciso que en su interior no exista una atmósfera inflamable. Esto quiere decir que la atmósfera interna inicial deberá ser inerte.

En el interior del depósito no ha de existir aire ya que formaría mezcla inflamable con el propano. Se ha de drenar periódicamente el depósito para eliminar el agua y así evitar el añadido de continuo de materia higroscópica.

Este inertizado de los recipientes se consigue con el proceso que pasamos a explicar.

El gas inerte, generalmente nitrógeno en los depósitos usados y dióxido de carbono en los nuevos ⁽²⁾, se introduce por la toma de fase gaseosa del depósito (previamente se ha de extraer la válvula de exceso de caudal), de forma lenta. Se introduce un volumen mínimo medido a presión atmosférica, de un 60 % del volumen geométrico del depósito.

Una vez introducido el nitrógeno se deja en reposo durante un cierto tiempo para que ocupe la parte superior del mismo, dejando el aire, que es más pesado, decantado en la inferior.



⁽²⁾ En los nuevos existe aire y en los usados gas.

TABLA DE PROPORCIONES DE NITRÓGENO Y DE CO ₂	
Proporción de anhídrido carbónico	Proporción de nitrógeno
45% del volumen del depósito	60% del volumen del depósito
Proceso	Proceso
1º: Se introduce la mitad, por la parte superior	1º: Se introduce la mitad, por la parte inferior
2º: Dejar reposar durante 4 horas. El aire se decanta arriba	2º: Dejar reposar durante 4 horas. El aire se decanta abajo
3º: Eliminar exceso de presión por parte superior gas). Cerrar	3º: Eliminar exceso de presión por parte inferior (fase fase líquida). Algo de propano podrá salir. Cerrar
4º: Se introduce la otra mitad, por la parte superior	4º: Se introduce la otra mitad, por la parte superior
5º: Dejar reposar durante 4 horas. El aire se decanta arriba	5º: Dejar reposar durante 4 horas. El aire se decanta abajo
6º: Eliminar exceso de presión por parte superior. Cerrar	6º: Eliminar exceso de presión por parte inferior. Cerrar

Una vez que se ha conseguido esto, se procede a la apertura de la toma de fase líquida (si es por la parte alta, mediante tubo buzo). Esta operación se realiza mediante un adaptador especial y a éste se rosca la llave manual correspondiente, permitiendo así la salida de aire existente en el interior. Tal como vemos en la Figura, el aire sale por la chek-lok (toma de fase líquida).

Una vez finalizada esta operación se dice que el depósito está inertizado y se puede proceder al primer llenado.

T3: 2.14.5 Primer llenado

Una vez realizadas las pruebas (de presión), los ensayos (estanquidad) y las verificaciones que marca el reglamento se puede proceder al primer llenado.

Primeramente se conecta la toma de tierra del camión cisterna a la borna dispuesta a tal fin. A continuación se conecta la manguera a la boca de carga del depósito, se abre el punto máximo de llenado para que salga el gas inerte residual, (cuando comience a salir GLP, se ha de cerrar), se comprueba que el circuito del camión está preparado y se pone en marcha la bomba (Figura 2.14.5).

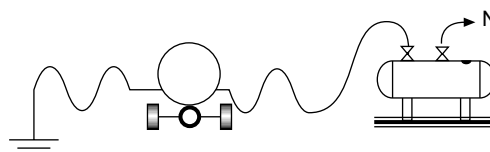


Figura 2.14.5. Primer llenado.

En caso de que se facture por diferencia de pesada, con equipo de trasvase en el centro de almacenamiento, se conecta la toma de tierra, la manguera de fase líquida a la boca de carga, y la manguera de fase gaseosa a la correspondiente boca de fase gaseosa, para el equilibrio de fases gaseosas.

Se pone en funcionamiento el equipo de trasvase y se efectúa un suministro parcial hasta que en el interior del depósito se alcance la presión de 1 bar, deteniendo el llenado en este momento.

En este punto, se comprueba con agua jabonosa, aerosoles o papel indicador la estanquidad de las llaves, válvulas, accesorios y su colocación en el depósito.

Se continúa el trasvase, si todo es correcto, hasta alcanzar un llenado estimado entre el 10 y el 20 %, y se procede a verificar el funcionamiento del medidor de nivel. Se continúa el llenado abriendo periódicamente el punto de máximo llenado para poder determinar que se ha alcanzado el 85 % (por la nube blanca que sale), y se verifica por segunda vez el medidor de nivel.

Paralelamente se ha de ir purgando el nitrógeno el depósito por la toma de fase gaseosa, para evitar que aumente la presión interior, ya que el nitrógeno no se licúa. Es necesario dejar reposar la mezcla propano gaseoso-nitrógeno, así será el nitrógeno el que salga del depósito y no el propano gaseoso, por el peligro que puede representar en la purga.

T3: 2.14.6 Puesta en marcha de los aparatos de consumo

Una vez terminado el primer llenado, se procederá a la puesta en disposición de servicio y posteriormente a la puesta en marcha de los aparatos de consumo empezando por los aparatos de cocción y en los puntos más alejados de la IRG.

Si en la primera puesta en marcha de esos aparatos se detectan anomalías en la combustión, tal como llamas rojizas o extinción de la llama, será conveniente suspender esta puesta en marcha y proceder nuevamente al purgado de nitrógeno. Esto se hará siempre desde la llave del depósito, nunca se debe realizar a través de los aparatos de consumo, ni desmontando accesorios en el interior de locales.

Si en la primera puesta en marcha de los aparatos se detectan anomalías en la combustión, proceder nuevamente al purgado de nitrógeno desde la llave del depósito.

T3: 2.15 Llenado y vaciado de depósitos sin equipo propio de trasvase

Si el Centro de almacenamiento no dispone de equipo de trasvase (depósitos de reducido volumen), el equipo lo ha de llevar el camión cisterna de suministro para poder proceder al llenado. Pueden darse dos casos, según tenga o no, boca de carga a distancia. Se entiende que el equipo lo lleva el camión cisterna, en cuyo caso es con bomba.

T3: 2.15.1 Llenado de depósito sin boca de carga a distancia

Las operaciones para el llenado del depósito son las siguientes:

- Se conecta el camión cisterna a la toma de tierra del centro de almacenamiento.
- Se conecta la manguera a la boca de carga del depósito.
- Se abre el punto máximo de llenado periódicamente.
- Se comprueba que el circuito del camión está preparado y se pone en marcha la bomba.

Durante el trasvase se vigilará el nivel magnético y el punto alto de llenado.

Una vez finalizado el proceso de llenado, se realizarán las operaciones de modo inverso:

- Se para el funcionamiento de la bomba.
- Se cierra el punto máximo de llenado.
- Se purga el boquerel de la manguera.
- Se desconecta la manguera.
- Se desconecta la toma de tierra.

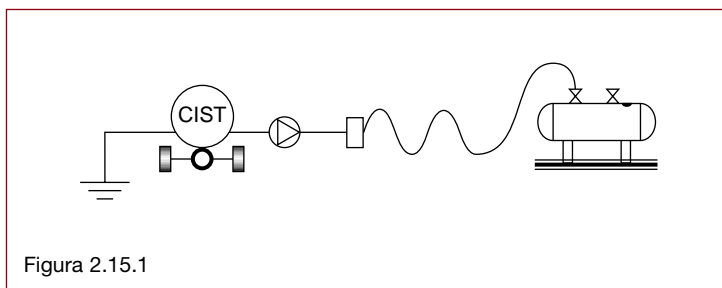


Figura 2.15.1

T3: 2.15.2 Llenado de depósito con boca de carga a distancia

Las operaciones necesarias son las mismas del punto 2.15.1. En este caso tendremos en cuenta que la conexión de toma de tierra del camión y la manguera se hace en las conexiones para ese fin en la boca de carga a distancia.

Antes de iniciar el trasvase han de estar abiertas las llaves de corte rápido situadas en el tramo conectado al depósito. Se trata de las señaladas con 3 y 13, que podemos ver en la Figura del punto 2.8.3.1.

Cerrar la llave 3 y antes de desconectar la manguera. Quizás sea necesario abrir y cerrar un par de veces la llave 3 para que realice un cierre hermético de la válvula antirretorno de la boca de carga desplazada.

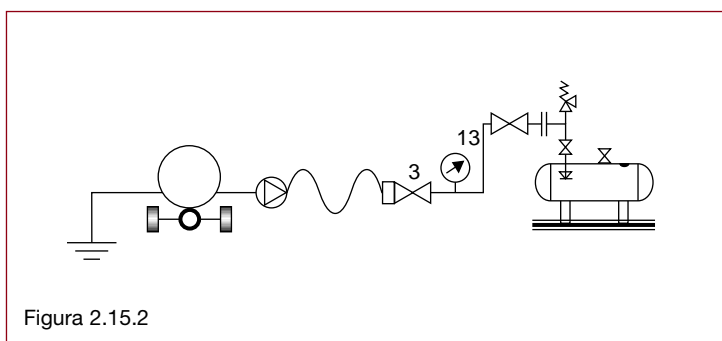


Figura 2.15.2

Del mismo modo que en el punto anterior, al completar el llenado al 85 % del depósito, se realizan las operaciones inversas, cerrando las llaves manuales antes citadas.

T3: 2.15.3 Vaciado del depósito sin boca de carga a distancia

El vaciado es una operación excepcional. En los casos en que el camión cisterna incorpore equipo propio para el vaciado, se seguirán los siguientes pasos. En caso contrario se deberá disponer de un equipo portátil, según se indica en el punto T3: 2.17.3:

- Se conecta el camión cisterna a la toma de tierra de la instalación situada a tal fin
- Se conecta la manguera de la cisterna por donde se extraerá el GLP, al drenaje (Chek-lok) del depósito mediante el adaptador adecuado.
- Se abre la llave de drenaje del depósito.
- Se comprueba que el camión cisterna está preparado para el trasvase inverso y se pone en marcha la bomba.

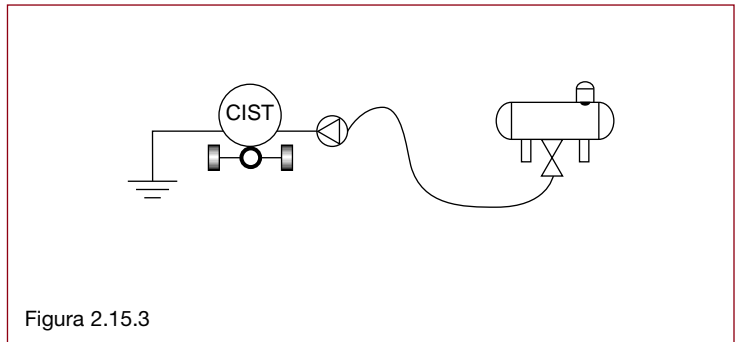


Figura 2.15.3

Tener presente las indicaciones dadas en el punto T3: 2.13.

Una vez completado el proceso de vaciado se procede de la siguiente manera:

- Parar la bomba.
- Se cierra la llave de drenaje.
- Se desconecta la manguera y la toma de tierra del camión.

El vaciado es una operación excepcional y debe prestarse especial atención en ello.

T3: 2.15.4 Vaciado del depósito con boca de carga a distancia

En los casos en que el camión cisterna incorpore equipo propio para el vaciado, se seguirán los siguientes pasos. En caso contrario, se deberá disponer de un equipo portátil, según se indica en el punto T3: 2.17.3:

El vaciado del depósito se realiza utilizando la misma conducción empleada en el llenado a la que se le conecte una conducción flexible como se indica en la Figura 2.8.3.1e.

Tener presente las indicaciones dadas en el punto T3: 2.13 (lo referente a las cisternas despresurizadas).

Las operaciones que hay que realizar serán las siguientes:

1. Cerrar las llaves (3 y 13) del conducto de llenado.
2. Sustituir la boca de carga (1) por un adaptador de Macho 1 $\frac{3}{4}$ " ACME por DN 32 NPT (boca de carga hueca).
3. Conectar la manguera de la cisterna a dicho adaptador. Abrir la llave del extremo (3) y purgar la canalización a través de la purga de la manguera.
4. Desmontar la reducción (10) incluida la válvula de seguridad (11), sustituyéndolos por un adaptador DN 40 NPT macho - ACME 1 $\frac{3}{4}$ " macho (17).
5. Quitar el tapón de la toma de fase líquida (chek-lok) y cerrar la llave de corte rápido de DN $\frac{3}{4}$ " NPT macho (19) incorporada en la manguera (18).
6. Acoplar a la toma de fase líquida (chek-lok) del depósito, el adaptador para apertura de chek-lok (20). Si la llave se encontrara abierta durante la conexión, saldrá un chorro de líquido con el consiguiente riesgo.

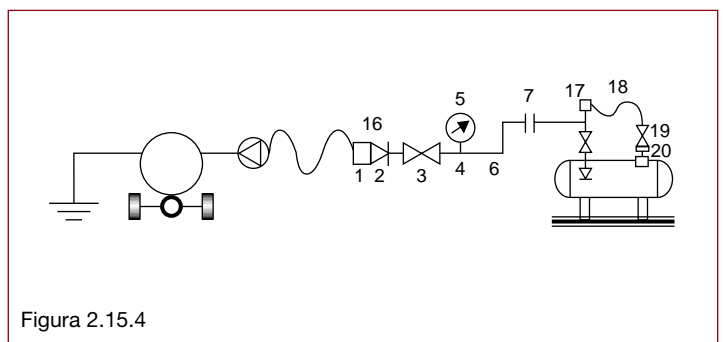


Figura 2.15.4

7. Conectar el otro extremo de la manguera flexible (18) a la Te (9) de la conducción de la boca de carga.

Verificar el correcto montaje de todo antes de proceder al vaciado.

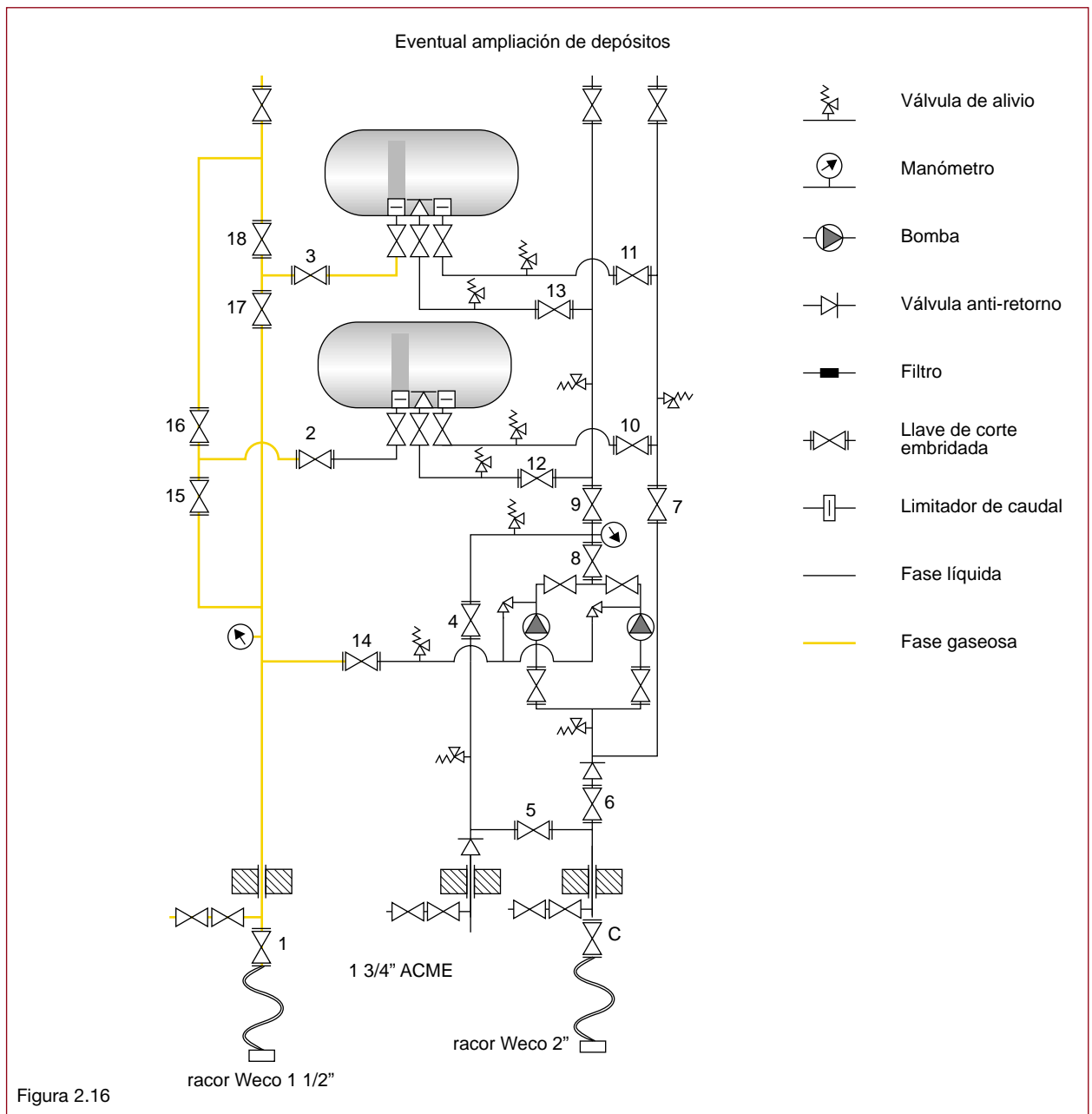
Una vez realizado este acoplamiento, se lleva a cabo el vaciado de modo similar al caso anterior:

- Se conecta la toma de tierra del camión cisterna, se comprueba que la manguera esté preparada y se comprueba que la válvula 3 está abierta.
- Se comprueba que la llave (13) está cerrada.
- Se abre lentamente la llave (19) acoplada en la toma de fase líquida. Si se hiciera bruscamente se cerraría la válvula de exceso de flujo existente en la toma de fase líquida. Si la válvula de exceso de flujo cerrara el paso del fluido, entonces se deberá cerrar y volver abrir lentamente dicha llave (19).
- Se conecta el sistema de trasvase inverso.

T3: 2.16 Llenado y vaciado de depósitos con equipo propio de trasvase: con bomba

En este punto se trata del trasvase mediante bomba y en el siguiente se verá el caso con compresor.

El montaje se realiza según lo descrito al hablar de la bomba, según se ve en el esquema siguiente:



T3: 2.16.1 Operación de llenado y vaciado

Para realizar el llenado, vaciado a cisterna o trasvase entre depósitos, partimos del esquema (Figura 2.16). Las posiciones de las llaves según la operación a realizar se encuentran indicadas en la tabla siguiente:

POSICIÓN DE LAS LLAVES PARA LAS DISTINTAS OPERACIONES CON BOMBA					
LLENADO DE DEPÓSITOS					
Llaves	Abiertas	Cerradas	Llaves	Abiertas	Cerradas
Llenado de A	1, 3, 6, 8, 9, 13, 14, 17, C	4, 5, 7, 12, 15, 18	Llenado de B	1, 2, 6, 8, 9, 12, 14, 15, C	4, 5, 7, 13, 16, 17
VACIADO DE DEPÓSITOS					
Vaciado de A	1, 3, 4, 5, 7, 8, 11, 17, C	6, 9, 10, 18, 15	Vaciado de B	1, 2, 4, 5, 7, 8, 10, 14, 15, C	6, 9, 11, 16, 17
TRASVASE ENTRE DEPÓSITOS (A, B)					
Trasvase de A → B	2, 3, 7, 8, 9, 11, 12, 14, 15, 16, 18	1, 4, 6, 10, 13, 15, 17, C	Trasvase de B → A	2, 3, 7, 8, 9, 10, 13, 15, 16, 18	1, 4, 6, 11, 12, 17, C

Tener presente las indicaciones del punto 2.13 (vaciado de depósitos).

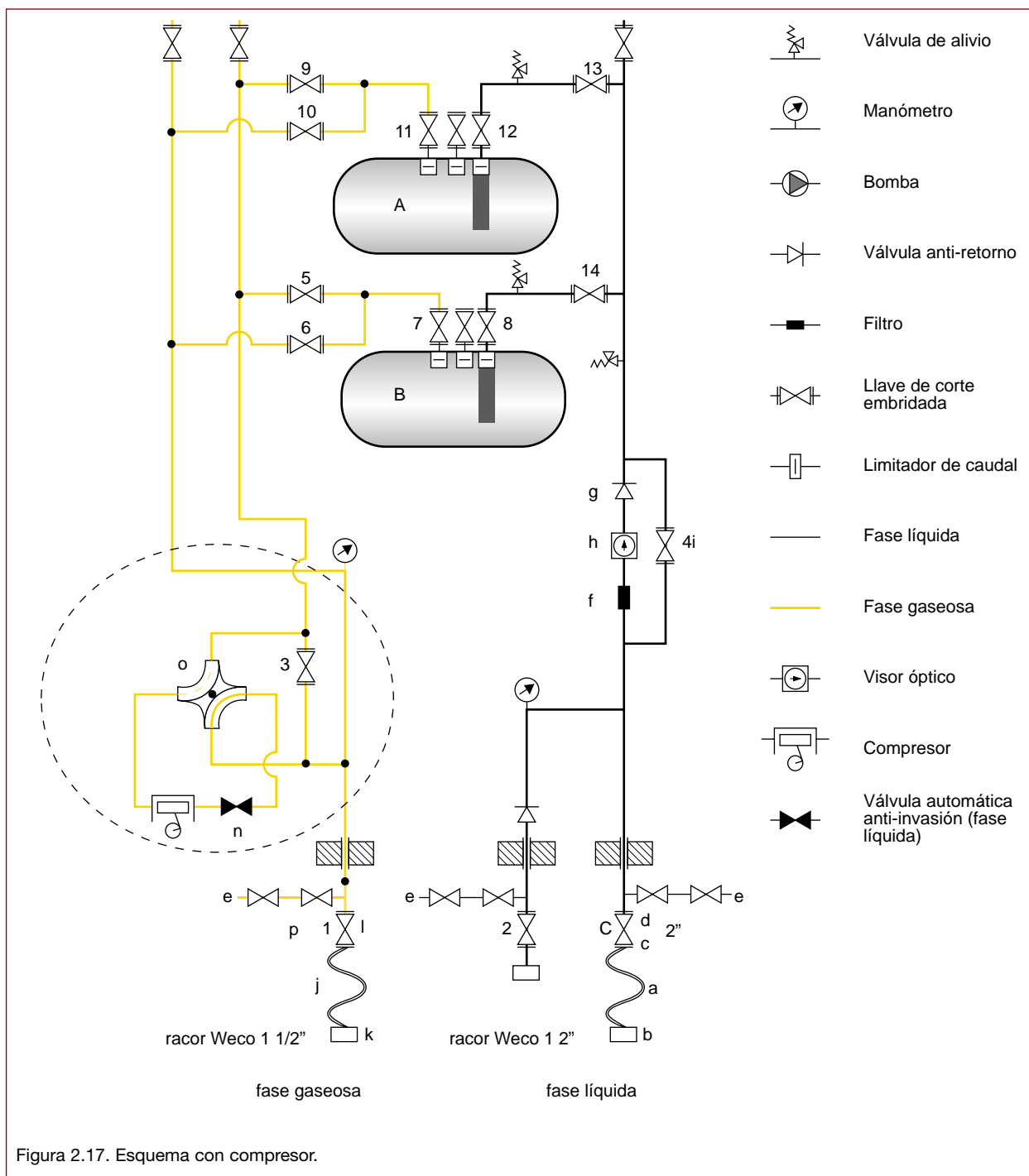
T3: 2.16.2 Elementos del equipo de trasvase con bomba

El equipo estándar mínimo comprende los siguientes elementos:

- 1 Manguera 2" para la fase líquida, de longitud ≥ 5 m equipada de Racor Weco 2" y Brida 2"
- 2 Llave de corte 2"
- 3 Llave de purga de $\frac{3}{4}$ "
- 4 Válvula antirretorno 2"
- 5 Filtro 2", con tamiz de acero inoxidable
- 6 Válvula de seguridad de $\frac{1}{4}$ "
- 7 Motobomba antideflagrante
- 8 Llave de derivación 1 $\frac{1}{2}$ "
- 9 Llave de corte 2"
- 10 Manguera de 1 $\frac{1}{2}$ " de longitud ≥ 5 m equipada con Racor Weco 1 $\frac{1}{2}$ " y Brida 1 $\frac{1}{2}$ "
Instalación eléctrica.

T3: 2.17 Llenado y vaciado de depósitos con equipo propio de trasvase: con compresor

El montaje se realiza según lo descrito al hablar del compresor, según se ve en el esquema siguiente:



El esquema de montaje de este sistema de trasvase difiere del anterior por tener una distribución distinta.

CEPSA ELF GAS determinará en que caso se contará con un equipo de trasvase con bomba o compresor.

Después de todo vaciado, ver la necesidad de realizar una recuperación de gas, según lo indicado en el punto T3: 2.11.

T3: 2.17.1 Operación de llenado y vaciado

Para realizar el llenado, vaciado a cisterna o trasvase entre depósitos, partimos del esquema de la Figura 2.17. Las posiciones de las llaves según la operación a realizar, se encuentran indicadas en la tabla siguiente:

POSICIÓN DE LAS LLAVES PARA LAS DISTINTAS OPERACIONES CON COMPRESOR					
LLENADO DE DEPÓSITOS					
Llaves	Abiertas	Cerradas	Llaves	Abiertas	Cerradas
Llenado de A	1, 2, 9, 11, 12, 13	3, 4, 5, 10, 14	Llenado de B	1, 2, 5, 7, 8, 14	3, 4, 6, 9, 13
VACIADO DE DEPÓSITOS					
Vaciado de A	1, 2, 4, 9, 11, 12, 13	3, 5, 10, 14	Vaciado de B	1, 2, 4, 5, 7, 8, 14	3, 6, 9, 10
TRASVASE ENTRE DEPÓSITOS (A, B)					
Trasvase de A → B	5, 7, 8, 10, 11, 12, 12, 14	1, 3, 4, 6, 9	Trasvase de B → A	6, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 14	1, 3, 4, 5, 10

Antes de comenzar la puesta en marcha del compresor hay que hacer las siguientes comprobaciones:

En el compresor:

- Verificar la tensión de las correas.
- Comprobar el nivel de aceite del cárter.
- Verificar la estanquidad de llaves, válvulas y juntas.
- Que no existe fase líquida en el compresor maniobrando la purga prevista para estos casos.

En la instalación:

- Apertura y cierre de llaves que así lo requieran de acuerdo con la operación a realizar.

Se ponen en comunicación las fases líquidas de la cisterna por un lado, y del depósito, por otro, para equilibrar presiones estando las llaves de las fases vapor cerradas. Alcanzado el equilibrio, se abren las válvulas fase vapor y se pone en marcha el compresor. Si la presión en la cisterna fuera mayor que la del depósito, esa diferencia puede aprovecharse para iniciar el trasiego sin necesitar fuerza motriz.

Cuando los envases están sensiblemente al mismo nivel de presión, la diferencia de presión a conseguir para el trasiego no ha de superar 1 bar. Si se tuviera que sobrepasar este valor, sería indicativo de que la pérdida de carga de la conducción es excesiva (los elementos puntuales no han sido convenientemente calculados).

2.17.2 Elementos del equipo de trasvase con compresor

El equipo estándar mínimo comprende los siguientes elementos:

ELEMENTOS	EQUIPADA DE
1 Manguera 2" para la fase líquida, de longitud mínima de 5 m	Racor Weco 2" y Brida 2"
2 Válvula de corte 2"	
3 Válvula de purga de $\frac{3}{4}$ "	
4 Filtro 2" con tamiz de acero inoxidable	
5 Antirretorno 2"	
6 Indicador óptico de flujo 2"	
7 Válvula de corte 2"	
8 Manguera 1 $\frac{1}{2}$ " con una longitud mínima de 5 m	Racor Weco 1 $\frac{1}{2}$ " y Brida 1 $\frac{1}{2}$ "
9 Moto compresor según necesidades	
10 Válvula automática contra invasión de fase líquida	
11 Válvula de 4 vías	
12 Válvula de corte 2"	
Instalación eléctrica antideflagrante	

T3: 2.17.3 Vaciado de depósitos utilizando el equipo compresor portátil de CEPSA

Se trata de un compresor portátil accionado por un motor a GLP. Sus características básicas son:

Se dispone de tres mangueras: Dos de ellas (MG1 y MG2) para la fase gas, y la tercera (ML) para la fase líquida. Son de 1", con los accesorios de conexión correspondientes.

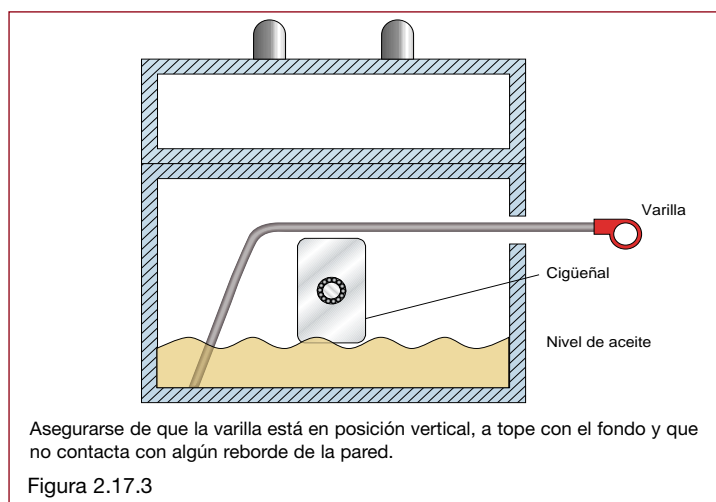
COMPRESOR	MOTOR
Caudal máximo: 5 m ³ /h Δp máximo: 10 bar	Motor de 4 tiempos (no antideflagrante) de 2,24 kW (3 hp), enfriado por aire. Arranque manual mediante cuerda. Embrague centrífugo. El tubo de escape es antichispa. Con el estarter se puede regular la entrada de aire. Bujía: Champión J-8C, Autolite 356 ó equivalente (galga de 0,762 mm).
Aceite: CEPSA Premium Ax10W	Aceite: Cepsa Star GTI-TDI (15W40)

El compresor y el motor van montados sobre una bancada única. Carece de válvula de 4 vías. Peso total: 41 kg.

Instalación de gas: El gas pasa por una llave hacia el regulador de AP y después por otro de BP, llegando al carburador donde se produce la mezcla carburante (el gas aspira por efecto Venturi al aire). Mantenerlo estanco.

Mantenimiento del compresor:

- Verificar el nivel de aceite mediante la varilla suministrada. El aceite deberá llegar a la marca superior en la varilla.
- Evitar que entre suciedad por los orificios de entrada y salida, cuando no se encuentran las mangueras conectadas.
- Verificar la tensión y la alineación de la correa. Una excesiva tensión desgastaría prematuramente los rodamientos.



Mantenimiento del motor

Verificar el nivel de aceite cada 5 h de funcionamiento y antes de cada operación a realizar. (El motor deberá descansar sobre superficie horizontal). Previamente limpiar el área del tapón de llenado.

- 1 Quitar el tapón registro de aceite y extraer la varilla.
- 2 Limpiar la varilla antes de introducirla en el depósito de aceite. Extraerla para comprobar el nivel marcado.
- 3 Si el nivel no alcanza la marca lleno, añadir aceite lentamente, comprobando con la varilla el nivel alcanzado. No sobrellenar.
- 4 Cuando el nivel coincida con la marca "LLENO", taponar el depósito (ha de quedar estanco).

Cambiar el aceite del cárter cada 25 horas de funcionamiento, debiendo estar el motor caliente (después de su uso). Será de tipo detergente:

Limpiar exteriormente el motor, principalmente las aletas de refrigeración, para un correcto funcionamiento.

Limpiar la bujía cada 100 horas de funcionamiento.

Limpiar o sustituir el filtro.

- Si es de espuma, cada 25 horas de funcionamiento, con agua y detergente. Después de enjuagarla, secarla. Empaparla con el aceite del motor quitando el exceso.
- Si es de papel, cambiarlo cada 100 horas de funcionamiento.

Instrucciones generales de utilización:

- Situar el equipo respecto al viento de forma que el GLP que pueda salir a la atmósfera, no llegue al motor.
- El terreno sobre el que se sitúe el compresor ha de estar lo suficientemente nivelado para que la polea de transmisión no roce con el suelo.
- Las conexiones de las mangueras se realizarán de forma que queden estancas.
- Antes de poner en marcha el compresor, es muy importante verificar los correctos niveles de aceite, tanto del motor como del compresor.

El compresor tiene dos conexiones para las mangueras de fase gas. La impulsión viene marcada con la inscripción: DISCH, mientras que la aspiración lo es con SUCTION (succión).

El gas no debe fluir a través del regulador, a motor parado.

En caso de dificultad para arrancar el motor, utilizar el cebador del regulador de BP.

Si se desea utilizar el compresor para un llenado, se puede cambiar el sentido de flujo. Para ello, se deberán invertir las mangueras, conectando la MG1 a la impulsión y la MG2 a la aspiración.

Realización del trasvase:

Después de conectar las tres mangueras como se ha indicado, seguir el siguiente proceso:

- 1 Abrir lentamente las llaves de fase líquida. La correspondiente a la chek-lok dispone de un válvula de exceso de flujo por lo que deberá abrirse más lentamente para evitar su cierre.
- 2 Abrir lentamente las llaves de fase vapor (gas) para que se equilibren las presiones en ambos recipientes.
- 3 Poner en marcha el motor del compresor. No se recomienda que el motor funcione durante todo el tiempo de vaciado. La sobrepresión que se alcanza puede llegar a ser suficiente para vaciar un pequeño depósito. Si fuera insuficiente, volver a conectar el equipo.
- 4 Proceder a la recuperación de gas en el depósito a vaciar, intercambiando las mangueras de fase gas, según se describió en el punto T3: 2.11. No olvidar que la manguera de fase líquida no debe estar conectada.

Obs.: Si durante el trasvase se cierran las válvulas de exceso de flujo, podría vaciarse el aceite del motor del compresor.

Desconexión del equipo de trasvase:

Después de cerrar las llaves, vaciar las mangueras tratando de recuperar el GLP contenido en ellas.

Precaución. Durante el llenado de depósitos no producir sobrellenado pues, además de estar prohibido, se provocaría la salida del aceite del cárter del compresor.

T3: 2.18 Drenaje de un depósito

El drenaje consiste en eliminar los residuos líquidos y sólidos decantados en el fondo de los envases a través del dispositivo que, para esos efectos, está prescrita su montaje en la parte inferior de los depósitos aéreos. En los enterrados se realiza mediante una chek-lok con tubo buzo, independiente de la utilizada para toma de fase líquida.

El conjunto de drenaje deberá estar compuesto, en el sentido de flujo, por:

- A: Una válvula de cierre automática (exceso de flujo), interior al envase, de forma que corte la salida del gas al exterior, caso de que la parte externa de la válvula quedase segada por su base.
- B: Una llave de corte, conectado a la válvula anterior mediante el adaptador correspondiente.
- C: Un pequeño envase de unos 5 a 10 litros de volumen para facilitar la operación de drenaje con una válvula de seguridad por exceso de presión, que permita vaciarla en caso necesario (sobrellenado del mismo). Se conectará a la llave anterior mediante sistema de bridas preferentemente.
- D: Una llave corta-hielos, que posibilite el corte del paso del gas aún en caso de que el hielo que se pueda llegar a formar, por efecto de la vaporización en la atmósfera, dificultara su cierre. Esta llave es de esfera, de 1/4 de vuelta y su extremo libre irá cerrado por tapón ciego mientras no se utilice. Figura 2.18a.

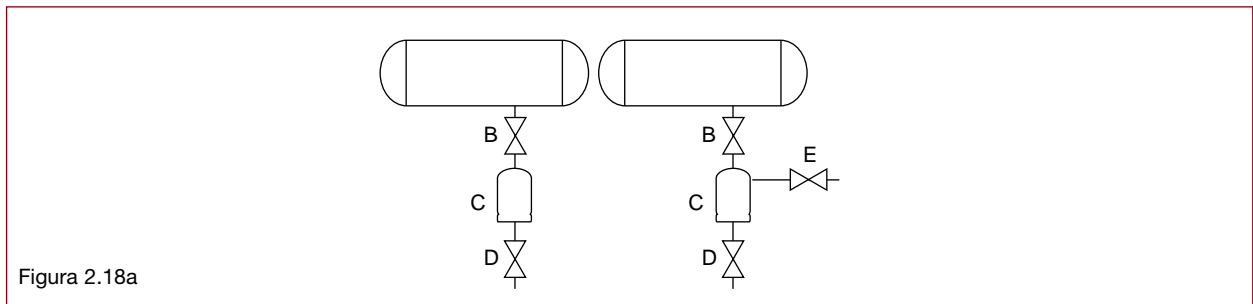


Figura 2.18a

Existe una variación en el diseño consistente en añadir en la botella una conexión (E) para trasiego de líquido dotada de una llave adicional. La conexión se realiza mediante una conducción de 25 mm de diámetro y unos 0,4 m de longitud, con la citada llave adicional y terminada en un estrechamiento de unos 6 mm de diámetro.

El drenaje se realizará teniendo en cuenta que la llave de corte ha de estar cerrada para poder abrir la corta-hielo y, en su caso, la adicional (E).

La operación de drenaje se describe a continuación (se deberá realizar con la frecuencia que enseñe los resultados obtenidos y siempre que se adicione producto deshidratante, como se dijo en T3: 2.14.2):

1. Estando la llave corta-hielos (D) cerrada, abrir la llave de corte (B) para que pase líquido a la botella.
2. Una vez equilibradas las presiones entre depósito y botella, cerrar la llave de corte (B). Evitar el sobrellenado de la botella (C).
3. Abrir la llave corta-hielos (D) para recoger los residuos a eliminar. Evitar proyecciones y salpicaduras sobre los operarios presentes.
4. Una vez drenado, cerrar la llave corta-hielos (D).

T3: 2.19 Toma de muestras de un envase

La toma de muestras de gas de un envase se puede realizar utilizando el dispositivo de drenaje descrito anteriormente (punto T3: 2.18). La operación a seguir es similar a la anterior, utilizando la llave adicional (E) para no recoger residuos.

Se ha de pensar en que la muestra no representa en absoluto la naturaleza del gas que en su momento se trasvasó, ya que durante el transcurso del tiempo, la destilación producida por la vaporización natural, ha variado los porcentajes.

T3: 2.20 Equipo y conjuntos de regulación

Como vimos en el diagrama de tensión de vapor del propano (ver punto 1.2.2), la presión en el interior de los envases (depósitos o botellas), depende de la temperatura exterior que será la que se transmita a través de las paredes del depósito a la masa del líquido.

La presión interior del envase alcanzada en unas determinadas condiciones, es superior a la máxima permitida de 2 bar por el Reglamento RIGLO para gases de la 3ª familia y naturalmente superior a la de funcionamiento de los aparatos de consumo.

El artículo 7. del reglamento RIGLO dice: cuando la presión máxima de servicio, o de alimentación en los casos de depósitos de GLP, en la IRG, sea superior a la de utilización, será preciso la instalación de reguladores de presión que formarán parte de la propia IRG, debiendo existir en estos casos un sistema de protección contra el exceso de presión.

T3: 2.20.1 Regulador de presión

Dispositivo incluido en una instalación de gas, destinado a reducir de forma automática, una presión de gas que le llega y comprendida entre unos límites determinados, a otra que se mantiene automáticamente constante, dentro de un campo de caudales definido.

1. Reducen la presión de entrada, (P_e), comprendida en un rango de valores, al valor de la presión de servicio, fijo o ajustable (P_s).
2. Mantienen la presión de salida (P_s) sensiblemente constante, estabilizada dentro de un rango de caudales definido, para cada valor de presión de entrada.

El regulador es una válvula automática accionada por el movimiento de un diafragma o membrana que sigue los efectos de la presión del gas.

El cuerpo del regulador está dividido por un diafragma (D) o membrana, en dos cámaras. La cámara superior está en comunicación directa con la atmósfera a través del orificio (F).

El gas pasa de la entrada (E) a la salida (S), a través de la válvula de regulación (VR).

Un muelle tiende a abrir el obturador de la válvula VR. La presión del gas se opone a la ejercida por el muelle.

El obturador sigue los movimientos del diafragma.

Existen reguladores ajustables y fijos, según que la tensión del muelle sea o no regulable.

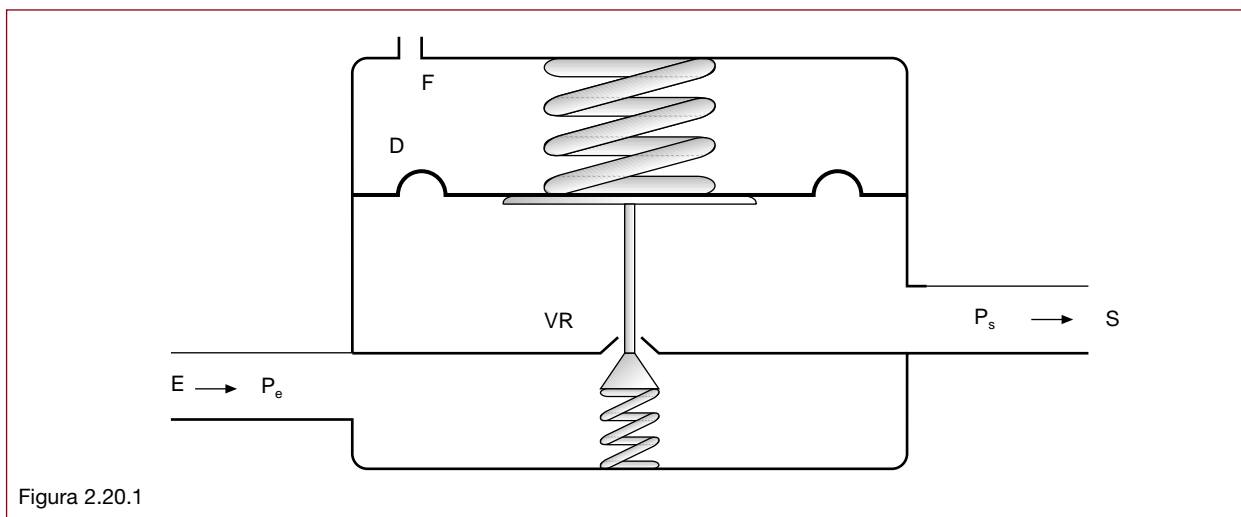


Figura 2.20.1

En todo momento se establece equilibrio a ambos lados del diafragma. Por la parte superior actúa la presión atmosférica más la producida por el muelle; por la inferior, la del gas. La presión de salida será, por tanto, relativa.

Existen modelos cuya presión de salida es fija o ajustable. Toda modificación de la tensión del muelle supone una variación de la presión de salida de forma que a un aumento de la misma corresponde un incremento de la presión de salida. Para dificultar la manipulación de los reguladores por personas no autorizadas, los reguladores serán precintables y se colocará una llave de corte previa si es que no la llevan incorporada.

Las características fundamentales que definen a los reguladores son:

• Presión nominal de salida	(PNs)
• Caudal nominal (máximo)	(QNx)
• Presión máxima de entrada	(Pe-máx)
• Presión mínima de entrada que garantice la presión de salida PNs con el caudal nominal QNx	(Pe-mín)

T3: 2.20.1.1 Diagrama característico de los reguladores

Las características mencionadas de los reguladores están correlacionadas en el diagrama de cada modelo.

El valor de la presión de entrada influye ligeramente en la presión de salida.

Para un caudal reducido, la presión de salida es algo superior al valor nominal:

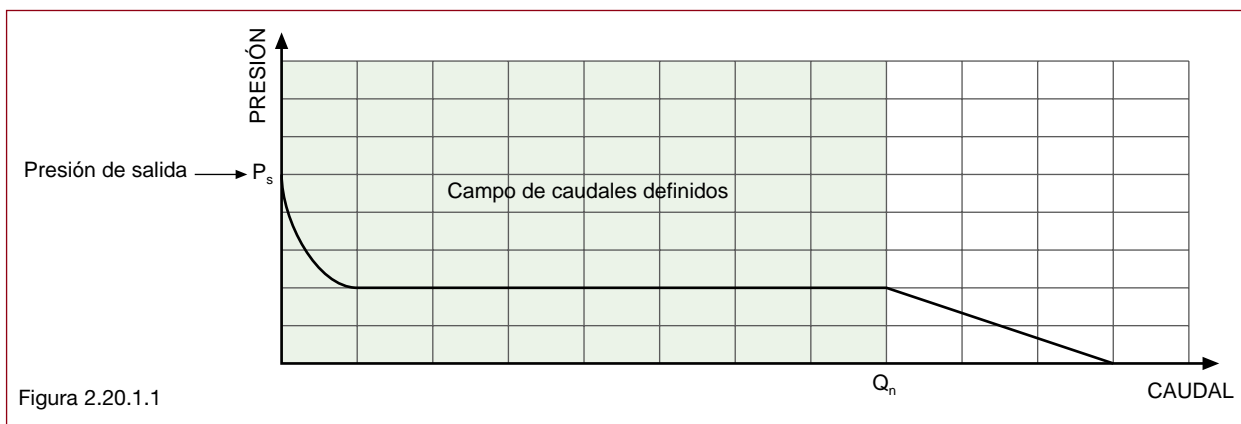


Figura 2.20.1.1

Como se aprecia en la Figura, a un caudal superior al nominal le corresponde una presión de salida inferior a la nominal y por lo tanto el regulador queda inutilizable. Si se deseara un regulador que funcione con un caudal mayor que el Q_n , habrá que elegir otro modelo mayor.

La diferencia existente entre la presión mínima de entrada y la presión nominal de salida, la podemos definir como la **pérdida de carga** del regulador. Cuanta menor sea esa pérdida de carga, mayor posibilidad de utilización tendrá el regulador, ya que se podrá disponer de una mayor presión disponible aguas arriba.

Los reguladores se clasifican atendiendo a las características señaladas. Un regulador de MPB es el que recibe gas a presión entre 0,4 y 5 bar. Su presión de salida puede ser en MP o en BP.

Ejemplo de definición de un regulador: Regulador ajustable para un caudal máximo de $10 \text{ m}^3/\text{h}$, presión de entrada mínima de 100 mbar y máxima de 8 bar. Presión nominal de salida: 37 mbar.

Características de los reguladores:

PRESIÓN ENTRADA	DIAFRAMA	MUELLE	EXACTITUD EN PRESIÓN DE SALIDA
ALTA	grueso y de pequeño diámetro	de gran resistencia o "dureza"	no es importante. (se trata de simples reductores)
BAJA	delgado y de relativo gran diámetro	muy sensible	Se mantiene dentro de unos límites reducidos

Al ser $\text{Presión} = \text{Fuerza}/\text{superficie}$, cuanto menor sea la presión del gas a regular, mayor ha de ser la superficie del diafragma.

T3: 2.20.1.2 Tipos de reguladores

Existen dos tipos de reguladores:

- *De acción directa:* La presión del gas a la salida es la que actúa directamente sobre el elemento sensible (diafragma), contrarrestando la acción de la presión atmosférica y la del muelle. La presión de salida puede ser fija o variable. En caso de falta de presión o cuando el diafragma se rompa, el regulador queda en posición abierta.
- *De acción indirecta o pilotado:* Un segundo regulador llamado piloto regula la presión del gas a un valor inferior y cuya acción sustituye al muelle y a la acción de la presión atmosférica. En caso de falta de presión o cuando la membrana se rompa, el regulador queda en posición cerrada. Esto supone una seguridad adicional.

Regulador de acción directa. Veamos como se ajusta la presión de salida del regulador y como funciona.

El diafragma 3 se encuentra en equilibrio. Por su parte superior soporta las fuerzas originadas por el muelle 2 y por la presión atmosférica. Por su parte inferior soporta la presión de salida del gas al estar en comunicación a través del orificio de toma de impulso 8. La presión del gas dependerá de la presión ejercida por el muelle. Dicha presión se puede ajustar accionando el vástago 1. Al comprimir el muelle (girando vástago 1 en el sentido de las agujas del reloj), aumenta su presión y al aflojarlo, disminuye. Cada muelle tiene un campo de presiones posibles.

La presión ajustada se llama de tarado y se controla mediante manómetro situado aguas abajo del regulador.

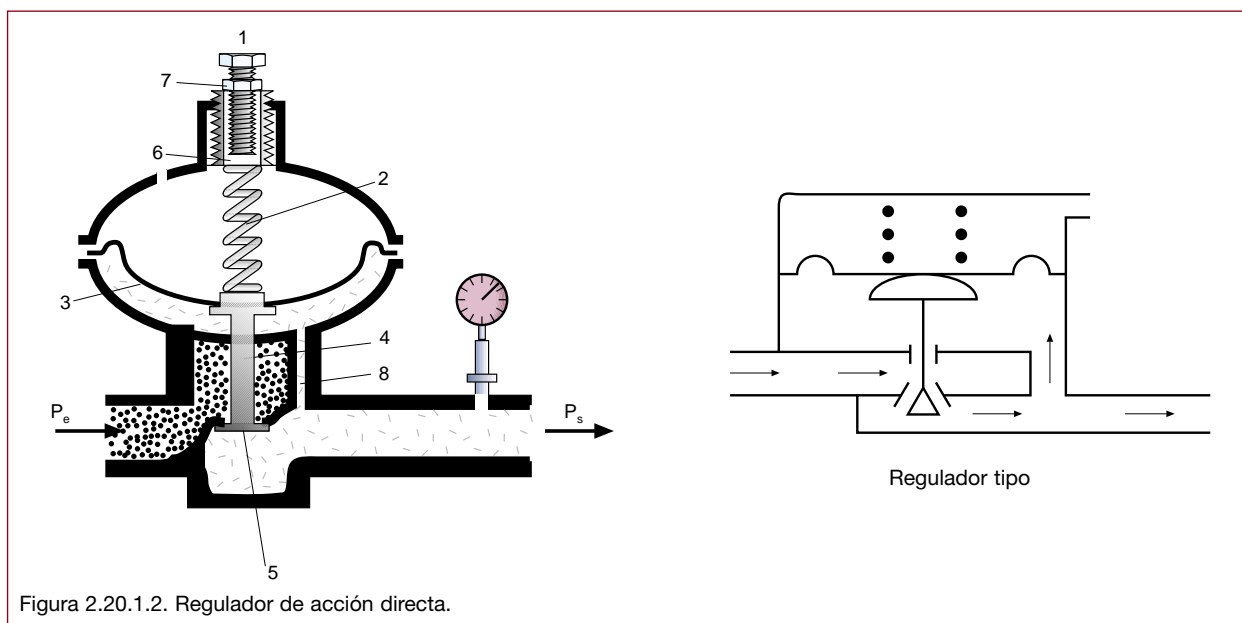


Figura 2.20.1.2. Regulador de acción directa.

La posición de equilibrio de la membrana, se transmite mediante el eje 4 al obturador 5, que se desplaza perpendicularmente. El cierre queda asegurado por una pastilla de elastómero fijada al obturador.

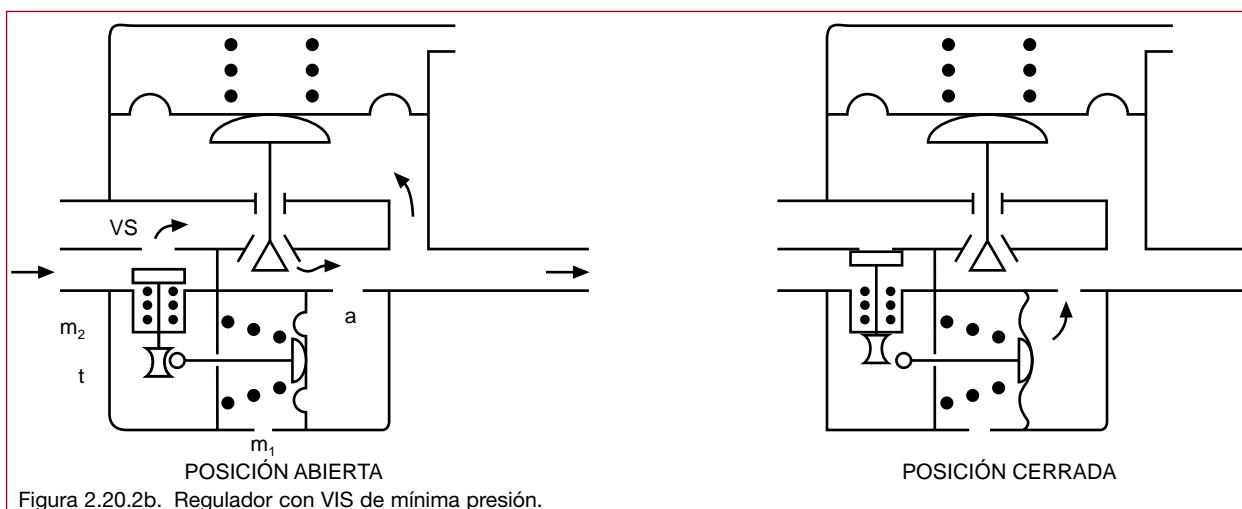
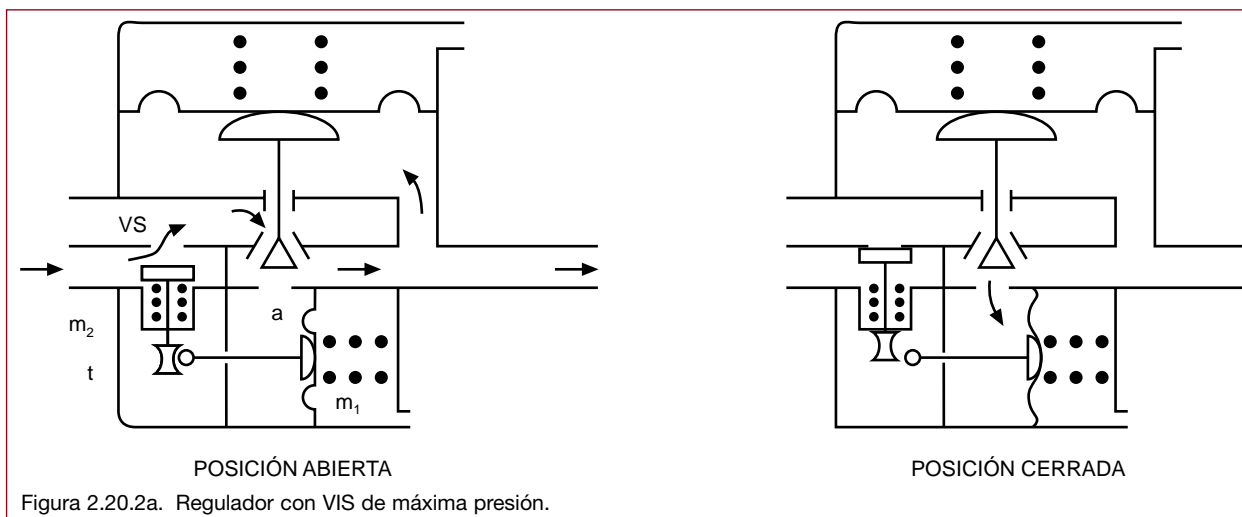
El funcionamiento descrito tiene lugar cuando la presión de entrada es superior a la de salida.

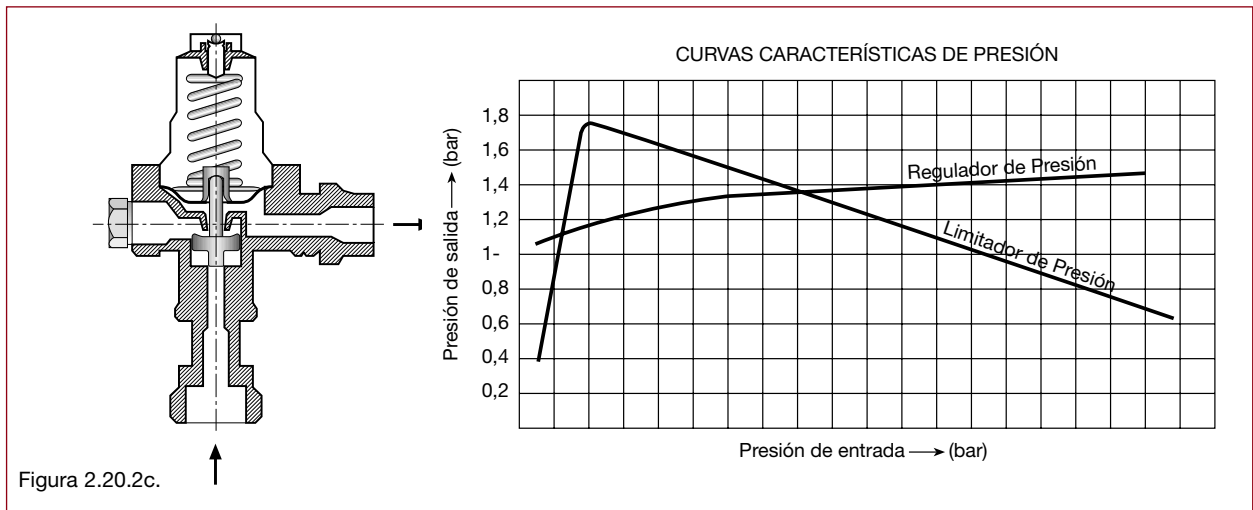
Cuando la presión de salida P_s es inferior a la ejercida por la fuerza del muelle P_m , este tiende a abrir el obturador hasta restablecer la presión preseleccionada. Cuando la presión de salida es mayor que la tarada, el obturador tiende a cerrar.

T3: 2.20.2 Dispositivos de seguridad

Los reguladores pueden llevar incorporados dispositivos de seguridad VIS de máxima, VIS de mínima y limitador de presión, concretamente:

- Válvula interruptora de seguridad por mínima presión (llamada VIS_{mn}): La finalidad de esta válvula es la de cerrar la entrada del gas a la instalación cuando la presión a la salida del regulador desciende por debajo de un valor prefijado, llamado de seguridad. Esto puede suceder debido a un exceso de consumo o a un corte de suministro de gas. (se ha de pensar que en la normalización de suministro, pueden haber quedado cocinas con las llaves abiertas y los fuegos apagados, al no incluir seguro de encendido. Es de rearme manual.
- Válvula interruptora de seguridad por máxima presión (llamada VIS_{mx}): evita que la presión de gas a la salida del regulador supere un valor prefijado. Actúa bloqueando el paso al gas. Para reanudar el suministro, hay que desbloquearlo manualmente, mediante herramienta. Una de las posibles causas del aumento de presión es la falta de hermetismo de la válvula de regulación para caudal cero, y cuando se averíe el regulador situado aguas arriba. Es de rearme manual.
- limitador de presión (LP): Aparato destinado a evitar que la presión de una canalización sobrepase un valor dado, incluso aunque falle el propio dispositivo, en cuyo caso deberá cortarse automáticamente el paso de gas (por ejemplo, al romperse el diafragma, el gas tiende a cerrar la válvula de regulación, V). Dicha válvula (V) es accionada por el movimiento de un diafragma (D) que sigue los efectos de la presión del gas, cuando ésta sobrepasa un valor determinado.





T3: 2.20.3 Definición y características del equipo de regulación

El equipo de regulación está formado, además de por el regulador de presión, por elementos y accesorios tales como, llaves de corte, filtro, tomas de presión, válvulas de seguridad, manómetros y otros accesorios que convenientemente situados, garantizan la estabilidad de la presión de servicio dentro de los límites establecidos en la Reglamentación vigente, así como la continuidad en el suministro. Se deberá disponer el equipo de regulación de tal manera que la recepción del gas en los puntos de consumo ofrezca la mayor garantía para su uso con la mayor seguridad.

Los conjuntos de regulación han de llevar una placa, tarjeta o adhesivo, para identificación de las condiciones de funcionamiento, en el que se haga constar los siguientes datos:

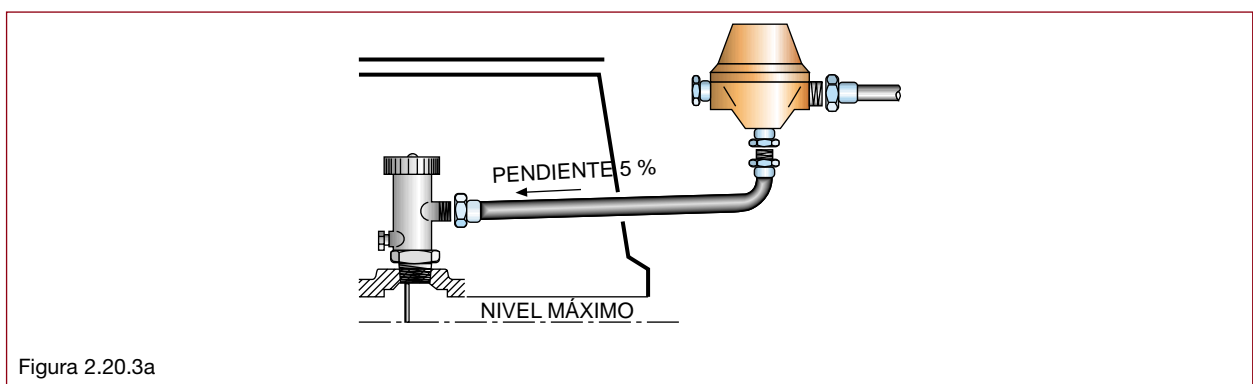
- Tarado de la presión de salida del regulador.
- Tarado de la presión de la VIS por máxima presión (si procede).
- Tarado de la presión de VIS por mínima presión (si procede).

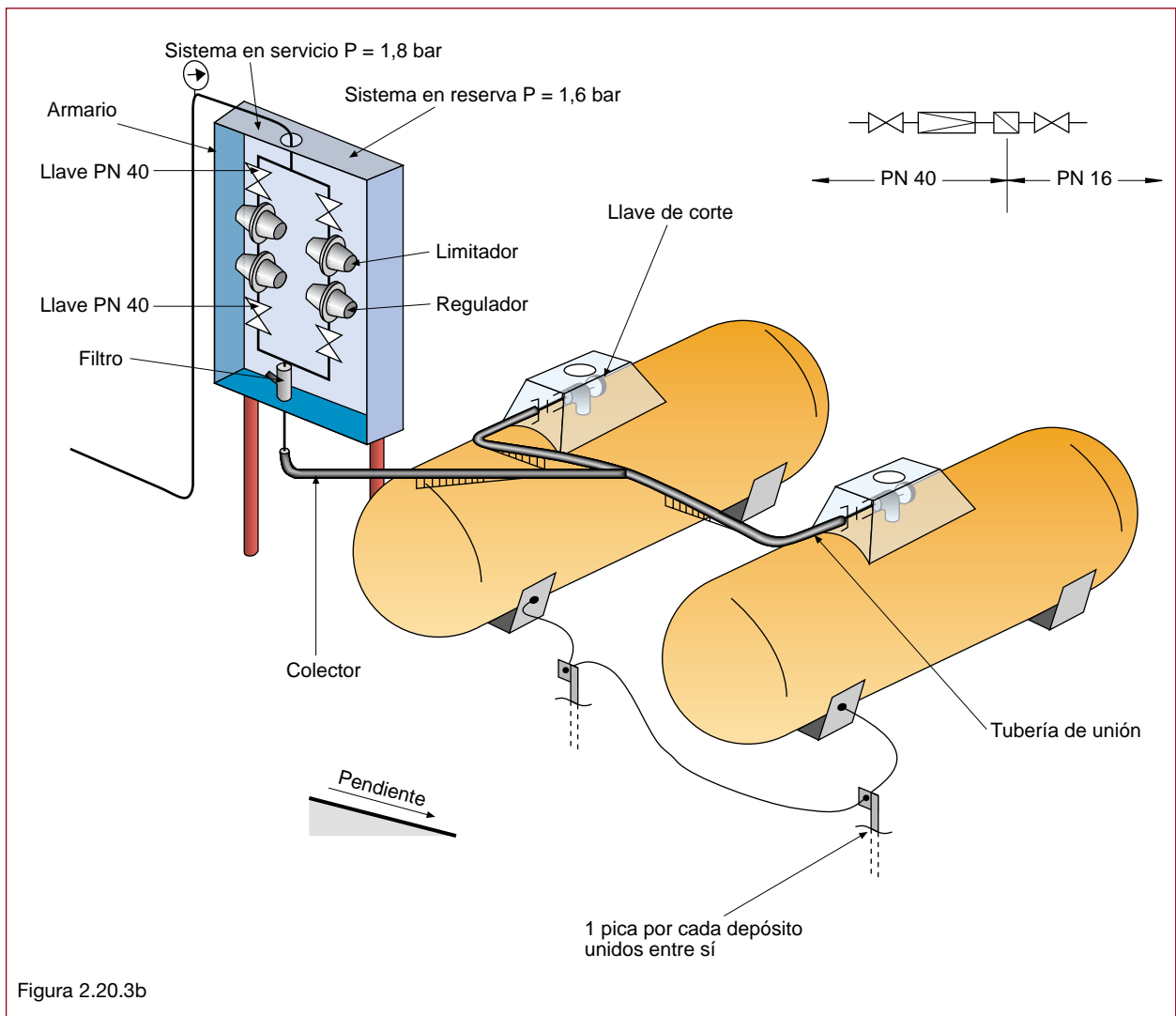
La presión de salida del equipo de regulación deberá ser la necesaria para que, una vez deducidas las pérdidas de carga, llegue al segundo regulador con presión superior a la mínima de funcionamiento. Caso de ser el último regulador, la necesaria para que llegue al punto de consumo con una presión suficiente para el funcionamiento normal de los aparatos.

No debemos olvidar que, cuanto menor sea la presión de salida en el regulador de primer escalón, obtendremos una mayor capacidad de vaporización del depósito. Por ello, aunque normalmente la presión de salida del equipo de regulación no es superior a 1,75 bar, ésta puede ser menor, en función de lo indicado anteriormente.

Por tanto, la primera etapa de regulación será de 1,75 bar. Posteriormente se deberá disponer de otro dispositivo que garantice la seguridad contra el aumento eventual de la presión. Para esta misión se utiliza una VISmx, o bien el limitador de presión.

Es necesario dar al tramo de conducción donde va montado el regulador y limitador una inclinación aproximada del 5 % hacia los depósitos, para que, en caso de condensación de la parte de butano que contiene el propano comercial o de agua, vuelva a los depósitos.





En la Figura 2.20.3b se indica la disposición en que han de quedar los elementos de regulación y dispositivos de seguridad.

Una vez montados los elementos de regulación, hay que proceder a una regulación según lo indicado anteriormente.

En zonas frías, en época invernal, pueden producirse problemas en la regulación de presión debido a congelación de agua en el equipo de regulación. Como solución a este problema, causado por el frío, es aconsejable duplicar el equipo de regulación y situar ambos equipos en paralelo entre sí.

T3: 2.20.3.1 Puesta en marcha del equipo de regulación de presión

Estos son los pasos que hay que seguir para la puesta en marcha del equipo de regulación:

1. Abrir el paso de gas y actuar sobre el vástago del regulador girándolo hasta alcanzar una presión de salida provisionalmente de 2 bar, controlando esta presión por el manómetro.
2. Actuar sobre el vástago del limitador (segundo regulador que hará de dispositivo de seguridad) fijando la presión de salida en 1,75 bar. Fijar el vástago con la contratuerca 7 de la Figura 2.20.1.2.
3. Volver a actuar sobre el vástago del regulador, en el sentido inverso a las agujas del reloj, hasta alcanzar en el manómetro una presión de 1,6 bar. Fijar el vástago con la contratuerca 7.

Para la línea de reserva se hará lo mismo teniendo en cuenta los valores 2 bar, 1,7 y 1,5 bar

De esta forma el segundo regulador hará la función del dispositivo de seguridad tarado a 1,75 bar, que no trabajará hasta que por eventual avería del primero, la presión de entrada fuera superior a la presión de salida. Con la observación del manómetro se podrá determinar en qué momento se produce tal contingencia que nos indicaría que hay que sustituir el regulador.

Si se produjera una avería del limitador sin haber reparado la del regulador, la presión en la red sería igual que la existente en el depósito.

Para garantizar que esto no suceda cuando se produzca avería, habrá que montar un regulador con VISmx en sustitución del limitador. En caso de avería, la instalación quedaría sin suministro.

CEPSA ELF GAS decidirá según las características de la instalación, que sistema de regulación se adoptará en cada caso.

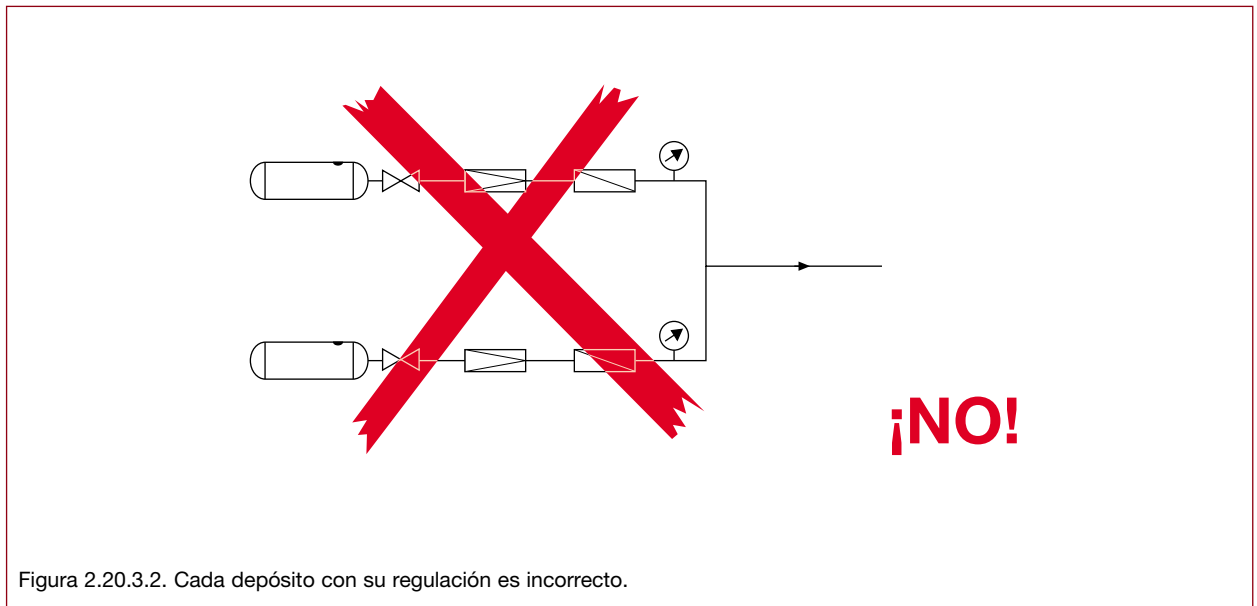
T3: 2.20.3.2 Ubicación del equipo de regulación de presión

La ubicación del equipo dependerá del tipo de instalación según se obtenga el gas por vaporización natural o forzada.

En cualquier caso, estos equipos han de quedar protegidos, en arqueta en caso de enterrados, en armario en caso de aéreos, ambos con vaporización natural y en caseta cuando se utilice vaporización forzada.

Si el almacenamiento está formado por más de un depósito se montará el equipo de regulación siguiendo la recomendación de la Figura 2.20.3b.

Es incorrecto montar la regulación independientemente para cada depósito, pues la presión de salida de uno contrarrestaría la del otro, vaporizando solo el depósito cuya presión de salida fuera mayor, por pequeña que fuera la diferencia.

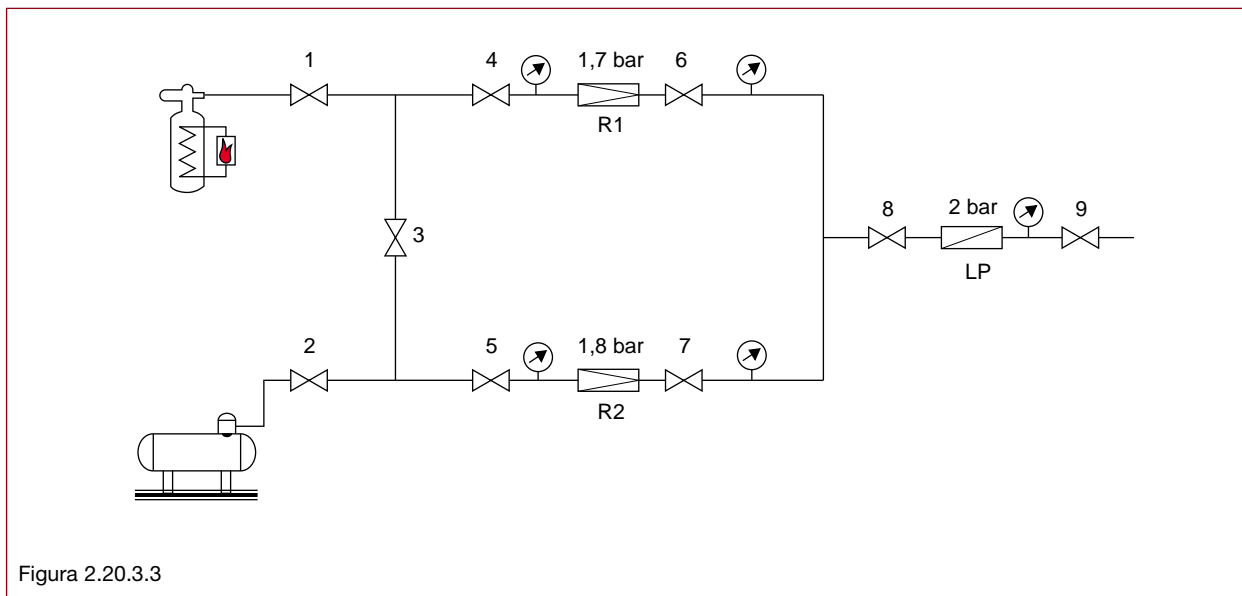


T3: 2.20.3.3 Equipo de regulación de presión con vaporización forzada

Este equipo de regulación se montará en el interior de la caseta destinada al vaporizador. Estará adosado y convenientemente fijado en una de las paredes.

Los elementos de regulación y accesorios quedarán dispuestos según el esquema de la Figura 2.20.3.3.

Existen dos fuentes de alimentación, la línea 1 que procede del vaporizador y la línea 2 de la fase gaseosa del depósito. El sistema puede actuar como doble línea (gracias a las llaves 1, 2 y 3), si los caudales nominales de R1 y R2 son iguales. En toda instalación industrial se deberá duplicar la línea de regulación.



Cualquiera de los elementos de regulación, será capaz de suministrar el caudal punta preciso con una presión de entrada mínima de 2,5 bar y máxima de 12 bar aproximadamente.

Cuando se esté utilizando el vaporizador, generalmente en invierno, también se deberá tener preparada la línea 2 para que en caso de necesidad por avería de la línea 1 pueda entrar en funcionamiento automáticamente.

La línea 2 quedará en reserva mientras se utilice el vaporizador, por lo que una vez subsanada la avería, se ha de poner de inmediato en funcionamiento la línea 1 del vaporizador, dada la limitación que tienen los depósitos para un suministro continuado de larga duración.

Operación

Para que la línea 2 procedente del depósito quede en reserva (en invierno), se procede a regular el equipo de la siguiente manera:

- Con el vaporizador puesto en marcha se cierran las llaves 2 y 3 (by-pass) y abrimos la llave 1.
- Se procede a regular el R1 a 1,8 bar y el limitador LP a 2 bar, como dispositivo de seguridad, según se vio en el apartado T3: 2.15.2.

El siguiente paso es proceder de la misma manera con el regulador R2. Para esto abrimos la llave 2 (permaneciendo la 3 cerrada) y cerramos la llave 6. La instalación se alimenta a través de la línea 2 y de ese modo procedemos a la regulación del regulador R2 que quedará tarado a 1,7 bar. A partir de ese momento y abriendo la llave 6, la instalación queda en servicio a través de la línea 1 de alimentación mediante vaporizador y de la línea 2 de reserva procedente del almacenamiento.

T3: 2.20.3.4 Equipo de regulación de presión con válvula de seguridad

La VISmx va incorporada al regulador, según se ve en la Figura 2.20.3.4.

Si el regulador R1 no es hermético (no cierra a caudal cero), la presión de salida de éste aumenta. En ese caso, la presión puede alcanzar un valor superior al del tarado de la VISmx y actuará cerrando el paso de gas. En este momento entra en servicio el regulador R2 procedente de la vaporización natural del depósito.

La presión de distribución no podrá ser superior, en ningún caso, a la de tarado del limitador.

La línea de trazos de la Figura 2.20.3.4 es la toma de impulso que puede ser externa.

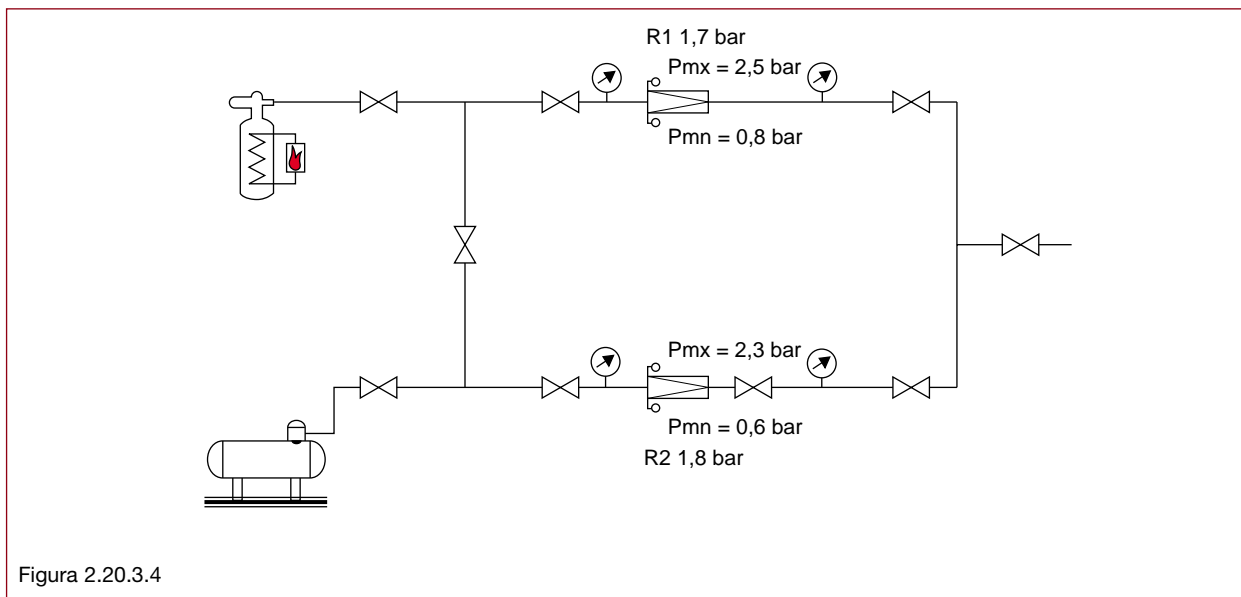


Figura 2.20.3.4

Presiones de tarado de las VIS	Pmax	Pmin
regulador R1	2,5 bar	0,8 bar
regulador R2	2,3 bar	0,6 bar

T3: 2.20.4 Elección del equipo de regulación de presión

A la hora de elegir el caudal que ha de suministrar el regulador se tendrá en cuenta que dicho caudal será como mínimo un 30 % superior al caudal punta. $QR = 1,3 \times QP$

Donde: QR = caudal del regulador a una presión mínima de entrada de 4 bar

QP = caudal punta (consumo nominal).

- Para las instalaciones domésticas, colectivas o comerciales, se aplicará lo establecido en el RIGLO (teniendo en cuenta la simultaneidad). En la práctica, el aplicar el 1,3 equivale a no considerar el factor de simultaneidad.
- Para las instalaciones industriales, será el proyectista el que debe fijar el caudal, según se establece en el RIGLO.

T3: 2.20.5 Elección del sistema de regulación de presión

Recordemos que en gas canalizado no existe la obligación de salir del Centro de almacenamiento a MPA y que en instalaciones industriales no rigen las especificaciones del RIGLO.

	USOS DE LA INSTALACIÓN		
	individuales domésticos, colectivos, comerciales	gas canalizado	industriales
Presión de salida de la Estación de Regulación	MPA, según el RIGLO p.e: 150 mbar	a determinar por el proyectista p.e: 1,8 bar	

- Para instalaciones de GLP canalizado, además de la VISmx se ha de incorporar la VISmn.
- Para instalaciones industriales, en gas canalizado y en las instalaciones especiales (servicio no interrumpible), se debe duplicar la línea de regulación.
- Para instalaciones individuales (granel, envasado industrial y envasado doméstico en el exterior), la presión de salida ha de ser en MPA. La línea de regulación puede ser simple, utilizándose reguladores de 6 kg/h y 12 kg/h, según relación dada por CEPSA.
- El sistema con seguridad por limitación de presión viene a ser sustituido por el de VISmx.

Consultar con el Departamento Técnico de CEPSA, en caso de necesidad.

GAS	REG(*)	ALMACET°	PRESIÓN DE SALIDA	
			1° ESCALÓN	2° ESCALÓN
PROPANO	Simple	UNA batería BOTELLAS	Ps FIJA.: BP Y MP Ps AJUS.: hasta 0,3 bar	La regulación simple no contempla un 2° escalón. Estos reguladores se utilizan solo en instalaciones no sujetas a Reglamento.
	Doble	DOS baterías BOTELLAS	IA. Ps FIJA.: MPB	Reguladores comunes para 2 baterías y para depósitos. Ps FIJA.: BP y MPA
		DEPÓSITOS	Ps FIJA.: MPB Ps AJUS.: MPB y AP	Ps AJUS.: MP y AP
BUTANO	Simple	UNA batería BOTELLAS	Ps FIJA.: BP Ps AJUS.: MPB	La baja presión del butano permite ahorrarse el 2° escalón.
	Doble	DOS baterías BOTELLAS	IA Ps FIJA.: MPB	Ps FIJA.: BP y MPA

REG(*): Regulación.

La regulación simple, de un solo escalón, se utiliza con:

- **Propano** en instalaciones no sujetas al Reglamento RIGLO, por ejemplo: para las Instalaciones industriales, agrícolas o artesanales. Pueden no incluir limitador.
- **Butano**: Su baja tensión de vapor, hace innecesaria la doble regulación, salvo en baterías de envases.

La regulación doble, de dos escalones, se utiliza con:

- **Propano** en instalaciones sujetas a Reglamento RIGLO, con dispositivo de seguridad por máxima presión.
- **Butano**: En baterías servicio-reserva, es imprescindible.

Ps: Presión de salida. Puede ser FIJA (con o sin seguridad) o AJUSTABLE (con o sin manómetro).

IA = Inversor automático. Realiza función de regulador de 1° escalón. Necesita regulador de 2° escalón para BP.

BATERÍA: uno o más envases en descarga simultánea. Puede ser:

“UNA” (una batería en servicio sin reserva y también el caso de dos baterías con inversor manual), o

“DOS” (una batería en Servicio y otra en Reserva con inversor automático).

El limitador o VISmx es obligatorio en instalaciones domésticas con propano.

Existen modelos de reguladores con/sin limitador incorporado.

Existen inversores automáticos con/sin indicador “servicio-reserva” incorporado.

T3: 2.21 Equipo de vaporización

T3: 2.21.1 Introducción

Vaporización artificial: El equipo vaporizador es un dispositivo con el que se aporta calor al GLP para su vaporización artificial controlada. Se recurre a la vaporización artificial en circunstancias especiales:

- En caso de bajas temperaturas ambientales, donde la vaporización natural es insuficiente.
- Cuando se desea una constancia en la composición de la mezcla de hidrocarburos gaseosos ya que, como sabemos, en la vaporización natural, el GLP que queda en el depósito va enriqueciéndose en hidrocarburos de cadenas más pesadas.
- Cuando el caudal de gas requerido es superior a lo que el depósito puede proporcionar de forma natural.

Analicemos cada una de las situaciones:

- En zonas muy frías, por ejemplo donde se alcancen los -20°C (corresponde a una tensión de vapor de 2,7 bar), se podría suministrar gas a quemadores atmosféricos pero no a presurizados y en el caso del gas canalizado, no se podría suministrar gas a más de un cierto número de viviendas. Este inconveniente se eliminaría p.e. utilizando la disposición “Feed Back” con vaporizador, según se indica más adelante.
- En la vaporización natural del GLP va quedando en el recipiente un resto enriquecido en hidrocarburos pesados (C_4) debido a la mayor vaporización de los ligeros (C_2 y C_3). Consecuencia de esta destilación fraccionada, el gas contenido en el depósito va teniendo un poder calorífico en volumen mayor.

c) En ciertos casos, el volumen del depósito instalado para hacer frente a la autonomía prevista puede resultar insuficiente para proporcionar el caudal requerido por los aparatos de consumo. Para aumentar dicho caudal pueden considerarse alguna de las siguientes soluciones:

- Aumentar el volumen de almacenamiento añadiendo un segundo depósito a la instalación en descarga simultánea.
- Aportar calor adicional para lograr el cambio de estado del caudal solicitado.
- Reduciendo la presión de salida del regulador de primer escalón con lo que se reduce la presión de utilización y se puede permitir que el líquido se enfríe un poco más, que es lo mismo que permitir un caudal algo mayor.

El incremento de caudal obtenido mediante la tercera solución no suele ser suficientemente satisfactorio por lo que se habrá de ejecutar una de las dos primeras.

La instalación de vaporizador requiere menor superficie de terreno que la de un segundo depósito.

A efectos de registro de tipo y de las distancias de seguridad, los vaporizadores serán considerados como si fueran depósitos de almacenamiento aéreos de volumen inferior a 5 m³ (A0).

Además de las ventajas señaladas, se puede añadir que la temperatura en el depósito no varía por efecto de la toma de gas ya que dentro de él no se produce vaporización, por lo que tampoco desciende la presión lo que podría llevar a un incorrecto funcionamiento de los reguladores.

Calentamiento. Energía utilizada: El calentamiento puede ser directo o indirecto, en este segundo caso, utilizando un fluido portador, generalmente agua. A estos últimos se les suele llamar “húmedos”.

La energía utilizada en estos equipos vaporizadores son la electricidad y el mismo GLP. La reglamentación vigente señalada respecto a este asunto que sólo podrá ser de calentamiento directo cuando la energía utilizada sea la eléctrica; en los demás casos serán de calentamiento indirecto.

Energía utilizada	Calentamiento directo	Calentamiento indirecto
Electricidad	Sí	Sí
Gas y otros combustibles	No	Sí

Polimerización de los hidrocarburos no saturados: Cuando el calentamiento del GLP supera los 50° a 60° C, los hidrocarburos no saturados (olefinas, diolefinas y acetilenos) rompen sus enlaces dobles y triples provocando su polimerización (formación de aceites). Estos aceites se acumulan en los puntos bajos y en los elementos puntuales intercalados en la conducción como son los reguladores y los contadores, alterando su funcionamiento, pudiendo llegar a inutilizarlos.

Por este motivo, se deberá ajustar la temperatura del agua en la caldera a unos 55° C para que llegue al vaporizador a 50° C. Dependiendo de la temperatura de la zona, se podrán alcanzar los 60° C. En casos extremos, consultar con el Departamento Técnico de CEPSA.

La polimerización se incrementa también cuando la reducción de la presión es grande, caso de los reguladores, donde, por ese motivo, la acumulación de aceites es mayor.

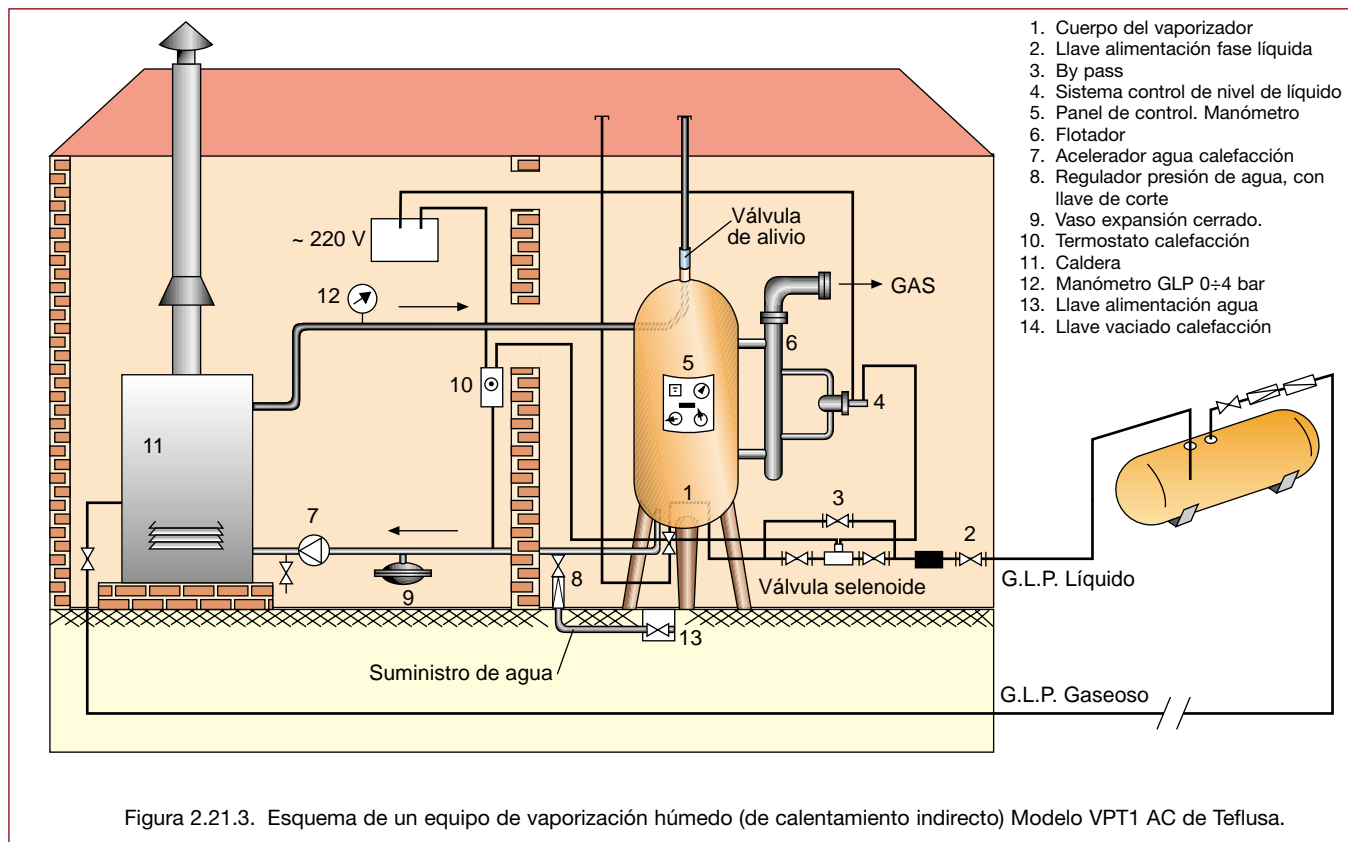
Para evitar la polimerización se ha de trabajar a temperaturas inferiores a la señalada por lo que el vaporizador no podrá ser de llama directa ya que en ellos se producen calentamientos locales elevados.

T3: 2.21.2 Vaporizadores eléctricos

En los vaporizadores eléctricos, una resistencia es la encargada de producir el calor necesario para la vaporización. Con el fin de evitar zonas de altas temperaturas, conviene realizar el calentamiento al “baño María”, interponiendo fluido portador (agua generalmente) que circule en circuito cerrado dentro del mismo vaporizador en funcionamiento continuo.

T3: 2.21.3 Vaporizadores húmedos

Los vaporizadores “húmedos”, de calentamiento indirecto, pueden ser eléctricos o a gas. Estos vaporizadores son intercambiadores de calor en los que un circuito primario provisto de caldera (funcionando como el de un sistema de calefacción), suministra calor mediante fluido portador al circuito secundario, por donde circula el GLP en fase líquida que proviene del depósito a través de la toma de fase líquida.



T3: 2.21.3.1 Principio de la autorregulación en un vaporizador húmedo

El funcionamiento de los vaporizadores se basa en el principio de la autorregulación consistente en la variación natural de la superficie de intercambio (entre la fase líquida y el fluido portador), en cada momento en función del consumo realizado, teniendo en cuenta la diferencia de temperaturas entre el fluido portador y el GLP.

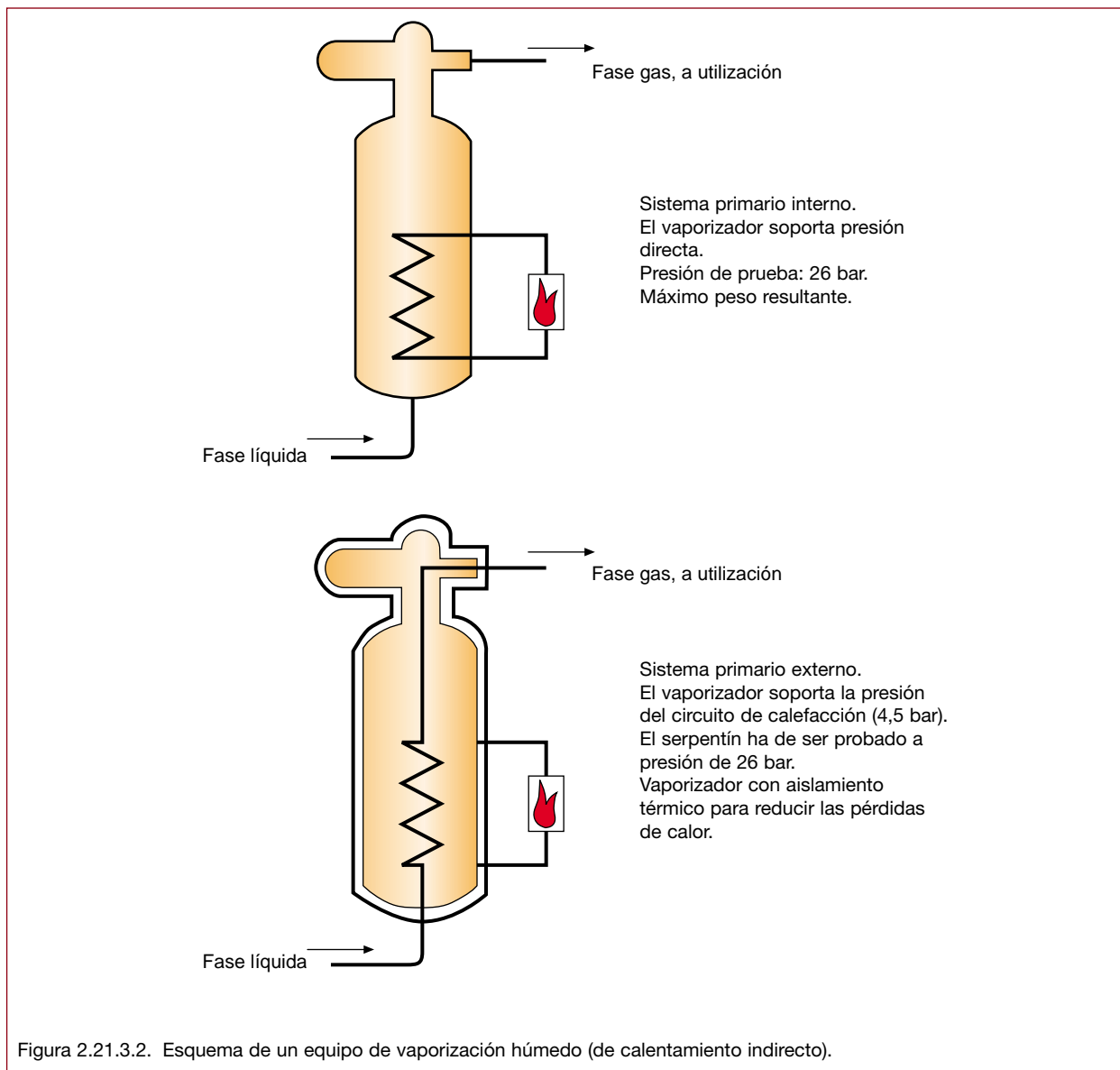
- Al aumentar el caudal de gas requerido por la instalación receptora, la vaporización y el enfriamiento producido por el cambio de estado tienden a aumentar, pudiendo llegar a ser insuficiente la potencia calorífica aportada por el generador de calor. Dicho enfriamiento hace que descienda la presión del GLP en el vaporizador respecto a la del depósito, lo que hace que el nivel del líquido en el vaporizador ascienda, aumentando así la superficie de intercambio de calor. De este modo se hace frente al incremento de la demanda.
- Al descender el caudal requerido, aumenta la temperatura del GLP y en consecuencia su presión (la aportación calorífica es mayor que el efecto frigorífico de la vaporización). El nivel del líquido baja y con ello la superficie mojada del intercambiador se reduce. El intercambio de calor es menor y se alcanza el equilibrio.
- Si el caudal fuera nulo, la presión en el vaporizador aumentaría, haciendo actuar a la válvula de equilibrio que se abriría para dejar libre paso al líquido para retornar al depósito que se encuentra más frío. De esta manera, durante las interrupciones de funcionamiento, en el vaporizador sólo se encuentra fase gas a temperatura no superior a la máxima establecida para el agua y a presión no superior a la del depósito.

La temperatura máxima alcanzable por el fluido portador se ha de tener en cuenta para el cálculo de la superficie de intercambio del intercambiador, pues el reducirla hasta 55° C, se ha de compensar aumentando la superficie de transmisión.

El control de la temperatura es realizado por el termostato de la caldera y por un segundo en el intercambiador, asegurándose la efectividad mediante un limitador de temperatura.

T3: 2.21.3.2 Sistema de intercambio

Respecto al sistema de intercambio, este puede realizarse de dos maneras diferentes, según que el circuito primario se encuentre en el interior o bañe al secundario (sistema primario interno o externo). Debido a que el circuito de gas se encuentra a mayor presión que el del agua de calefacción, ⁽¹⁾ los espesores de los recipientes respectivos será diferente, mayor el del GLP que el del agua. Esto hace que los vaporizadores basados en el sistema circuito primario interno resulte mucho más pesados que los otros.



T3: 2.21.3.3 Instalación Feed-back

Se trata de un sistema ideado para aumentar la vaporización de un depósito consistente en el calentamiento del GLP contenido por el mismo para aumentar su presión. El calentamiento se consigue enviando vapor recalentado del vaporizador al depósito. El calentamiento se suele hacer durante los periodos de tiempo en que el consumo es reducido o nulo.

El calentamiento ha de elevar la temperatura del GLP por encima del valor mínimo necesario para el correcto funcionamiento del regulador de primer escalón.

En estos casos se requiere que el nivel superior del vaporizador se encuentre (modelo horizontal) por debajo del nivel inferior del depósito y exista interconexión mutua entre las fases líquidas y vapor. Si el depósito estuviera enterrado, habría que disponer de una bomba aceleradora en el tramo para fase líquida.

⁽¹⁾ La presión de prueba del circuito de GLP es de 26 bar, mientras que la del agua es 1,5 veces la máxima de servicio ($1,5 \times 3 = 4,5$ bar).

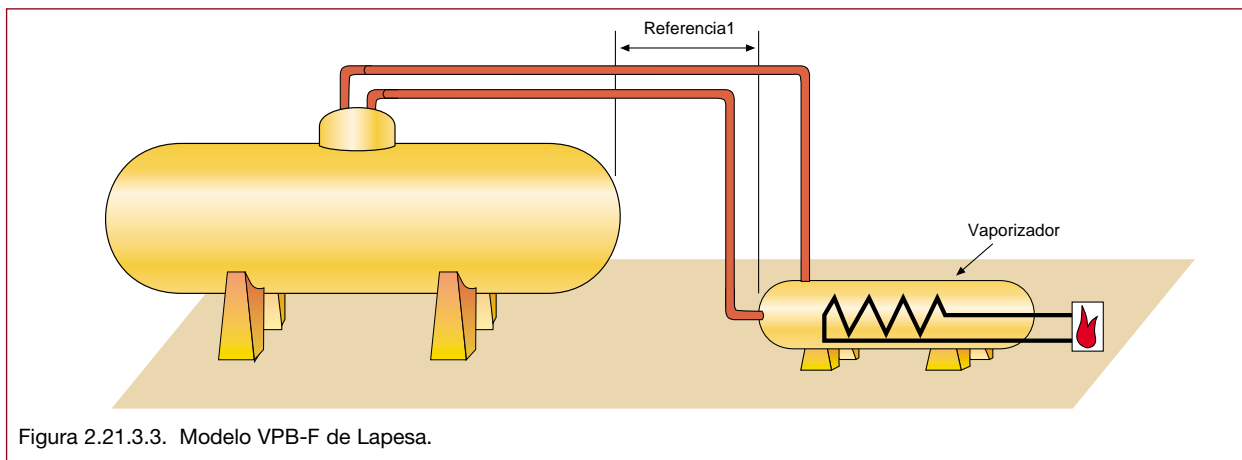


Figura 2.21.3.3. Modelo VPB-F de Lapesa.

T3: 2.21.3.4 Pérdidas de calor

Cuando el calentamiento se realiza mediante el sistema de circuito primario externo, el agua caliente baña al circuito de GLP y se producen pérdidas de calor de consideración a menos que se recubra el vaporizador con material para aislamiento térmico.

T3: 2.21.3.5 Elementos del equipo de vaporización

El equipo estándar mínimo consta de:

- Llave de corte general
- Filtro, con tamiz de acero inoxidable
- Válvula solenoide
- Cuerpo de vaporización equipado de:
 - Sistema contra invasión líquida
 - Válvula de seguridad
 - Panel de control
- Decantador
- Circuito de agua caliente formado por:
 - Válvula alimentadora
 - Regulador de presión
 - Vaso de expansión
 - Circulador aceleradora
 - Caldera a gas automática
 - Termostato para válvula solenoide
 - Instalación eléctrica (antideflagrante en la zona del vaporizador)

T3: 2.21.3.6 Circuito de calefacción

La potencia del circulador de calefacción será la necesaria para vencer la pérdida de carga del circuito de calefacción y proporcionar el caudal máximo de transmisión.

Se ha de prever la posibilidad de ajustar la temperatura de ida a un valor entre 50 y 60° C y una mínima de 35° C (temperatura de condensación o punto de rocío). Estos requerimientos se alcanzan utilizando calderas de baja temperatura.

El circuito hidráulico lleva una válvula de seguridad (VAS) tarada a 1,5 veces la presión máxima de servicio.

El fluido portador deberá contener anticongelante ^(?), caso de encontrarse el equipo vaporizador a la intemperie en zona donde la temperatura pueda descender de los 0° C. El rendimiento del calentamiento se incrementa calorificando las conducciones de agua caliente así como el propio vaporizador.

^(?) El fluido portador suele ser una mezcla en volumen de 40 % de anticongelante puro y el resto agua. Con esta mezcla se alcanza una temperatura de protección de -50° C.

La alimentación de agua al circuito se realiza a través de la llave 13 de la Figura 2.21.3. Se suele incorporar un alimentador automático para garantizar el llenado en caso de pérdidas.

Encendida la caldera, se regula su termostato a la temperatura máxima señalada.

El sentido de circulación del agua en el vaporizador viene indicado en el mismo. El agua es impulsada por el circulador 7, bomba aceleradora (Figura 2.21.3).

La instalación eléctrica será antideflagrante en la zona del vaporizador, aunque no necesariamente en la zona de caldera si ambas son independientes.

T3: 2.21.3.7 Circuito de GLP en el vaporizador

El propano líquido a vaporizar, procedente del depósito, pasa a través de la llave 2 de la Figura 2.21.3, por un filtro y seguidamente por la válvula solenoide hasta alcanzar el vaporizador.

En caso de avería de la válvula solenoide, el propano líquido es conducido al vaporizador por la derivación (by-pass). Esta solo puede entrar en funcionamiento por avería o sustitución de la válvula.

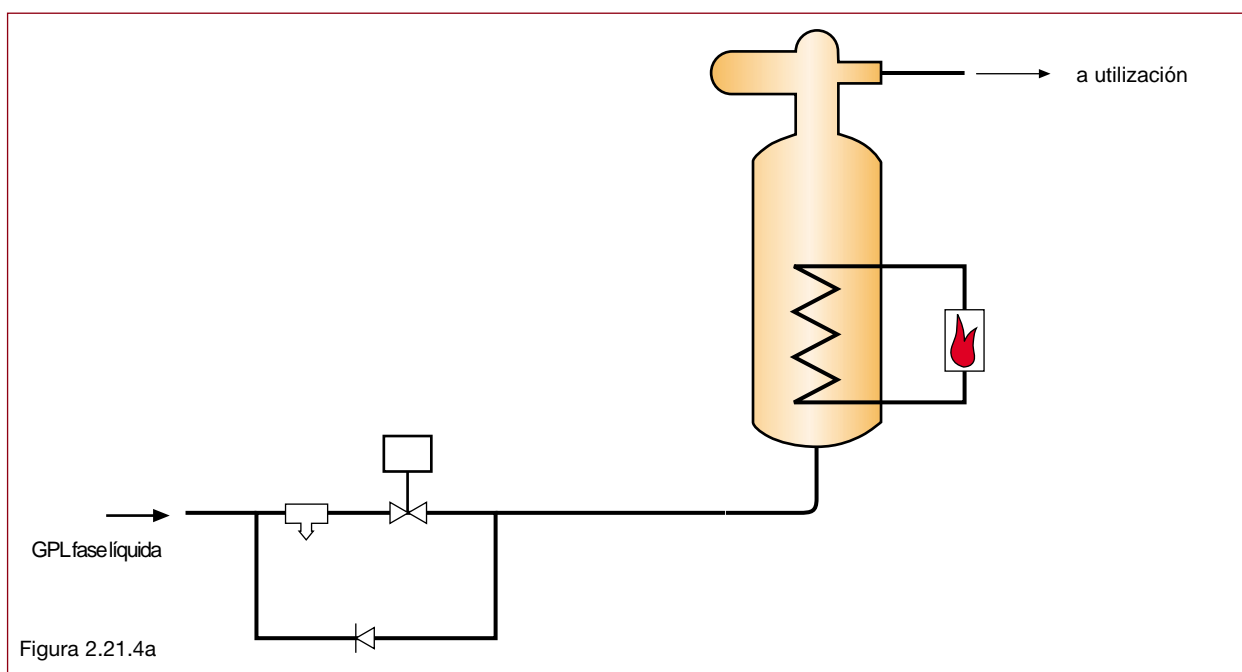
T3: 2.21.3.8 Ajuste del equipo de regulación

Se pueden dar dos casos de regulación según el valor de la presión de salida de los reguladores:

- La presión del regulador del depósito es mayor que la del vaporizador. El depósito estaría en servicio y el vaporizador solamente entraría en caso de necesidad en horas punta. El servicio sería más económico pero se produciría destilación y enriquecimiento en hidrocarburos pesados (butano) en el depósito lo que podría conducir a un funcionamiento incorrecto, por ejemplo condensación por punto de rocío.
- La presión del regulador del vaporizador es mayor que la del regulador del depósito. El vaporizador estaría en servicio y el depósito en reserva. Las consecuencias serían las contrarias a el caso anterior.

T3: 2.21.4 Seguridad en los vaporizadores

Seguridad contra invasión de fase líquida: En todo vaporizador se ha de asegurar que la fase líquida no pueda salir a la instalación de utilización para que no pueda llegar a los reguladores ni a los aparatos consumidores. Se trata normalmente de una boya flotante (6) (Figura 2.21.3), que, al alcanzar el líquido un nivel límite, cierra automáticamente la salida del gas a utilización. El rearme del dispositivo que cierra el paso, ha de ser manual. Figura 2.21.4a.



La válvula de entrada de fase líquida al vaporizador es controlada simultáneamente, por un termostato de mínima temperatura del agua de calefacción de forma que cierre por eventual avería de la caldera o por sobrepasarse el caudal tope suministrable por el vaporizador.

Desbloqueo de la válvula anti-invasión:

- 1 Cerrar la llave de entrada de fase líquida al vaporizador.
- 2 Abrir lentamente el by-pass para el rearme durante unos segundos y cerrarle después. Si resultara infructuosa la operación, abrirle durante un tiempo mayor.
- 3 Abrir lentamente la válvula de entrada de fase líquida al vaporizador.

El nivel de líquido no ha de poder alcanzar la zona correspondiente a la fase gaseosa, en prevención de graves consecuencias.

Como sistema anti-inundación se puede conectar el interruptor de nivel y la electroválvula con termostato, que puede ser de máxima y de mínima, en serie o usando otra opción consistente en el montaje de la electroválvula en serie con el termostato de máxima y de mínima.

Esta segunda opción es la adoptada en la mayoría de los casos, si bien es más completa y cara.

Existen modelos con limitador de nivel que actúa antes que el dispositivo anti-invasión. Actúa sobre la electroválvula de tipo normalmente cerrada (NC) y es de rearme automático. La electroválvula ha de disponer de un Bi-paso con una válvula antirretorno que permita el retroceso de la fase líquida ya que cuando se produce un exceso de temperatura, el incremento de la presión obliga al gas a retroceder.

Seguridad contra comunicacion entre circuitos: La presión del agua de calefacción es algo superior a 1 bar, mientras que la del propano sobrepasa los 5 bar. Ante la posibilidad de una eventual fuga de gas, en el interior del vaporizador que pudiera pasar al circuito de calentamiento, debe existir un dispositivo que en esos casos interrumpa el funcionamiento del vaporizador; actuando de forma conveniente.

Otras seguridades: El vaporizador debe incluir drenaje para la eliminación de los aceites que se pudieran formar en su interior. Un decantador a la salida de la fase gaseosa tiene la misma misión. Figura 2.21.4b.

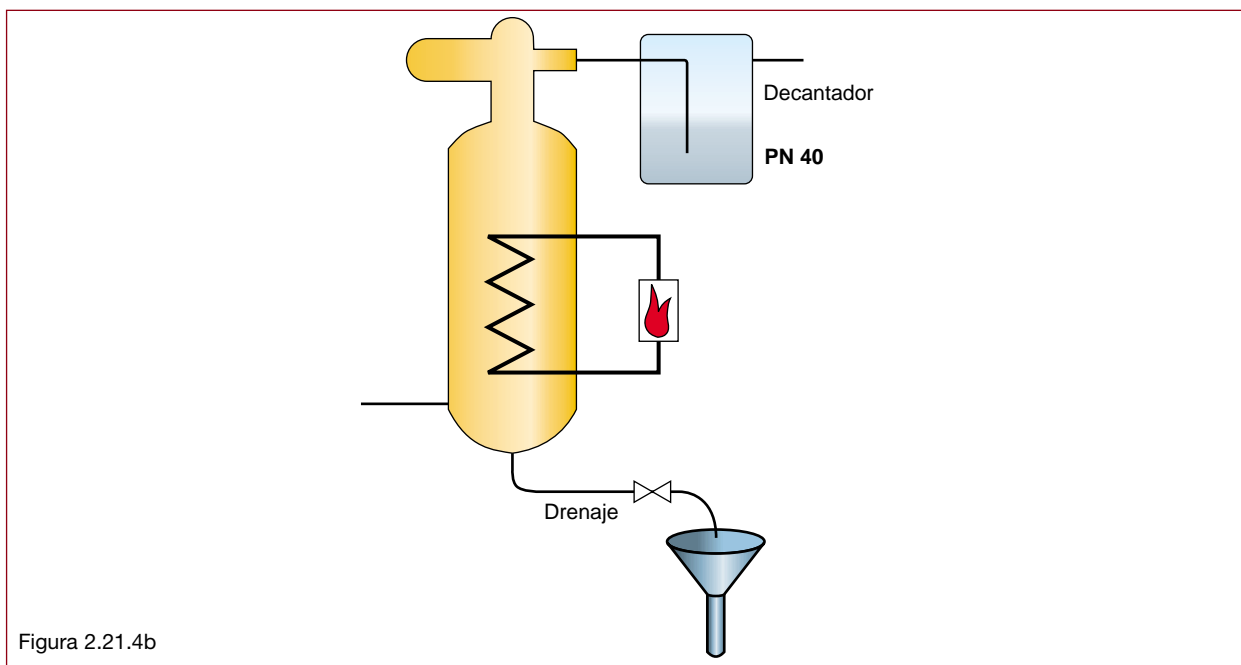


Figura 2.21.4b

T3: 2.21.5 Cálculos

T3: 2.21.5.1 Elección del caudal del vaporizador

El vaporizador ha de superar aproximadamente en un 30 % la demanda de la instalación.

T3: 2.21.5.2 Cálculo del generador de calor

Para el cálculo de la caldera se ha de partir de:

- Calor latente de vaporización ⁽³⁾ del GLP: 0,14 kWh/kg (considerando la temperatura máxima del agua de calentamiento).
- Poder calorífico superior: 13,95 kWh/kg (12 000 kcal/kg).

A) Generador a gas:

Para vaporizar un caudal de Q kg/h se requerirá (con rendimiento del 80 %):

$$\text{Potencia superior} = 0,14 \text{ kWh/kg} \times Q \text{ kg/h} / \text{Rendimiento} = (0,175 \times Q) \text{ kW}$$

$$\text{Caudal en masa} = (0,175 \times Q) \text{ kW} / 13,95 \text{ kWh/kg} = (0,0125 \times Q) \text{ kg/h}$$

Ejemplo: Para vaporizar un caudal de 20 kg/h se tendrá que quemar: $0,0125 \times 20 = 0,25$ kg/h de propano.

B) Generador eléctrico:

Para vaporizar un caudal de Q kg/h se requerirá (con rendimiento del 95 %):

$$\text{Potencia superior} = 0,14 \text{ kWh/kg} \times Q \text{ kg/h} / \text{Rendimiento} = (0,14 \times Q) \text{ kW}$$

Ejemplo: Para vaporizar un caudal de 20 kg/h se requerirá una potencia eléctrica mínima de:

$$0,14 \text{ kWh/kg} \times 20 \text{ kg/h} = 2,8 \text{ kW}$$

Los intercambiadores se calculan para una potencia de transmisión de unos 3,6 W/cm².

T3: 2.21.6 Puesta en marcha del equipo vaporizador

En el sistema “Calor sumergido”, el más generalizado, se ajusta el termostato (10), Figura 2.21.3, a una temperatura mínima de retorno de agua de 40° C aproximadamente. Al encenderse la caldera se calienta el agua y al alcanzar los 40° C, se cierra el circuito eléctrico activando la válvula solenoide, la cual se abre permitiendo el paso de propano líquido al vaporizador donde, al ponerse en contacto con el serpentín interno, por el que circula el agua caliente, se evapora.

Se seguirá el siguiente proceso: (seguir la Figura 2.21.3)

- 1 Llenar de agua con anticongelante el circuito primario.
- 2 Inertizar la conducción de GLP con gas inerte, no con aire.
- 3 Estando todas las llaves de gas cerradas (también el by-pass), abrir lentamente las llaves de salida de gas en el depósito, de fase líquida y de fase gaseosa, para evitar que las válvulas de exceso de flujo cierren.
- 4 Abrir la válvula electromagnética o neumática de entrada de fase líquida en el vaporizador. La presión del gas aumenta hasta alcanzar el valor que tiene en los depósitos, lo cual se observa mediante un manómetro. La apertura se realiza manualmente, pulsando el arranque durante el tiempo indicado por el fabricante.
- 5 Encender la caldera de calefacción y esperar a que el agua alcance la temperatura de régimen (no debe sobrepasarse los 55° C). Comprobar que la presión del gas en el vaporizador sea mayor que en el depósito y que la temperatura del agua se mantiene a la temperatura fijada.
- 6 Abrir lentamente la entrada al GLP en fase líquida procedente del depósito pulsando el arranque. El gas en el intercambiador se calienta por transmisión al contacto con el circuito primario, vaporizándose hasta alcanzar la temperatura prevista momento en que se apaga la caldera.

⁽³⁾ Energía a aportar por cada kilogramo de propano a obtener. A este valor habrá que añadirle las pérdidas de la instalación de calefacción, lo que se obtiene aplicando el concepto de rendimiento.

El gas se enfría y cuando alcanza la temperatura mínima de seguridad, unos 35° C, actúa sobre el dispositivo de control de la válvula electromagnética mencionada anteriormente, abriéndola. Desde este momento la instalación se encuentra preparada para funcionar.

- 7 Abrir la llave de salida de fase gaseosa a utilización, comprobando la presión en el manómetro situado junto al regulador de primer escalón. El gas sale a través de la válvula contra invasión de fase líquida continuando hacia el regulador. La presión del gas en el vaporizador se conoce mediante el manómetro situado en (5).
- 8 Ajustar el regulador de salida directa del depósito a un valor algo inferior al del regulador a la salida del vaporizador (de 0,2 a 0,3 bar) y abrir las llaves de línea.
- 9 Abrir la llave de utilización.
- 10 Purgar los puntos de consumo y comprobar que el gas llega a cada uno de ellos.

El vaporizador se puede vaciar de olefinas y sedimentos, mediante la válvula de drenaje situada en la parte inferior.

Durante el funcionamiento normal, la temperatura del gas en el vaporizador oscila entre la máxima ajustada (55° C) y la mínima señalada (35° C).

T3: 2.21.7 Construcción civil para el vaporizador

El equipo vaporizador se podrá ubicar en edificaciones construidas específicamente para ellos, debiendo quedar la caldera (caso de incluirse) y el vaporizador en locales separados, teniéndose que salir al exterior para pasar de un local al otro.

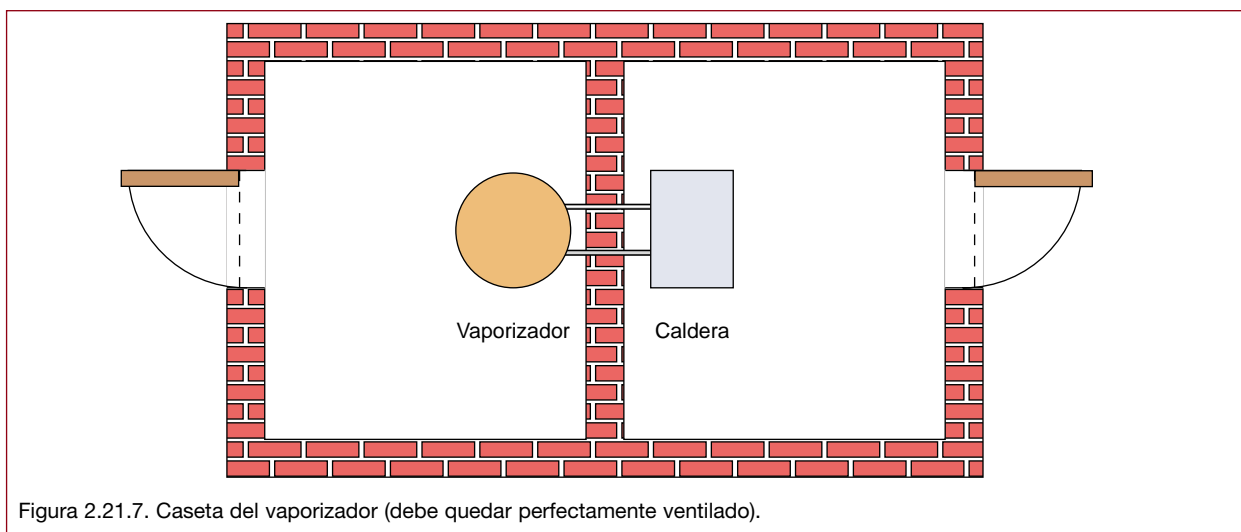


Figura 2.21.7. Caseta del vaporizador (debe quedar perfectamente ventilado).

Las edificaciones deberán cumplir las especificaciones generales establecidas y que concretamente son:

- De una sola planta, cuya cota no será inferior a la del nivel del terreno circundante. Se tendrá en cuenta que no existan evacuaciones subterráneas (alcantarillas) en las proximidades.
- Las edificaciones cerradas deberán permitir la fácil salida del personal en caso de peligro. Sus puertas serán metálicas y se abrirán al exterior. Las cerraduras serán de accionamiento rápido y maniobrable desde el interior sin necesidad de utilizar llaves.
- Se tendrá previsto la posibilidad de que se tenga que sacar el vaporizador o la caldera para su reparación, habilitando las dimensiones adecuadas en cada caso. No es imprescindible que el local destinado al vaporizador disponga de puerta.
- La superficie de ventilación del cuarto de caldera, a ras del suelo, ha de ser de 5 cm² por kW instalado (UNE 60 601) y para el vaporizador equivalente a la décima parte de la superficie de la planta. Estos huecos de ventilación estarán repartidos al menos en dos paramentos, a ser posible opuestos, y protegidos por malla metálica. Se pretende con ello poder dispersar las eventuales fugas con el fin de evitar que la mezcla gas-aire llegue a ser inflamable.
- Materiales: resistentes al fuego, al menos RF-120
- Pavimento: de material no absorbente. Los choques y golpes con objetos metálicos no han de producir chispas.
- Cubierta: de construcción ligera, tipo fibrocemento o similar.
- No se almacenarán en el local materiales ajenos al fin para el que fue construido.
- Instalación eléctrica: Dentro del local destinado al vaporizador, la instalación eléctrica ha de ser antideflagrante. En el local para la caldera, basta con que sea estanca.

T3: 2.21.8 Herramientas y útiles para la obra mecánica

Para los trabajos específicos que haya que realizar en las estaciones de GLP se usará un utillaje o herramientas como el que se describe a continuación:

- Equipo de soldadura eléctrica por arco (Grupo, pinzas, etc.)
- Grupo electrógeno
- Circulador hidráulica
- Sopletes
- Manómetros
- Amoladoras
- Utillaje para apriete
- Rascadores
- Cortatubos
- Cepillos metálicos

También se hará uso de materiales fungibles, como los que citamos a continuación:

- Nitrógeno.
- Grasas específicas para cada caso.
- Pinturas protectoras y de señalización.
- PTFE (Teflón).
- Producto deshidratante.
- Electrodo.

**¡La llave grifa sólo será utilizada cuando se manipulen tubos!
En ningún caso se admitirá instalación en la que se detecten huellas de llave grifa en la valvulería.**

T3: 2.21.9 Mantenimiento del vaporizador

Importante: Los residuos de gas se han de eliminar con las debidas precauciones.

Tras la puesta en marcha del vaporizador comprobar que no se forma aceite. Posteriormente, cada mes se deberá drenar el vaporizador (eliminación de aceites, residuos, etc.) y el decantador, salvo que las circunstancias particulares aconsejen realizarlo con otra frecuencia.

Para el drenaje del vaporizador se deberá actuar como se indicó en la toma de muestras del depósito. Al disponer de dos llaves en serie, se abrirá la primera y después de cerrarla se podrá abrir la segunda.

Los residuos eliminados se deberán eliminar con precaución, según se dijo en el drenaje de depósitos.

T3: 2.21.10 Puesta en fuera de servicio del vaporizador

- 1 Cerrar la llave de entrada de fase líquida al vaporizador.
- 2 Asegurarse que no queda líquido en el vaporizador.
- 3 Apagar la caldera desconectándola.
- 4 Cerrar la llave de salida de fase gaseosa a utilización.

Observaciones adicionales

Si la caldera se apagara, el agua perdería temperatura por lo que el acuastato interrumpiría el paso de corriente por la válvula electromagnética que controla el paso de líquido al vaporizador.

El líquido puede retroceder del vaporizador. Por la noche, al decrecer el consumo, el líquido se sobrecalienta aumentando su presión y retorna al depósito.

Las válvulas de seguridad instaladas dentro de una edificación tendrán evacuación al exterior (escape conducido).

El instalar un segundo vaporizador de reserva garantiza la continuidad de suministro.

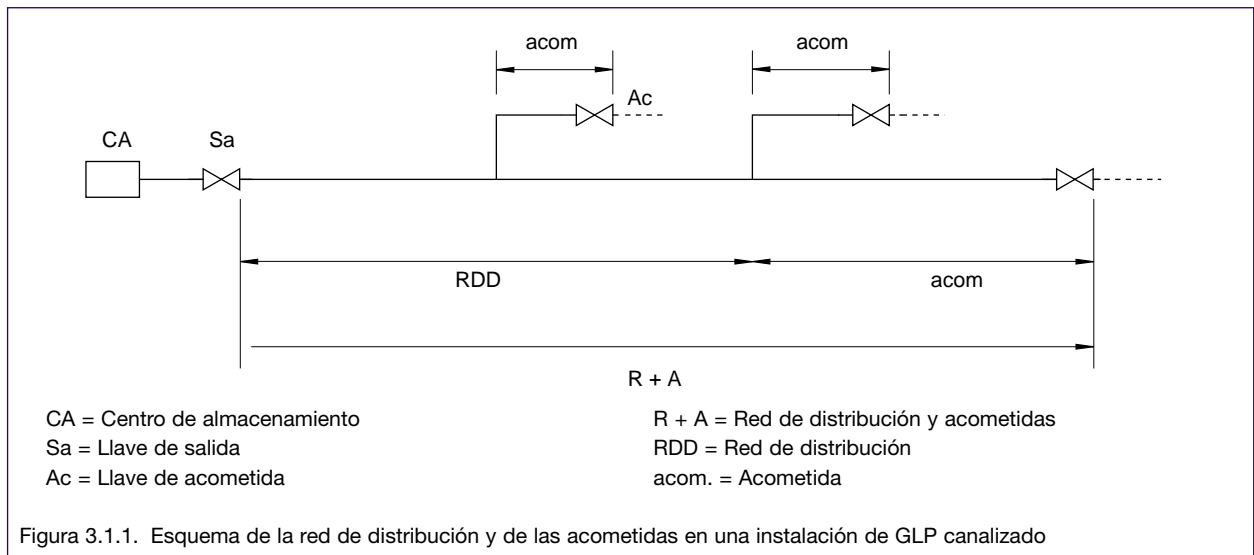
T3: CAPÍTULO 3: CANALIZACIONES

T3: 3.1 Generalidades

T3: 3.1.1 Definiciones y reglamentación

Canalización: Es el conjunto de tuberías y accesorios unidos entre sí que permite la circulación del gas por el interior de los mismos.

Red de distribución. *Canalización* que, en las instalaciones de gas canalizado (distribución a varios usuarios a los que se les factura por contador), partiendo de la *llave de salida* de la instalación de almacenamiento, es colector de suministro a las diferentes *acometidas* de los abonados.



Llave de salida del almacenamiento (Sa): Llave que fija el final de la instalación de almacenamiento de GLP. Punto donde comienza la Red de distribución del GLP canalizado.

Acometida: Parte de la canalización de gas comprendida entre la red de distribución y la llave de acometida, incluida ésta. No forma parte de la IRG.

Llave de acometida (Ac). Solo existe en las instalaciones de gas canalizado. Es la llave más próxima o en el (mismo) límite de propiedad, accesible desde el exterior de la misma e identificable, que puede interrumpir el paso de gas a la **IRG** del o de los usuarios. Situada al final de la Acometida y a partir de ella comienza la IRG. Es propiedad de la Empresa distribuidora.

En las instalaciones de GLP a granel, no existe llave de acometida. Su función la realiza la **llave de salida** en fase gaseosa de la instalación de almacenamiento (depósito fijo).

Instalaciones complementarias. todos los elementos de una canalización que no sean la tubería en sí, tales como estaciones de regulación, de compresión, de medida y demás sistemas auxiliares.

Presión de prueba. Es la presión a que efectivamente se somete la canalización en el momento de la prueba.

Presión máxima de servicio. Es la máxima presión efectiva a la que es o será efectivamente explotada una canalización.

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

Válvula de seguridad. Es un dispositivo cuya finalidad es evitar que la presión en el interior de una canalización sobrepase un valor prefijado, cortando el paso del gas o permitiendo su escape a la atmósfera de forma automática, en cuyo caso se llama de alivio (VAS).

Toda red de distribución y acometidas cumplirán con lo dispuesto en el Reglamento de Redes y Acometidas (RRA), I.T.C.- M.I.G. -5.3, para canalizaciones de gas en media presión B, es decir para presiones entre 0,4 bar y 4 bar.

T3: 3.2 Diseño y trazado

El material a utilizar para las conducciones enterradas será el polietileno (PE), pudiéndose utilizar también el cobre y el acero, por éste orden.

En el dimensionado de las redes y de los equipos complementarios se tendrán en cuenta las necesidades del momento y las previsiones de desarrollo de la demanda en la zona.

La red de distribución y acometidas discurrirán enterradas preferentemente por aceras retiradas del línea de fachada al menos 50 cm. En caso de imposibilidad por impedimento de otros servicios, la red se podrá llevar por la calzada, lo más próximo al bordillo de la acera.

En las canalizaciones aéreas se tendrán en cuenta los efectos de las deformaciones térmicas y sollicitaciones mecánicas a que pueda estar sometida la tubería, debiendo adoptarse los dispositivos de compensación, amarre y arriostamiento que sean precisos, con el fin de garantizar la seguridad y estabilidad de la obra.

La ejecución de obras especiales motivadas por el cruce o paso por carreteras, cursos de agua, ferrocarriles y puentes, se efectuará de acuerdo con las normas que señale la Reglamentación del Organismo afectado al objeto de realizar los trabajos con las mayores garantías de seguridad y regularidad de todos los servicios.

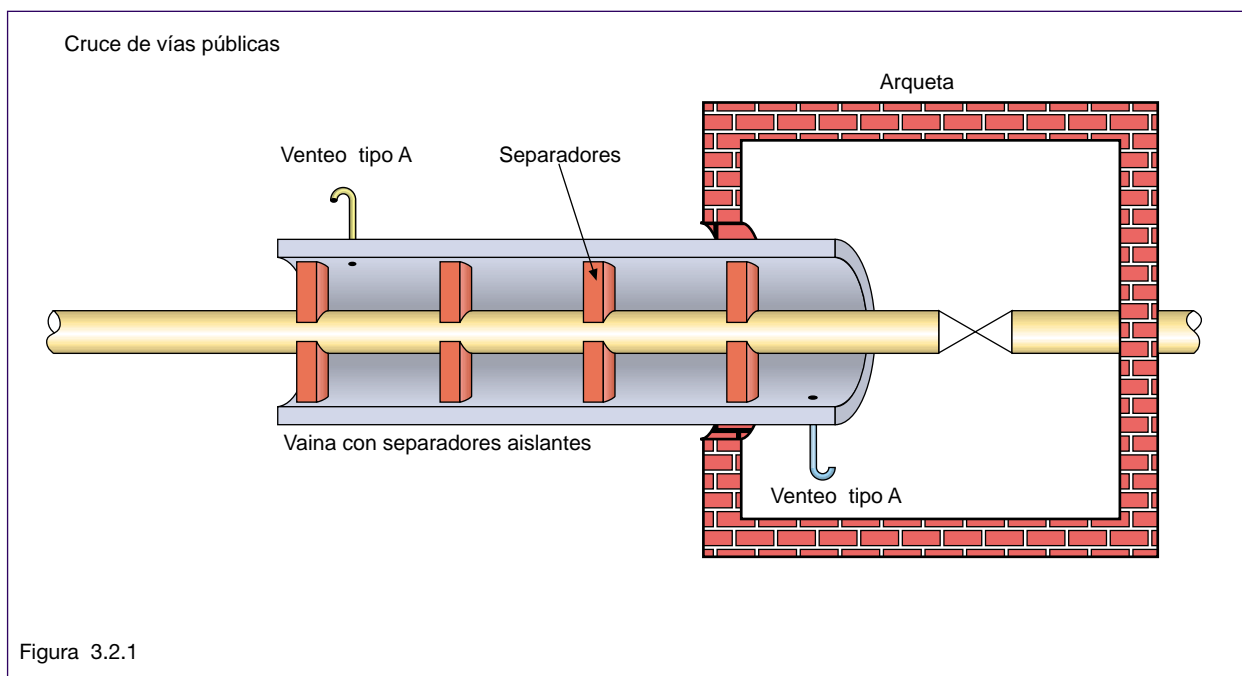
Para cualquier trazado distinto de los expresados anteriormente, se consultará a CEPSA ELF GAS (Dirección Técnica).

Asimismo, debe preverse la protección de las tuberías contra la corrosión y, cuando sea preciso, la correspondiente protección catódica.

T3: 3.2.1 Cruce de vías públicas

Los cruces de vías públicas se harán siempre en sentido perpendicular a las mismas, protegiendo éste tramo de tubería mediante vaina de acero y con un diámetro mínimo de dos veces el diámetro de la conducción de gas.

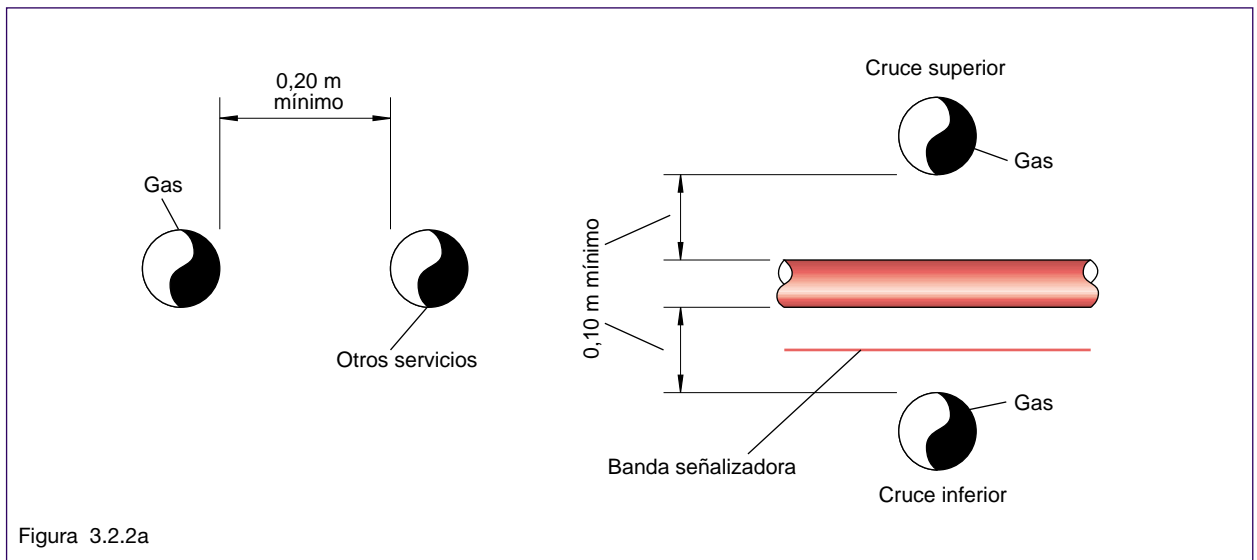
Los extremos de la vaina estarán sellados y sobre la misma se practicará en uno de los extremos un venteo. Este podrá ser del tipo A o B según proceda en cada caso por condicionamientos del entorno (Figura 3.2.1).



T3: 3.2.2 Profundidad del enterramiento

Las tuberías enterradas se tenderán de forma que la distancia entre la generatriz superior de los tubos y la superficie del suelo sea la suficiente para proteger la canalización de los esfuerzos mecánicos exteriores a que se encuentren sometidas, debidos a la carga del terreno y a la circulación rodada, no pudiendo ser, en ningún caso, inferior a 60 cm.

La profundidad del enterramiento será como mínimo de 60 cm, medidos entre la generatriz superior de la canalización y la superficie del terreno, en vías públicas, incrementándose la profundidad cuando se trate de cruce de vías férreas, cauces públicos, etc., respetando las indicaciones del Organismo competente.



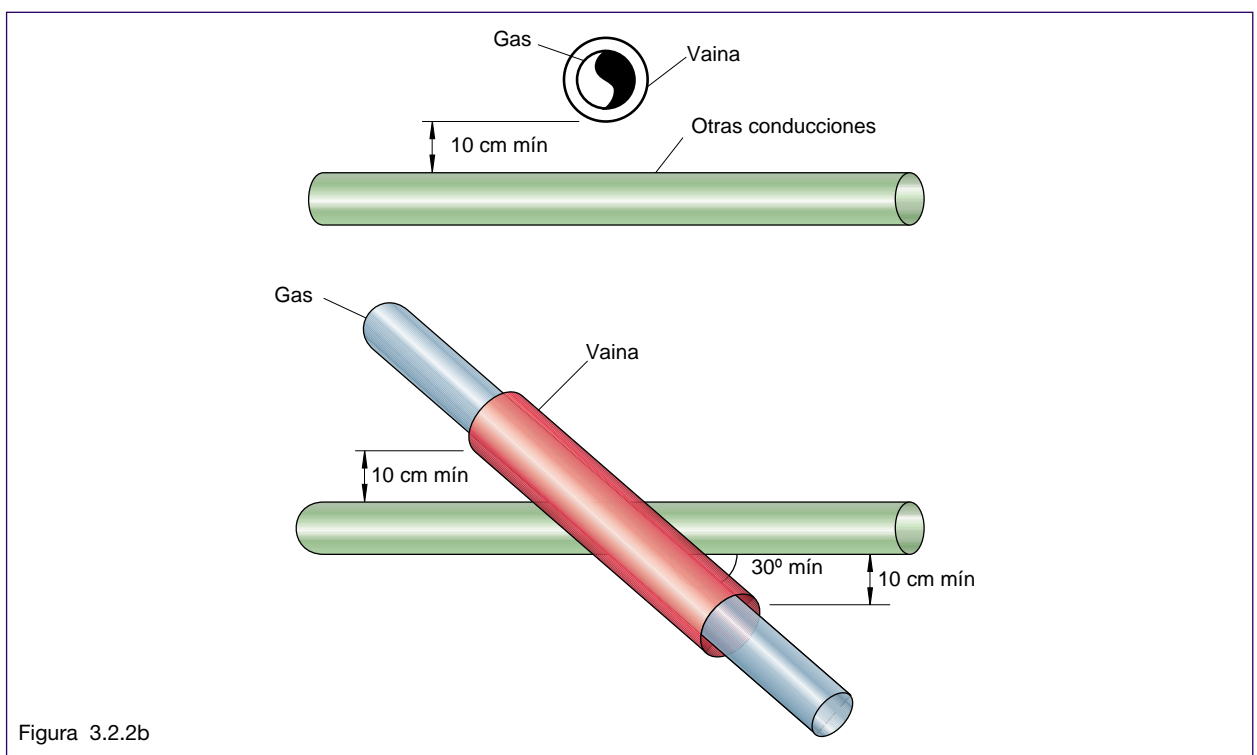
Cuando la tubería esté envainada, la profundidad del enterramiento se debe medir desde la generatriz superior de la vaina.

Las distancias mínimas que mantendrán con otras conducciones también enterradas (Figura 3.2) será de:

- 0,20 m en recorridos paralelos.
- 0,10 m en los puntos de cruce.

Cuando por causas justificadas no puedan ser respetadas las profundidades y distancias anteriormente mencionadas y la tubería no haya sido calculada para resistir dichas cargas externas o daño, se interpondrán losas de hormigón o planchas metálicas entre la tubería y la superficie del terreno que reduzcan las cargas sobre la tubería a valores equivalentes a los de la profundidad inicialmente prevista, en el primer caso, y pantallas de fibrocemento, material plástico, cerámico, etc., en el segundo, según se indica en la Figura 3.3.

Igualmente se colocará una vaina en tuberías que atraviesen espacios huecos. Los extremos de la vaina estarán ventilados. En el interior de la vaina no se permiten uniones soldadas.



T3: 3.2.3 Zanjas

La profundidad de las zanjas vendrá condicionada por la profundidad mínima que debe existir entre la generatriz superior de la conducción del gas en MPB y la superficie del terreno.

El fondo de la zanja se preparará de forma que el tubo tenga un soporte firme y continuo y exento de materiales que puedan dañar la tubería o su protección. La tubería deberá apoyarse sobre un lecho de arena inerte. Llevará también, una capa del mismo relleno por encima de la tubería.

Una vez instalada en la zanja y antes de efectuar las pruebas de recepción se limpiará cuidadosamente el interior de la canalización y se retirará todo cuerpo extraño a la misma.

...La vigilancia y control de la colocación de los tubos, la realización de las uniones y los ensayos y pruebas a ejecutar los hará el propio distribuidor de gas o una Empresa especialista designada por el mismo.

Se colocará un sistema adecuado de indicación de la existencia de una tubería de gas enterrada, por ejemplo: una banda delatadora o señalizadora. Esta indicación se situará a una distancia comprendida entre 20 y 30 cm por encima de la tubería de gas y deberá cubrir, al menos, el doble del diámetro de la tubería. La banda tendrá la inscripción "canalización gas" o cualquier otra similar de atención.

Puede darse el caso de una zanja para varios servicios, en ese caso se llama zanja múltiple y cumplirá con las distancias que se muestran en la Figura 3.5. Respetar las indicaciones del Organismo competente correspondiente

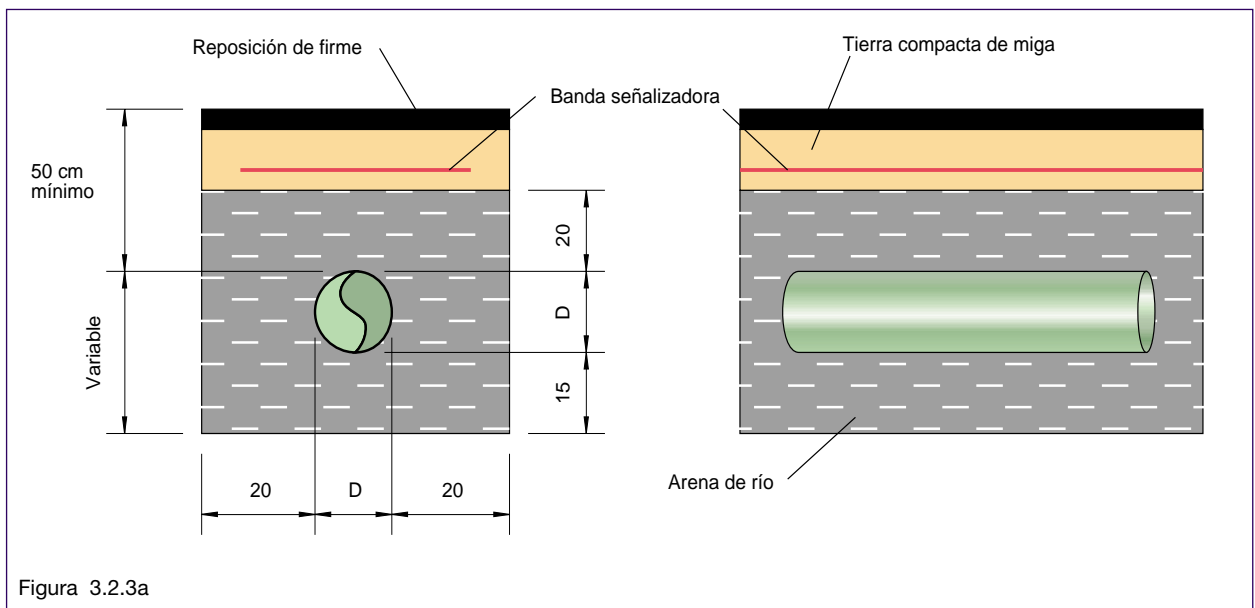


Figura 3.2.3a

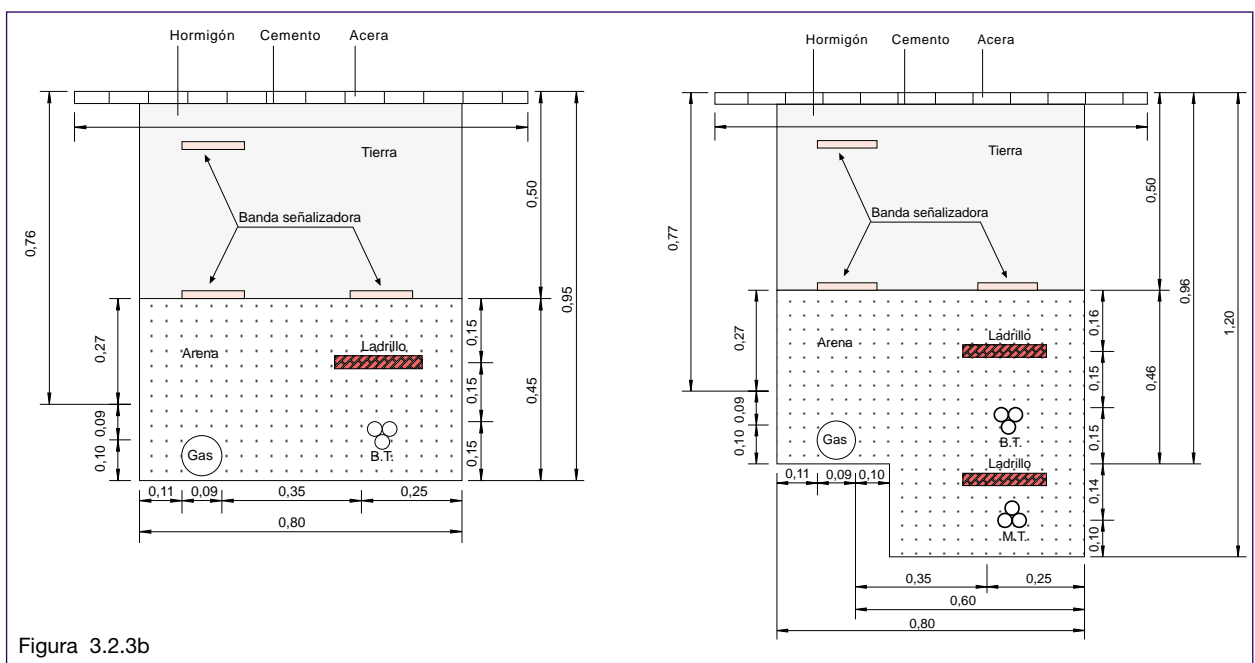


Figura 3.2.3b

T3: 3.2.4 Arquetas

Las llaves de seccionamiento de la red se alojarán en arquetas. Las dimensiones de éstas estarán en función del diámetro de la tubería y por tanto de la llave correspondiente.

Las dimensiones han de ser tales que se pueda realizar la intervención en las mismas para su montaje y mantenimiento sin dificultad. Un ejemplo de la misma lo vemos en la Figura 3.2.4b.

Cuando por las condiciones del terreno la profundidad de la tubería resulte excesiva, se ha de elevar la llave como se indica en la figura 3.2.4a de tal forma que quede a 40 cm aproximadamente de la superficie del terreno.

En todos los casos se ha de anclar la llave al fondo de la arqueta recibéndola en hormigón para evitar pueda girarse cuando se manipule la llave.

Las paredes de ladrillo de $\frac{1}{2}$ pie enfoscadas irán sobre una base de hormigón. Las arquetas carecerán de solera para facilitar el drenaje de las aguas procedentes de la lluvia. Únicamente se deberá dotar de solera cuando el nivel freático sea alto. En estos casos, se dispondrá de una cubeta en el fondo para recogida de agua.

En la Figura 3.2.4b se representa el diseño constructivo de una arqueta.

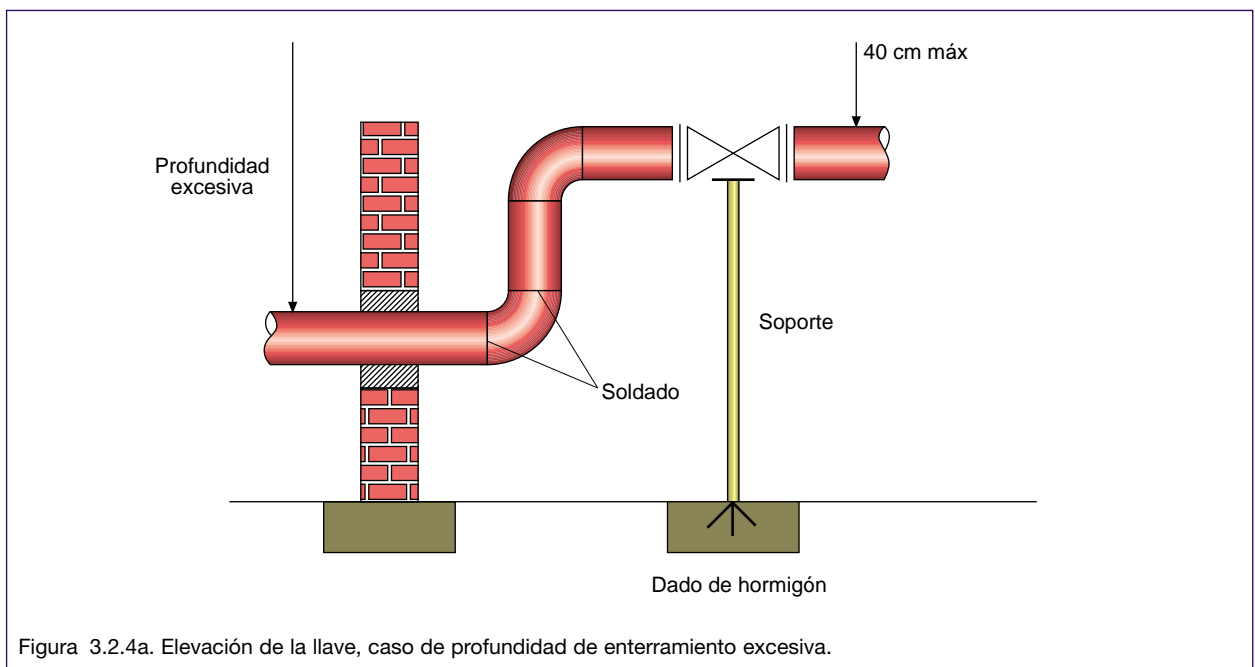


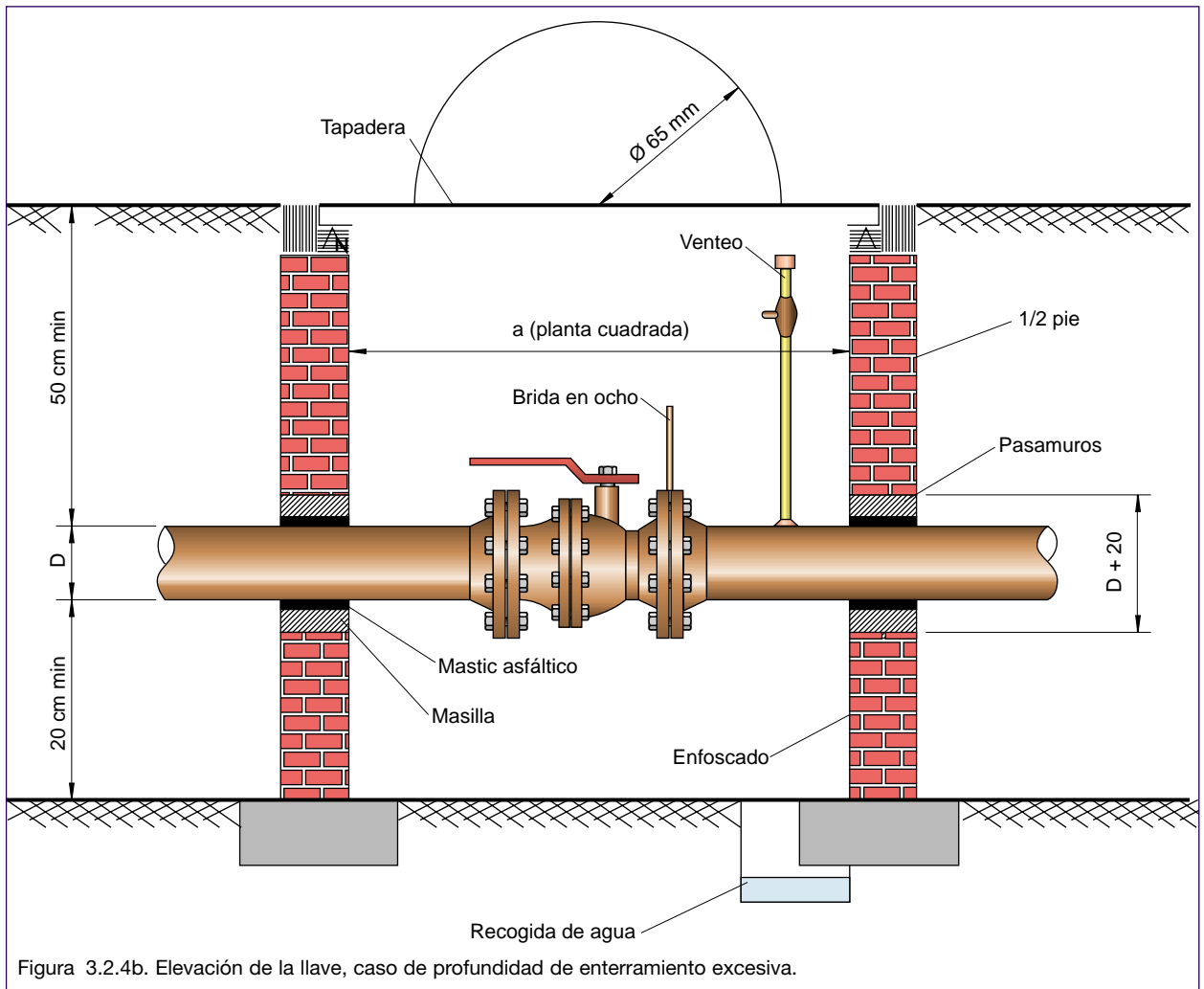
Figura 3.2.4a. Elevación de la llave, caso de profundidad de enterramiento excesiva.

En la tabla 3.2 se muestran las dimensiones necesarias de la arqueta y de la tapa en función del diámetro de la canalización.

TABLA 3.2 DIMENSIONES NECESARIAS DE LA ARQUETA Y DE LA TAPA		
DIÁMETRO DE CANALIZACIÓN	a (ancho interior) (cm)	Ø TAPA DE HIERRO FUNDIDO
de 20 a 63	Registro de acometida de Cepsa	
90	90 ▯	Registro de hierro fundido de 80 cm.
110	105 ▯	Registro de hierro fundido de 80 cm.
160	130 ▯	Registro de hierro fundido de 80 cm.

La tapa en la acera tendrá como mínimo una carga de rotura $\geq 250 \text{ kg/cm}^2$ y en calzada $\geq 400 \text{ kg/cm}^2$.

La arqueta se deberá rellenar con arena para evitar la eventual acumulación de gas. Una capa superficial de arcilla o similar la hará impermeable.

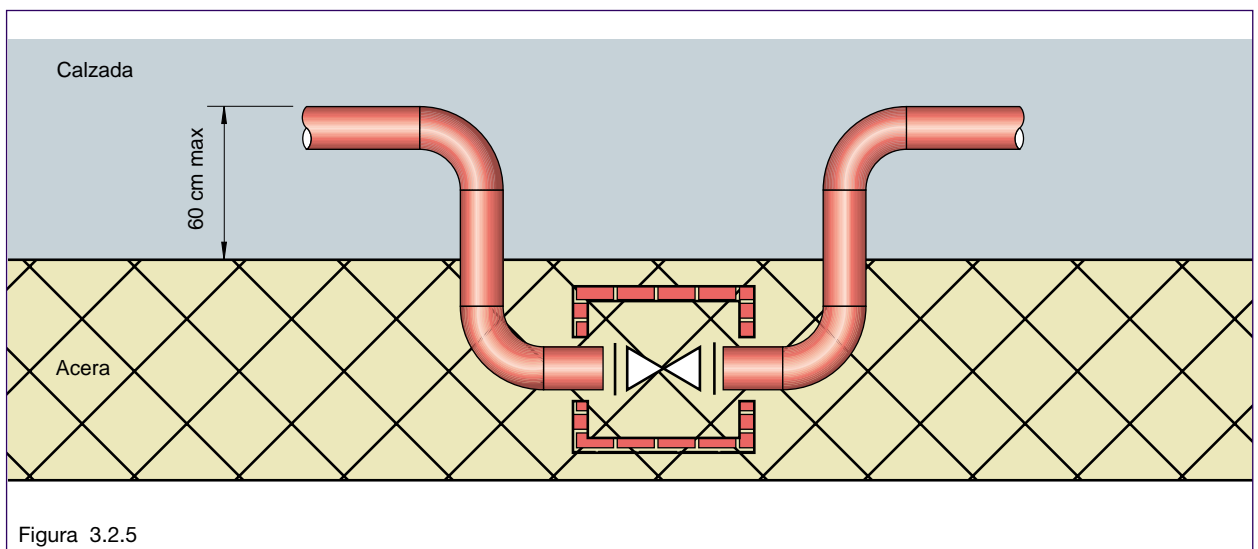


T3: 3.2.5 Tubería por calzada

El emplazamiento de las arquetas será siempre en aceras. Para determinar el número y ubicación de las llaves para sectorizar la Red, consultar al departamento Técnico de Cepsa Elf gas.

En el caso de que algún tramo de conducción tenga que ir por el borde de la calzada, se modificará el trazado para que siempre quede situada la arqueta como indica se indica en la Figura 3.8.

No está permitido situar arquetas en la calzada, no obstante el Departamento técnico de CEPSA ELF GAS se reserva la posibilidad de dar la conformidad a las excepciones, previa consulta.



T3: 3.2.6 Pasamuros

El diámetro interior del pasamuros será superior al diámetro exterior de la conducción de gas. El espacio existente una vez colocado mastic asfáltico sobre la tubería, se rellenará de masilla o material inerte que no ataque a la tubería.

T3: 3.2.7 Venteo

El venteo es el dispositivo auxiliar instalado sobre la tubería mediante el cual se puede practicar el purgado, limpieza, inertizado, u otras operaciones en un tramo de conducción.

**Se deberá intercalar, al menos, un venteo entre dos llaves de seccionamiento.
El venteo debe venir incorporado a la llave de fábrica.**

En cualquier caso, los venteos quedarán montados en el interior de la arquetas, según se ve en la Figura 3.6.

Los venteos constan de un tramo de tubería de acero, llave y tapón.

El diámetro de la conducción del venteo será de $\frac{1}{2}$ " para redes de distribución de hasta 4", de $\frac{3}{4}$ " para redes hasta 6" y de 1" para redes de más de 6" de diámetro.

DIÁMETRO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN			
	≤ 4" (PE 110 mm)	≤ 6" (PE 160 mm)	más de 6"
Diámetro del venteo	1/2"	3/4"	1"

T3: 3.2.8 Uniones

Las uniones de los tubos de las canalizaciones entre sí y entre éstos y sus accesorios deberán hacerse de acuerdo con los materiales en contacto, mediante bridas, piezas especialmente diseñadas para ello, o empleando la correspondiente técnica de soldeo en frío o caliente. En las uniones con elementos auxiliares se podrán utilizar, además de los tipos de unión anteriormente especificados, las uniones roscadas. En todo caso debe asegurarse la estanquidad de las uniones no soldadas mediante juntas compresibles o deformables de materiales no atacables por el gas.

La realización de las soldaduras, en las canalizaciones de acero, deberá confiarse a soldadores cualificados.

T3: 3.3 Tuberías de polietileno

T3: 3.3.1 Introducción

Sobre la naturaleza y normativa de este material, consultar lo dicho en el capítulo primero (punto: T3: 1.8.1.4)

El Polietileno será el material que se usará preferentemente en el tendido de redes de media presión.

T3: 3.3.2 Propiedades mecánicas

Con el PE no pueden calcularse las dimensiones de la tubería basándose en que los esfuerzos máximos a los que va a ser sometido sean inferiores a los valores límite del material.

El límite de resistencia del PE a una carga constante, se mide de tal forma que fijado un valor de la tensión de trabajo (T), el tubo tenga una vida útil de 50 años con un coeficiente de seguridad.

T3: 3.3.3 El polietileno en conducciones de gas

El Reglamento de Redes y Acometidas de Combustibles Gaseosos, en adelante RRA ⁽¹⁾ autoriza el empleo del polietileno en redes y acometidas para instalaciones cuya presión de servicio no supera los 4 bar (recientemente ha pasado a 5 bar).

Recordemos:

- Baja presión: hasta 0,05 bar
- Media presión A: desde 0,05 bar hasta 0,4 bar
- Media presión B: desde 0,4 bar hasta 5 bar

⁽¹⁾ RRA - Reglamento de Redes y Acometidas de combustibles gaseosos O.M. 18/11/74; 26/10/83; 6/07/84.

Las principales razones por las que el PE se ha impuesto en las canalizaciones de gas, dentro de los límites de presión establecidos en la Reglamentación vigente, son los siguientes:

Ventajas de Polietileno:

- Resistencia al ataque químico tanto interno como externo
- Aislamiento eléctrico
- Flexibilidad
- Resistencia al impacto
- Elevada vida útil

Sin embargo en el Reglamento RRA se establecen algunas limitaciones para su utilización como son:

No debe emplearse para canalizaciones al aire libre ni almacenarse sin protegerlo de los rayos solares, puesto que la acción del oxígeno y de la radiación ultravioleta le afecta desfavorablemente.

No se debe usar en lugares donde la temperatura pueda superar los 50 °C.

No debe emplearse en casos en los que la tensión de trabajo pueda superar las presiones correspondientes a MPB (SDR 11).

Debe vigilarse especialmente que los tubos no reciban, con ocasión de su transporte o de su tendido, golpes contra cuerpos con aristas vivas.

T3: 3.3.4 Construcción y uniones

En las canalizaciones de PE, las llaves deberán inmovilizarse a fin de evitar que se transmitan a los tubos los esfuerzos producidos al maniobrarlas.

Las uniones de los tubos de polietileno entre sí se harán normalmente por soldeo y las de estos a accesorios, a elementos auxiliares o a tubos metálicos se harán mediante soldeo o sistemas de transición apropiados.

Las uniones de tuberías de PE se basan en el calentamiento de las superficies a unir hasta su punto de fusión, y posterior puesta en contacto de las mismas, según un determinado procedimiento. Si se realiza esta operación adecuadamente, puede dar como resultado una unión tan resistente o más que el propio tubo.

Para la unión de tuberías de polietileno se utilizarán dos procedimientos: soldeo a tope y unión por manguitos electrosoldables.

T3: 3.3.4.1 Soldeo a tope y por enchufe

Antes de iniciar el soldeo se deberá comprobar que:

- En los extremos del tubo no existan daños materiales o defectos, y en caso de existir, se deberá eliminar el tramo defectuoso.
- En el momento del soldeo la temperatura ambiente no debe ser inferior a 5° C y en caso de que exista fuerte viento o lluvia, la estación de soldeo deberá protegerse de estas condiciones adversas para que la temperatura sea superior a 5° C.

En caso de no poderse conseguir los condicionantes anteriores, se suspenderá el proceso de soldeo.

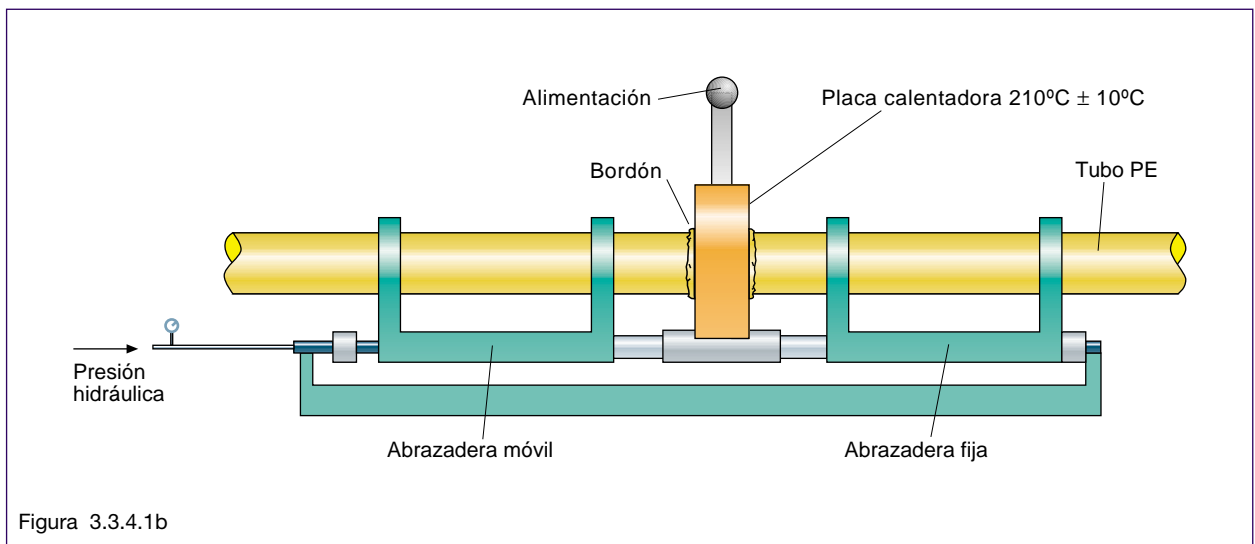
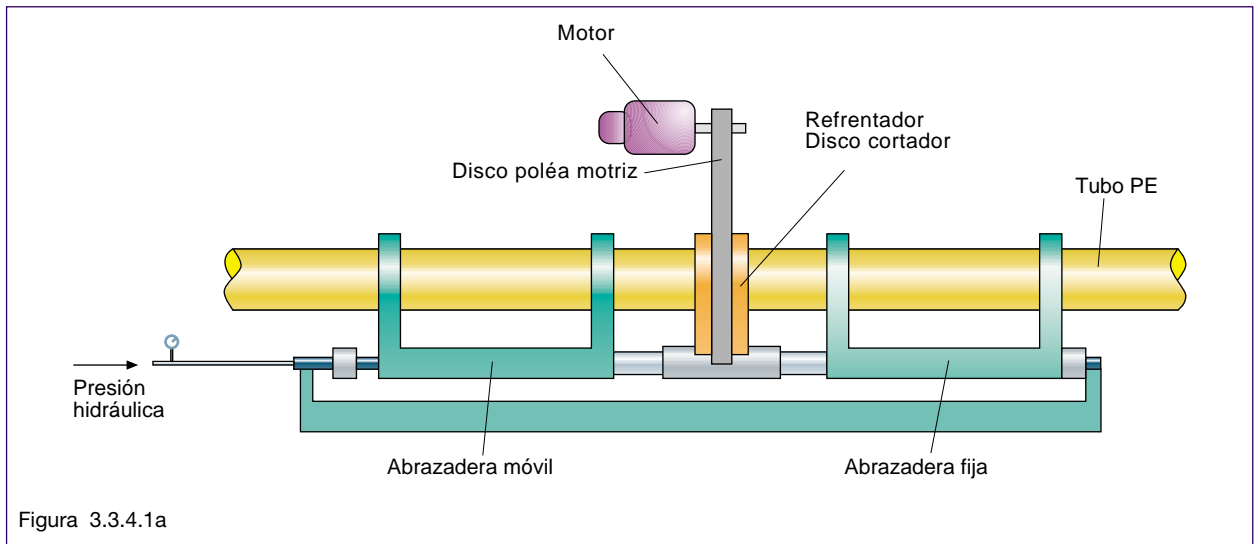
El soldeo a tope se empleará para diámetros a partir de DN 110 y espesores a partir 10 mm, para las tuberías de tipo SDR 11, y a partir de DN 110 y e = 6,3 para las tuberías SDR 17.

POSIBILIDADES DEL SOLDEO A TOPE		
	DIÁMETROS	ESPEORES
tuberías SDR 11	a partir de DN 110	a partir 10 mm
tuberías SDR 17	a partir de DN 110	a partir 6,3 mm

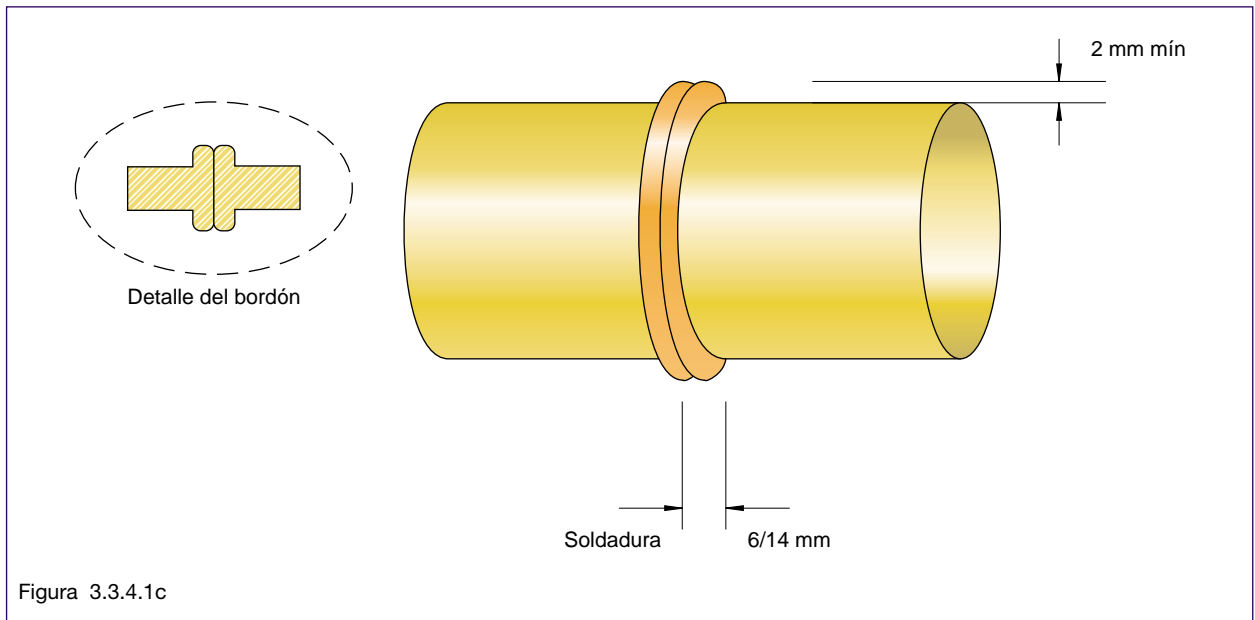
Operación para realizar el soldeo a tope:

Estos son los pasos a seguir para el soldeo a tope: (Figura 3.3.4.1a)

- Observación de los extremos del tubo para detectar defectos. Sanear si procede.
- Colocación de las abrazaderas, una fija y otra móvil para alinear y soportar inmóviles los dos tubos de PE durante el proceso de fusión.
- Refrentado con máquina refrentadora que dejará lisos y a escuadra los extremos de los tubos (Figura 3.3.4.1a).
- Calentamiento de los extremos a unir por medio de platos calefactores (con resistencias incorporadas). El plato se intercala entre los extremos a unir, aproximando éstos y presionándolos contra este (presión determinada según características de la máquina). Esta presión se mantiene hasta la aparición de bordones de 1 a 3,5 mm según el diámetro del tubo (Figura 3.3.4.1b).



- Cuando aparecen los bordones se ha de reducir la presión. En ese momento comienza el tiempo de calentamiento interno.
- Cuando ha transcurrido el tiempo de calentamiento interno (depende del espesor, tamaño, etc. y viene determinado de fábrica), se separa el plato calefactor de los tubos (en un tiempo no superior a 3 segundos), poniéndose en contacto rápidamente las caras a soldar, aplicando de forma progresiva la presión necesaria según indiquen las tablas (características de cada máquina); durante un tiempo aproximado de 6 segundos (seguir instrucciones de cada fabricante).
- El enfriamiento tendrá una duración entre 15 y 45 minutos según el espesor del tubo a soldar. El cordón tendrá un ancho entre 6 y 14 mm, según espesor y deberá superar el diámetro exterior del tubo en un mínimo de 2 mm (Figura 3.3.4.1c)



Este tipo de soldeo descrito, será realizado obligatoriamente con máquinas de soldar automáticas que garanticen la calidad de la unión, su fiabilidad y trazabilidad. La empresa instaladora estará en posesión del certificado de la última revisión realizada a la máquina.

Soldeo por enchufe: El soldeo es similar al realizado en piezas a tope. Se utilizan accesorios de unión como los manguitos, las tés, los codos, las reducciones, etc.

Se comienza con el corte y rebabado del extremo del tubo a unir, con la limpieza de la superficie de contacto. Tras limpiar la superficie de contacto del accesorio a utilizar, proceder a intercalar la plancha de calentamiento. Transcurrido el tiempo prefijado, separar la plancha y acoplar seguidamente el tubo en el accesorio, introduciéndolo a tope. Esperar el tiempo prescrito.

T3: 3.3.4.2 Soldeo por electrofusión

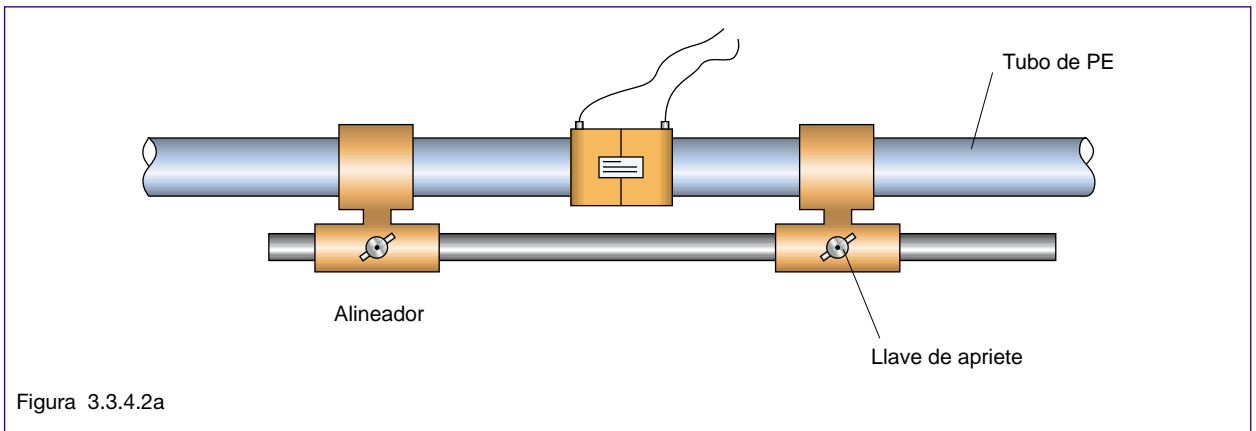
Este tipo de unión consiste en la unión del tubo con un accesorio que tiene incorporada en su superficie interna una resistencia y que por el paso de una corriente eléctrica controlada, produce el calor necesario para que el accesorio de PE y la superficie exterior del tubo en contacto se fundan lo suficiente para alcanzarse su unión una vez enfriadas.

Los distintos accesorios utilizados son los manguitos rectos, manguitos con derivación, tés, codos, reducciones, etc.

Operación del soldeo por electrofusión

Primeramente se prepara el material:

- Cortar perpendicularmente (refrentar) los extremos a unir y limpiarlos de grasas con un papel celulósico si fuera necesario.
- Marcar sobre el tubo la longitud que se ha de introducir en el manguito, raspar la superficie externa del extremo del tubo para eliminar el PE oxidado, su barniz eventual y achaflanar su arista externa. Asegúrese de que toda la superficie ha sido bien raspada.
- Introducir el tubo en el manguito y marcar la profundidad con un rotulador
- Repetir la operación anterior con el otro extremo del tubo a unir y limpiar ambos con papel celulósico e isopropanol o acetona.
- Restituir la redondez de los tubos si existe ovalidad en la zona de unión, mediante abrazaderas de redondeo.
- Fijar la primera mordaza y colocar los extremos de los tubos en el interior del manguito, asegurándose que está bien centrado y que los tubos se han introducido hasta la marca de profundidad. Fijar la segunda mordaza.
- Quitar los tapones de los terminales eléctricos del manguito, conectar los cables alimentadores de corriente y proceder al electrosoldeo ateniéndose a las instrucciones del aparato en cada caso y de los datos técnicos del accesorio (Figura 3.3.4.2a).

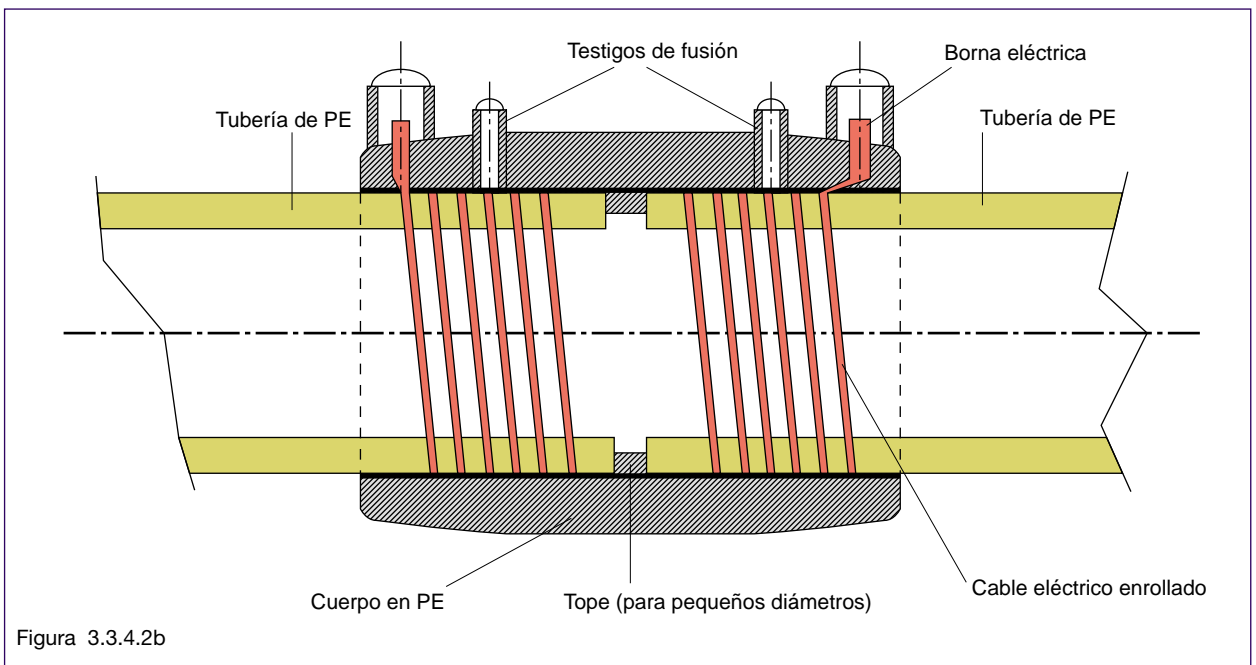


- Los datos del soldeo (temperatura, tiempo, etc.) son introducidos en la máquina, o bien, si ésta es automática, leídos por el lápiz óptico el código de barras existente en cada accesorio.
- Dejar enfriar las piezas en el alineador durante el tiempo correspondiente (datos reflejados en el manguito o en su tarjeta), quitar los cables e inspeccionar visualmente la unión comprobando que han salido los testigos de fusión (los testigos demuestran que la fusión ha sido generalizada).
- Para proceder a la prueba de estanquidad de la Red, se deberá aguardar el tiempo indicado por el fabricante del accesorio

Entre dos soldaduras sucesivas en tubería se deberá guardar una distancia mínima equivalente a dos diámetros exteriores del tubo.

La unión queda efectuada, lo que no quiere decir que se pueda poner en servicio puesto que para ello es necesario se realice el correspondiente ensayo de estanquidad y este sea superado.

La Figura 3.3.4.2b representa un manguito electrosoldable.



T3: 3.3.5 Accesorios

Existen en el mercado una amplia gama de accesorios para las distintas opciones tales como:

Manguitos rectos y curvos (codos)	Tapones	Derivaciones para tomas en carga
Reducciones	tés,	Derivaciones para tomas simples

Con estos elementos se puede realizar toda clase de trazados de una tubería, así como derivaciones en carga o simples.

T3: 3.3.5.1 Tomas en carga

La toma en carga consiste en la realización de una derivación sin tener que cortar el suministro a través de la red afectada. Se realiza utilizando un accesorio electrosoldable llamado derivación, especie de té con una broca incorporada para perforar el tubo principal. La unión es por solape según se expone en la Figura 3.3.5.1a.

Existen dos tipos de accesorios con toma: el que es abrazadera y el de asiento o solape.

Instrucciones para el montaje de derivaciones para toma en carga.

- Limpiar los extremos del material a unir, rascando la zona de contacto en la tubería. No tocar posteriormente esta zona.
- Montar las abrazaderas en el tubo principal para sujetarlo.
- Quitar la protección de la base de soldeo del accesorio y fijar éste al tubo.
- Conectar los cables de la máquina a los terminales del accesorio derivación. Actuar seguidamente según las instrucciones de la máquina y las que acompañan al accesorio: (código de barras del accesorio para máquinas automáticas) Tiempo de fusión, Tiempo para el enfriamiento y Dimensiones.
- Realizar la unión como se indicó en “Operación del soldeo por electrofusión”. Concluida la unión, comprobar que el material fundido rebosa ligeramente por los testigos situados en la derivación, como se dijo anteriormente.

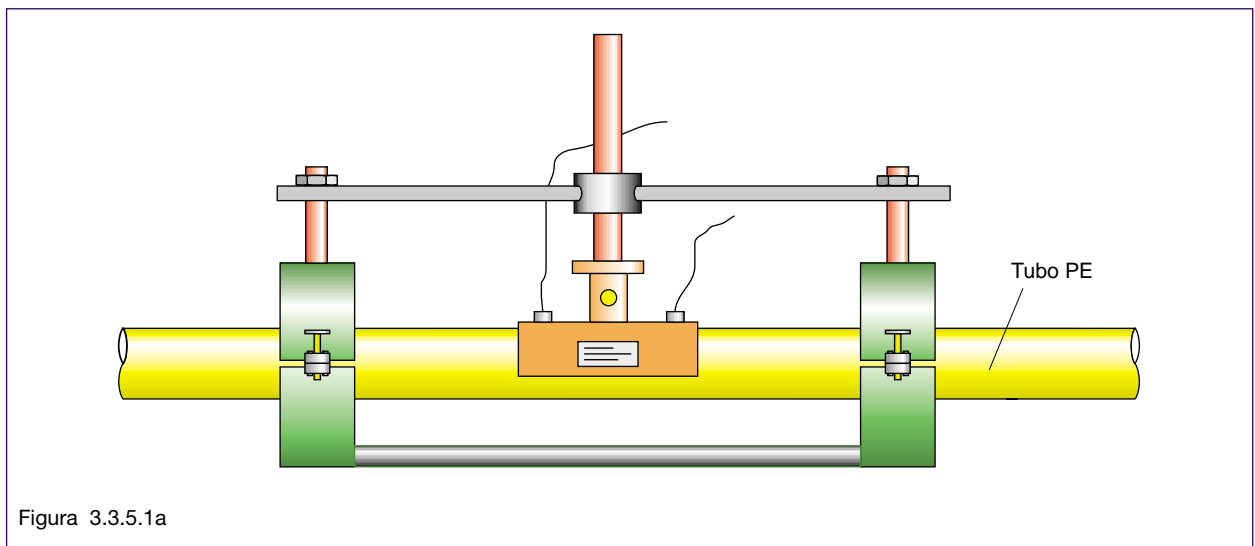


Figura 3.3.5.1a

Una vez enfriada la soldadura a su temperatura ambiente se procede al taladrado de la toma en carga. Antes de taladrar, comprobar que está el anillo de seguridad en el tercio superior de la parte roscada del taladro. Es imprescindible para que haga tope el taladro al subirlo.

Girar la brocatado utilizando una llave hexagonal, en sentido de las agujas del reloj, hasta notar... una fuerte resistencia (tope incorporado). Girar el taladro en sentido contrario hasta el tope (anillo de seguridad incorporado). Colocar el tapón de toma en carga.

La Figura 3.3.5.1b representa el accesorio toma en carga.

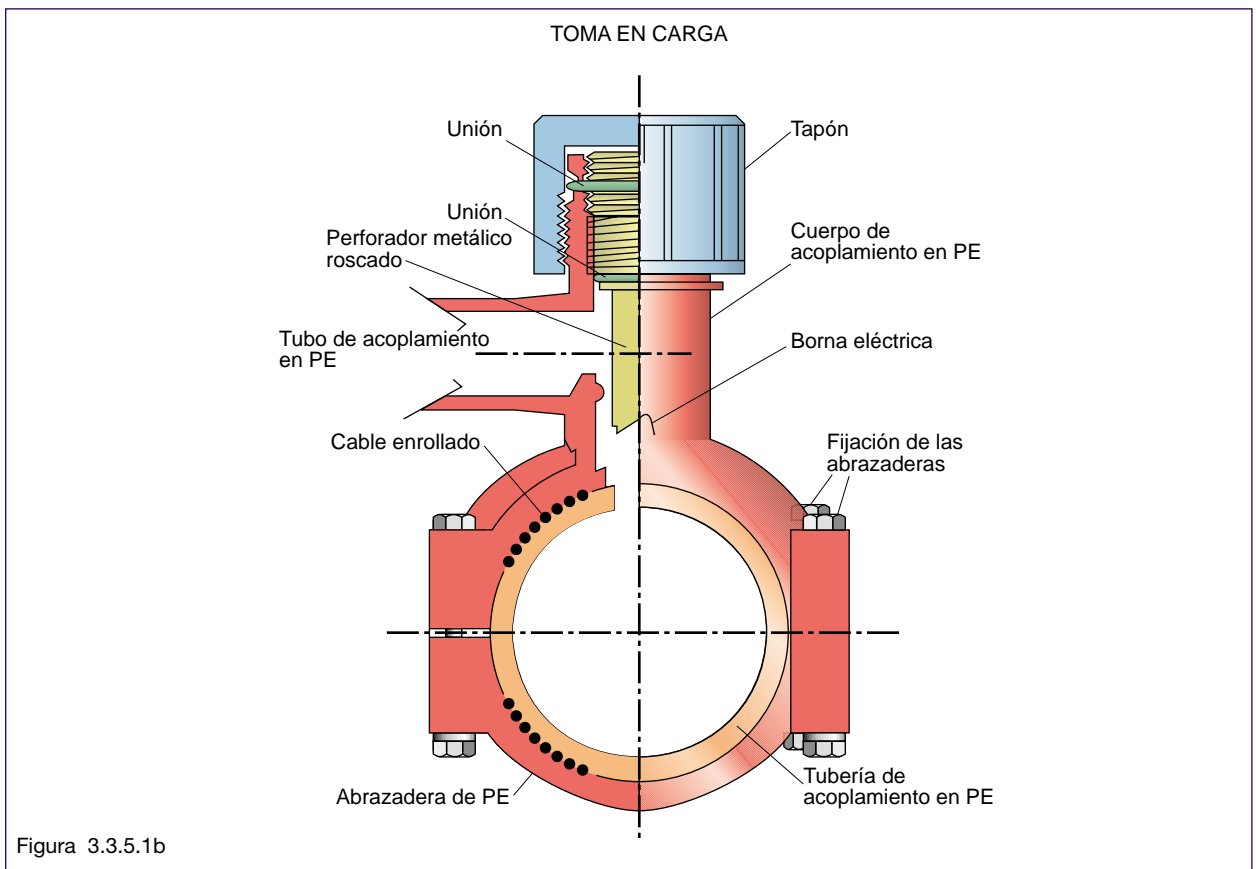


Figura 3.3.5.1b

T3: 3.3.5.2 Enlaces mecánicos de las tuberías de PE. Enlaces de transición

El enlace de tuberías de polietileno con otros materiales tales como acero y cobre, se realiza mediante enlaces a compresión, por bridas y autoanclantes.

Enlaces por bridas PE-Acero. En estos enlaces, una pieza especial conectada a la canalización de PE por medio de un manguito electrosoldable incluye una brida deslizable que se introduce en el tubo de PE hasta la roseta antes de proceder al soldeo (Figura 3.3.5.2a izquierda).

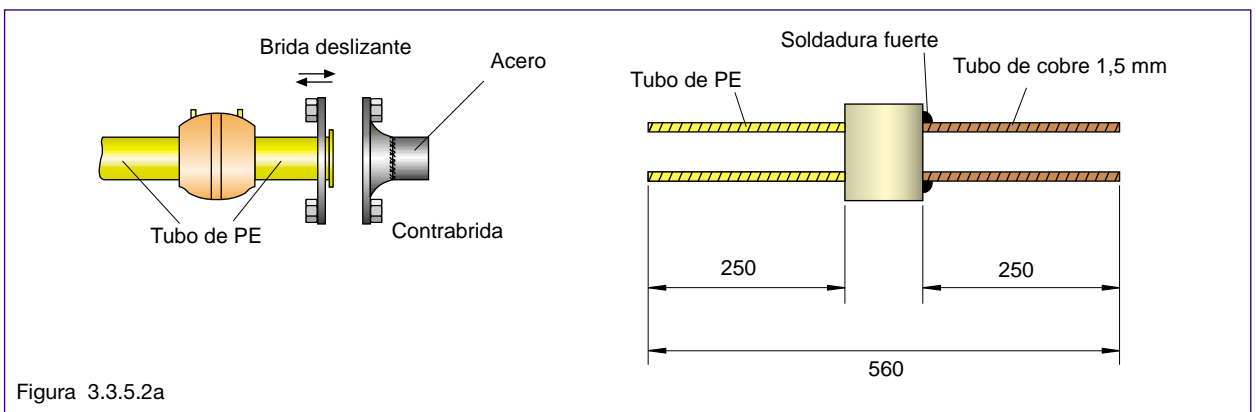


Figura 3.3.5.2a

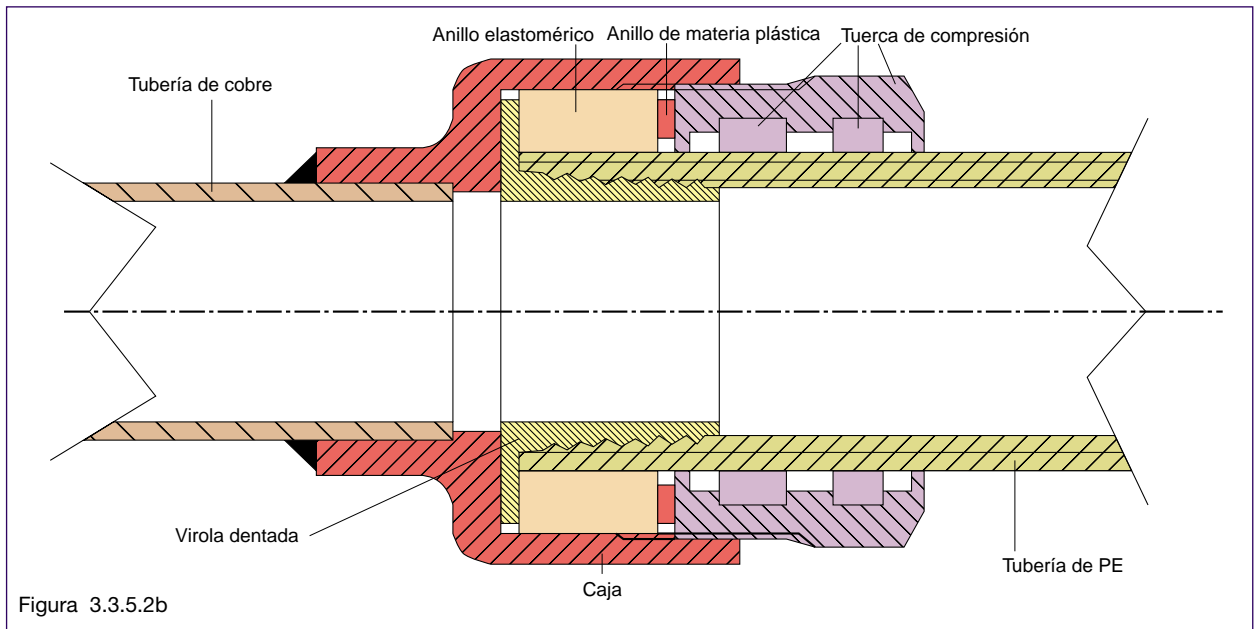
Enlaces autoanclantes PE-Acero. En estos enlaces un casquillo de bronce... se expande presionando el polietileno sobre un perfil interno (virola) del tipo diente de sierra que una vez expandido impide el descentraje de la unión (Figura 3.3.5.2b).

Este tipo de enlace se puede utilizar para conexiones de llaves en arqueta. Solo se fabrica, por el momento, desde DN-50 hasta DN-150.

Enlaces autoanclantes PE-Cobre. Es el mismo tipo de enlace descrito anteriormente.

Diámetros en el mercado:

Ø PE:	20	32	40	63	90
Ø Cobre:	18	22	35	42	54



La Figura 3.3.5.2b representa un enlace de transición autoanclante.

T3: 3.3.6 Tendido de tuberías de PE

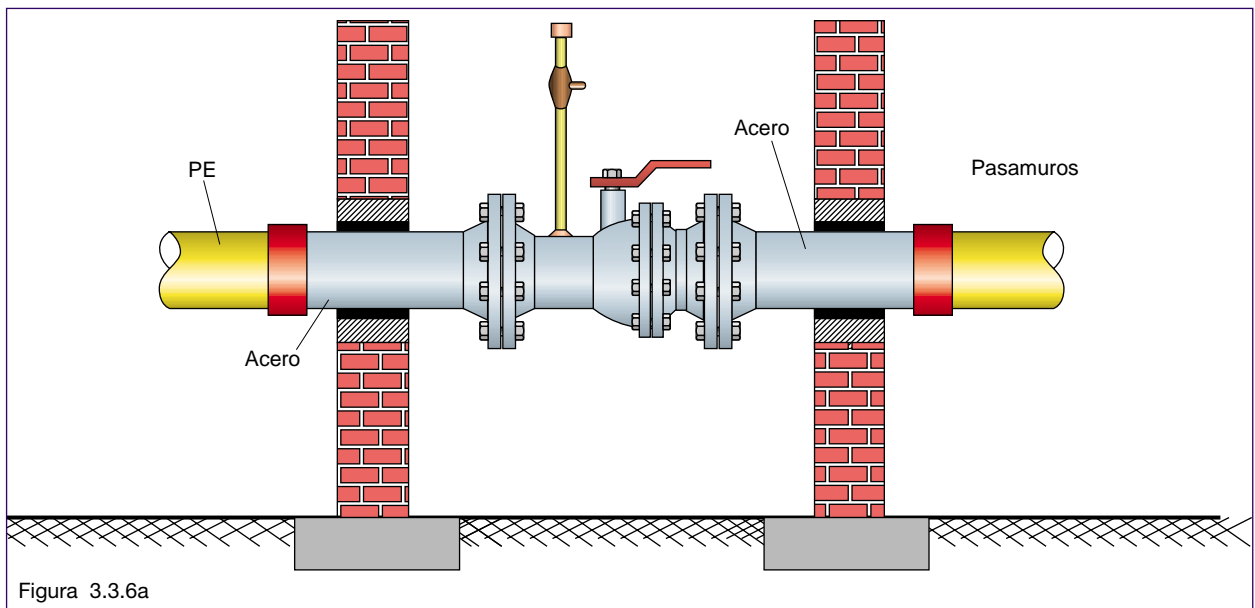
Realizadas las correspondientes soldaduras y antes del descenso a la zanja de la tubería se deberá comprobar que:

1. Los extremos de la tubería han sido convenientemente taponados para evitar que en su interior se depositen objetos extraños o suciedad.
2. La tubería no presenta en ningún punto daños superficiales, tales como cortes, golpes, etc.
3. Los datos de la tubería quedan en la parte superior y por tanto son fácilmente visibles.
4. La zanja disponga de un lecho estable de arena reglamentario y que no existan en su interior cuerpo extraño alguno que pueda dañar la tubería produciendo cortes u otros desperfectos.

Puesta en zanja. El descenso se puede realizar a mano o bien mediante procedimientos mecánicos, según el caso. En cualquier caso no se obligará a la tubería a tener que soportar esfuerzos de flexión excesivos y a que pueda sufrir otro tipo de daño superficial.

Se deberá tener en cuenta que:

- La conducción debe mantener un trazado sinuoso a fin de poder absorber las dilataciones y contracciones que tengan lugar.
- Si el trazado es curvo, el radio de curvatura superará en 20 veces como mínimo el diámetro del tubo. Se ha de evitar que este tramo contenga uniones soldadas.

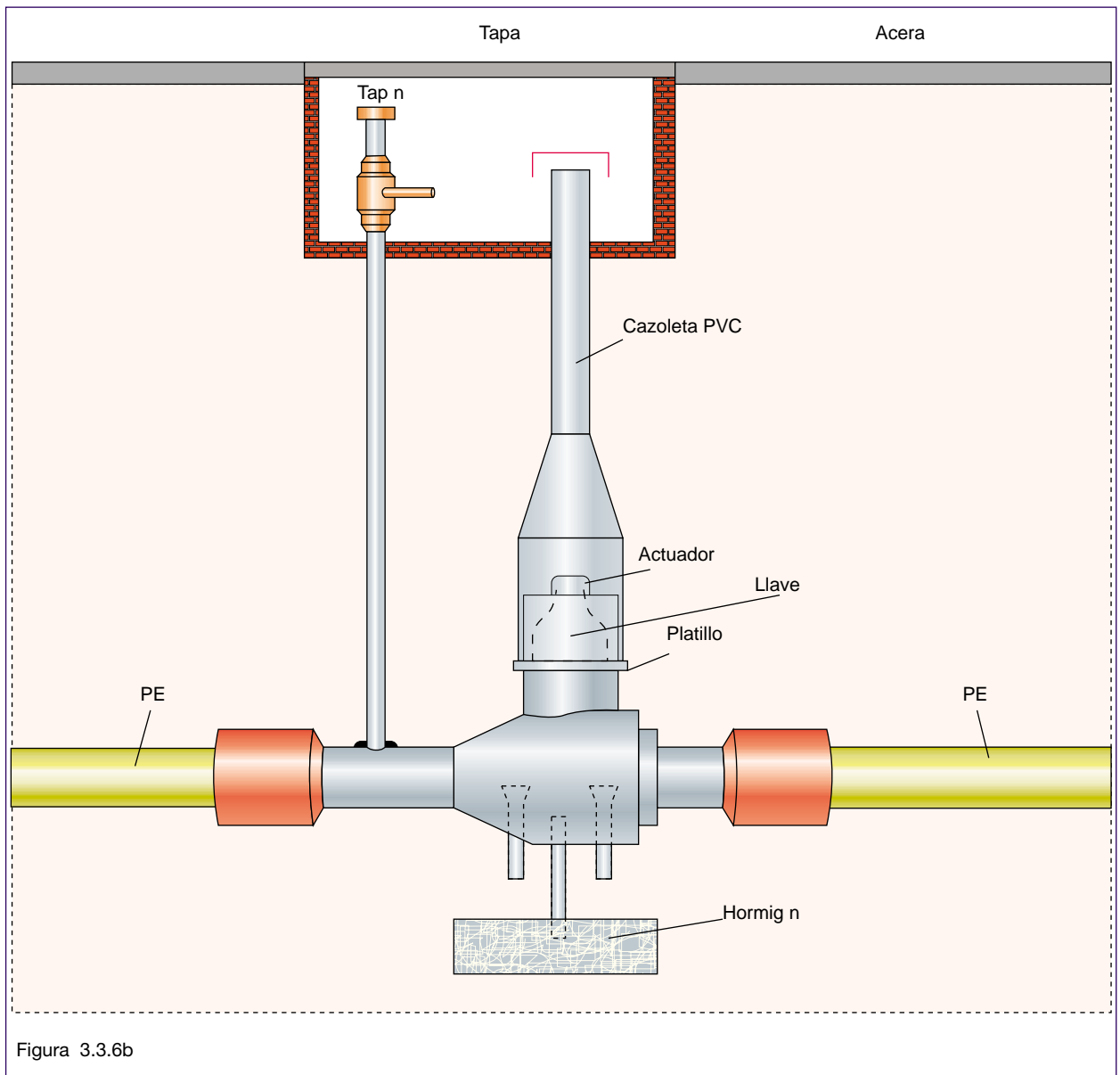


**Deberá quedar tapada la zanja correspondiente al tendido de tubería realizado durante la jornada.
Se pondrá un tapón que impida la entrada de arena u objetos en el interior de la tubería.**

Llaves. Las llaves de corte serán del tipo 2 (ver apartado T3: 3.6) y montadas en arquetas. La conexión entre estas y la tubería se hará con el tipo de enlace expuesto en la Figura 3.3.6a.

Las llaves de purga cumplirán las características y dimensiones que se describen en el punto T3: 3.6.2. Para este tipo de llaves en arqueta, el venteo puede venir incorporado a la llave o bien ser independiente.

Las llaves enterrables podrán utilizarse siendo instaladas según vemos en la Figura 3.3.6b, con soporte de fijación en dado de hormigón. Recordemos la necesidad de rellenar la arqueta con arena.



CEPSA ELF GAS indicará en qué circunstancias se debe montar este tipo de llave.

T3: 3.3.7 Trabajos de mantenimiento en conducciones de PE

La reparación de una fuga de gas por rotura del tubo, se puede efectuar de diferentes maneras como la indicada en la Figura 3.3.7.

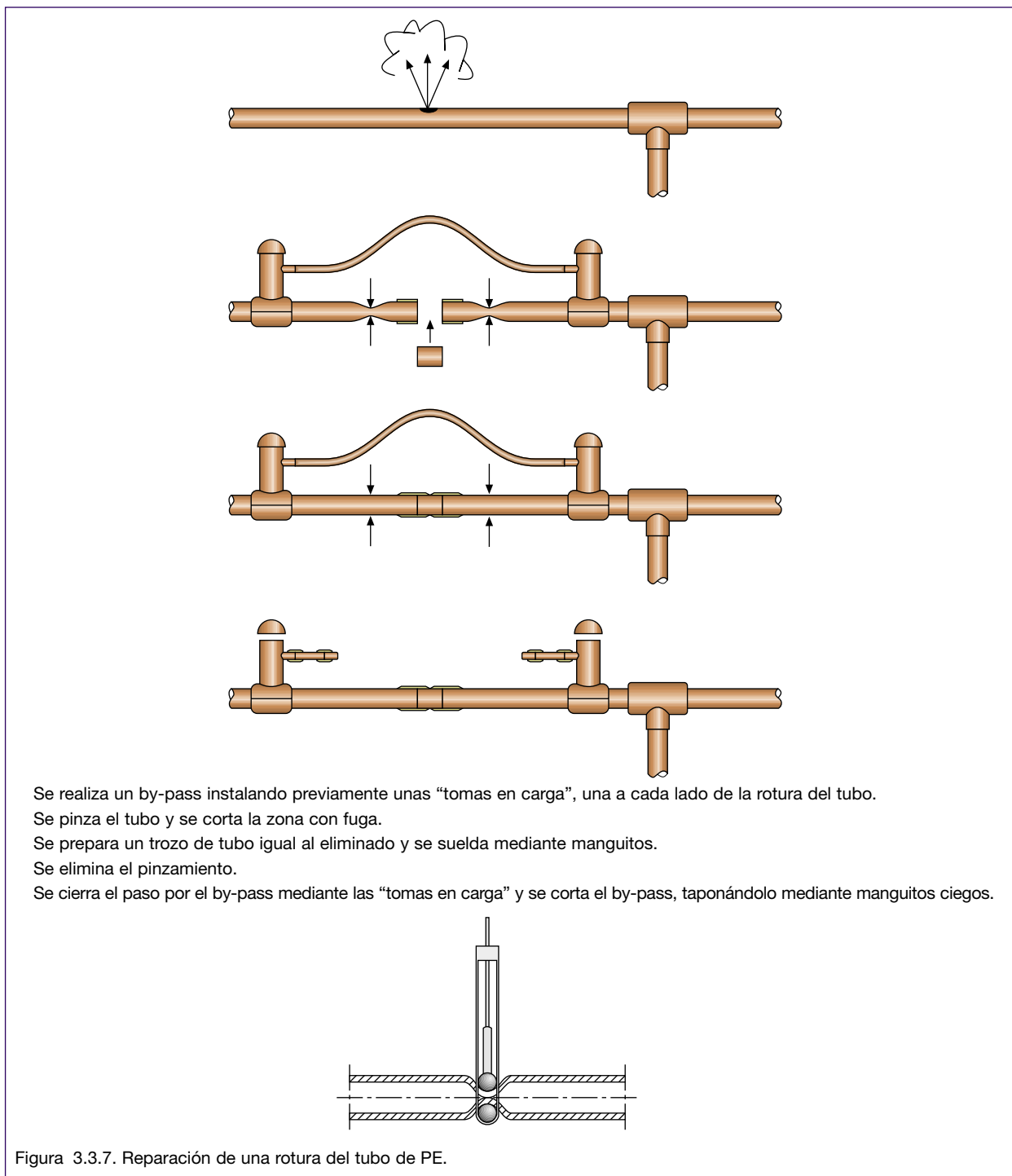


Figura 3.3.7. Reparación de una rotura del tubo de PE.

T3: 3.4 Tuberías de cobre

T3: 3.4.1 Introducción

Las características básicas (norma UNE, dimensiones, presiones de trabajo, marcado, etc.) se han tratado en el punto 1.8.1.3.

El espesor mínimo será de 1,5 mm para tuberías enterradas y 1 mm para aéreas.

La sección de los tubos en barra (estado duro R290) es perfectamente circular y su acoplamiento a los manguitos se realiza sin necesidad de calibrado previo de los extremos.

Debido a que el cobre resiste la corrosión en terrenos normales, puede ser utilizado en trazados enterrados sin protección alguna. En estos casos se autoriza al uso de cobre recocado, siempre y cuando se preste atención al relleno posterior de la zanja, evitando las piedras o daños a la tubería.

El cobre no tiene, en este aspecto, más que dos enemigos: las escorias sulfurosas y los productos amoniacales. Por tanto, habrá que tener en cuenta que cuando se trate de cementos ligeros especiales emulsionados con productos amoniacales se deberá aislar convenientemente.

T3: 3.4.2 Construcción y uniones

Las uniones de los tubos entre sí o con los accesorios, se realizará mediante soldeo fuerte por capilaridad. Como material de aportación se utilizará varilla adecuada alcanzando temperaturas de fusión superiores a 450° C (soldeo fuerte).

El curvado para los cambios de dirección, se podrá hacer por doblado con herramienta adecuada o, preferentemente, utilizando los correspondientes accesorios soldados. Los radios mínimos de curvatura admitidos están dados en la norma UNE-EN 1 057, según se vio en el punto T3: 1.5.1.3.

Las uniones roscadas solo pueden realizarse en tuberías aéreas de suficiente espesor y cuando no sea posible la unión mediante soldeo.

En la preparación del tubo de cobre para ser instalado intervienen las siguientes operaciones: medida, corte, desbarbado. Figura 3.4.2c.

Medida. Las dimensiones han de ser tomadas teniendo en cuenta que los tubos encajan hasta el fondo de los manguitos ocupando toda la longitud de los alojamientos de estos. No tener esto en cuenta, supone una construcción inadecuada (Figura 3.4.2a izquierda).

Corte. El corte a medida de los tubos se puede efectuar con sierra de dientes finos o con cortatubos específicos para tubos de cobre, que proporciona corte rectos y perfectamente perpendiculares al eje sin deformación en la dirección (Figura 3.4.2a derecha).

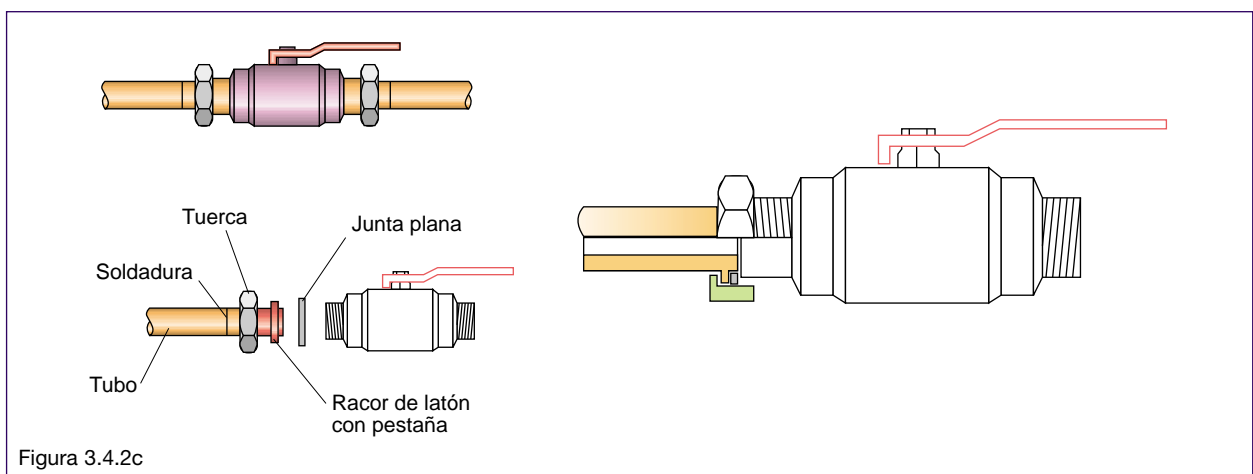
Desbarbado. El desbarbado se realiza con una cuchilla de acero que suelen llevar los mismos cortatubos. Para el desbarbado exterior se usará una lima.

Una vez realizadas las operaciones de medida, corte y desbarbado, se detalla a continuación la secuencia operativa para la ejecución del soldeo fuerte:

Operaciones para el soldeo fuerte:

1. Limpieza de los extremos a unir
2. Aplicación del desoxidante sobre el tubo y el manguito.
3. Encaje a fondo del tubo y manguito
4. Calentamiento simultáneo del tubo y del manguito
5. Aportación de suelta hasta que fluya alrededor del tubo
6. Eliminación de residuos de desoxidante

Uniones. Las conexiones entre tubería y accesorios que requieran acoplamiento mecánicos (desmontables), podrán ser aéreas o enterradas. Estas conexiones se realizarán por medio de racores y tuercas de latón y estanquidad entre ellos por junta plana. Figura 3.4.2c.



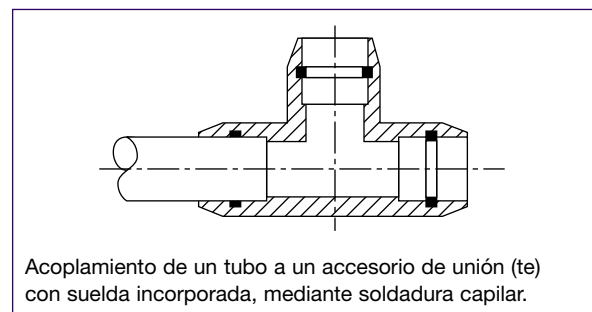
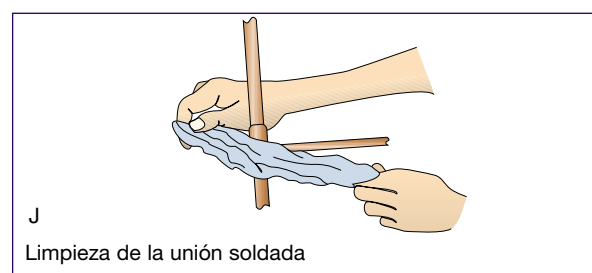
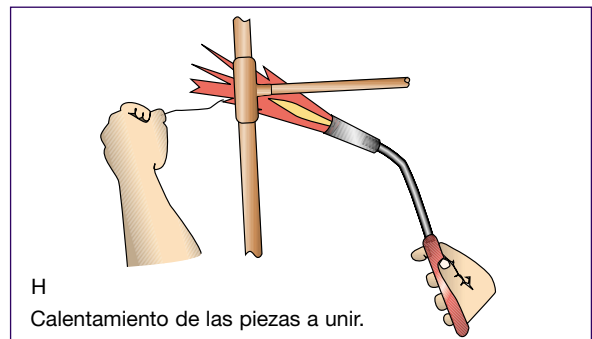
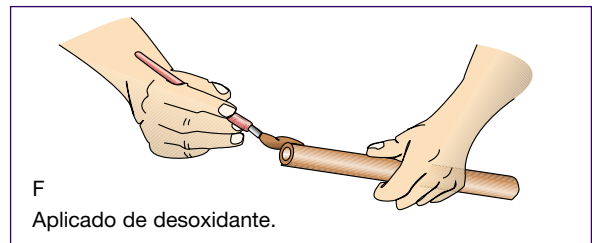
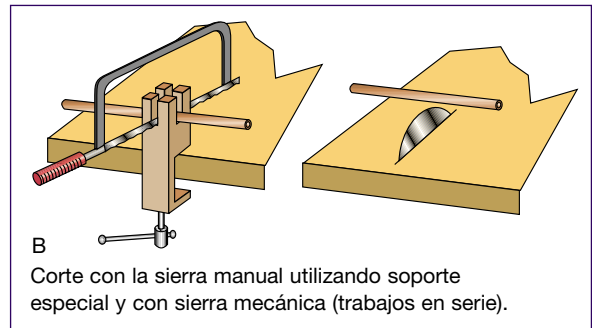
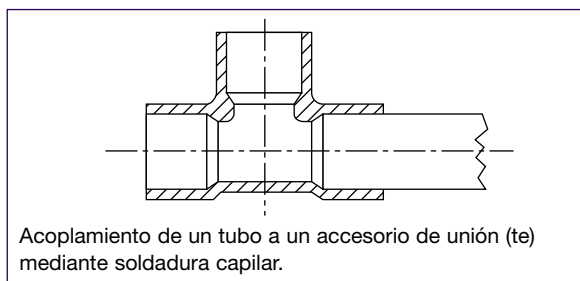
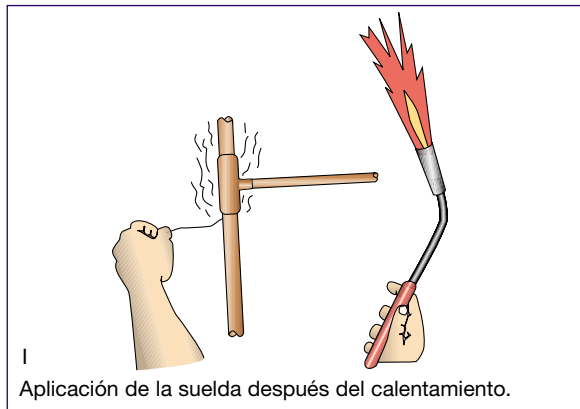
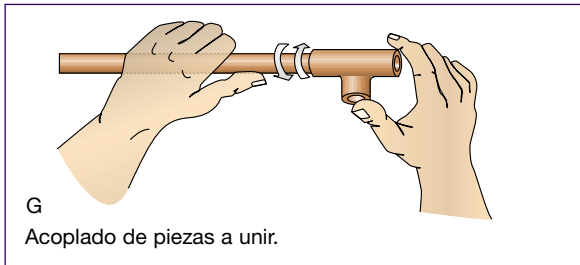
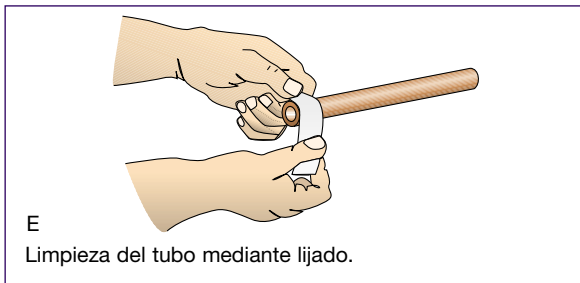
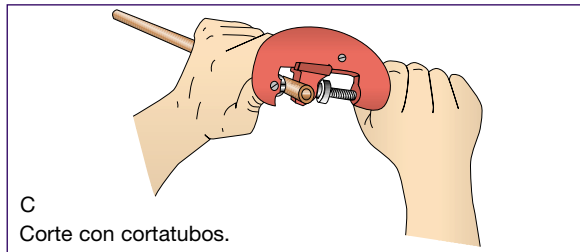
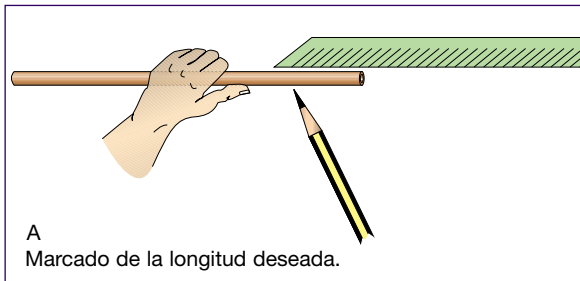


Figura 3.4.2a

T3: 3.4.3 Protección de la conducción enterrada

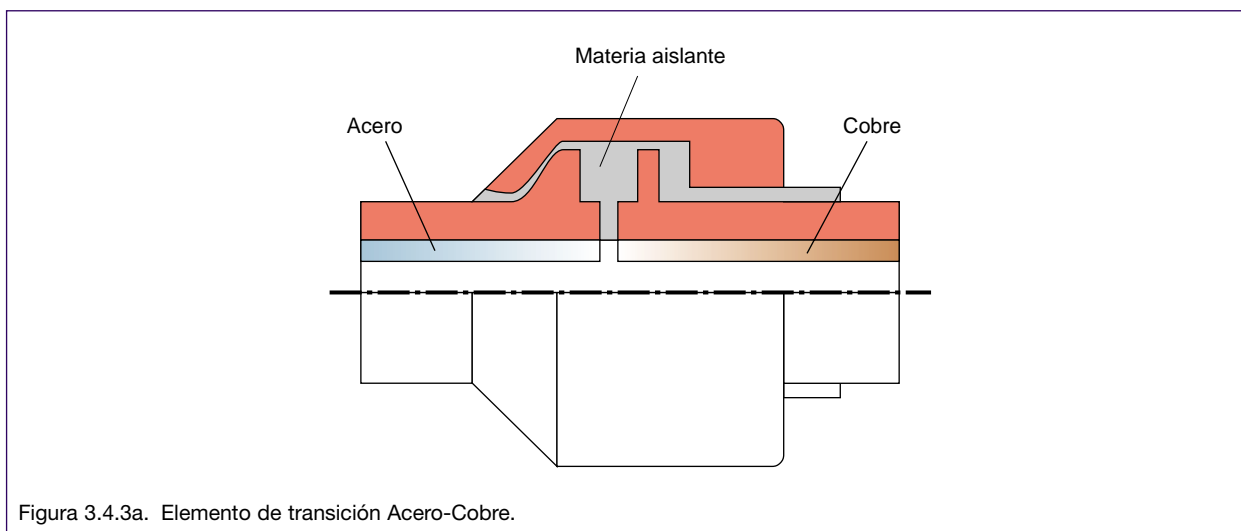
Cuando la tubería de cobre es enterrada, su espesor ha de ser como mínimo de 1,5 mm. Como protección se le aplicará un encintado, clase A, (ver T3: 3.5.4.1) exigencias normales según DIN 30.672. No se permite envainar en un tubo continuo rugoso (macarrón).

Elementos de transición con otros materiales (ver punto T3: 3.3.5.2)

Si se comparan los potenciales de oxidación-reducción del cobre y del acero (tomados respecto al hidrógeno como potencial cero) se encuentra que el cobre tiene +0,35V y el acero -0,44V. Esto quiere decir que el cobre es un metal más noble que el acero.

Por tanto, si en un mismo circuito se colocan piezas de acero y cobre en contacto, se crea una pila electroquímica en la que el acero desempeña el papel de ánodo, el cobre de cátodo y la humedad hace de electrolito conductor de la corriente de corrosión.

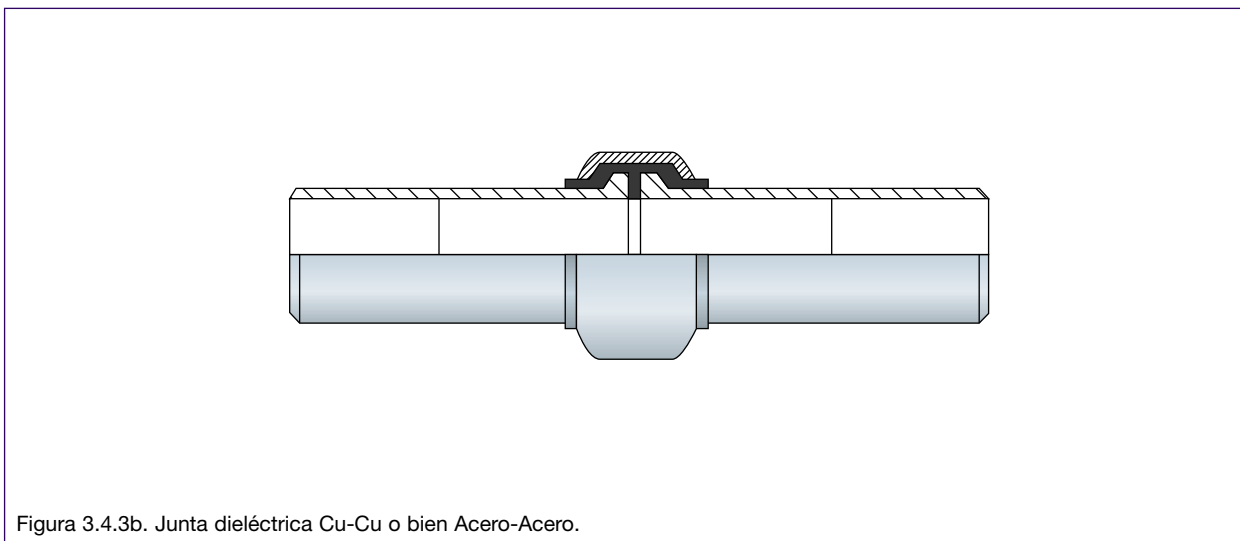
Para evitar este par galvánico se utilizan las juntas dieléctricas. Pueden ser elementos de transición monobloc o embridados como se indica en la Figura 3.4.3a.



No se puede empalmar tuberías de cobre y acero sin intercalar una junta aislante.

Juntas dieléctricas. Son accesorios que se utilizan intercalándose entre tuberías para aislarlas eléctricamente entre sí. La representada en la Figura 3.5.6b es del tipo monobloc.

También se consigue el aislamiento eléctrico entre dos tuberías, cuando la conexión entre ellas y las llaves o válvulas se hace mediante bridas, intercalando juntas Celotex y juntas Klingerit grafitado, así como casquillos aislantes de PVC rígido para los espárragos y arandelas aislantes de Celotex para las tuercas.



El emplazamiento de las juntas será siempre aéreo y se situarán lo más cerca posible del punto donde la tubería emerge de la zona enterrada.

Queda prohibido montar juntas aislantes enterradas a excepción de los accesorios de transición acero-cobre con PE.

Cuando se trata de aislar depósitos del resto de la instalación se utilizarán juntas aislantes PN-25 y para redes PN-10.

Las conexiones de las juntas dieléctricas monobloc a tubería pueden ser soldadas o bien roscadas. Las roscadas no pueden enterrarse.

Cuando las conexiones sean soldadas se tendrá especial cuidado en mantener la junta dieléctrica fría durante el soldo envolviéndola en un paño mojado para evitar que el calor dañe el material aislante.

T3: 3.4.3.1 Vainas de protección. Pasamuros

Cuando se trate de cruzar vías públicas y férreas a otros espacios en el subsuelo que haga compleja la operación de una posible sustitución de tubería, se envainará la conducción de gas con otra tubería de acero o de PVC cuyo diámetro interior sea como mínimo el doble que el de la tubería que estamos protegiendo. Vemos un esquema en la Figura 3.4.3.1a.

Si la vaina es de PVC es imprescindible que ésta descance sobre un lecho de hormigón de 15 cm de espesor así como recubierta de 20 cm del mismo material (hormigón en masa de 150 kg/cm³). Figura 3.4.3.1b.

En locales habitados, las vainas han de ser ventiladas, según Figura 3.4.3.1c.

Los pasamuros son tubos circulares destinados a proteger las conducciones de gas contra la corrosión por contacto con materiales corrosivos. Cuando se tengan que sellar, se hará utilizando pasta no endurecible (silicona o similar). Si la conducción de gas fuera de acero, éste se encintará con banda de PVC o similar (Figura 3.4.3.1d).

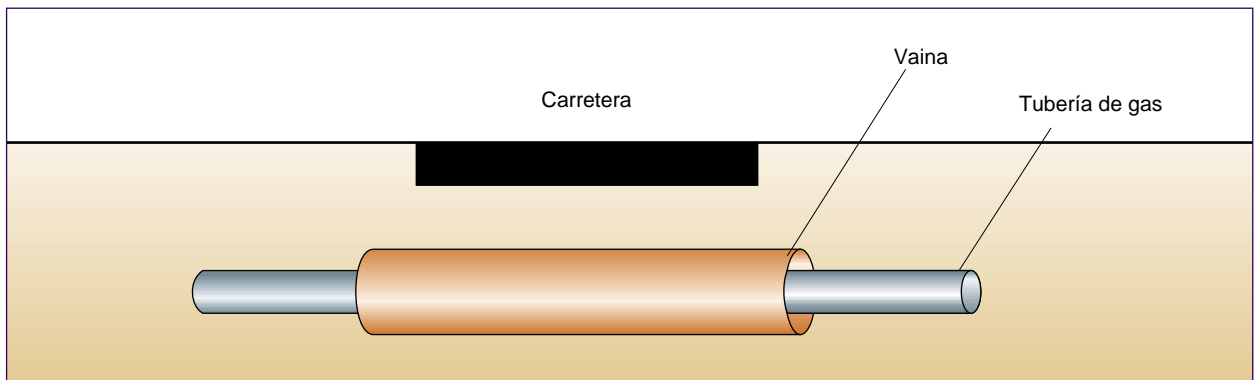


Figura 3.4.3.1a

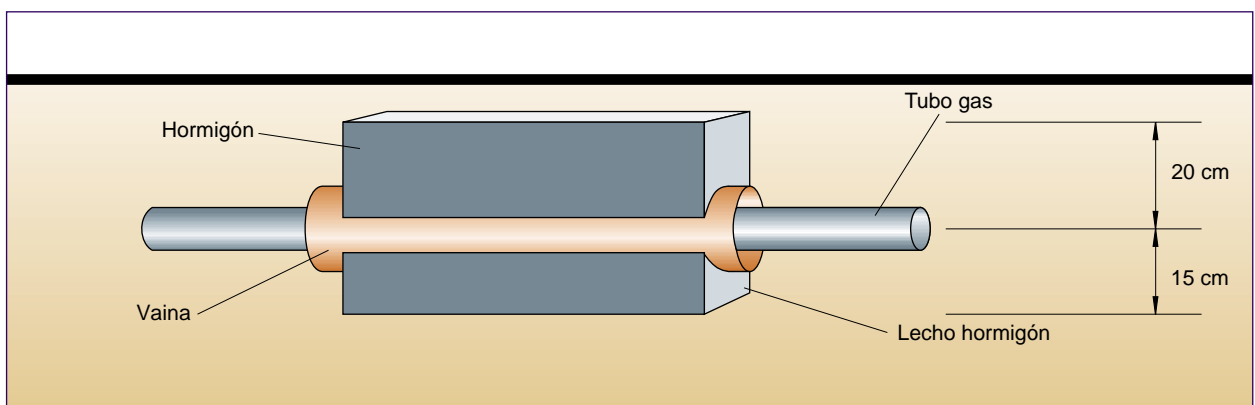


Figura 3.4.3.1b

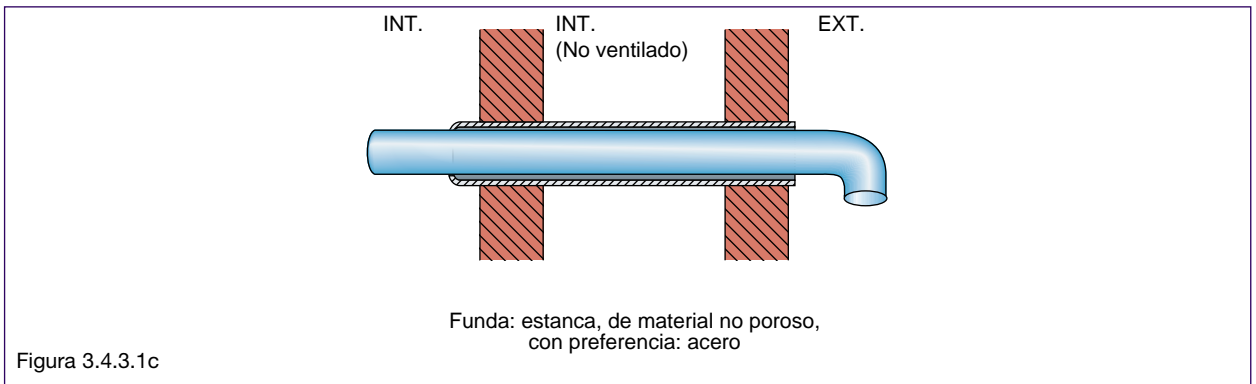


Figura 3.4.3.1c

PASAMUROS			
	INTERIOR-INTERIOR	INTERIOR-EXTERIOR CUBIERTO	INTERIOR-EXTERIOR DESCUBIERTO
DE FACHADA (muro exterior)		<p style="text-align: center;">Sellado con "PNE"</p>	<p style="text-align: center;">Sellado con "PNE"</p>
INTERIOR A LA VISTA	<p style="text-align: center;">Mismo Local: Ventilado Distinto Local: Sellado con "PNE"</p>	<p style="text-align: center;">Ventilado</p>	<p style="text-align: center;">Sellado con "PNE"</p>
DE TECHO	<p style="text-align: center;">Mismo Local: Ventilado Distinto Local: Sellado con "PNE"</p>	<p style="text-align: center;">Ventilado</p>	<p style="text-align: center;">Con visera o similar</p>
<p>PNE Pasta no endurecible (Silicona o similar). E Encintado con banda de PVC (si la conducción de gas es de acero).</p>			

Figura 3.4.3.1d

T3: 3.5 Tuberías de acero

T3: 3.5.1 Introducción

Las características básicas del tubo de acero (normas UNE, dimensiones, suministro, marcado, etc.) se han tratado en el punto T3: 1.8.1.1.

No se admitirán redes de media presión en acero, salvo en casos excepcionales y previa expresa autorización de CEPSA ELF GAS, debiendo ser entonces de acero estirado sin soldadura, que cumpla la Normativa vigente referente a dimensiones y calidades (Reglamento de Redes y Acometidas).

No se admiten redes en acero, para media presión, salvo autorización previa de CEPSA ELF GAS.

T3: 3.5.2 Construcción

El montaje de los diversos elementos constructivos de la canalización tales como tuberías, codos, tes y elementos auxiliares, se realizan mediante soldeo a tope. Las conexiones de la tubería con llaves y demás accesorios con diámetros inferiores a 40 mm que requieran ser roscados, se harán mediante manguitos roscados normalizados.

No está permitido la unión roscada de tubos. Tampoco está permitido el curvado de tuberías, por lo que en caso de necesidad de cambios de dirección ya sean en el plano vertical o en el horizontal, se realizarán mediante curvas o codos normalizados.

No está permitido practicar ningún tipo de rosca a la tubería salvo en la conexión de aparatos, manómetros, etc.

Los elementos que forman parte de la instalación tales como tuberías, bridas, curvas, accesorios sin soldadura y accesorios de acero forjado, cumplirán cada uno de ellos con la normativa correspondiente en dimensiones y calidades.

Tuberías de acero estirado sin soldadura según:

API 5L grado B

DIN 2440 con acero ST-35 según DIN 1629

DIN 2448 con acero ST-35 según DIN 1629

Bridas según normas:

DIN 2635 PN-40 ST-37, ST-42

ANSI B 16.5 A 105- 150 Lbs

Curvas y accesorios de acero sin soldadura:

ANSI B 16.9

ASTM A 234 ...

WPB (A 106 grado B)

Accesorios de acero forjado, según:

ANSI B 16.11 A 105

T3: 3.5.3 Uniones

El soldeo de la canalización se realizará por arco eléctrico y se ejecutará por soldadores homologados y la operación de los mismos deberá ser efectuada mediante procedimiento homologado.

El trabajo de soldadura se interrumpirá o aplazará en ambientes con temperaturas inferiores a -5° C. Igualmente cuando la temperatura ambiente sea inferior a 5° C será obligatorio el precalentamiento de los extremos a soldar. También lo serán cuando pueda existir en dichos puntos restos de humedad.

En el interior de la conducción la soldadura no presentará ningún saliente mayor de 1 mm. En el exterior de la conducción, no sobrepasará los 3 mm.

La tubería se limpiará cuidadosamente en su interior y se verificará el diámetro. Cada tubo se alineará de forma que su eje coincida exactamente con su precedente. Se podrán emplear centradores de alineación exterior o interior. No se podrá soldar al tubo ningún objeto para su centrado. Tampoco se podrá emplear el arco eléctrico directamente sobre el tubo.

- Los biseles y bordes de la soldadura se limpiarán perfectamente de óxido, suciedad, grasas, etc.
- Cada cordón debe limpiarse de impurezas antes de aplicar el siguiente.
- Cuando deba efectuarse soldeo en posición, la distancia al suelo será compatible con el trabajo. Si es necesario se realizarán arquetas que permitan su fácil ejecución.
- Se llevará un control de calidad de las soldaduras aceptándose las que alcancen la calificación 1 y 2 de la norma UNE 14.011 o equivalente...

T3: 3.5.4.1 Protección pasiva anticorrosiva de tubería de acero enterrada

Las canalizaciones enterradas de acero deberán estar protegidas contra la corrosión externa mediante un revestimiento continuo de forma que la resistencia eléctrica, adherencia al metal, impermeabilidad al aire y al agua, resistencia a los agentes químicos del suelo, plasticidad y resistencia mecánica, satisfagan las condiciones a las que se verá sometida la canalización (ver punto T3: 2.9.1).

La protección tiene por objeto definir las exigencias en la protección anticorrosiva pasiva para tubería enterrada de conducción de gas. En la tabla 3.5.4.1 exponemos los valores según la norma DIN 30.672... para protección anticorrosiva.

Tabla 3.4.5.1. VALORES SEGÚN DIN 30.672		
DATOS	NORMALES (Clase A)	MAYORES (Clase B)
Espesor de revestimiento	1 mm	2 mm
Resistencia dieléctrica	> 40 kV	> 50 kV
Resistencia al impacto	> 3 N · m	> 9 N · m
Resistencia eléctrica	> 10 ⁸ Ω · m ²	> 10 ⁸ Ω · m ²
Resistencia al desgarro	> 15 N/10 mm	> 15 N/10 mm
Resistencia a tracción	> 50 N/10 mm	> 50 N/10 mm

Procedimiento de protección. Para proteger las tuberías de acero se seguirán los siguientes actuaciones:

Limpieza de la superficie. Se procederá a eliminar toda suciedad de tierra, óxido, humedad y grasa de la superficie de la conducción. Se utilizarán los siguientes métodos:

- Chorreado de arena
- Radiales eléctricos
- Cepillado manual

Imprimación de la superficie metálica. Sobre la superficie completamente limpia y seca, se aplicará una imprimación de características químicas compatibles con la cinta de protección anticorrosiva, permitiendo un tiempo de secado no inferior a 10 minutos ni superior a 3 horas.

Aplicación de cintas de polietileno. Para tuberías de acero se aplicará cinta compuesta de dos capas, una portante de polietileno y otra de caucho butílico. Se han de fundir entre si en sus zonas de solapado, que además deberá ser del 50 %, consiguiendo un espesor del 1,5 mm. (cinta S 40 de 50 mm de ancho y 0,75 de espesor, o similar). No olvidar encintar las llaves que puedan encontrarse intercaladas.

Protección mecánica. Este tipo de protección tiene como finalidad proteger el revestimiento anticorrosivo de los daños por impacto y por contacto.

Consistirá en una cinta de una capa, una cara adherente al caucho butílico (que se funde con la capa exterior del encintado anterior) y otra cara exterior de PVC con un solape del 50 % (cinta de 50 mm de ancho y 0,5 de espesor).

Ambos encintados pueden realizarse manualmente o a máquina y siempre con tensión, solape uniforme y sin pliegues ni arrugas.

Protección antirroca. Solo en casos especiales, para preservar adicionalmente los revestimientos anticorrosivos de los daños mecánicos externos, se hace preciso aplicar sobre el revestimiento una lámina o manta antirroca, a base de fibra sintética que se coloca en forma de espiral o de coquilla siendo inalterable, con un espesor aproximado de 6 mm y altamente permeable al agua y una anchura de 75 cm y 150 cm. Los solapados pueden fijarse mediante una llama suave fundiéndose estos y adhiriéndose entre sí.

Protección de las soldaduras. Para las uniones soldadas de tubería con PE extrudido de fábrica, según las mismas exigencias y procedimientos de la clase B (Mayor exigencia). Se procederá a:

- Limpiar la superficie metálica.
- Achaflanar los bordes del revestimiento de fábrica.
- Imprimir la superficie metálica más de 5 cm sobre el PE extrudido de fábrica.
- Encintar sobre toda la zona imprimada, es decir, empezando y terminando 5 cm sobre el PE extrudido de fábrica.

Comprobación del revestimiento. Finalizado el encintado anticorrosivo e inmediatamente antes de ser enterrada la canalización, se deberá pasar un comprobador de rigidez dieléctrica por salto de chispa sobre el revestimiento, con una tensión mínima de 10 kV para comprobar el buen estado del revestimiento.

Longitud de cinta. Para determinar la cantidad de cinta necesaria para el revestimiento se ha de tener en cuenta que el solape considerado es del 50 %. Esto supone que cada capa equivale a dos efectivas. De esta manera se obtiene un grado de rigidez dieléctrica satisfactorio.

La fórmula para determinar los metros de cinta necesaria es:

$$L_c = \frac{L_t \times D \times \pi}{A - S} \times 2$$

siendo:

- Lc: Longitud de cinta a emplear (en m)
 Lt: Longitud del tubo a proteger (en m)
 D: Diámetro exterior de la tubería (en mm)
 A: Ancho de cinta a emplear (en mm)
 S: solapado marginal (en mm)
 π : = 3,1416

Ejemplo de aplicación: Se trata de 20 m de tubería de 1" (D = 33,4 mm). La cinta a emplear es de 50 mm de ancho, admitiéndose un solapado marginal de 2 mm (supone un ancho efectivo de 50 – 2 = 48 mm). La longitud de cinta a emplear con solape al 50% será:

$$L_c = 20 \times 33,4 \times 3,1416 \times 2 / 48 = 87,5 \text{ m}$$

La longitud de cinta necesaria por metro de longitud de tubería a proteger se puede obtener de la tabla siguiente: Se supone un solape del 50 %.

DIÁMETRO EXTERIOR DEL TUBO		CINTA NECESARIA ANCHO DE CINTA		DIÁMETRO EXTERIOR DEL TUBO		CINTA NECESARIA ANCHO DE CINTA	
DN	mm	50 mm	100 mm	DN	mm	50 mm	100 mm
$\frac{1}{2}$	21,3	3		$2 \frac{1}{2}$	73	9,5	
$\frac{3}{4}$	26,7	3,5		3	88,9	11,5	
1	33,4	4,5		4	114,3	14,5	
$1 \frac{1}{4}$	42,2	5,5		5	141,3		9
$1 \frac{1}{2}$	48,3	6		6	168,3		11
2	60,3	8		8	219,1		14

T3: 3.5.4.2 *Protección pasiva anticorrosiva de tuberías de acero aéreas*

La superficie de la tubería y la soldadura deberán quedar libres de grasas y limpias, así como, libre de cascarillas de soldadura.

Una vez preparada la superficie, recibirá una mano de minio o similar en capa gruesa que la cubra totalmente.

Una vez seca, se le aplicarán dos manos de pintura de esmalte amarillo para tuberías que conduzcan GLP en fase gaseosa, y de color rojo para aquellas tuberías que conduzcan GLP en fase líquida.

T3: 3.5.5 *Colocación de tuberías en zanjas*

Antes de descenso de un tramo de tubería a su emplazamiento definitivo deberá haberse comprobado que:

- El fondo de las zanjas están exentas de materiales que puedan dañar la protección de la tubería y que el lecho de arena sea el especificado en las Figuras mostradas en trazado.
- El revestimiento está en buen estado y que ha superado las pruebas de rigidez dieléctrica.
- En el descenso se evitará todo daño al revestimiento.

La comprobación del revestimiento de la tubería se hará en presencia de personal de CEPSA ELF GAS o de persona que ostente su representación, quién a la vista del resultado satisfactorio ordenará el enterramiento de la tubería.

Durante el tendido de tuberías independientemente de la naturaleza de éstas, la empresa instaladora deberá tomar los datos precisos correspondientes a la posición de cada uno de los elementos instalados, profundidad de tubería, etc. con objeto de que se pueda confeccionar los planos “as built” de la instalación.

Planos “as built”: Es el plano donde viene reflejada la posición real definitiva de los elementos de la instalación.

T3: 3.5.6 *Protección activa anticorrosiva de tuberías de acero enterradas.* *Protección catódica*

Como complemento del revestimiento externo (pasivo), todas las canalizaciones enterradas, salvo que se demuestre que no es necesario con un estudio de agresividad del terreno o para tramos de acero de longitud inferior a 10 m (y para longitudes inferiores cuando el terreno sea muy agresivo), irán provistas de un sistema de protección catódica (activa). que garantice un determinado potencial entre la canalización y el terreno (ver punto T3: 2.9.2).

La protección catódica activa se puede realizar mediante ánodos de sacrificio o por inyección de corriente. En cualquier caso se dispondrá a lo largo de la conducción arquetas en las que se alojará una caja estanca donde irán montados los terminales de toma de potencial según se detalla en la Figura 3.5.6a.

En caso de realizarse la protección catódica por inyección de corriente, se ha de incluir en esta protección la instalación de los depósitos enterrados de almacenamiento, si los hubiera.

Las uniones de tubería mediante bridas, para la colocación de accesorios embridados, se han de puentear adecuadamente de forma que faciliten la continuidad eléctrica.

CEPSA ELF GAS decidirá en cada caso el sistema de protección catódica que se deberá adoptar.

La inyección de corriente se puede emplear siempre, pero suele ser empleada en instalaciones grandes o en medios de resistividad muy elevada.

El sistema de ánodo de sacrificio no requiere más mantenimiento que verificar el potencial como mínimo una vez al año. En el sistema de inyección de corriente, hay que verificar mensualmente que el rectificador funciona, y que la intensidad es la proyectada, pues la simple rotura de un fusible puede dejar fuera de servicio al sistema.

Ánodos. Los ánodos de sacrificio, si esta es la solución adoptada, pueden ser de aleación de magnesio (AZ-63), zinc, aluminio, hierro, sodio, etc. Es recomendable el ánodo de magnesio.

El cálculo de los ánodos se realizará de tal forma que en un periodo no inferior a doce años permita mantener el potencial igual o inferior a -0,85 V según el electrodo de referencia cobre-sulfato de cobre.

En algunos casos será conveniente instalar los ánodos rellenos de una mezcla activadora o “backfill” para conseguir una disolución uniforme del ánodo, retener la humedad y reducir la resistencia entre ánodo y tierra, compuesto por: Bentonita disódica 20 %, Sulfato de sodio 5 %, Yeso hidratado 75 %.

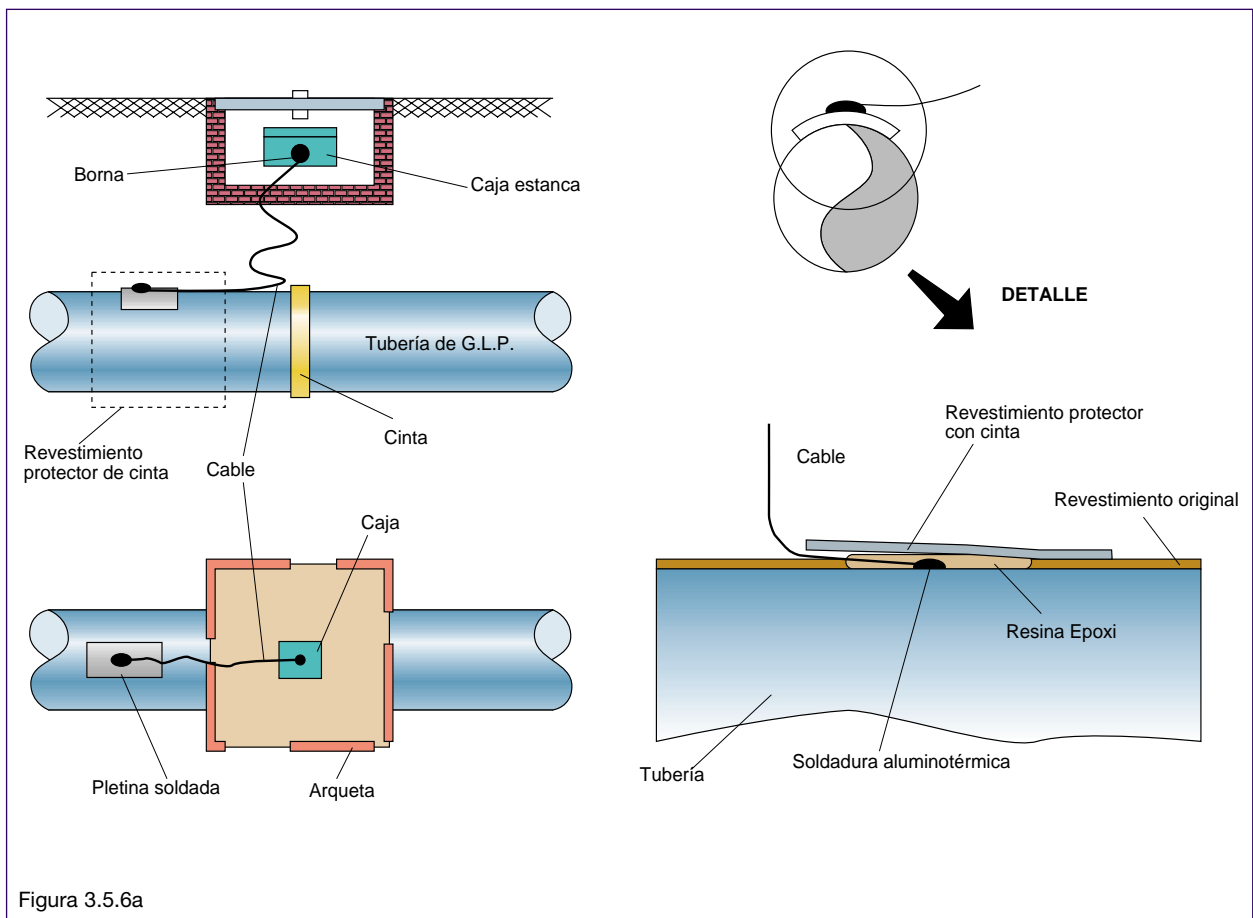
A título indicativo (en condiciones normales del terreno), los ánodos de aleación de magnesio que corresponde colocar a cada depósito enterrado son los indicados a continuación:

hasta 2,67 m ³	hasta 4,88 m ³	hasta 7,09 m ³	hasta 10,6 m ³	hasta 13 m ³	hasta 16 m ³
10 ánodos	12 ánodos	14 ánodos	16 ánodos	20 ánodos	24 ánodos

Tomas de potencial. Las tomas de potencial serán convenientemente distribuidas en el tendido de la red a fin de poder comprobar cuando se desee, el potencial existente entre el suelo y la tubería.

Como puede apreciarse en la Figura 3.5.6a, la conexión de cable a la tubería se hace sobre una pletina de 5 mm de espesor y sobre ésta se realiza la soldadura aluminotérmica del cable de 6 mm² de sección. Dicha conexión se protege con resina epoxi o similar y encintando posteriormente dicha conexión.

El extremo de prueba del cable irá alojado en una caja estanca contra polvo y humedad, que podrá ser aérea o enterrada.



T3: 3.6 Especificaciones para llaves

T3: 3.6.1 LLaves de red. Tipos

Vamos a detallar las principales características de cada tipo de llave de red que pueden ser usadas en las canalizaciones. Se exponen a continuación las características de las llaves de acero al carbono para ser instaladas en canalizaciones, con presión de trabajo de hasta 16 bar (ver puntos T3: 1.5.1.10 y T3: 2.8.1).

Se hace mención especial de las llaves de cuadradillo con cazoleta para usarlas como de seccionamiento.

En esta especificación están incluidas todas las llaves de diámetro nominal entre $\frac{1}{2}$ " y 12". Para aplicación en redes de distribución y acometidas industriales.

Tipos de llaves utilizadas

Tipo 1: Llave de bola enterrable con extremos para PE con manguitos electrosoldables, para redes de PE.

Tipo 2: Llave de bola en arqueta con extremos bridados para redes de acero y PE.

Tipo 3: Llave de bola para redes de cobre.

	TIPO 1	TIPO 2	TIPO 3 (EN-331)
Fluido	Servicio de gas	Servicio de gas	Servicio de gas
Modelo	Esfera de paso total cilíndrico	Esfera de paso total cilíndrico FIRE SAFE	Esfera de paso total cilíndrico
Cuerpo	Acero al carbono ASME A-216 grado WCC, dos cuerpos soldados. También de latón hasta ϕ 63 mm.	Acero al carbono ASME A-216 grado WCC. Dos cuerpos embreados unidos por espárragos ASTM A-193 Gr. B-7. Tuercas ASTM A 194 Gr. 2H	Formado por dos piezas y construido en latón estampado con un contenido máximo en plomo del 3,5%.
Obturador: Bola	Paso integral. ASTM A217 CA 15. Maciza y flotante.	Paso integral. Acero inoxidable 1.4027 (Cr \geq 13%).	Paso integral. Acero inoxidable (Cr \geq 13%). Latón estampado cromado.
Eje	No eyectable, antiestático de acero inoxidable (ASTM A-182 F 6a) estanquidad por anillos tóricos de nitrilo o Viton, junta PTFE	No eyectable, antiestático de acero inoxidable (ASTM A-182 F 6a) estanquidad por anillos tóricos de nitrilo o Viton, (junta PTFE)	No eyectable, antiestático de acero inoxidable Cr \geq 13%. (ASTMA-182 F 6a) Estanquidad por anillos tóricos de nitrilo o Viton, (junta PTFE)
Asiento	Estanquidad interna PTFE (Teflón)	Estanquidad interna PTFE (Teflón)	Estanquidad interna PTFE (Teflón)
Clase	PN 6	PN 16, 25, 40	PN 5 ...
Extremos	Conexiones: Bridas, soldar.	Conexiones: Bridas.	Conexiones: Racores roscados M.
Mando	Palanca manual hasta 6", de 8" en adelante con reductor y volante. Giro antihorario para abrir. En la posición de abierto, la palanca quedará orientada en el sentido del flujo del gas y perpendicular cuando esté cerrado. Existirán topes para las posiciones extremas, 90° entre sí, además deberá ser posible su bloqueo en la posición de cierre.		

Diámetro nominal: Correspondiente con el del tubo (DN 50 Máximo).

Paso integral: Se considera paso integral cuando el diámetro interior del obturador no reduce más del 5 % el diámetro nominal.

T3: 3.6.2 Llaves de purga

En este apartado mostraremos las características y materiales de las llaves de purga o venteo.

Características de llaves de venteo:

- **Fluido:** Servicio de gas.
- **Modelo:** Esfera paso cilíndrico.
- **Cuerpo:** Dos piezas roscadas y soldadas, de acero al carbono según ASTM A-105.
- **Esfera:** Acero inoxidable ASTM A 182 F 316 Flotante.
- **Eje:** Acero inoxidable ASTM A-182 F 316. Estanquidad por anillos tóricos de nitrilo, antiestático.
- **Asientos:** PTFE.
- **Clase:** 800 lbs.
- **Extremos:** Manguitos de acero al carbono ASTM A-106 Gr B, rosca NPT o soldar según necesidades.
- **Mando:** Palanca.

T3: 3.6.3 Certificado

Todas las piezas sometidas a presión tales como cuerpos manguitos, etc. llevarán marcado el número de cada cola para identificación con sus correspondientes certificados.

Los certificados de prueba del cuerpo y asientos serán FIRE SAFE (a prueba de fuego) según BS 5 146 del prototipo de la llave.

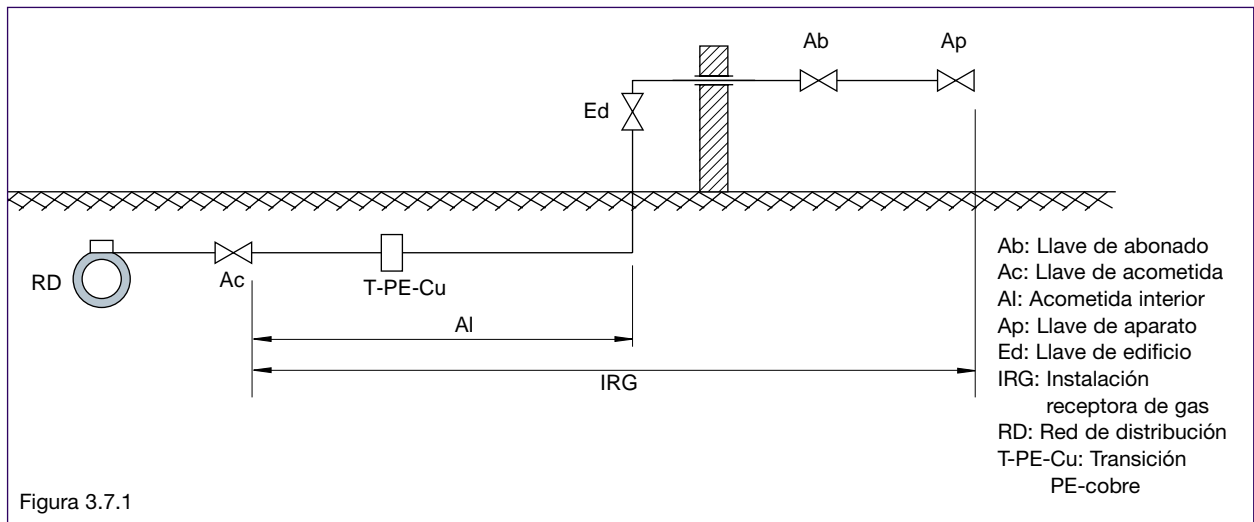
T3: 3.7 Acometidas interiores

T3: 3.7.1 Definiciones

Se define como instalación receptora (IRG) al conjunto de tuberías y accesorios comprendidos entre la llave de acometida, excluida esta, hasta la llave de aparatos incluidas. La acometida pertenece a la red de distribución.

La IRG comprende la acometida interior, la instalación común y las instalaciones individuales.

La acometida interior es el conjunto de conducciones y accesorios comprendidos entre la llave de acometida, excluida ésta, y la llave o llaves de edificio incluidas éstas.



T3: 3.7.2 Acometida interior

Según el material empleado dividiremos en tres tipos de acometidas:

- Acometidas en **Polietileno**.
- Acometidas en **Cobre**.
- Acometidas en **Acero**.

T3: 3.7.2.1 Especificaciones para acometidas interiores en polietileno enterrada

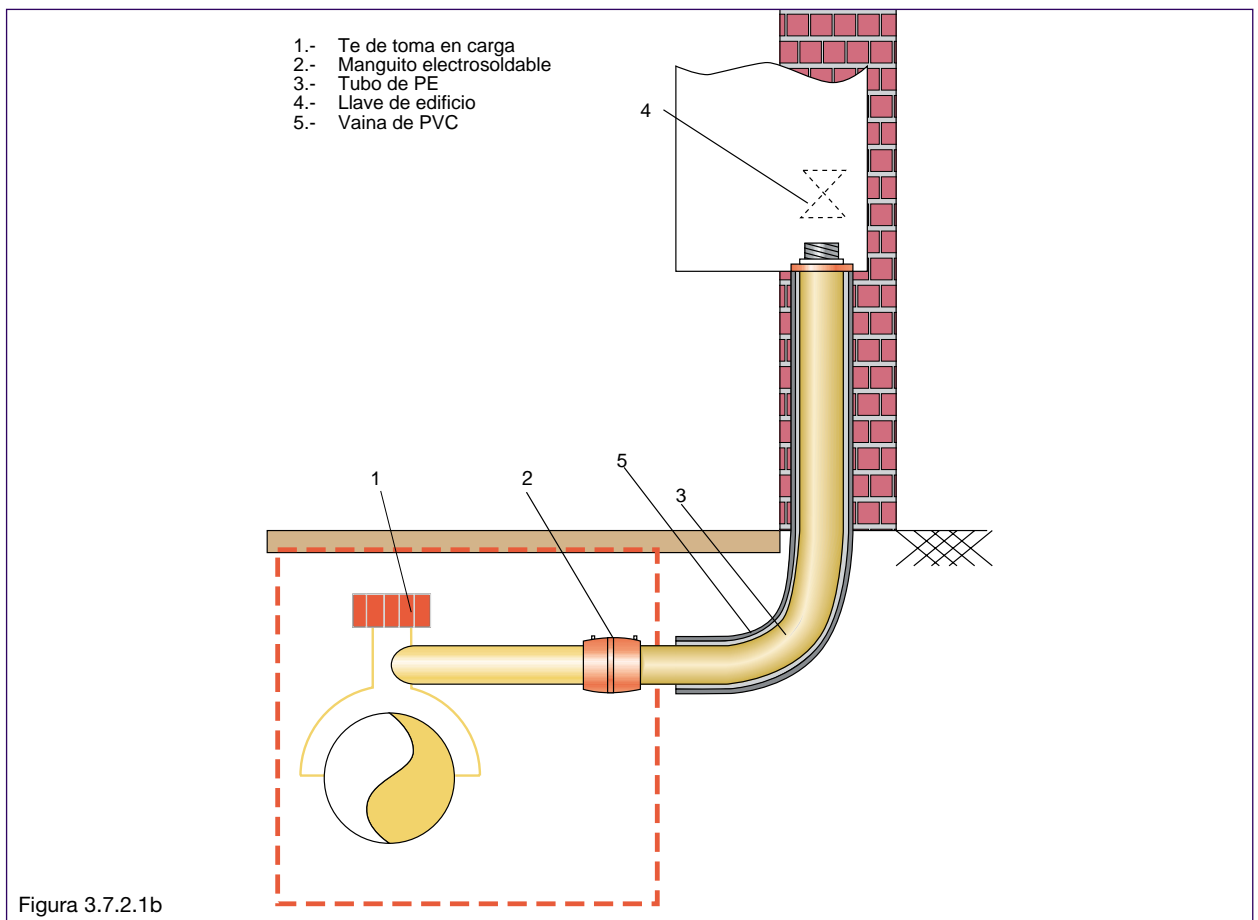
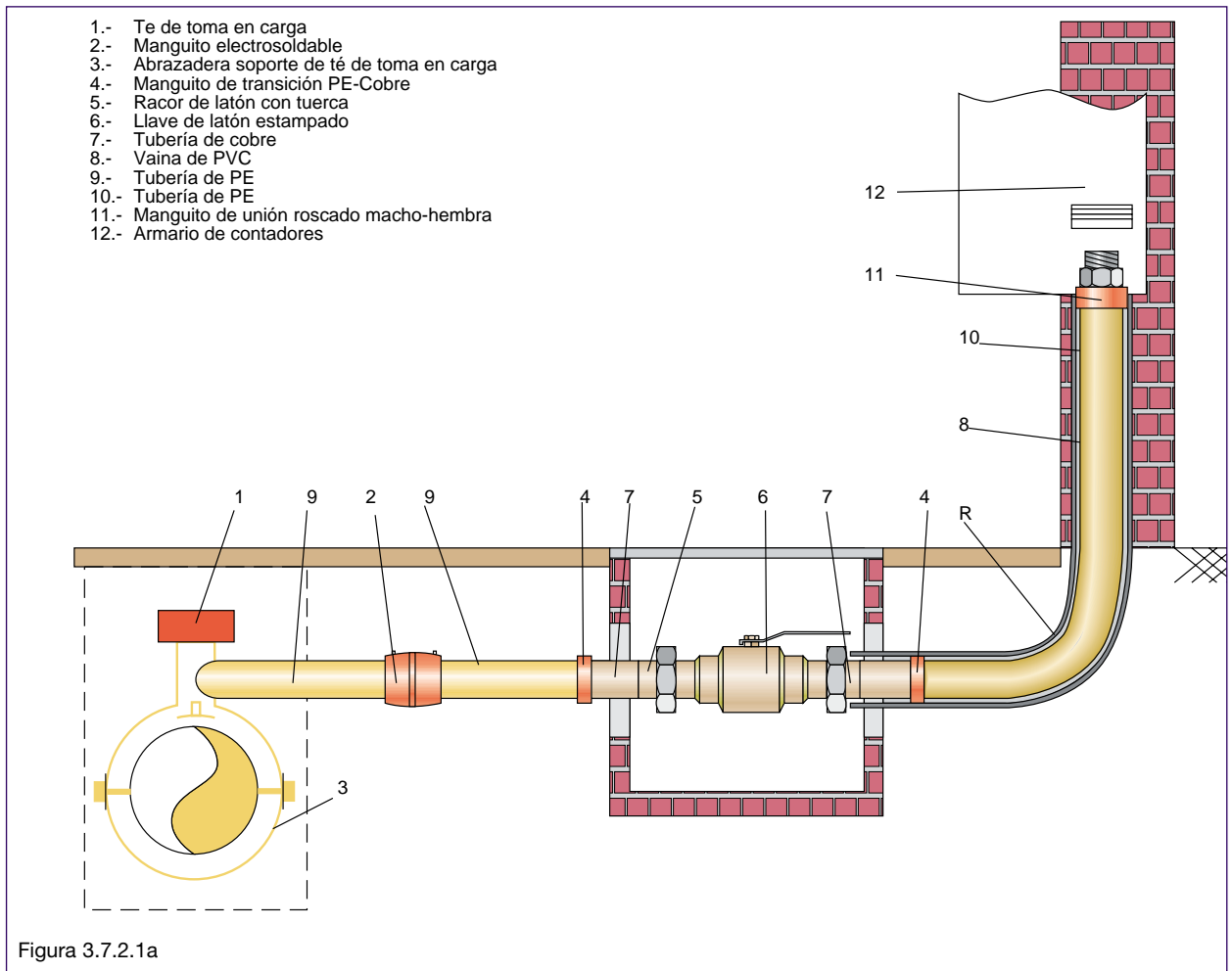
Como el PE no puede ser instalado sobre la superficie, al realizar la acometida interior se deberá efectuar la transición a conducción de cobre.

Para ello, a continuación del acoplamiento a la red de PE de una toma en carga, se prolonga la derivación mediante un manguito electrosoldable. Después de la llave de acometida, se intercala un accesorio de transición PE-cobre, según apartado T3: 3.3.5.2.

El tubo de cobre del accesorio de transición se suelda al racor de latón teniendo precaución de que dicho tubo se caliente lo menos posible, para lo cual es conveniente enfriar con papel celulósico; en caso contrario podría perjudicarse la anterior conexión de PE.

La llave de acometida tendrá conexiones PE-PE y será del tipo 1 (según apartado T3: 3.6.1), para acometidas hasta DN 50. Para diámetros superiores, la llave a instalar será del tipo 2 según podemos ver en la Figura 3.3.6b.

Igualmente se puede realizar la acometida en redes de polietileno con la llave tipo 2 sin venteo.



El conducto de PE se protege con vaina de PVC. Se debe tener presente lo indicado anteriormente referente a los radios de curvatura del tubo de PE.

A la entrada del armario de contadores se acopla un manguito de unión hexagonal con rosca macho o hembra.

Las acometidas representadas en la Figura 3.7.2.1a se realizarán en aquellos casos en los que, según la Normativa vigente, no se precise llave de edificio en la instalación receptora.

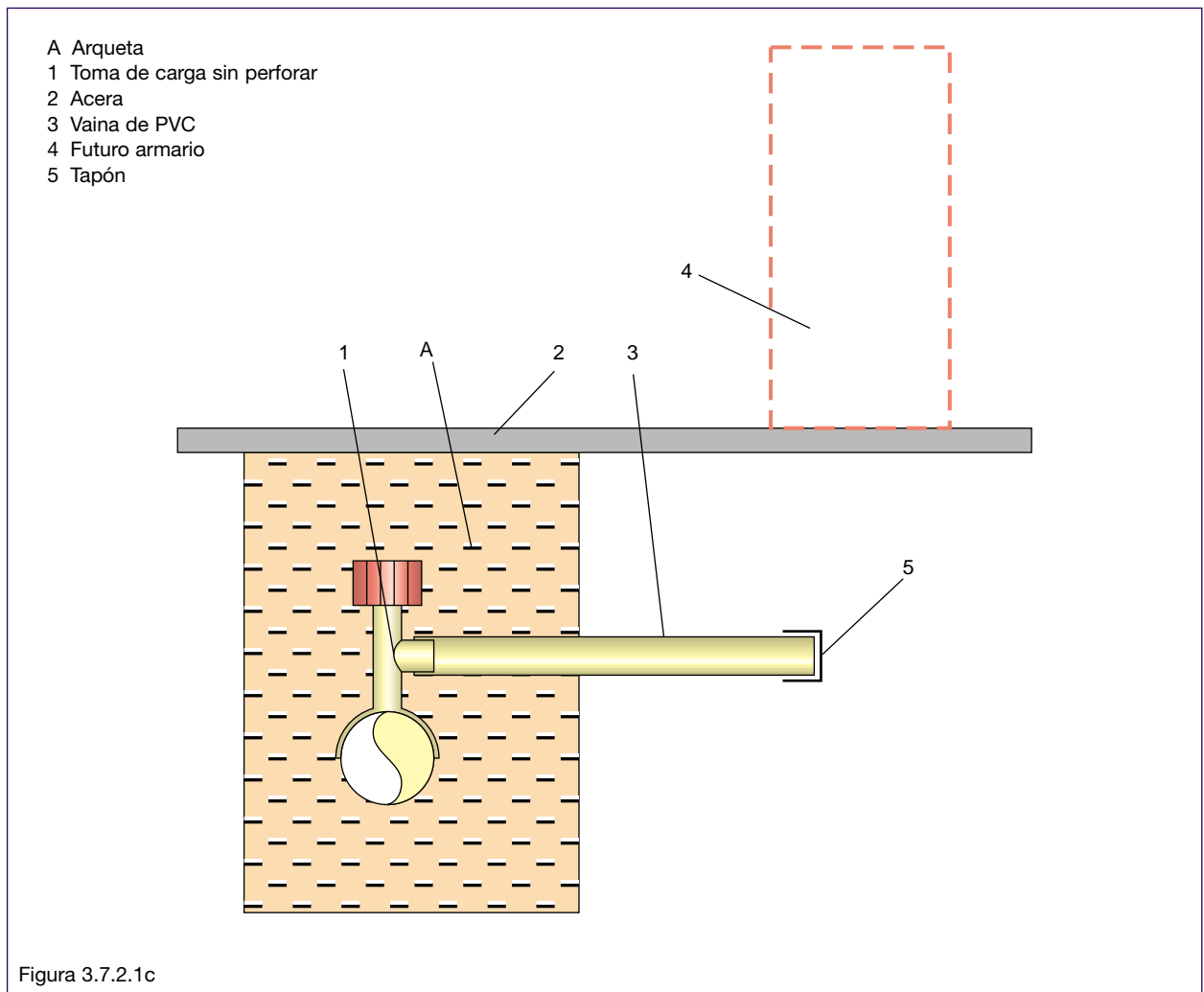
La llave de edificio puede hacer la función de llave de acometida.

En caso de precisar llave de edificio, la acometida se realizará según la Figura 3.7.2.2, como veremos más adelante. En este caso la tubería deberá ser de acero o cobre.

Para acometida de instalación colectiva (Bloque de viviendas), la instalación se realiza, por lo anteriormente expuesto, siguiendo la Figura 3.7.2.1b, pudiendo emplazar en 4 la llave de edificio

Para viviendas individuales (chalés) en 4 de la Figura 3.7.2.1b se emplaza el contador, siempre que se encuentre en el límite de la propiedad.

En la Figura 3.7.2.1c se representa cómo puede quedar preparada una futura acometida y evitar así la obra civil en el momento de su ejecución.



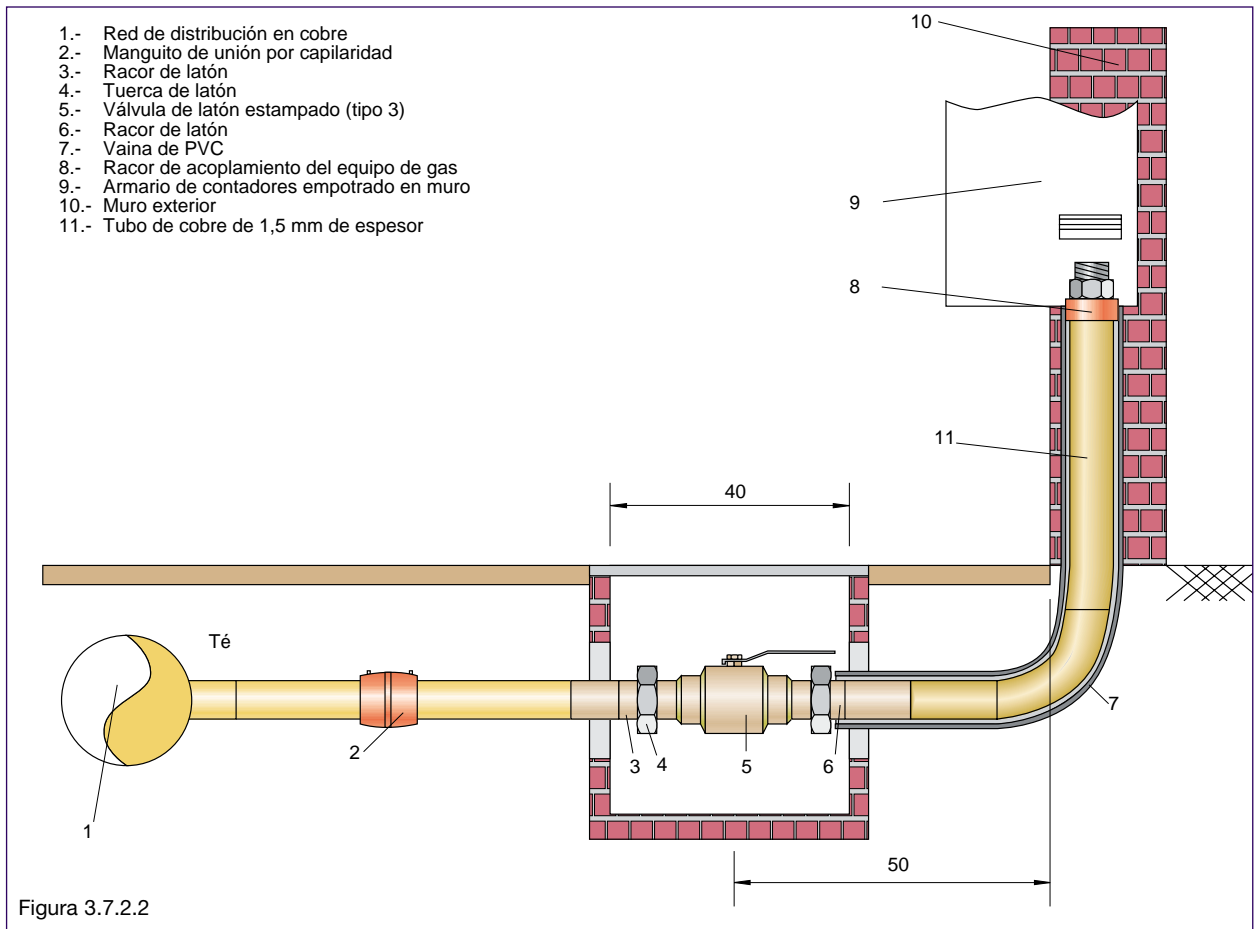
En la red se queda montada la derivación con toma en carga taponando la tubería mediante un “Cap” soldado.

Montar la vaina de PVC donde en el futuro se introducirá la conducción de gas.

Los armarios de regulación seguirán los requisitos de la norma UNE 60 404.

T3: 3.7.2.2 Especificaciones para acometidas interiores en cobre

Esta acometida interior comienza en una “te” reducida intercalada en la red de distribución y comprende los elementos incluidos en la Figura 3.7.2.2.



Este tipo de acometida está especialmente indicada para viviendas unifamiliares y para todas aquellas acometidas que discurren a través de vainas empotradas en el interior de paredes exteriores.

Las vainas serán continuas en todo su recorrido de modo que en caso de eventuales fugas, la salida de ésta se realice hacia los extremos previstos para su ventilación.

La superficie de las vainas estará recubierta por una protección eficaz que impida su ataque por el medio exterior.

No se permite el contacto de vainas con armaduras metálicas de la edificación ni con cualquier otra tubería.

La vaina será de acero cuando sirva de protección mecánica como en el caso de la Figura 3.7.2.3b.

T3: 3.7.2.3 Especificaciones para acometidas interiores en acero

Esta acometida interior comienza en una “te” intercalada en la red de distribución y comprende los elementos incluidos en la Figura 3.7.2.3a.

Materiales. El material a emplear en los accesorios (codos, tes y reducciones), es acero al carbono ASTM A-105 según ANSI B16.9. La llave de acometida será del tipo 2.

Protección de la acometida. El tramo de tubería de que consta la acometida deberá tener una protección pasiva contra la corrosión según se especificó en el punto T3: 3.5.4.1 (clase B), así como estar incluida en el sistema de protección catódica del resto de la instalación si ésta lo precisa.

La acometida, si esta enterrada, deberá aislarse del resto de la instalación mediante el montaje de una junta aislante tipo monobloc PN-10.

El tramo vertical emergente se protege mecánicamente mediante vaina de acero de 1,8 m de longitud y su diámetro interior rebasará en 10 mm el diámetro exterior de la tubería.

Los extremos de la vaina estarán sellados y a ésta se le practicará su correspondiente ventilación, quedando a su vez debidamente fijada al muro por abrazaderas.

Llaves. Las llaves de acometida para instalación industrial o colectiva (de 2 y 3"), serán de acero al carbono y según especificaciones del tipo 2. Dispondrán de un disco en ocho conectado a las bridas de la misma.

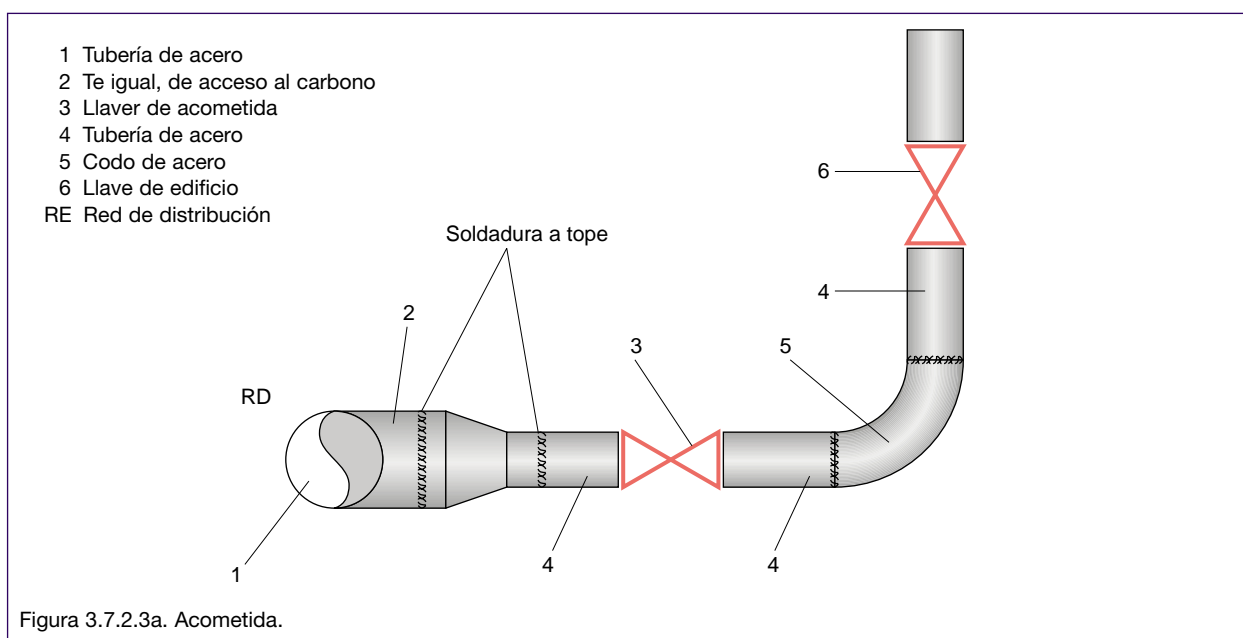
La llave de edificio en acometidas que suministren a viviendas, puede no ser necesaria, si alimenta a un único edificio, y si la longitud de tubería comprendida entre la llave de acometida y el edificio es como máximo de 10 m para enterradas y 25 m para aéreas. La llave de acometida hace en este caso función de llave de edificio.

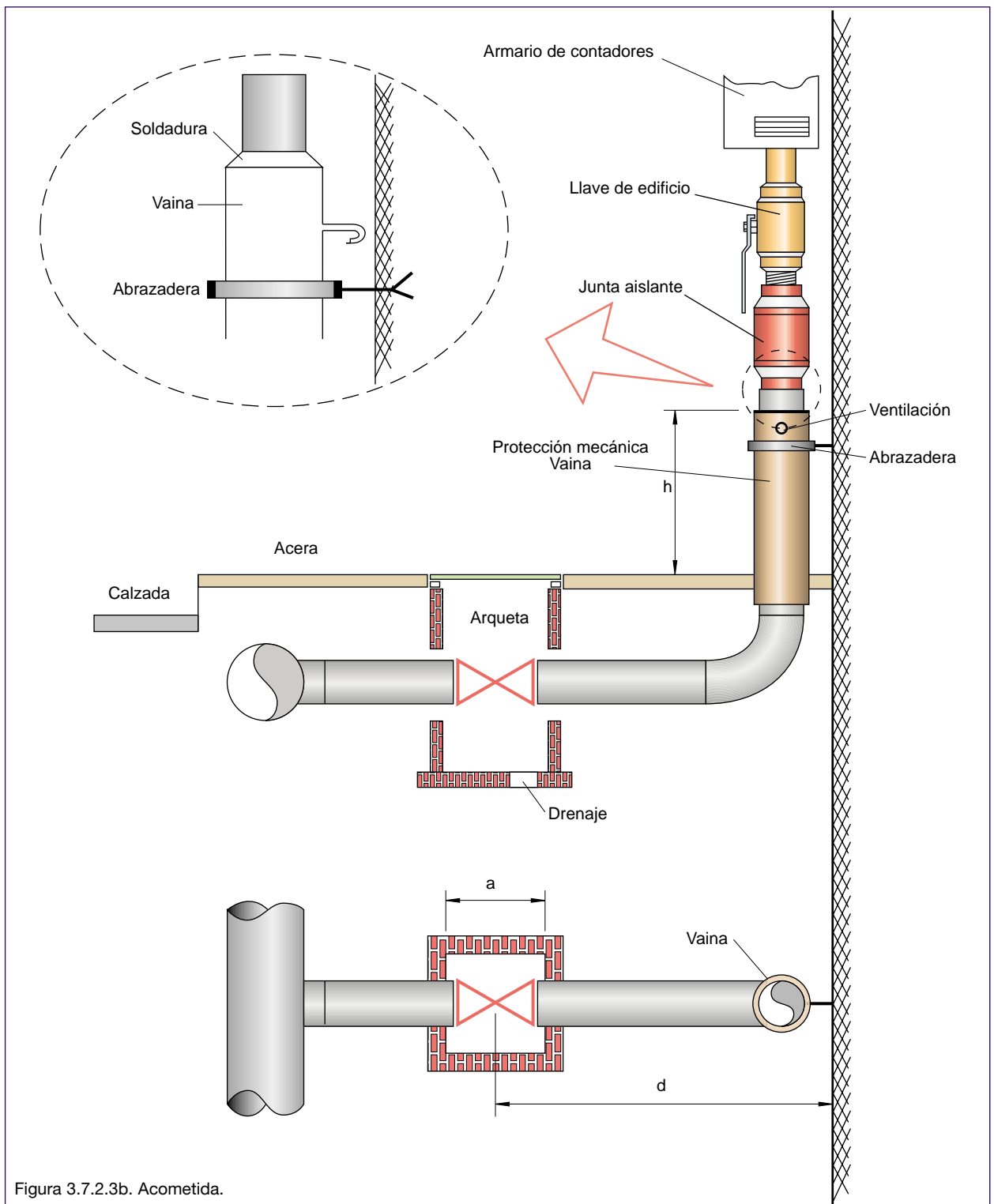
Las dimensiones de la Figura 3.7.2.3b referentes a medidas de arquetas y distancia de ésta a la fachada o paramento serán:

$$a = 50 \text{ cm}$$

$$d = 50 \text{ cm}$$

$$h = 150 \text{ cm}$$





T3: 3.8 Contadores

Ver lo indicado en el párrafo T3. 1.5.1.9.

Existen en el mercado varios tipos de contadores que CEPSA ELF GAS autoriza para las instalaciones; consultar la relación de los homologados para estas instalaciones.

Los contadores de membrana (paredes deformables) tienen baja pérdida de carga por lo que son los utilizados en instalaciones de baja presión. Las dimensiones a tener en cuenta para su montaje se indican en la Figura 3.8.

Ubicación: No deben situarse los contadores en un primer sótano o semisótano. Excepcionalmente, pueden situarse en un primer sótano previa justificación de que la solución técnica adoptada mantiene unos niveles de seguridad similares a los que se obtengan en instalaciones de superficie, bajo el criterio de CEPSA ELF GAS.

Los recintos destinados a la instalación de contadores (local técnico, armario o nicho ⁽¹⁾ y conducto técnico) deben estar reservados exclusivamente para instalaciones de gas. Estos recintos pueden utilizarse también para ubicar los reguladores de edificio o de planta. No se destinarán al almacenamiento de cualquier material o aparato ajeno, no destinado al mantenimiento de los mismos.

El totalizador del contador debe situarse a una altura del suelo tal que permita la fácil lectura, salvo en el caso de lecturas automatizadas.

T3: 3.8.1 Contadores para usos domésticos

Se han de distinguir dos casos diferentes que se presentan en las instalaciones de contadores: Figura 3.8.1.

- 1 Contadores centralizados donde la presión de medida es MPA (normalmente 150 mbar). Posteriormente existe un regulador de 37 mbar.
- 2 Contadores individualizados donde la presión de medida es de 37 mbar.

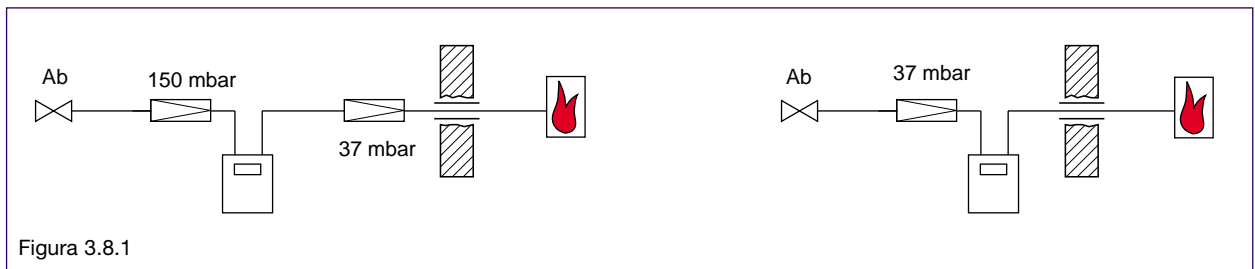


Figura 3.8.1

La ubicación de los reguladores será siempre en el exterior de los locales.

La selección del regulador adecuado se realiza considerando el caudal punta de la instalación que ha de ser cubierto con el 80 % del Q_{max} del contador.

En las instalaciones de CEPSA ELF GAS, los contadores los suministra CEPSA ELF GAS.

T3: 3.8.2 Contadores para usos colectivos, comerciales o industriales

Los contadores para grandes consumos pueden ser de los tres tipos indicados: membrana, pistones y turbina. En la siguiente tabla se relaciona la gama de contadores de membrana.

USOS	Contador	Conexiones	A (mm)	Q max (m ³ /h)	Q nom (m ³ /h)	Q min (m ³ /h)	P máx Serv. (bar)
Doméstico	G - 4	G 7/8"	160	6	4	0,04	0,5
	BK4	G 7/8"	160	6	4	0,04	0,5
Colectivo Comercial Industrial	G - 6	G 1 1/4"	250	10	6	0,06	0,5
	BK6	G 1 1/4"	250	10	6	0,06	0,5
	G - 16	G 2"	280	25	16	0,16	0,5
	G - 25	G 2 1/2"	335	40	25	0,25	0,5
	G - 40	DN 65	430	65	40	0,40	0,5
	G - 65	DN 80	500	100	65	0,65	0,2
	G - 100	DN 100	675	160	100	1,00	0,2
	G - 160	DN 150	800	250	160	1,60	0,2

Estos valores son los establecidos en la norma UNE 60 510, pudiendo ser sobrepasados en positivo, esto es, pueden medir un caudal inferior al mínimo y superior al máximo.

La pérdida de carga ofrecida por un regulador depende de la propia ejecución de cada fabricante y de la presión a la que está sometido el gas: Por ejemplo, un G4 en BP puede tener 0,4 mbar con un caudal de 2 m³/h; 0,7 con 3; 1,1 con 4; 1,5 con 5 y 2 mbar con 6 m³/h. Figura 3.8.2a.

(1) Nicho puede definirse como armario empotrado en pared o muro.

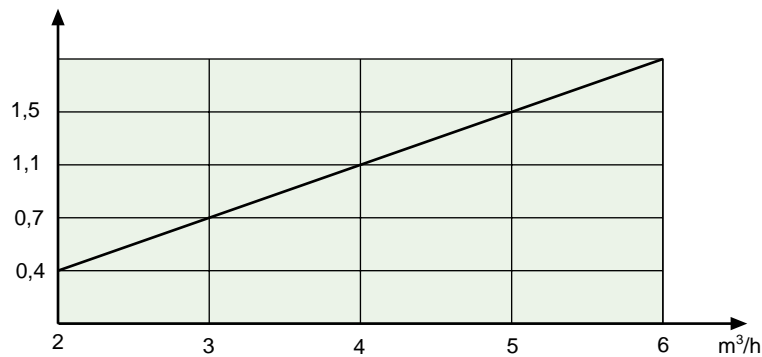


Figura 3.8.2a

Los caudales vienen expresados en m^3/h . Para conocer el equivalente en masa, se deberá multiplicar por la masa en volumen que para el propano es de $2 \text{ kg}/\text{m}^3$ aproximadamente, en condiciones normales.

La selección del regulador adecuado se realiza considerando el caudal punta de la instalación que ha de ser cubierto con el 80 % del caudal máximo del contador.

Ejemplo: El contador G-16 podrá suministrar un caudal punta máximo de $25 \times 0,8 = 20 \text{ m}^3/\text{h}$.

Se deberá tener en consideración, además, la presión de medida y el precio ya que éste resulta muy diferente según sea de membrana, de turbina o de pistones rotativos. En todo caso, consultar al Departamento técnico de CEPSA Elf Gas.

Contadores de turbina. Para usos colectivos o industriales también se utilizan los contadores de turbina o de pistones rotativos, donde la gama de medida es más amplia.

Contadores de Turbina: desde $Q_{\text{min}}/Q_{\text{máx}} = 13/250 \text{ m}^3/\text{h}$ G-160 hasta $130/2\ 500 \text{ m}^3/\text{h}$ G-1 600, con conexión bridas, Presión máxima de servicio 16 y 20 bar.

Componentes de un armario de una ERM: Figura 3.8.2b.

- | | |
|--|------------------------------|
| 1. Junta aislante (para redes de acero). | 6. Contador de turbina. |
| 2. Llave de corte. | 7. Lectura de contaje. |
| 3. Filtro de 100μ | 8. Manómetro con llave. |
| 4. Regulador con VIS de mín. | 9. Toma de presión Peterson. |
| 5. Armario. | |

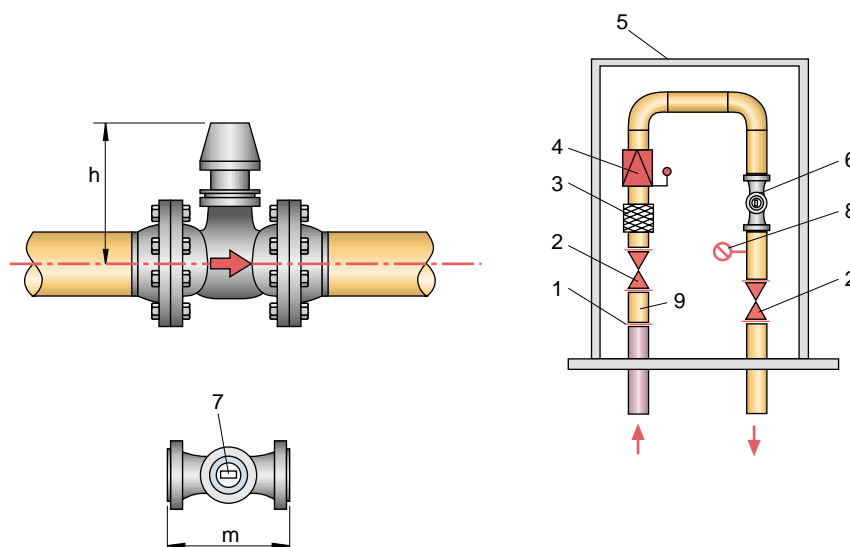


Figura 3.8.2b

El contador para una instalación industrial dispondrá de by-pass para evitar la interrupción de suministro. Las dimensiones del contador de turbina, a igualdad de caudal, es bastante menor que los de membrana. Consultar documentación del fabricante.

Los contadores de pistones rotativos exigen la incorporación de un filtro a la entrada.

Puesto que la masa en volumen de los gases varía con la presión y la temperatura, en las instalaciones de grandes consumos se hace necesario realizar las correcciones oportunas.

**En los casos que sea necesario se preverá la instalación de un corrector
PT a criterio de CEPSA ELF GAS**

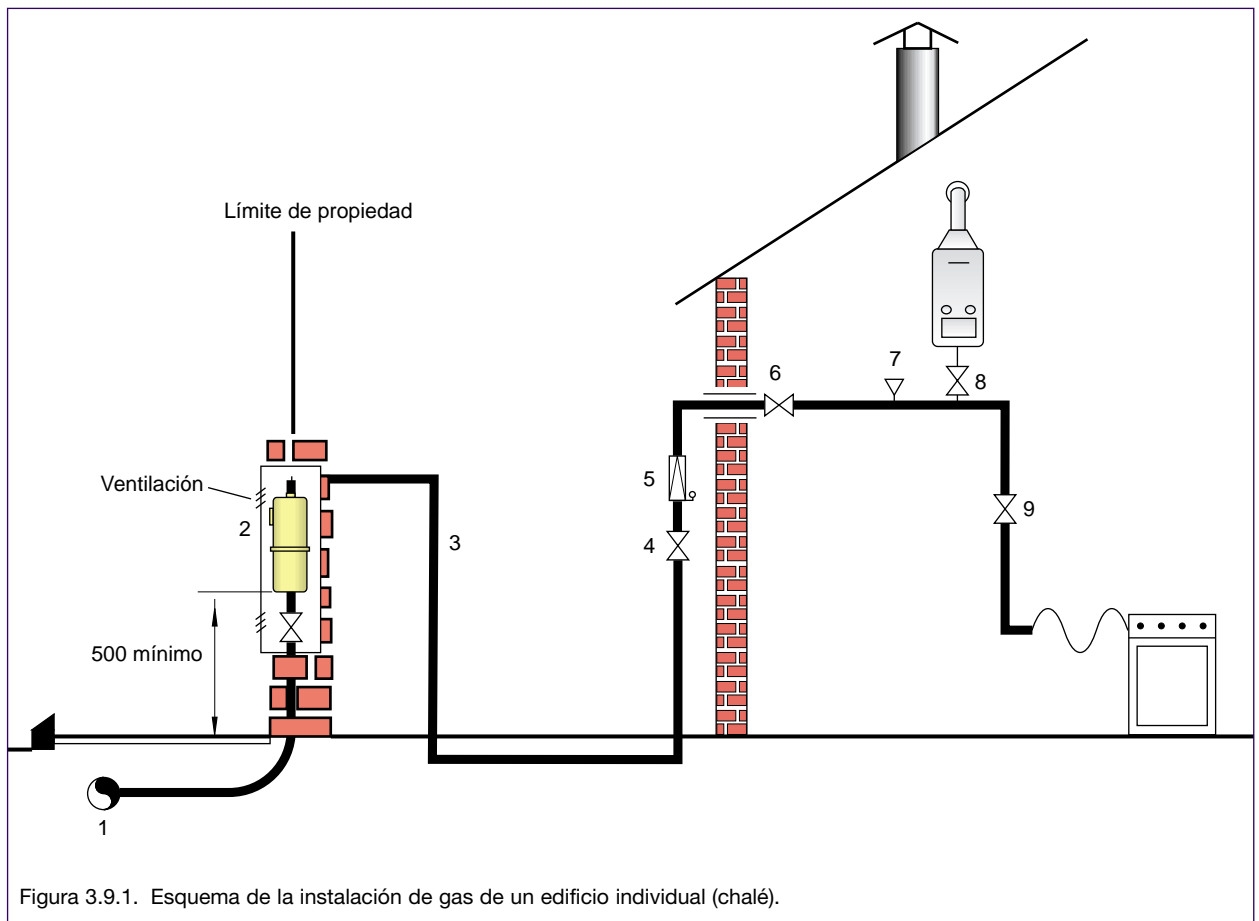
T3: 3.9 Instalaciones individuales domésticas: Viviendas unifamiliares

T3: 3.9.1 Contadores para viviendas unifamiliares

El armario (o nicho) de contador o contadores (en viviendas adosadas o pareadas) se emplazará preferentemente en la fachada o muro límite de la propiedad y accesible desde el exterior para los servicios técnicos de CEPSA ELF GAS. Se situará sobre una base de fábrica de 50 cm de altura como mínimo, la puerta se abrirá hacia fuera y dispondrá de una cerradura normalizada por CEPSA ELF GAS. Figura 3.9.1.

Los armarios estarán contruidos de chapa de acero de 1,5 mm de espesor, de fibra de vidrio con poliéster o de fábrica de ladrillo.

La adición de anticongelante mediante jeringuilla en la cámara de la membrana evita el congelamiento de la misma durante la época fría.

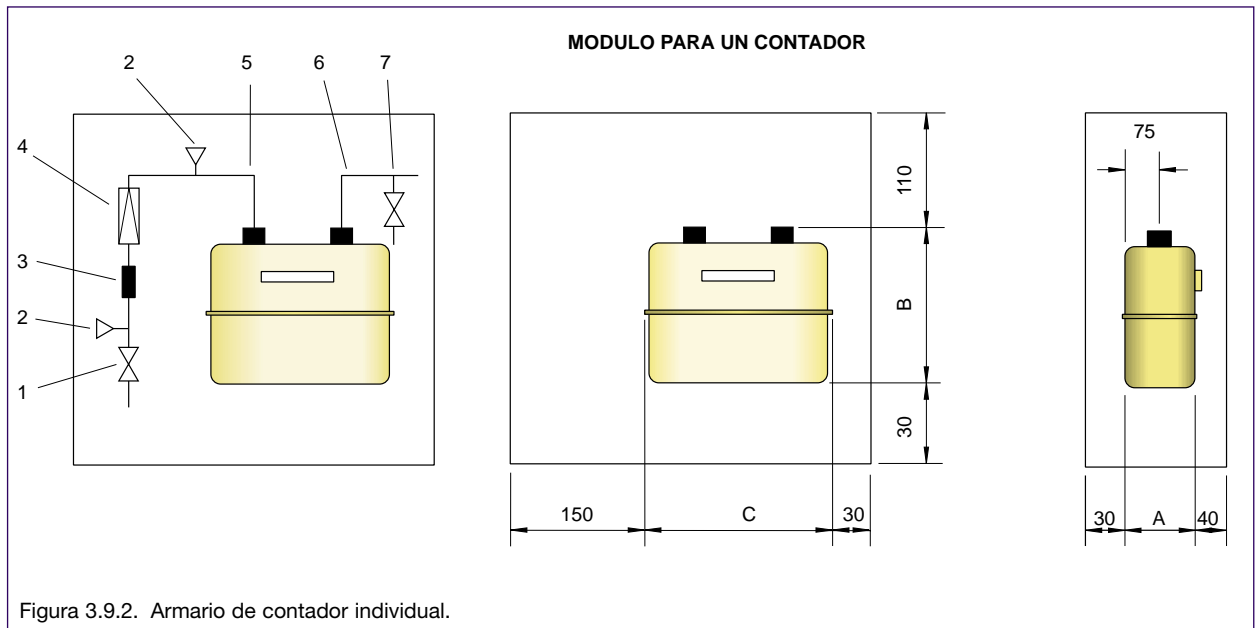


Los elementos de la Figura 3.9.1 son los siguientes:

1. Red de distribución de gas.
2. Armario de contador con llave de acometida/edificio/abonado.
3. Tubería de cobre.
4. Llave general de vivienda exterior.
5. Regulador de vivienda de 37 mbar con VIS min.
6. Llave general de vivienda interior.
7. Toma de presión de débil calibre.
8. Llave de aparato y aparato caldera y/o calentador.
9. Llave de aparato y aparato cocina.

T3: 3.9.2 Equipo de gas para viviendas unifamiliares

El armario de contador estará instalado en un muro exterior. El equipo de regulación y medida está compuesto por los siguientes elementos: Figura 3.9.2.



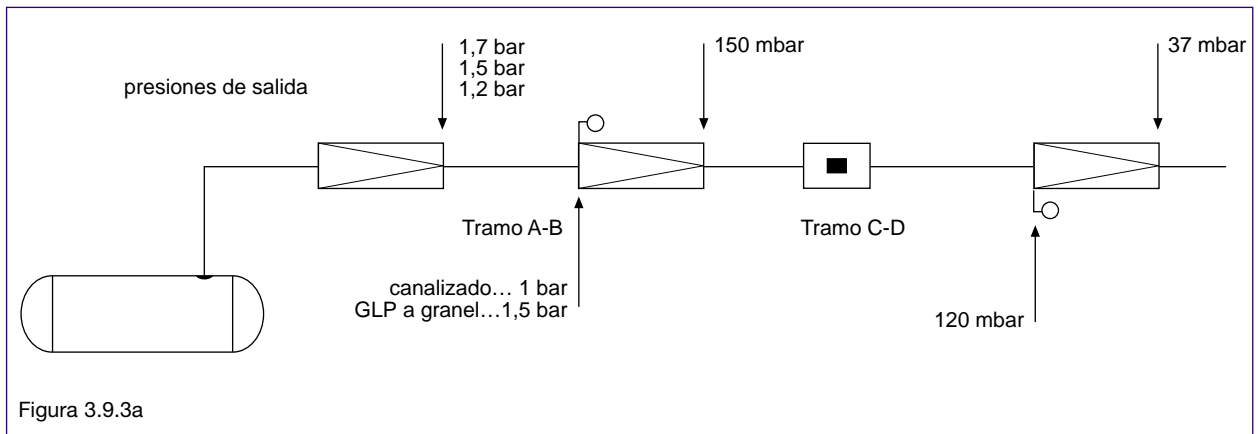
- 1 Llave de acometida/edificio/abonado en latón estampado de $\frac{1}{2}$ " (Tipo 3).
- 2 Toma de presión tipo Peterson.
- 3 Filtro de $\frac{1}{2}$ " de latón estampado, tamiz de acero inoxidable y de 100 micras (μ) de grado de filtrado.
- 4 Regulador de presión de 150 mbar.
- 5 Tubería de cobre de 1,5 mm de espesor.
- 6 Armario en chapa de acero o fibra de vidrio con poliéster.
- 7 Toma de presión de débil calibre.

Observación: No debe quedar junta alguna en la conexión aguas arriba de la llave 1

T3: 3.9.3 Equipo de regulación para viviendas unifamiliares

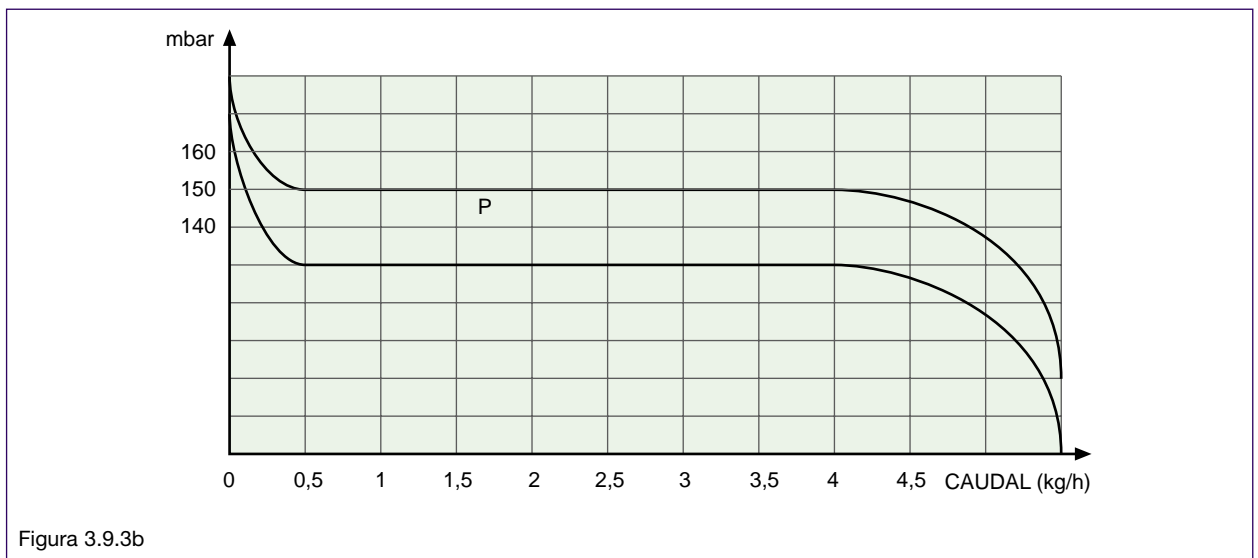
La regulación para este tipo de instalación consta de dos etapas.

Regulador de primera etapa: La presión en la llave 1 es del orden de 1,7; 1,5; ó 1,2 bar (por diseño de instalación de red), por tanto es la presión de entrada. La presión de salida de dicho regulador y de entrada al contador es de 150 mbar. La facturación se realiza a 150 mar.



Las conexiones serán: de entrada tuerca 20 x 150 y salida M20 x 150..., el caudal a la citada presión de entrada puede alcanzar los 3 kg/h con un error en la presión de salida de un -5 %

Este regulador está diseñado para que en el punto P de la Figura 3.9.3 que corresponde a un caudal de 1 kg/h, proporcione una presión de 150 mbar. La tolerancia admitida es de ± 10 mbar. Para otras condiciones es preciso consultar la documentación de la firma suministradora del regulador.



Regulador de segunda etapa (de vivienda): La presión de salida es de 37 mbar, siendo la presión mínima de entrada de 120 mbar. Sus características a la presión de entrada 1,2 bar, son las siguientes:

- Presión máxima de entrada 1,75 bar
- Presión mínima de entrada 120 mbar
- Presión de salida 37 mbar
- Seguridad: Por mínima presión, llave de corte y rearme manual
- Conexiones 20 x 150
- Caudal de 4 a 8 kg/h

T3: 3.10 Instalaciones receptoras individuales en bloques de viviendas

Los contadores deben instalarse centralizados, en recintos situados en zonas comunitarias del edificio, con accesibilidad grado 1 ó 2, según los casos, para los servicios técnicos de CEPSA.

T3: 3.10.1 Centralización de contadores, condiciones generales para su instalación

Los contadores pueden centralizarse de forma total en un local técnico o armario, o bien de forma parcial en locales técnicos, armarios o conductos técnicos en rellano.

Construcción: Los locales técnicos, armarios y conductos técnicos podrán ser prefabricados o construirse con obra de fábrica con revoco interior.

Estos recintos deberán estar adecuadamente **ventilados** y con unas **dimensiones** suficientes para permitir el correcto mantenimiento de los contadores y estar destinados únicamente a la instalación de gas.

En el recinto de centralización, junto a cada llave de contador, debe existir una **placa** identificativa que lleve grabada, de forma indeleble, la indicación de la vivienda (piso y puerta) o local comercial al que suministra. Dicha placa debe ser de chapa metálica perforada.

La **puerta** de acceso al recinto para varios contadores debe abrir hacia afuera y disponer de cerradura con llave normalizada por CEPSA ELF GAS. Si se trata de un local técnico, la puerta podrá abrirse desde el interior del mismo sin necesidad de llave y será estanca.

La instalación **eléctrica** en el interior del recinto de centralización, de existir, debe ajustarse a la reglamentación vigente ⁽²⁾. Cajas e iluminaciones estancas, el interruptor se situará en el exterior del recinto y los cables irán envainados en tubo de acero.

En el caso de recintos de centralización que contengan más de dos contadores, en un lugar visible del interior del recinto debe situarse un **cartel** informativo de prevención que contenga, como mínimo, las siguientes inscripciones:

Prohibido fumar o encender fuego.

Asegúrese que la llave que se maniobra es la que corresponde.

No abrir una llave sin asegurarse que las del resto de la instalación correspondiente están cerradas.

En el caso de cerrar una llave equivocadamente, no la vuelva a abrir sin comprobar que el resto de las llaves de la instalación correspondiente están cerradas (por carecer las cocinas de seguro de encendido).

Además, en el exterior de la puerta del recinto deberá situarse un cartel informativo que contenga la siguiente inscripción:

Contadores de gas

T3: 3.10.2 Contadores en locales o armarios

Estos recintos deberán estar ubicados en zona **comunitaria** y estar protegidos por puerta provista de **cerradura** con llave normalizada por CEPSA ELF GAS y poderse manipular sin necesidad de emplear medios mecánicos especiales. Es lo que se define en la normativa por grado de accesibilidad 2.

Los contadores estarán protegidos de la **intemperie** u otras causas que puedan originar deterioro o mal funcionamiento de estos.

Los contadores deberán estar convenientemente fijados a la pared o armario mediante **soportes**.

El centro del visor del contador deberá quedar dispuesto para su fácil **lectura** (Figura 3.10.2).

Los contadores se situarán en zona comunitaria con cerradura normalizada por CEPSA ELF GAS con grado de accesibilidad 2

(2) Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, instrucción técnica IM-026 para clase I (punto 3.1), zona 2 (punto 5), respetando las condiciones de instalación (punto 5).

- 1 Puerta hacia afuera con cerradura de la Empresa Suministradora.
- 2 Iluminación de seguridad, estanca, interruptor al exterior.
- 3 Cartel de seguridad en el exterior.
- 4 Cartel de seguridad en el interior.
- 5 Identificación de usuario en el contador.

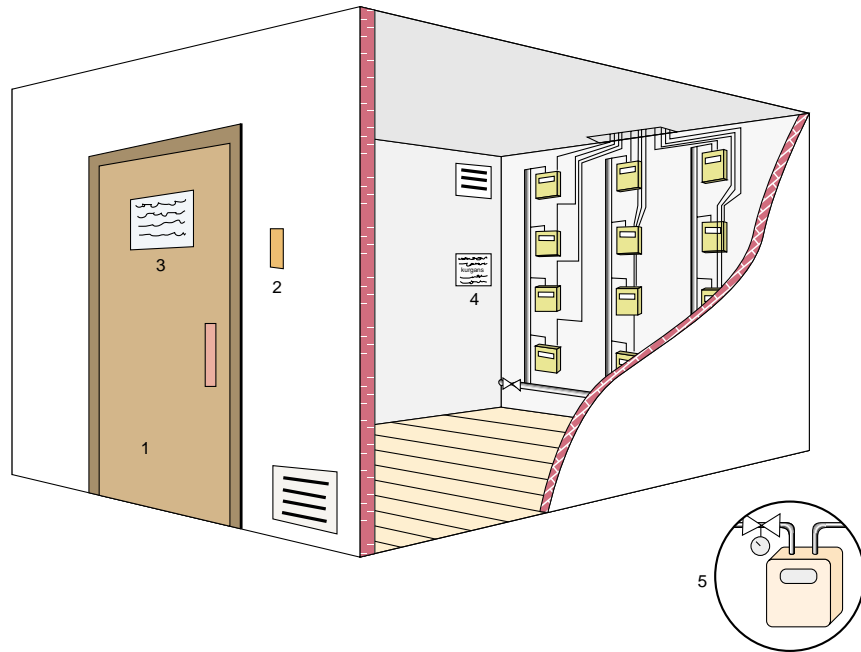


Figura 3.10.2a

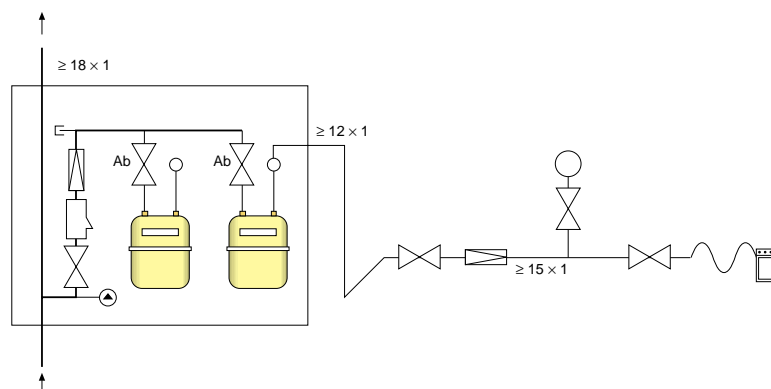
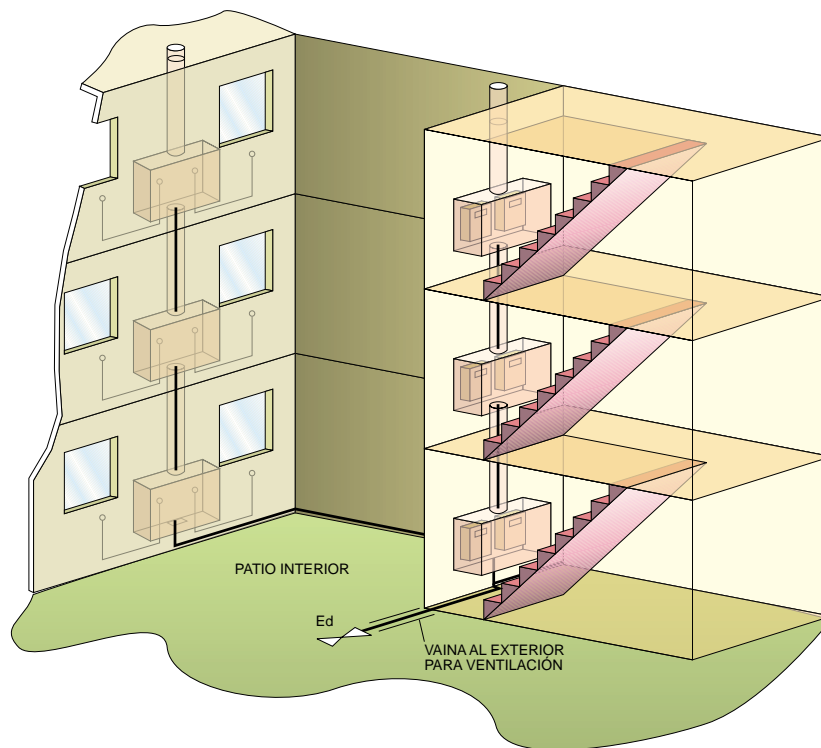
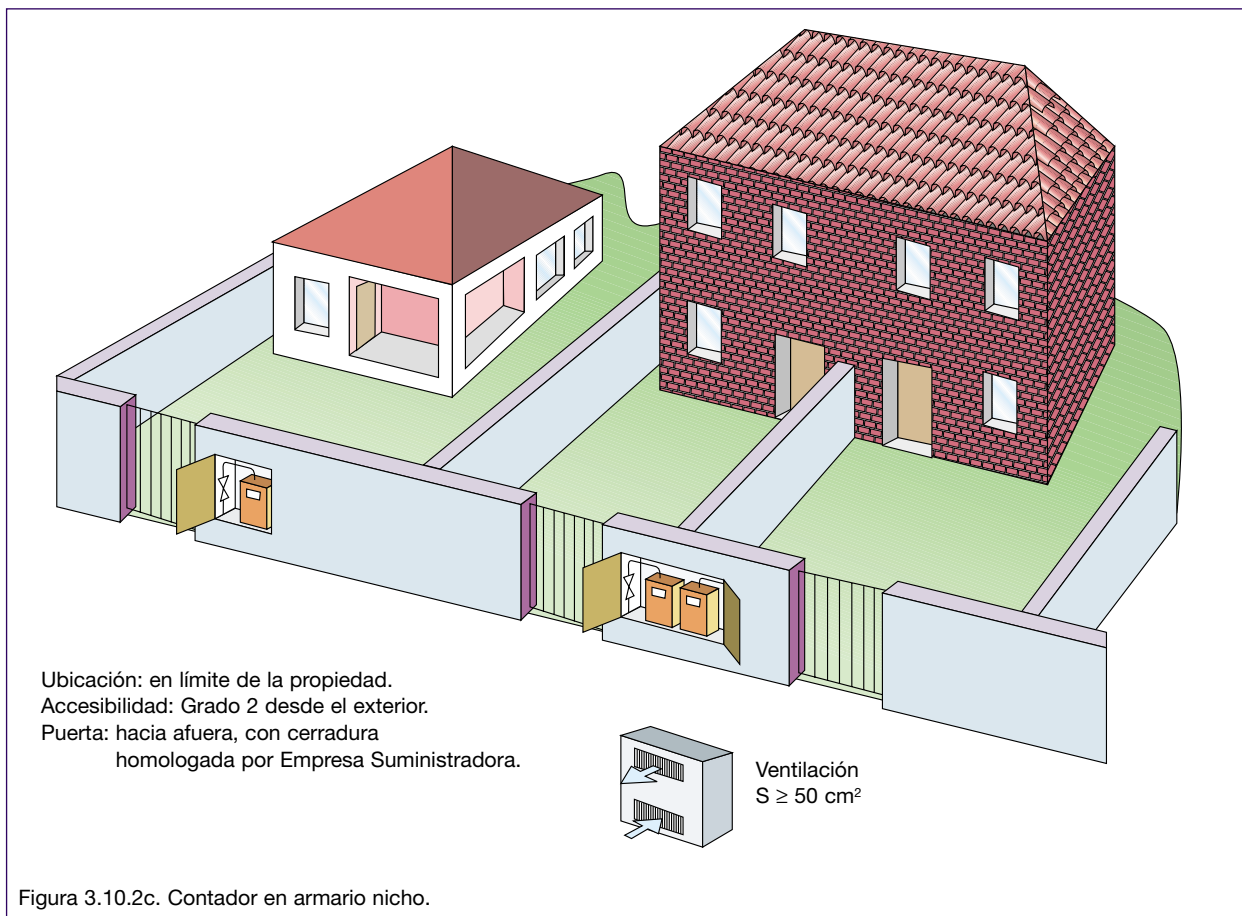


Figura 3.10.2b



T3: 3.10.3 Equipo de gas y accesorios en armario de contadores

Se relacionan a continuación, los componentes de la instalación y equipo de gas del armario y locales técnicos:

1. Manómetros de escala hasta 4 bar con llave pulsadora para su descompresión.
2. Llave de armario de $\frac{3}{4}$ " de latón precintable (tipo 3).
3. Filtro de 100 μ .
4. Llave de abonado.
5. Regulador de 150 mbar.
6. Toma de presión tipo Peterson.
7. Colector tubería de cobre.
8. Armario de contadores.

Con carácter general, las dimensiones mínimas en mm, para armarios de contadores, viene dadas por las siguientes fórmulas:

$$A = 560 F$$

$$B = 310 C + 150$$

Siendo F número de filas de contadores y C número de columnas.

En la Figura 3.10.3b podemos ver el armario con las dimensiones correspondientes.

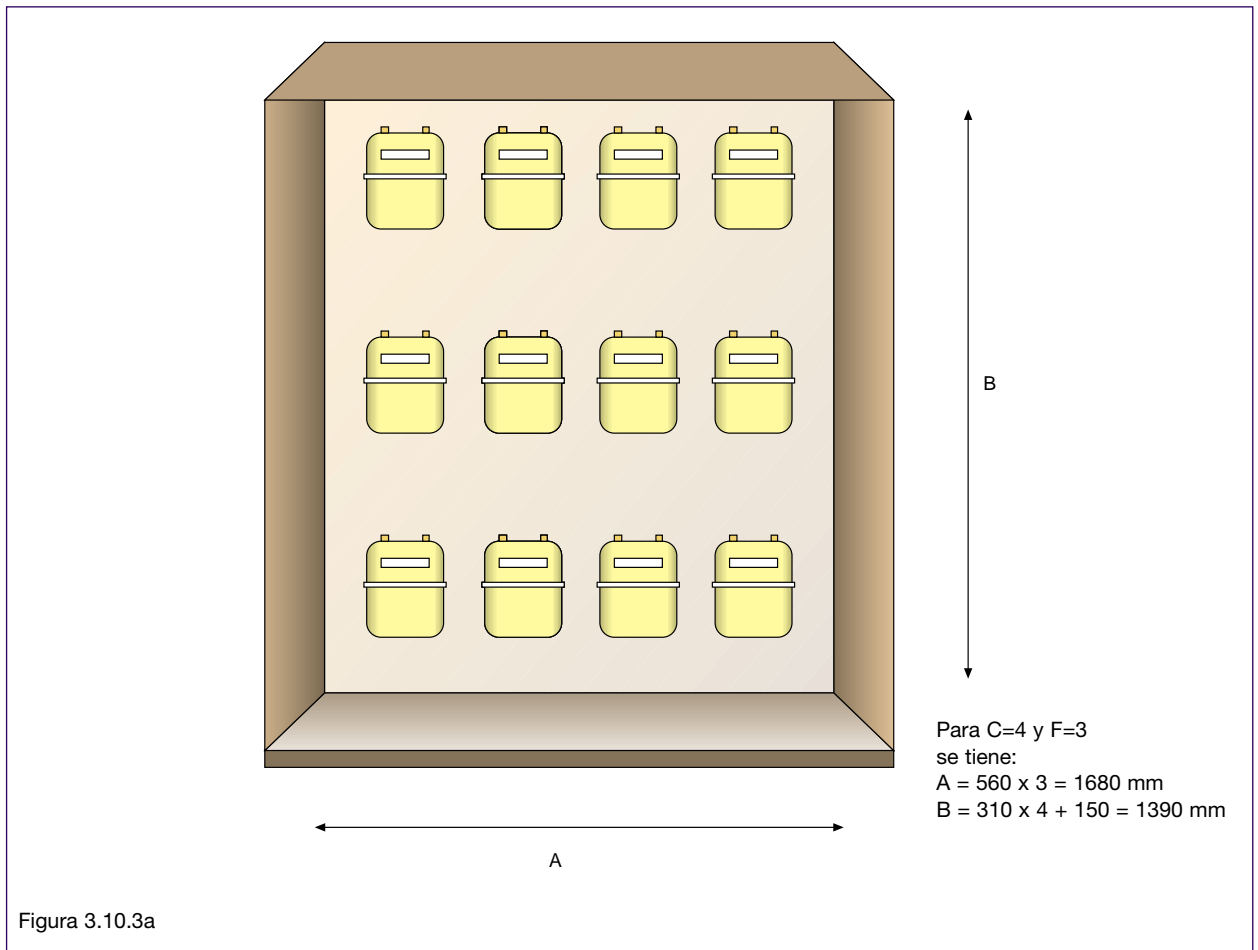


Figura 3.10.3a

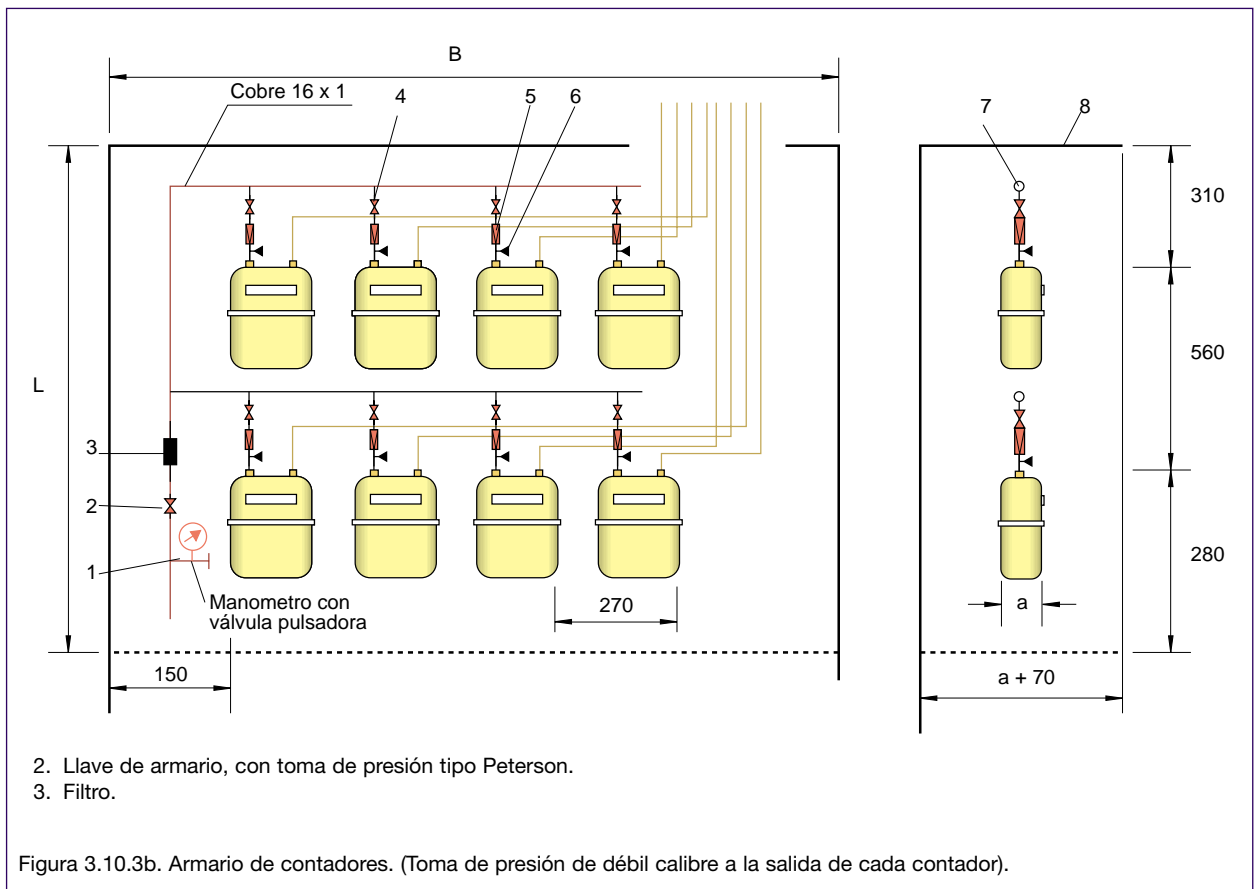


Figura 3.10.3b. Armario de contadores. (Toma de presión de débil calibre a la salida de cada contador).

T3: 3.10.4 Instalación de contadores en conducto técnico

Los conductos técnicos serán verticales y construidos de forma que tengan un trazado lo más rectilíneo posible en toda la altura del inmueble Figura 3.10.4.

La ventilación del conducto técnico se realizará mediante una entrada de aire practicada en la parte inferior con una sección mínima de 100 cm². Esta ventilación estará comunicada con el exterior directamente o indirectamente a través del vestíbulo de entrada de la finca.

Al pasar los forjados de cada planta se practicará una abertura de sección mínima de 100 cm² para asegurar el tiro de aire para ventilación del conducto técnico. Cuando dicha superficie libre sea superior a 400 cm² debe estar protegida por una reja desmontable capaz de soportar, como mínimo, el peso de una persona.

La salida exterior tendrá una sección libre mínima de 150 cm². Esta abertura estará protegida por un sombrerete que impedirá la entrada de agua de lluvia u otros objetos.

El conducto será accesible en cada planta a través de una puerta metálica estanca con cerradura normalizada.

Estas puertas de acceso a los contadores en cada planta de la escalera deben ser estancas respecto del rellano, es decir, no han de contener aberturas y se ajustarán en todo su perímetro al marco mediante una junta de estanquidad. La toma de aire se realizará en la parte baja de la planta inferior, con comunicación al exterior o a patio de ventilación, mediante abertura o conducto.

Las paredes de los conductos estarán perfectamente enlucidas con yeso evitando que en todo el trazado existan grietas.

Ninguna conducción ajena a la instalación puede atravesar al conducto, cuando no se pueda evitar esta conducción no deberá tener accesorios o juntas desmontables y los puntos de penetración y salida deberán ser estancos. Si se trata de tubos de plomo o de material plástico deberán estar además envainados o alojados en el interior de un conducto.

Si se trata de cables eléctricos deberán ir en vaina de acero, además no deberán obstaculizar la ventilación ni el control y mantenimiento de la instalación de gas (llaves, reguladores, contadores, etc.).

La dimensión de la sección transversal del conducto será tal que no impida su mantenimiento y montaje y como mínimo según lo especificado en armarios de contadores.

Particularizando para el caso de la Figura 3.10.3b. Número de filas = 1, número de columnas = 2.

$$A = 560 \quad F = 560 \times 1 = 560 \text{ mm}$$

$$B = 310 \quad C + 150 = 310 \times 2 + 150 = 770 \text{ mm}$$

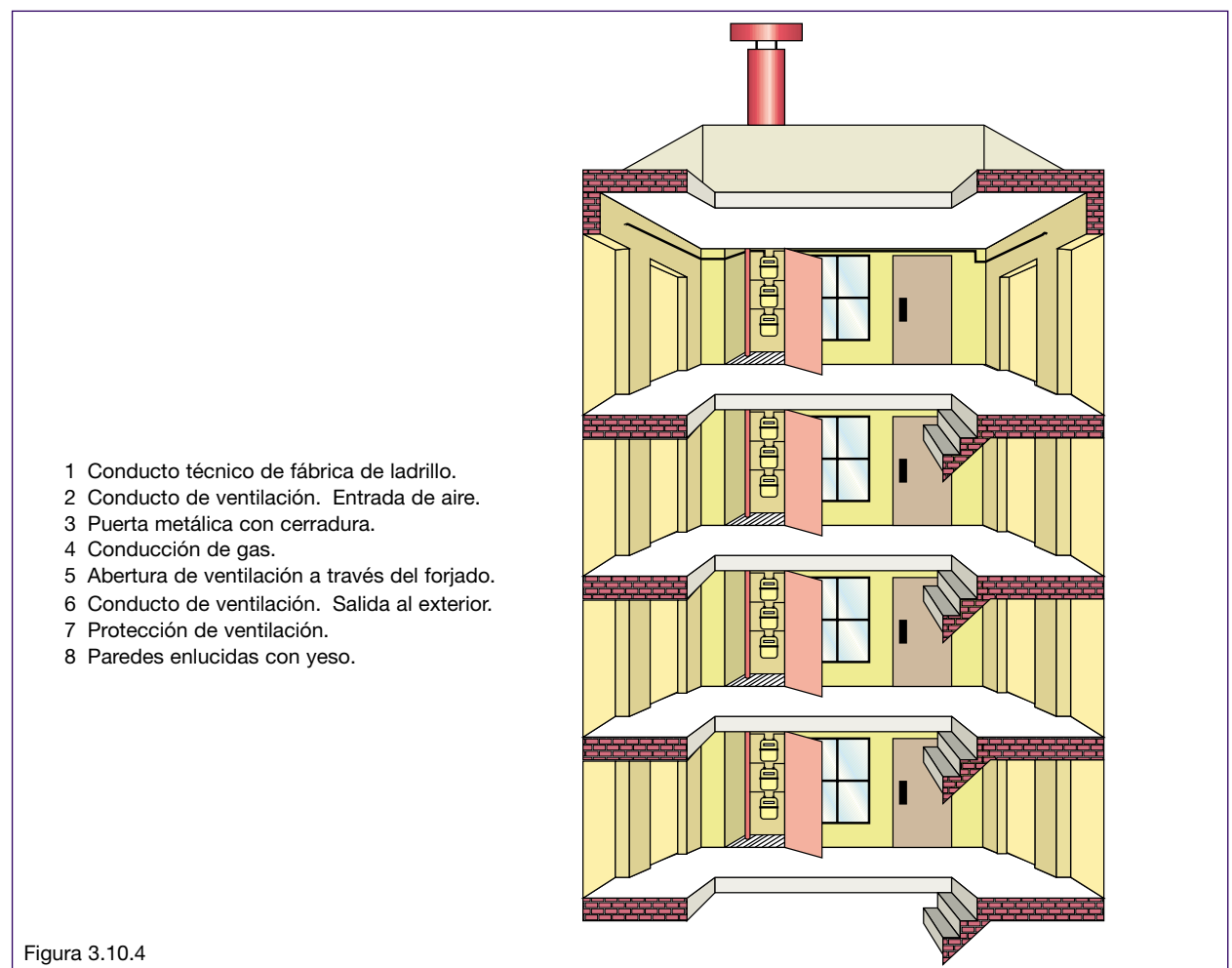
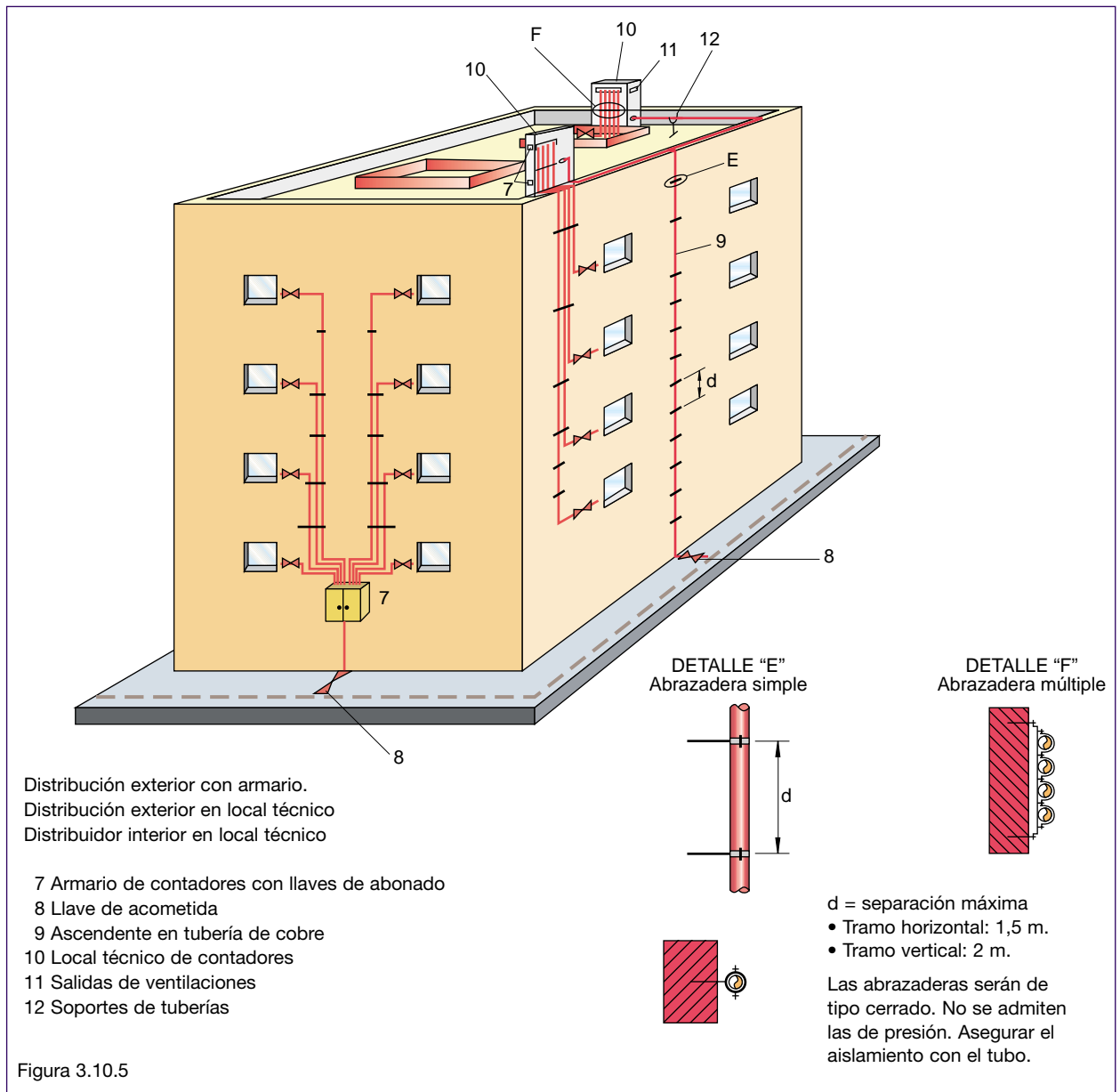


Figura 3.10.4

T3: 3.10.5 Distintos tipos de instalaciones de contadores

Los contadores estarán alojados en armarios adosados a la fachada de los edificios o bien en locales situados en la azotea.

En la Figura 3.10.5 se detalla las formas distintas de distribución:



T3: 3.11 Obra mecánica

La instalación, según los casos, se puede realizar en polietileno, en cobre y en acero.

T3: 3.11.1 Obra mecánica en polietileno

Para los trabajos específicos en canalizaciones de Polietileno usaremos el siguiente material, en función del sistema de soldadura que tengamos que utilizar:

SOLDADURA A TOPE	SOLDADURA POR ELECTROFUSIÓN:
Generador de corriente. Mordazas y suplementos. Bomba de presión hidráulica. Plato refrentador motorizado. Placa calefactora. Cortatubos. Cronómetro (para control de los tiempos de enfriamiento y calentamiento). – Manómetro.	Máquina automática. Alimentación de corriente eléctrica. Alineadores. Abrazaderas de apriete. Mordazas de apriete. Máquinas de perforar (con carga o sin carga). Cortatubos. Raspador. Papel celulósico. Isopropanol, acetona o similar. – Manómetro.

T3: 3.11.2 Obra mecánica en cobre

Para la obra mecánica realizada en cobre se usarán las siguientes herramientas y accesorios:

– Manómetros	– Varillas de aleación
– Cortatubos	– Decapante
– Sopletes	– Tela esmeril fina
– Curvadoras	– Teflón
– Desbarbadoras	– Cinta protectora

T3: 3.11.3 Obra mecánica en acero

Para los trabajos específicos que haya que realizar en las canalizaciones de acero, se usará un utillaje, herramientas y accesorios como los que se describen a continuación:

– Equipo de soldadura eléctrica por arco (Grupo, pinzas, electrodos, etc.)	– Cortatubos
– Grupo electrógeno	– Sopletes
– Bomba hidráulica	– Manómetros
– Amoladoras	– Cepillos metálicos
– Utillaje para apriete	– Utillaje para apriete de pernos
– Rascadores	– Comprobador de resistividad del terreno
	– Cintas protectoras anticorrosión y mecánica

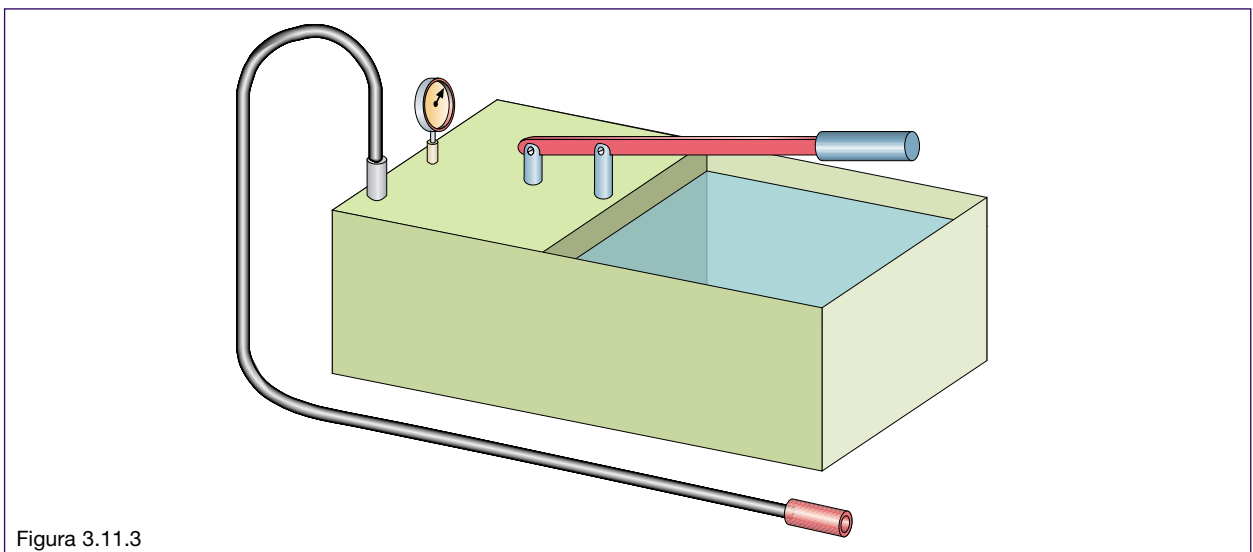


Figura 3.11.3

T3: 3.12 Puesta en servicio

T3: 3.12.1 Instalaciones de gas que precisan proyecto para su ejecución

Las siguientes instalaciones necesitan proyecto:

- 1 Las instalaciones individuales, para cualquier clase de uso, cuando la potencia nominal de utilización simultánea (potencia de diseño) sea superior a 70 kW.
- 2 Las instalaciones comunes para cualquier clase de usos siempre que la potencia nominal de utilización simultánea de las instalaciones individuales a que se alimente sea superior a 700 kW.
- 3 Las instalaciones receptoras suministradas desde redes que operen a una presión de servicio efectiva superior a 4 bar (actualmente la MPB alcanza hasta 5 bar), para cualquier clase de usos, independientemente de la potencia nominal de utilización simultánea.
- 4 Requerirán igualmente proyecto las ampliaciones de las instalaciones que hayan precisado proyecto, cuando la instalación resultante supere en un 30 % la potencia nominal de utilización simultánea o la capacidad de la instalación primitiva proyectada.
- 5 En las ampliaciones de las instalaciones que no se haya confeccionado proyecto, se exigirá el mismo cuando la instalación resultante supere los límites. En el proyecto de ampliación se describirá la instalación completa.

T3: 3.12.2 Pruebas a realizar en la instalación receptora

La prueba a las que han de someterse las instalaciones receptoras cuya presión máxima de servicio sea igual o inferior a 4 bar (actualmente la MPB alcanza hasta 5 bar), será de estanquidad, teniendo que dar resultados satisfactorios antes de su puesta en marcha.

La prueba se efectuará para cada parte de la instalación en función de la presión de servicio a la que vaya a trabajar, pudiendo realizarse de forma completa o por tramos y siempre antes de ocultar, enterrar o empotrar las tuberías. La presión de prueba será 1,5 vez, la presión máxima de servicio y como mínimo de 6 bar. La prueba en tramos a MPA se realizará excluyendo los reguladores, hasta la llave de abonado. Posteriormente se comprobarán las juntas con espumante o sistema equivalente. La duración de la prueba en redes y acometidas será de 1 h desde el equilibrio de presiones.

La prueba de estanquidad será efectuada por la Empresa instaladora y debe realizarse con aire o gas inerte (nitrógeno), estando terminantemente prohibido el uso de otro tipo de gas o líquido.

Únicamente la empresa suministradora podrá utilizar el gas a suministrar para realizar las pruebas de estanquidad.

Previo al inicio de las pruebas de estanquidad hay que asegurarse de que estén cerradas las llaves que delimitan la parte de la instalación que se desea ensayar, así como que estén abiertas las llaves intermedias.

Una vez alcanzado el nivel de presión necesario para la realización de la prueba, y transcurrido un tiempo prudencial para que se establezca la temperatura, se hará la primera lectura de la presión y empezará a contar el tiempo de ensayo. Seguidamente se irán maniobrando las llaves intermedias para verificar su estanquidad con relación al exterior, tanto en la posición de abiertas como en la de cerradas.

En el supuesto de que la prueba de estanquidad no diera resultado satisfactorio, se localizarán las fugas utilizando detectores de gas, agua jabonosa u otro tipo de productos similares y se deberá repetir la prueba una vez eliminadas las mismas.

La prueba de estanquidad no incluirá normalmente ni los conjuntos de regulación ni los contadores.

La estanquidad de la instalación se dará como correcta si no se observa una disminución de la presión transcurrido un periodo de tiempo no inferior a 15 minutos desde el momento en que se efectuó la primera lectura de presión.

Prueba de estanquidad en la parte de una instalación receptora a baja presión (hasta 0,05). Esta prueba afecta a la parte de una instalación receptora que trabaja a baja presión, situada entre la salida del regulador y las llaves de conexión al aparato de consumo.

La prueba de estanquidad deberá realizarse a una presión efectiva igual a 0,05 bar como mínimo, la cual deberá ser verificada a través de un manómetro de columna de agua en forma de U o cualquier otro dispositivo que cumpla este fin. Se deben utilizar manómetros de columna de agua con escala en mbar.

La estanquidad de la instalación se dará como correcta si no se observa una disminución de la presión transcurrido un periodo de tiempo no inferior a 10 minutos si la longitud de la instalación ensayada es inferior a 10 metros o a 15 minutos si es superior, desde el momento en que se efectuó la primera lectura de la presión.

Verificación de la estanquidad de los conjuntos de regulación y contadores. La estanquidad de las uniones de los elementos que componen el conjunto de regulación en instalaciones a MPB y el de las uniones de entrada y salida, tanto del regulador de MPA como de los contadores de gas, se verificará a la presión de servicio con detectores de gas, agua jabonosa u otros.

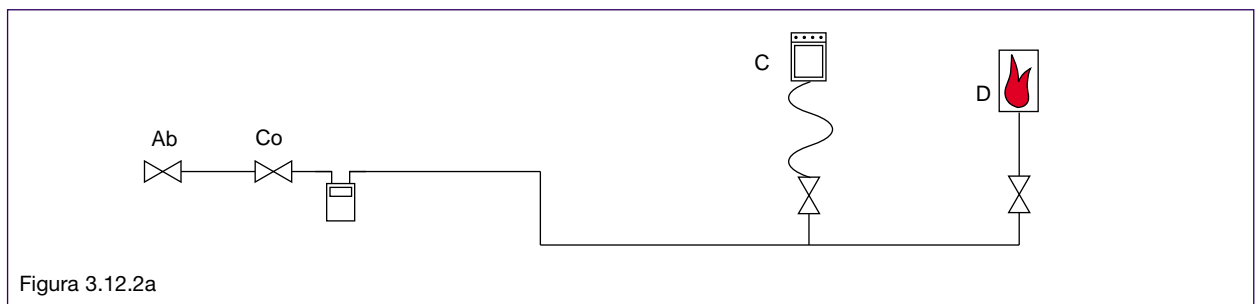
Ensayo de estanquidad: Proceso operativo

Para ser autorizada oficialmente una instalación de gas, de acuerdo con la I.T.C. MI-IRG 09 del RIGLO, deberá someterse al correspondiente ensayo de estanquidad con resultado satisfactorio.

El ensayo se realiza llenando la instalación con aire o un gas inerte. Tan solo se autoriza a la Empresa Suministradora el utilizar el propio gas combustible.

Veamos el proceso operativo de un ensayo en una instalación sencilla de gas Figura 3.12.2a. (Evitar que el fluido de ensayo entre en el contador en sentido contrario al normal.)

ENSAYO DE ESTANQUIDAD		
¿POR QUIEN?	Por la Empresa instaladora.	Por la Empresa Suministradora/Distribuidora (a modo de supervisión).
¿CUANDO?	Después de realizar la instalación (antes de ocultar, enterrar o empotrar las tuberías). Posteriormente, durante la revisión periódica.	Al realizar la inspección, para dejar la instalación en Disposición de Servicio.
¿UTILIZANDO?	Fluido: aire o gas inerte. y manómetro de la precisión adecuada para cada caso.	Fluido: aire, gas inerte o GLP. y manómetro de la precisión adecuada para cada caso.
¿PRESION ENSAYO?	Según la presión máxima de servicio, y el GLP, a la presión de suministro	
¿COMO? ¿DE QUÉ MODO?	En un todo o por partes. Las llaves que limitan la instalación a ensayar han de quedar cerradas y las intermedias, abiertas	

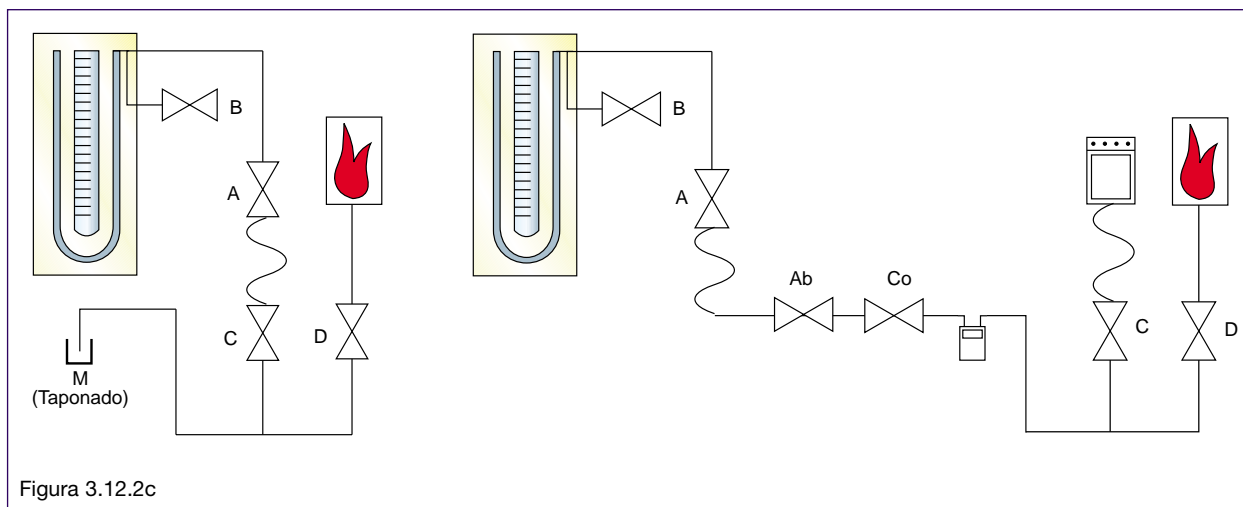


Operaciones a realizar

- Elegir el punto de conexión del manómetro a la instalación. Se estudian dos casos: Figura 3.12.2b y Figura 3.12.2c.
Figura 3.12.2b.: Al conectar el manómetro a la llave de la cocina (lo más asequible) se ha de desmontar el contador y taponar la conexión M. La parte aguas arriba del contador se ensayará a parte.
Figura 3.12.2c: Al conectar el manómetro en la llave de abonado, se ensaya toda la IRG de una sola vez.
- Después de cerrar la llave de entrada de gas, se ha de eliminar el exceso de presión interior quemando el gas o eliminándolo a zona de seguridad.
Figura 3.12.2c: Encender un quemador de la cocina y cerrar la llave de entrada de gas (Ab) hasta que se apague el quemador. No olvidar abrir las llaves intermedias (Co).
- Cerrar los extremos finales de la conducción (llaves C y D). En Figura 3.12.2b, taponar M.
- Preparar el manómetro. Si se trata de un manómetro de columna de agua (cda), se ha de llenar de agua hasta que los niveles coincidan con el "0" de la escala.
En la llave B se conecta una perilla para bombear aire al manómetro.

- 5 Estando las llaves A y B abiertas, bombear aire hasta alcanzar el desnivel entre columnas de agua, correspondiente a la presión de ensayo, al menos, $25 + 25 = 50$ mbar ($50 \text{ mbar} = 509,87 \text{ mm cda}$).
Cerrar la llave B, aislando el manómetro de la perilla de bombeo.
- 6 Dejar transcurrir el tiempo necesario para que se equilibren las temperaturas (del aire contenido y de la propia tubería). Introducir más aire si fuera necesario para recuperar el desnivel de 50 mbar, si se perdió por enfriamiento natural del aire.
Hacer la primera lectura. Con ello comienza el tiempo de ensayo.
- 7 Maniobrar las llaves intermedias y observar si hubiera descenso de presión, lo cual sería señal de que la llave no es estanca en alguna posición. Corregida la eventual fuga, se prosigue, empezando a contar el tiempo.
- 8 Transcurrido el tiempo de ensayo hacer la segunda lectura.
tuberías de longitud $L < 10 \text{ m}$: a los 10 min.
tuberías más largas: a los 15 min.
- 9 En caso de apreciarse disminución de desnivel en las columnas de agua, localizar la fuga mediante espumante o detector adecuado. Eliminada la fuga, repetir el ensayo
- 10 En el caso de no apreciarse disminución de desnivel, se considera la instalación ESTANCA, APTA, y se deberá dejar la instalación con presión, a disposición de la Empresa Suministradora

En el caso de no desmontar el contador (Figura 3.12.2c), si se desea comprobación instantánea de estanquidad, cerrar las llaves A y B al realizar la primera lectura y al transcurrir el tiempo de ensayo, volver a abrir la A. Si existiera fuga, se produciría un cambio brusco de desnivel.



Para ensayar la estanquidad de los aparatos, tras el ensayo de la IRG, según el ejemplo de la Figura 3.12.2c, basta con abrir las llaves C y D secuencialmente.

Valores de la presión de ensayo a aplicar según la presión máxima de servicio:

En la parte de una IRG a MPB: La presión de ensayo será de 5 bar, verificada mediante manómetro de escala adecuada y precisión de 0,1 bar.

La instalación se considerará estanca si no disminuye la presión, transcurrida 1 h desde la primera lectura. Este tiempo podrá reducirse a 1/2 h en tramos inferiores a 10 m.

En la parte de una IRG a MPA:

- Para una presión máxima de servicio comprendida entre 0,1 y 0,4 bar, la presión de ensayo será de 1 bar, verificada mediante un manómetro de escala adecuada y precisión de 0,05 bar.
- Para una presión máxima de servicio no superior a 0,1 bar, la presión de ensayo será, al menos, igual a un 150 % de la presión máxima de servicio, verificada mediante un manómetro de escala y precisión adecuados, recomendándose se utilice uno de columna de mercurio en forma de U (con escala en mbar, en vez de en mm).

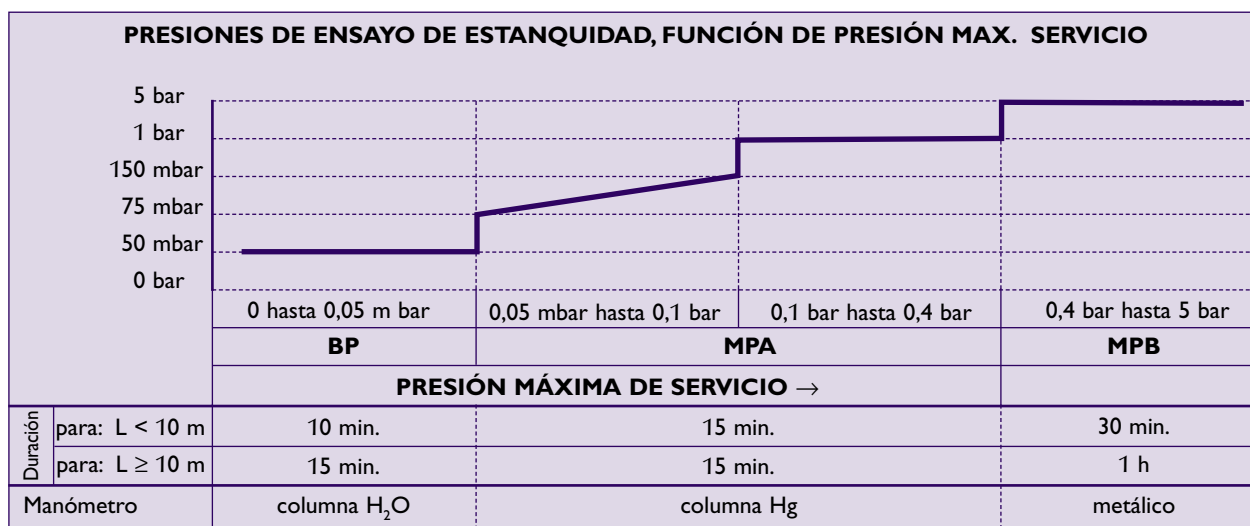
La instalación se considerará estanca si no disminuye la presión, transcurridos 15 min. desde la primera lectura.

En la parte de una IRG a BP:

La presión del ensayo será, al menos, igual a 0,05 bar, verificada mediante de un manómetro de columna de agua en forma de U, u otro dispositivo similar. La instalación se considerará estanca si no disminuye la presión, transcurridos 10 minutos, si la longitud de la parte a probar es inferior a 10 m, o 15 minutos si fuera superior, desde la primera lec-

ENSAYO DE ESTANQUIDAD EN IRG (con aire o gas inerte)						
Presión máxima de servicio		Presión de prueba (Pp)	Manómetro de precisión	Duración del ensayo		ITC... y Artículo 12 del RIGLO
MBP	Pmax de 0,4 a 4 bar	5 bar	0,1 bar	L ≥ 10 m L < 10 m	T ≥ 1 h T ≥ 30 min.	09.2
MPA	Pmax 0,1 a 0,4 bar Pmax 0,05 a ≤ 0,1 bar	1 bar 1,5 x Pms	0,005 bar columna Hg (preferencia)	T ≥ 15 min.		09.3
BP	Pmax hasta 0,05 bar	50 mbar	columna H ₂ O o similar	L ≥ 10 m L < 10 m	T ≥ 15 min. T ≥ 10 min.	09.4

tura de la presión.



Verificación de la estanquidad una vez acoplados los conjuntos de regulación y los contadores

La estanquidad de las uniones de los elementos que componen el “conjunto de regulación” en instalaciones a MPB y de las uniones de entrada y salida, tanto del regulador de MPA como de los contadores (si fuera el caso), se verificará a la presión de servicio con detectores de gas, agua jabonosa o un producto similar.

T3: 3.12.3 Puesta en servicio de las instalaciones receptoras

Para la puesta en marcha de los aparatos (ver 2.14.6), es preciso realizar previamente una serie de documentaciones tales como Proyecto de la instalación (aquellas que lo precisen) y un Certificado de Dirección y Terminación de obra, suscrito por el Técnico titulado que la ha llevado a cabo.

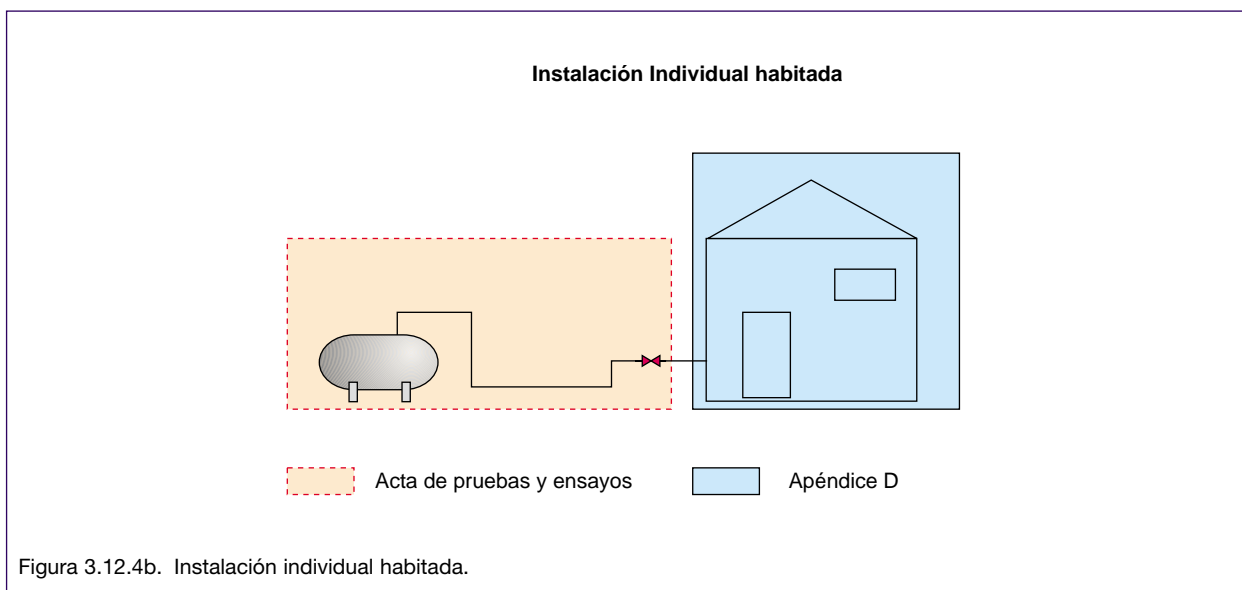
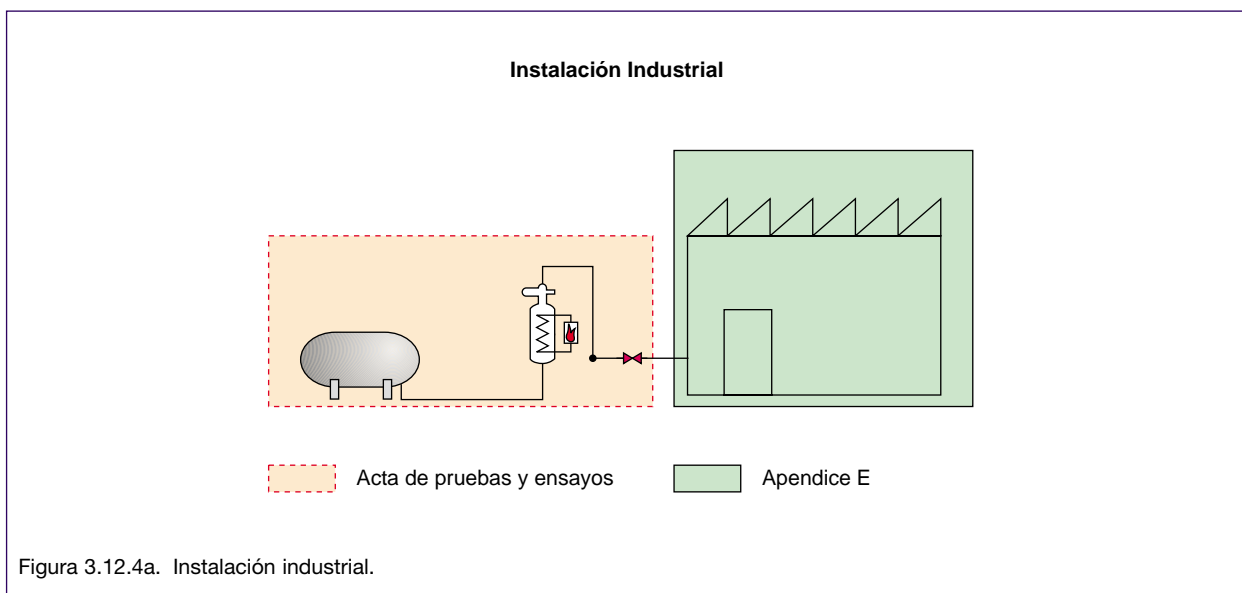
Cuando se trate de IRG en edificios habitados se deberá presentar a la CEPSA ELF GAS, tres ejemplares de certificados de idoneidad:

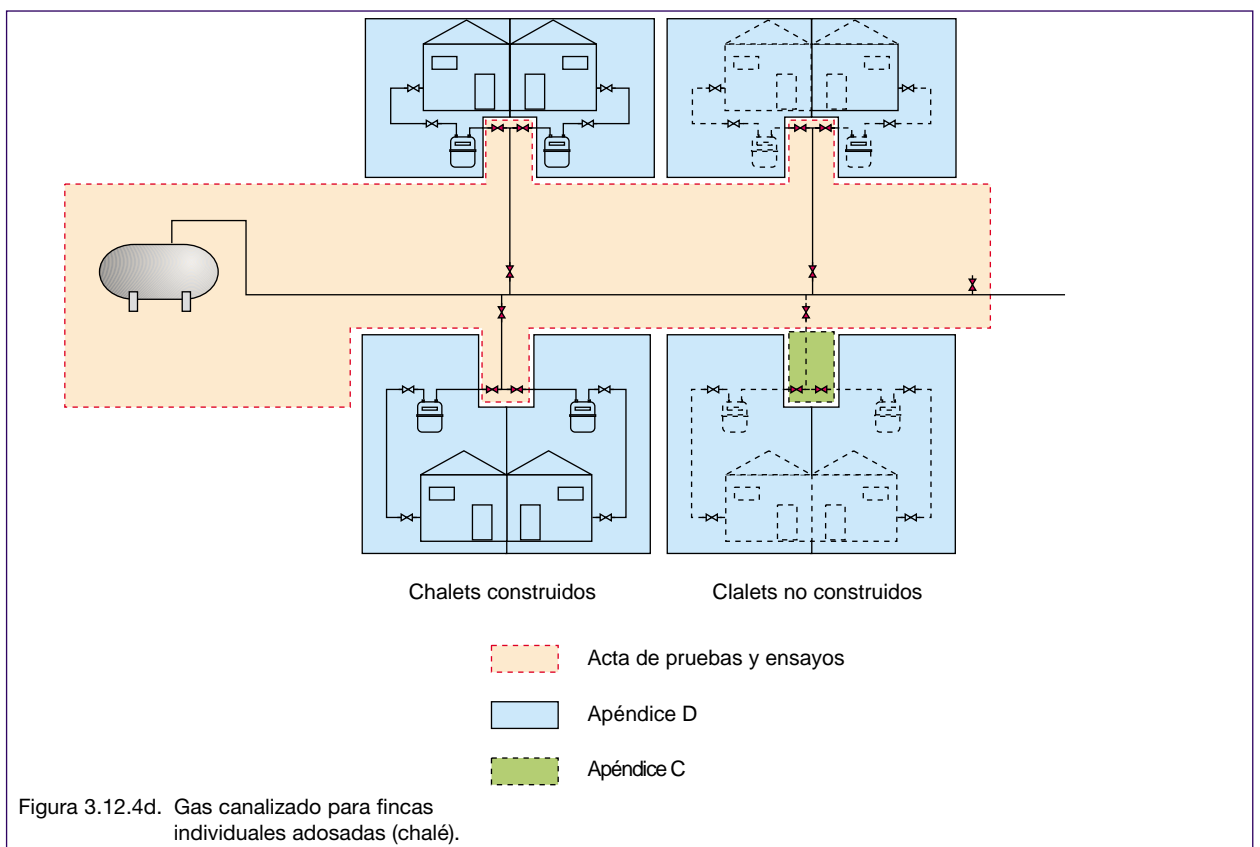
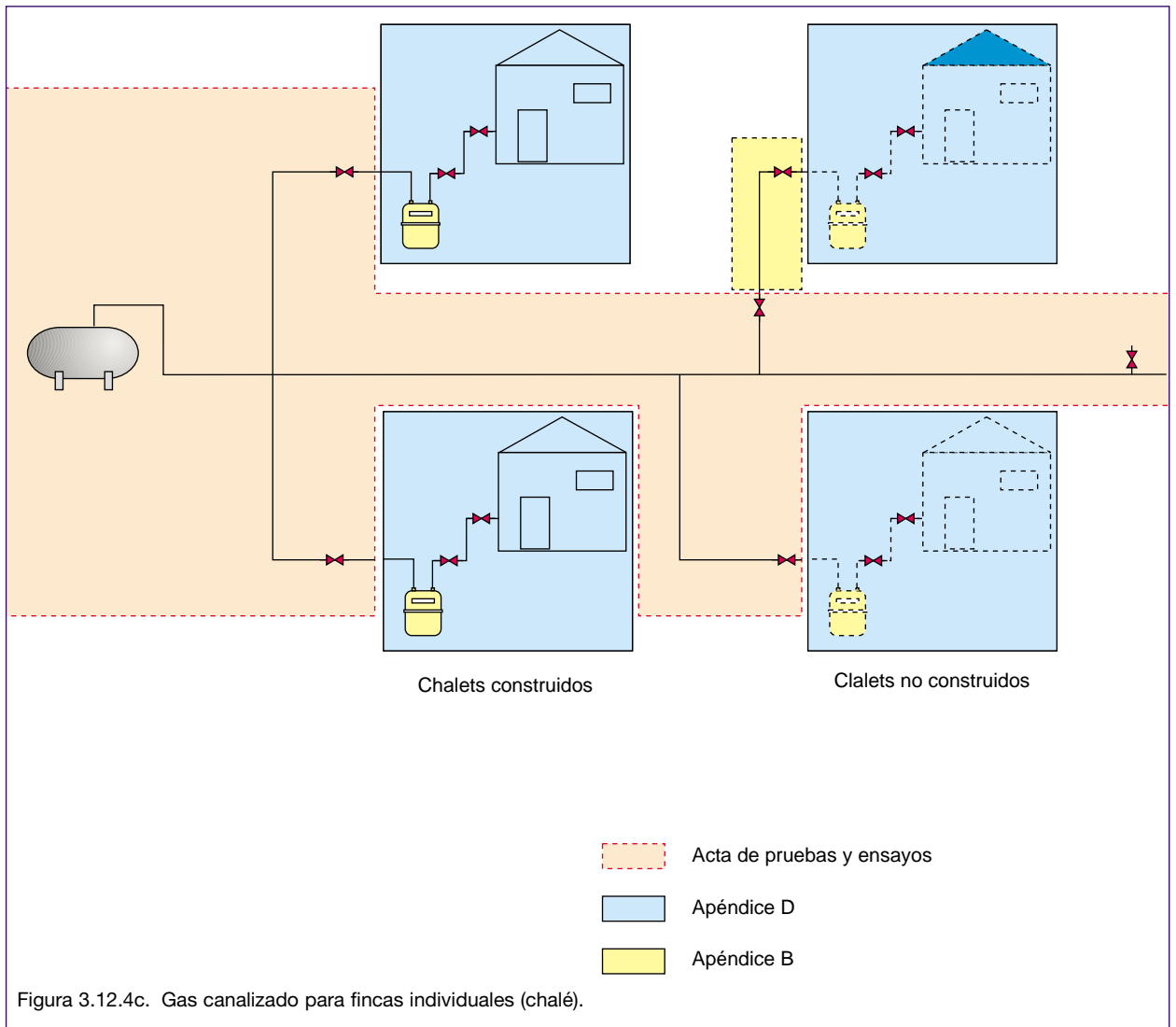
- Certificado de acometida interior (Apéndice B)
- Certificado de la instalación común (Apéndice C)
- Certificado de cada una de las instalaciones individuales (Apéndice D)

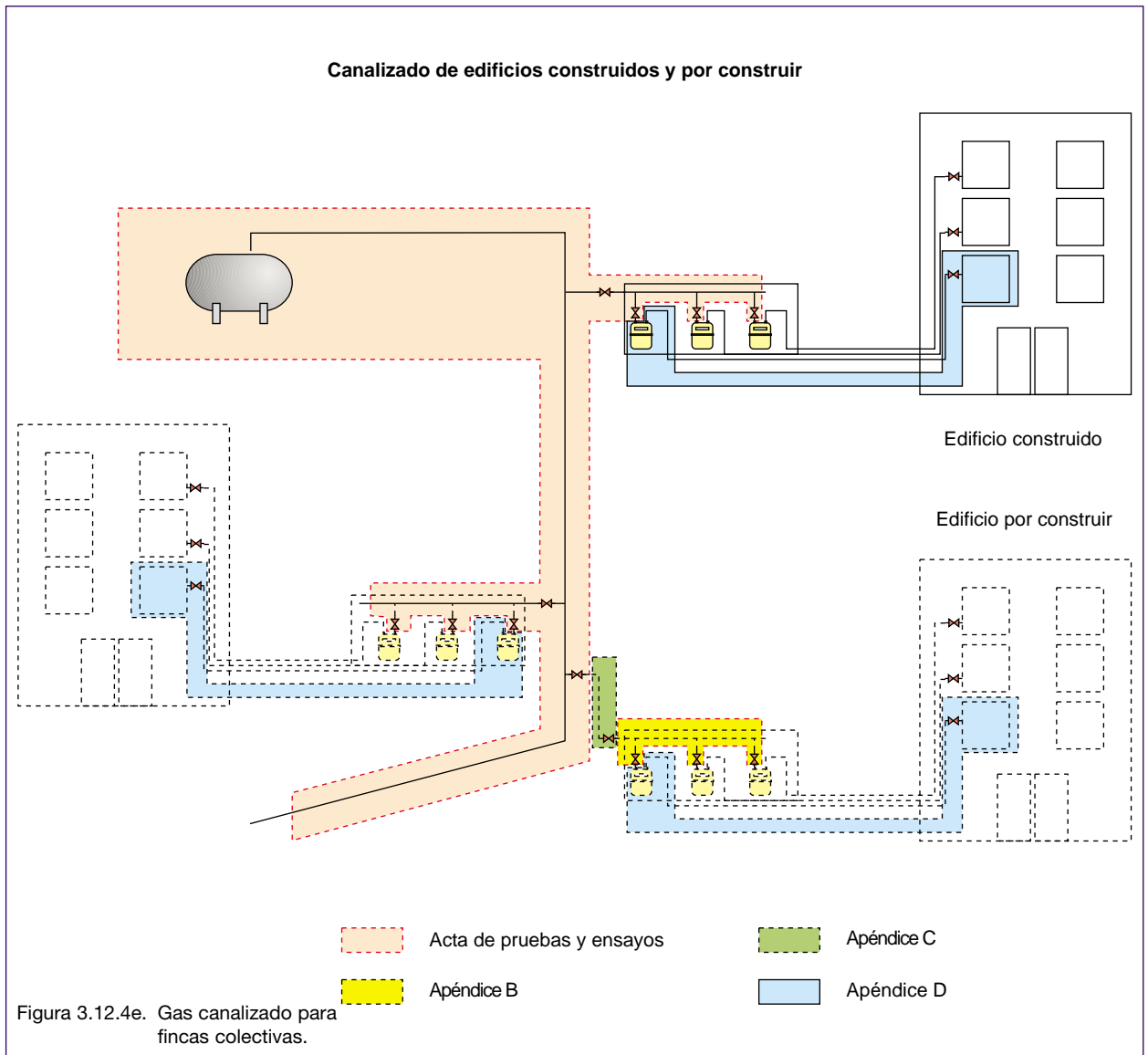
Cuando se trate de IRG que suministren gas a industrias o edificios no habitados se deberá presentar a la empresa suministradora, certificado de Dirección y Terminación de obra suscrito por el técnico titulado que la ha llevado a cabo y Certificado de Instalación receptora según Apéndice E.

T3: 3.12.4 Certificados necesarios para cada tipo de instalación

Con gas canalizado se trata de fincas construidas y por construir.







	Documentos requeridos		Figura
1. <i>Instalaciones industriales</i>	– Acta de ensayos y pruebas de la red	Apéndice E	3.12.4a
2. <i>Instalaciones individuales habitadas</i>	– Acta de ensayos y pruebas de la red	Apéndice D	3.12.4b
3. <i>Canalizados de chalets individuales</i>			
Caso 1 Chalets construidos:	– Acta de ensayos y pruebas de la red reflejada en el proyecto	Apéndice D	3.12.4c
Caso 2 Chalets sin construir:	– Acta de ensayos y pruebas de la red reflejada en proyecto y realizada	Apéndice B (cuando se realice el tendido de red que falte hasta la llave de abonado) Apéndice D	3.12.4c
4. <i>Canalizado de adosados</i>			
Caso 1 Existe llave de edificio o no, y los adosados están construidos,	– Acta de ensayos y pruebas de la red reflejada en el proyecto	Apéndice D	3.12.4d
Caso 2 Existe llave de edificio o no, y los adosados están sin construir	– Acta de ensayos y pruebas de la red reflejada en proyecto y realizada	Apéndice C (hasta la llave de abonado) Apéndice D	3.12.4d
5. <i>Canalizado de edificios</i>			
Caso 1 Existe llave de edificio o no, y el edificio está construido	– Acta de ensayos y pruebas de la red reflejada en el proyecto	Apéndice D	3.12.4e
Caso 2 Existe llave de edificio o no, y el edificio está sin construir	– Acta de ensayos y pruebas de la red reflejada en proyecto y realizada	Apéndice B Apéndice C Apéndice D	3.12.4e



CEPSA, ELF GAS, S.A.

OFICINA CENTRAL
Avenida de América, 32. 9.º
28028 MADRID