

## CAPÍTULO 4

## MATERIALES, UNIONES Y ACCESORIOS

4.1.	Introducción.....	185
4.2.	Material de las tuberías .....	185
4.2.1.	Consideraciones generales .....	185
4.2.2.	Tubo de cobre .....	185
4.2.3.	Tubo de acero .....	187
4.2.3.1.	Tubo de acero para tramos no enterrados.....	187
4.2.3.1.1.	Tubos para MOP hasta 5bar .....	187
4.2.3.1.2.	Tubos para MOP superior a 5 bar (sólo categorías A) .....	188
4.2.3.2.	Tubo de acero para tramos enterrados (sólo categorías A) .....	188
4.2.3.2.1.	Espesores mínimos de los tubos de acero.....	189
4.2.3.2.2.	Espesores por debajo de los cuales no es necesario realizar cálculos de las tensiones derivadas de la presión interna .....	189
4.2.4.	Tubo de acero inoxidable (sólo categorías B y A) .....	190
4.2.5.	Tubo de polietileno (sólo categorías A) .....	190
4.2.5.1.	Generalidades .....	190
4.2.5.2.	Clasificación del polímero.....	191
4.2.5.3.	Propiedades químicas y mecánicas.....	191
4.2.5.4.	Clasificación de los tubos .....	191
4.2.5.5.	Marcado .....	192
4.2.5.6.	Dimensionamiento de los tubos de polietileno.....	192
4.2.5.6.1.	Determinación del SDR.....	193
4.2.5.6.2.	Determinación de la MOP.....	194
4.2.5.7.	Formas de suministro de los tubos de polietileno .....	194
4.2.5.8.	Transporte y almacenamiento de los tubos de polietileno.....	194
4.2.5.8.1.	Transporte de tubos de polietileno.....	195
4.2.5.8.2.	Almacenamiento de los tubos de polietileno.....	196
4.2.6.	Tubo de plomo .....	197
4.2.7.	Accesorios de tuberías.....	198
4.2.7.1.	Accesorios y elementos auxiliares de acero .....	198
4.2.7.1.1.	Tipos de accesorios (sólo categorías B y A) .....	198
4.2.7.1.2.	Condiciones de suministro de accesorios de acero (sólo categorías B y A) .....	198
4.2.7.1.3.	Accesorios para operaciones de derivación en carga (sólo categoría A) .....	203
4.2.7.1.4.	Accesorios para derivaciones en carga sin soldadura .....	204
4.2.7.2.	Accesorios y elementos auxiliares de polietileno (sólo categoría A) .....	205
4.2.7.2.1.	Accesorios de electrofusión para soldaduras de línea .....	205
4.2.7.2.2.	Accesorios de electrofusión de derivación.....	206
4.2.7.2.3.	Accesorios con extremo macho .....	206
4.2.7.2.4.	Final de conducción y obturación de extremos.....	207
4.2.7.2.5.	Portabridas de polietileno, brida loca y brida ciega.....	207
4.2.7.2.6.	Tapón de polietileno .....	207

4.2.8. Otros materiales .....	208
4.2.9. Tallos de polietileno ( <b>sólo categorías B y A</b> ) .....	208
4.2.10. Elementos de sujeción de tuberías .....	209
4.2.11. Material de las vainas, conductos y pasamuros .....	210
4.2.12. Corte de tubos metálicos .....	212
4.2.12.1. Corte de tubos de acero, de acero inoxidable o de cobre .....	212
4.2.12.1.1. Sierra de metales .....	212
4.2.12.1.2. Cortatubos .....	213
4.2.12.1.3. Disco .....	213
4.2.12.2. Corte de tubos de plomo .....	213
4.2.13. Curvado de tubos metálicos .....	214
4.2.13.1. Curvado de tubos de cobre .....	214
4.2.13.2. Curvado de tubos de acero .....	215
4.2.13.3. Curvado de tubos de plomo .....	215
4.2.14. Corte y curvado de tubos de polietileno ( <b>sólo categoría A</b> ) .....	216
4.2.14.1. Corte de tubo de polietileno .....	216
4.2.14.2. Curvado de tubo de polietileno .....	216
4.3. Uniones mecánicas .....	217
4.3.1. Consideraciones generales .....	217
4.3.2. Uniones desmontables .....	217
4.3.2.1. Enlaces mediante junta plana .....	217
4.3.2.2. Uniones metal-metal .....	218
4.3.2.2.1. Esfera cono .....	218
4.3.2.2.2. Unión por anillos cortantes .....	218
4.3.2.3. Bridas ( <b>sólo categoría B y A</b> ) .....	219
4.3.2.4. Enlaces de transición desmontables PE-metal ( <b>sólo categoría A</b> ) .....	219
4.3.2.4.1. Enlaces de transición desmontables de Tipo 1 .....	220
4.3.2.4.2. Enlaces de transición desmontables de Tipo 2 .....	220
4.3.2.4.3. Enlaces de transición desmontables de Tipo 3a .....	220
4.3.2.4.4. Enlaces de transición desmontables de Tipo 3b .....	221
4.3.2.4.5. Enlaces por bridas .....	221
4.3.2.5. Enlaces de transición fijos PE-metal .....	221
4.3.2.6. Otro tipo de enlaces de transición PE-metal .....	222
4.3.2.6.1. Enlaces autoanclantes .....	222
4.3.2.6.2. Transiciones con soldadura a polietileno .....	222
4.3.3. Uniones roscadas .....	223
4.3.4. Otro tipo de uniones mecánicas .....	223
4.4. Soldadura. Uniones soldadas .....	223
4.4.1. Consideraciones generales .....	223
4.4.2. Soldadura por capilaridad .....	223
4.4.2.1. Soldadura capilar blanda .....	224
4.4.2.2. Soldadura capilar fuerte .....	224
4.4.3. Soldadura eléctrica .....	225
4.4.4. Soldadura por electrofusión y por termofusión a tope ( <b>sólo categoría A</b> ) .....	225
4.4.4.1. Soldadura a tope .....	225
4.4.4.2. Soldadura por electrofusión .....	227
4.4.4.3. Maquinaria, herramientas y utillajes para la unión de tubos y accesorios .....	226
4.4.4.4. Maquinaria, herramientas y útiles para soldadura a tope .....	226
4.4.4.5. Maquinaria, herramientas y útiles para electrofusión y para la ulterior perforación con y sin carga de las derivaciones .....	228
4.4.5. Soldadura de tubos de plomo .....	231

4.4.6. Sopletes y máquinas de soldar .....	231
4.4.6.1. Soplete de butano o propano .....	231
4.4.6.2. Soplete oxiacetilénico <b>(sólo categoría B y A)</b> .....	233
4.4.6.2.1. Botella de oxígeno .....	233
4.4.6.2.2. Botella de acetileno .....	233
4.4.6.2.3. El manorreductor .....	234
4.4.6.2.4. El soplete .....	235
4.4.6.2.5. Llamas para soldar .....	236
4.4.6.2.6. Material de aportación .....	237
4.4.6.2.7. Sistema de soldeo .....	237
4.4.6.2.8. Incidentes durante el soldeo .....	239
4.4.6.2.9. Normas de seguridad .....	239
4.4.6.3. Soplete de oxipropano <b>(sólo categoría B y A)</b> .....	240
4.4.6.4. Lámpara de gasolina .....	240
4.4.6.5. Máquinas de soldadura eléctrica <b>(sólo categoría B y A)</b> .....	241
4.4.6.5.1. Transformador de soldadura .....	241
4.4.6.5.2. Rectificador de soldadura .....	242
4.4.6.5.3. Convertidores de soldadura .....	243
4.4.6.5.4. Electrodo .....	243
4.4.6.6. Máquinas de soldar por electrofusión y por termofusión a tope <b>(sólo categoría A)</b> .....	243
4.4.6.6.1. Requisitos de los equipos por electrofusión .....	244
4.4.6.6.2. Requisitos de los equipos de termofusión a tope .....	245
4.4.7. Tipos de uniones soldadas .....	246
4.4.7.1. Unión polietileno – polietileno <b>(sólo categoría A)</b> .....	246
4.4.7.2. Unión cobre - cobre o aleación de cobre .....	246
4.4.7.3. Unión acero - acero .....	247
4.4.7.4. Unión acero inoxidable - acero inoxidable .....	247
4.4.7.5. Unión cobre o aleación de cobre – acero o acero inoxidable .....	247
4.4.7.6. Unión cobre o aleación de cobre - plomo .....	248
4.4.7.7. Unión acero o acero inoxidable - plomo .....	248
4.4.7.7.1. Injertos en tubos de acero <b>(sólo categoría B y A)</b> .....	248





## 4 MATERIALES, UNIONES Y ACCESORIOS

### 4.1. INTRODUCCIÓN

En el presente capítulo se describen los diferentes materiales de las tuberías y los accesorios en función de la presión de diseño del tramo y de la modalidad de ubicación de las mismas, así como y sus tipos de unión y las técnicas de ejecución de las mismas.

### 4.2. MATERIAL DE LAS TUBERÍAS

#### 4.2.1. Consideraciones generales

Las tuberías son los elementos de la instalación receptora encargadas de canalizar el gas.

Las tuberías serán de materiales que no sufran deterioros ni por el gas distribuido ni por el medio exterior con el que estén en contacto o estarán protegidas con un recubrimiento eficaz.

El instalador de gas puede, en general, utilizar tubos de cobre, de acero, de acero inoxidable y de polietileno con las limitaciones que más adelante se indican en función de las características del gas y de la MOP del tramo.

#### 4.2.2. Tubo de cobre

El cobre es un elemento químico (Cu) que se encuentra en la naturaleza en estado libre (cobre nativo) o en forma de compuesto en los siguientes minerales: calcopirita, cuprita, malaquita y azurita.

Es un metal de color rojizo, inalterable en presencia de aire seco. Sin embargo, con la humedad se recubre de una capa de carbonato básico, llamado vulgarmente cardenillo, que lo protege de posteriores ataques.

Su punto de fusión es de 1.088 °C, es buen conductor del calor y de la electricidad, dúctil y maleable.

Los materiales que se utilizan en la construcción, tales como la cal, el cemento, el yeso, etc. no producen efecto alguno al cobre, sin embargo, reacciona en frío con el ácido nítrico, los ácidos orgánicos y todas las sustancias amoniacales.

Las tuberías de cobre se fabrican en dos estados: el cobre batido o duro, en tubos de 5 m de longitud y el cobre recocido o blando, en rollos de diferentes longitudes.

El tubo de cobre puede utilizarse para gases de las tres familias y debe ser redondo de precisión estirado en frío sin soldadura, del tipo denominado Cu-DHP, y sus características mecánicas, así como sus medidas y tolerancias, deben ser las determinadas en la UNE-EN 1057.

Debe utilizarse tubo en estado duro con un espesor mínimo de 1 mm para tuberías vistas, pudiéndose utilizar el tubo en estado recocido y en rollo para la conexión de aparatos y para tuberías enterradas, teniendo en este último caso un espesor mínimo de 1,5 mm y un diámetro exterior máximo de 22 mm.

Las tuberías de cobre se nombran indicando primero el diámetro exterior y posteriormente el espesor.

Ejemplo: Tubo de cobre de 15×1, nos indica que el diámetro exterior son 15 mm y el espesor 1 mm.

También se utiliza la nomenclatura antigua indicando primero el diámetro interior y seguidamente el diámetro exterior (Tubo de 15×1 equivale a tubo de 13×15).

Diámetro exterior nominal  d	Espesor de pared nominal e						
	1,0	1,1	1,2	1,5	2,0	2,5	3,0
6	R						
8	R						
10	R						
12	R						
14	X						
15	R		X	X			
16	X		X				
18	R		X	X			
22	R	X	R	R			
25	X		X	X			
28	R		R	R			
35	X	X	R	R	X		
40	X	X					
42	X		R	R	X		
54	X		R	R	R		
64				X	R	X	
66,7	X		R	X	X	X	
70					X	X	
76,1			X	R	R	X	
80	X				X		
88,9					R	X	X
108			X	R	X	R	X
133				R	X		R
159				X	R		R
219							R
267							R

R indica las dimensiones europeas recomendadas  
X indica otras dimensiones europeas

Los accesorios para la ejecución de uniones, reducciones, derivaciones, cambios de dirección, etc., mediante soldadura por capilaridad, deben estar fabricados con material de las mismas características que el tubo al que han de unirse y ser conformes a la UNE EN 1254-1 o, en su caso, pueden ser accesorios mecanizados de aleación de cobre según UNE EN 12164, UNE EN 12165 o UNE EN 1982, según corresponda.

Las medidas y tolerancias de los accesorios de cobre o de aleación de cobre deben ser conformes a las Normas UNE 60719 y UNE EN 1254-1.

Los accesorios de cobre para ejecución de uniones mediante presión (*press-fitting*) deben ser conformes al proyecto de norma PNE-prEN 1254-7.

**4.2.3. Tubo de acero**

El hierro es un elemento químico (Fe) y es el metal pesado más extendido y abundante en la corteza terrestre. Debido a su facilidad para reaccionar, raramente se encuentra en estado puro, y los minerales usados industrialmente para la extracción del metal son la hematites, la limonita y la siderita.

El metal de hierro tiene un color gris, es buen conductor del calor y la electricidad y su punto de fusión es de 1.535 °C.

El hierro de producción industrial (fundición, acero, hierro dulce) presenta propiedades físicas distintas a las del hierro puro; el hierro puro permanece inalterable al aire seco y al agua que no tiene dióxido de carbono disuelto, en contacto con el aire húmedo se cubre de orín, óxido de hierro de color rojizo, que al desprenderse, permite que continúe el proceso hasta la total transformación del metal.

Los aceros son aleaciones de hierro, carbono y otros elementos que se elaboran en estado de fusión. Según el porcentaje de carbono, que nunca es superior al 1,5 %, los aceros se dividen en dulces o blandos, medios y con alto contenido de carbono.

El tubo de acero debe estar fabricado a partir de banda de acero laminada en caliente con soldadura longitudinal o helicoidal, o bien estirado en frío sin soldadura

**4.2.3.1. Tubo de acero para tramos no enterrados**

**4.2.3.1.1. Tubos para MOP hasta 5bar**

Los tubos de acero pueden ser negros, galvanizados e inoxidables. Los tubos de acero galvanizado se encuentran cubiertos por una capa de zinc, la cual puede obtenerse por inmersión en un baño de zinc fundido o por galvanoplastia, este procedimiento consiste en conectar los tubos a un polo y lingotes de zinc al otro polo de un baño electrolítico, cuando circula una corriente continua entre ambos polos, se desprenden partículas de los lingotes de zinc, depositándose sobre los tubos.

En lo relativo a las dimensiones y características, los tubos de acero se nombran indicando su diámetro nominal en pulgadas, y deben ser conformes a la Norma UNE 36864, para tubos soldados longitudinalmente, y a las UNE-EN 10255 y UNE 19046 para los tubos de acero sin soldadura.

DN		Ø <sub>ext</sub> (mm)	Espesor (mm)	Peso tubo (kg/m)
"	mm			
1/8	6	10,2	2,00	0,407
1/4	8	13,5	2,35	0,650
3/8	10	17,2	2,35	0,852
1/2	15	21,3	2,65	1,220
3/4	20	26,9	2,65	1,580
1	25	33,7	3,25	2,440
1¼	32	42,4	3,25	3,140
1½	40	48,3	3,25	3,610
2	50	60,3	3,65	5,100
2½	65	76,1	3,65	6,510
3	80	88,9	4,05	8,470
4	100	114,3	4,50	12,100
5	125	139,7	4,85	16,200
6	150	165,1	4,85	19,200

Los accesorios para la ejecución de uniones, reducciones, derivaciones, cambios de dirección, etc., mediante soldadura, deben estar fabricados en acero compatible con el tubo al que han de unirse, conforme con las especificaciones de la Norma UNE-EN 10242.

La ejecución de uniones, reducciones, derivaciones, cambios de dirección, etc. mediante unión roscada debe realizarse con accesorios de fundición maleable, de acuerdo con las especificaciones indicadas en la UNE-EN 10242.

**4.2.3.1.2. Tubos para MOP superior a 5 bar (sólo categoría A)**

El material para los tubos perteneciente a tramos de instalación con MOP superior a 5 bar se describe en capítulo 20 apartado 3.1.

**4.2.3.2. Tubo de acero para tramos enterrados (sólo categoría A)**

Las instalaciones receptoras suministradas desde redes que trabajen a una presión de operación superior a 5 bar se realizarán conforme a la norma UNE 60620 (ver capítulo 20)

Los tramos enterrados de las instalaciones receptoras se realizarán conforme a las especificaciones técnicas sobre acometidas descritas en las normas UNE 60310 y UNE 60311 (ver capítulo 5 para MOP hasta 5 bar y ver capítulo 20 para MOP superior a 5 bar).

Los tubos de acero pueden ser utilizados en todo el rango de presiones.

Los requisitos técnicos básicos de las canalizaciones de acero para presiones máximas de operación hasta 16 bar estarán de acuerdo con la norma UNE-EN 12007-3.

Los tubos de acero deben cumplir las especificaciones técnicas, requisitos y ensayos mínimos de la norma UNE-EN 10208-2.<sup>1</sup> Para conducciones que trabajen a tensiones inferiores al 20% del límite elástico será suficiente el cumplimiento de las especificaciones indicadas en la norma UNE-EN 10208-1.

El certificado de fabricación de la tubería debe estar de acuerdo con el documento 2.2 definido en la norma UNE 36801.

La tensión circunferencial máxima admisible de los tubos se debe determinar como se indica en el cuadro siguiente en función del límite elástico mínimo especificado (SMYS) y de las categorías de emplazamiento definidas en la norma UNE 60302.

Categoría de emplazamiento según UNE 60302	Coeficiente de cálculo	Tensión circunferencial máxima admisible
1	0,72	0,72·SMYS
2	0,60	0,60·SMYS
3	0,50	0,50·SMYS
4	0,40	0,40·SMYS

Los tubos pueden ser de acero estirado sin soldadura o acero soldado longitudinal o helicoidalmente. En el caso de tubos con soldadura, la resistencia de ésta debe ser igual o mayor que la del metal de base del tubo. La composición química del acero debe ser tal que asegure una buena soldabilidad en obra (UNE 60310).

La composición química del acero, los procesos a que haya sido sometida la materia prima y la conformación del tubo deben ser tales que se asegure una adecuada tenacidad a la temperatura de la canalización (UNE 60310)

La relación por cociente entre el límite elástico y la resistencia a la rotura de los tubos debe ser igual o inferior a 0,85 (UNE 60310)

1. Este es un requisito de UNE 60310. Según UNE-EN 12007-3 deberán cumplir la norma UNE-EN 10208-1.

**4.2.3.2.1 Espesores mínimos de los tubos de acero**

A pesar de los valores determinados por cálculo, por cuestiones de montaje, soldadura, transporte, etc., se deberá respetar la serie de espesores mínimos indispensables que se expone en la siguiente tabla, según la norma UNE-EN 12007-3.

Diámetro nominal DN	Diámetro exterior D mm	Espesor mínimo (mm)
25 (1")	33,7	2,3
32 (1 ¼")	42,4	2,3
40 (1 ½")	48,3	2,3
50 (2")	60,3	2,3
65 (2 ½")	76,1	2,6
80 (3")	88,9	2,6
100 (4")	114,3	2,6
125 (5")	139,7	2,6
150 (6")	168,3	3,5
200 (8")	219,1	3,5
250 (10")	273,0	3,5
300 (12")	323,9	3,5
350 (14")	355,6	4,5
400 (16")	406,4	4,5
≥ 450 (≥ 18")		1% de D

**4.2.3.2.2. Espesores por debajo de los cuales no es necesario realizar cálculos de las tensiones derivadas de la presión interna**

Diámetro nominal DN	Diámetro exterior D mm	Espesor nominal mm
25 (1")	33,7	2,6
32 (1 ¼")	42,4	2,6
40 (1 ½")	48,3	2,6
50 (2")	60,3	2,9
65 (2 ½")	76,1	2,9
80 (3")	88,9	3,2
100 (4")	114,3	3,2
125 (5")	139,7	3,6
150 (6")	168,3	4,0
200 (8")	219,1	4,5
250 (10")	273	5,0
300 (12")	323,9	5,6
350 (14")	355,6	5,6
400 (16")	406,4	6,3
500 (20")	508	6,3
600 (24")	610	6,3
> 600 (> 24")		1% de D

4.2.4. Tubo de acero inoxidable (sólo categoría A)

El tubo de acero inoxidable utilizado para la construcción de instalaciones receptoras se fabrica normalmente por conformación mecánica de banda de acero inoxidable soldada longitudinalmente mediante soldadura eléctrica.

La composición del tubo de acero inoxidable será del tipo F 3504 (X 6 Cr Ni 19-10) según norma UNE 36016. En lo relativo a características y dimensiones, el tubo de acero inoxidable debe cumplir lo prescrito en la norma UNE 19049.

Diámetro exterior (mm)	Diámetro interior (mm)	Espesor (mm)	Denominación usual ( $\varnothing_{ext} \times \text{espesor}$ )
12	10,8	0,6	12 × 0,6
15	13,8	0,6	15 × 0,6
18	16,6	0,7	18 × 0,7
22	20,6	0,7	22 × 0,7
28	26,4	0,8	28 × 0,8
35	33	1	35 × 1
42	39,8	1,1	42 × 1,1

Los accesorios para la ejecución de uniones, reducciones, derivaciones, cambios de dirección, mediante soldadura por capilaridad, deben estar fabricados en acero inoxidable de las mismas características que el tubo al que han de unirse.

4.2.5. Tubo de polietileno (sólo categoría A)

4.2.5.1. Generalidades

El polietileno es una materia plástica fabricada por síntesis química a partir del etileno, obteniendo como resultado moléculas gigantes denominadas macromoléculas o polímeros.

A este polímero básico, en el proceso de granulación previo a la extrusión para la fabricación de los tubos y accesorios, se le añaden aditivos consistentes principalmente en antioxidantes, pigmentos y colorantes, estabilizantes y lubricantes. La misión de estos aditivos es mejorar la resistencia del material a los efectos de la luz y del calor.

El tubo de polietileno puede emplearse para acometidas enterradas y líneas interiores enterradas hasta presiones máximas de operación de 10 bar, dependiendo del tipo de polietileno empleado y del espesor del tubo.

**Tanto las acometidas interiores enterradas como las líneas interiores enterradas cuya presión máxima de operación no supere los 5 bar se construirán preferentemente en polietileno.**

Dadas las características de este material, no debe emplearse polietileno a la intemperie. La temperatura de operación no debe ser inferior a -20 °C ni superar los 40 °C.

Los requisitos técnicos de las canalizaciones de polietileno estarán de acuerdo con la norma UNE-EN 12007-2.

En particular, los compuestos de polietileno, los tubos, los accesorios, y las válvulas de polietileno deberán cumplir con los requisitos de la norma UNE-EN 1555 Partes 1, 2, 3, 4, 5 y de la Especificación Técnica UNE-CEN/TS 1555-7.

#### 4.2.5.2. Clasificación del polímero

Durante muchos años el polietileno se clasificó de acuerdo con su densidad. En España se empleó exclusivamente polietileno de media densidad (entre 931 y 944 kg/m<sup>3</sup>).

En la actualidad, el polímero se determina, clasifica y designa de acuerdo con la norma UNE-EN ISO 12162.

Los compuestos usualmente empleados son los designados como PE 80 y PE 100, cuya Resistencia Mínima Exigida o **MRS** (*"Minimum Required Strength"*) es, como mínimo, de 8 MPa y de 10 MPa, respectivamente.

#### 4.2.5.3. Propiedades químicas y mecánicas

El polietileno, es un material muy inerte, por lo que presenta una gran resistencia química a los productos agresivos habituales. Es inerte al agua, bases, ácidos orgánicos no oxidantes, soluciones salinas, siendo por ello resistente a la corrosión externa por la acción de suelos agresivos. Tampoco le afectan los gases combustibles en fase gaseosa, si bien en fase líquida pueden ser absorbidos por él, produciéndose una pérdida de resistencia mecánica.

El polietileno tampoco se ve atacado por microorganismos, bacterias del suelo ni insectos.

Sin embargo, sí se ve afectado por los agentes tensoactivos, tales como detergentes, jabones y potasa, y por los hidrocarburos pesados, parafinas y aromáticos en estado líquido.

Igualmente se ve afectado desfavorablemente por la luz (radiación ultravioleta) y el calor, dado que ambos favorecen la oxidación de sus moléculas, con la consiguiente pérdida de propiedades mecánicas y envejecimiento del material.

El polietileno tiene un coeficiente de dilatación unas 10 veces superior al del acero, por lo que en ciertas circunstancias precisará precauciones especiales para su instalación (trazado sinuoso en tramos largos que permita su dilatación). Este problema queda paliado en gran medida una vez enterrado el tubo, dadas las pequeñas variaciones de la temperatura del terreno.

Siendo el polietileno un buen aislante eléctrico, es totalmente insensible a la corrosión electroquímica. Sin embargo, dada la posibilidad de formación local de cargas electrostáticas, por ejemplo a causa de la circulación de gas cargado de polvo, será preciso tomar precauciones especiales en las intervenciones en carga, a fin de evitar la formación de chispas en presencia de una mezcla de gas y aire.

#### 4.2.5.4. Clasificación de los tubos

Los tubos de polietileno se clasifican por su dimensión según la Relación Dimensional Normalizada o **SDR** (*"Standard Dimensión Ratio"*). Esta nomenclatura clasifica los tubos mediante la relación entre el diámetro exterior nominal D y el espesor de la pared nominal.

La norma UNE-EN 1555-2 contiene las tablas dimensionales (diámetros exteriores medios, ovalación, espesores de pared mínimos, tolerancias) para tubos de **SDR 11** y **SDR 17,6**, aunque admite la utilización de cualquier SDR derivado de las series de tubo S indicadas en la norma ISO 4065:1996. Es el caso del **SDR 26** que se emplea en tubos destinados a entubamientos.

Seguidamente se muestran las dimensiones nominales de los tamaños de tubo más usuales.

Tamaño nominal	Diámetro exterior nominal (mm)	Espesor de pared mínimo (mm)		
		SDR 26	SDR 17,6	SDR 11
32	32	-	-	3,0
40	40	-	-	3,7
63	63	-	3,6	5,8
90	90	-	5,2	8,2
110	110	-	6,3	10,0
160	160	-	9,1	14,6
200	200	7,7	11,4	18,2
250	250	9,6	14,2	22,7
315	315	12,1	17,9	

El diámetro exterior nominal es igual al diámetro exterior mínimo. Las tablas de la UNE-EN 1555-2 dan también los valores máximos del diámetro exterior medio, los cuales dependen de si se toma el Grado A o el Grado B de tolerancia.

Los diámetros menores se fabrican exclusivamente en Grado B. Para tamaños nominales superiores a 250 los tubos se pueden elegir entre Grado A y Grado B. El Grado A admite un diámetro exterior medio superior al admitido por el Grado B.

4.2.5.5. Marcado

Según la norma UNE-EN 1555-2 los tubos deben venir marcados con la siguiente información mínima:

Aspectos	Marca o símbolo
Número de la norma de sistema	UNE-EN 1555
Nombre o marca del fabricante	Nombre o símbolo
Para tubos de diámetro nominal ≤ 32 mm:	
- diámetro exterior nominal x espesor de pared nominal	por ejemplo: 32 × 3,0
Para tubos de diámetro nominal > 32 mm:	
- diámetro exterior nominal	por ejemplo: 200
- SDR	por ejemplo: SDR 17,6
Grado de tolerancia	por ejemplo: Grado B
Material y designación	por ejemplo: PE 80
Información del fabricante	(1)
Fluido interno	Gas
(1) Período de fabricación, año y mes, en cifras o código; nombre o código del lugar de fabricación, si el fabricante produce en distintos lugares	

4.2.5.6. Dimensionamiento de los tubos de polietileno

En el diseño de las acometidas enterradas y, por extensión, de las líneas interiores enterradas, es conveniente utilizar los criterios que, en cuanto a diseño y materiales, tenga establecidos la empresa distribuidora a través de la cual tendrá lugar el suministro.



No obstante, a continuación se describe brevemente la relación existente entre los parámetros que influyen en las prestaciones de una tubería de polietileno.

Dado un tamaño nominal de tubo determinado puede ser necesario determinar las dimensiones (SDR) en función de la presión máxima de operación (MOP) o al revés.

#### 4.2.5.6.1. Determinación del SDR

Supongamos el primer caso. La relación entre el SDR y la MOP es la siguiente:

$$SDR = 1 + \frac{20 \cdot MRS}{MOP \cdot C \cdot D_f}$$

donde:

SDR es la relación entre el diámetro exterior nominal del tubo y su espesor de pared nominal

MRS es la resistencia mínima exigida, expresada en MPa. Es una característica del tipo de polietileno empleado.

MOP es la presión máxima de operación, expresada en bar

C es el coeficiente de diseño, que en ningún caso debe ser inferior a 2. Sus valores suelen estar definidos explícita o implícitamente por las Empresas Distribuidoras

$D_f$  es el factor de influencia de la temperatura de operación (temperatura media del gas) que para 20 °C es igual a 1. (Ver norma UNE 60310)

El valor del SDR a adoptar será, en general, el valor normalizado inmediatamente inferior al valor encontrado. Sin embargo, para instalaciones de gases de la tercera familia, si se considera que el contacto con posibles hidrocarburos líquidos puede abarcar toda la vida de la tubería, no se deben utilizar SDR superiores a 11. Es admisible el uso de SDR 17,6 si se estima que el contacto con posibles hidrocarburos líquidos no superará a 1/5 de la vida en servicio de la tubería.

#### Ejemplo 1:

Debemos encontrar el SDR para un tubo de PE 80 que deberá operar con gas natural a una MOP de 3 bar a 20 °C de temperatura media.

La MRS del PE 80 es 8 MPa (Ver apartado 5.2 más arriba). Supongamos que se adopta un coeficiente de diseño  $C = 4$  (doble del mínimo exigido por la norma). El factor  $D_f$  es igual a 1. Substituyendo en la fórmula resulta:

$$SDR + 1 = \frac{20 \cdot 8}{3 \cdot 4 \cdot 1}$$

de donde:  $SDR = 13,3 - 1 = 13,2$ . Debemos adoptar, por tanto  $SDR = 11 < 13,2$ .

#### Ejemplo 2:

Determinar el coeficiente de diseño para un tubo de PE 80 SDR 11 si operase a 5 bar a 20 °C.

$$C = \frac{20 \cdot MRS}{MOP \cdot D_f \cdot (SDR-1)}$$

donde:

MRS = 8 MPa

MOP = 5 bar

$D_f = 1$

SDR = 11

El resultado es:  $C = 3,2 > 2$ .

Análogamente se puede encontrar que para un tubo de PE 80 SDR 17,6 que opere a 5 bar a 20 °C el coeficiente de diseño es  $C = 2,4$ .

#### **4.2.5.6.2. Determinación de la MOP**

La presión máxima de operación (MOP) deberá cumplir las siguientes condiciones:

- a) El coeficiente global de servicio (C) será, en general, el empleado por la Empresa Distribuidora a través de la cual se efectúe el suministro, y en ningún caso debe ser inferior a 2.

**Ejemplo:**

$$C = 4$$

$$PE\ 80\ (MRS = 8\ MPa)$$

$$SDR\ 11$$

$$D_f = 1$$

$$MOP = \frac{20 \cdot MRS}{C \cdot D_f \cdot (SDR-1)}$$

$$MOP = 4\ bar$$

- b) Deberá verificarse el criterio de propagación rápida de fisuras o RCP (*"Rapid Crack Propagation"*) Para la gama de diámetros y presiones contemplada en el presente Curso es suficiente comprobar que se cumple la siguiente condición:

$$P_c \geq 1,5\ MOP$$

donde  $P_c$  es la presión crítica de resistencia a la propagación rápida de fisuras, dato que debe proporcionar el fabricante del compuesto de polietileno a través del fabricante del tubo.

- c) Finalmente, deberá comprobarse que cuando se someta a ensayos de presión la tubería terminada, la presión de la prueba de resistencia (STP) sea igual o menor que  $0.9 \cdot P_c$  (siendo  $P_c$  la presión crítica de resistencia a la propagación rápida de fisuras)

#### **4.2.5.7. Formas de suministro de los tubos de polietileno**

Los tubos los suministran los fabricantes en barras, rollos y bobinas.

- Barras: generalmente en longitudes entre 6 y 12 m, para diámetros iguales o superiores a 90 mm.
- Rollos: generalmente en longitudes de 50, 100, 150, 200 y 300 m, para diámetros iguales o inferiores a 110 mm.
- Bobinas: generalmente en longitudes de unos 200, 500, 1000 y 1500 m, para diámetros de 63, 90 y 110 mm.

En los rollos y bobinas, el radio de curvatura mínimo del tubo deberá ser de 20 veces el diámetro del tubo.

Las bobinas se suministran montadas en devanaderas que facilitan su desplazamiento por rodadura en distancias cortas, así como, montadas en el adecuado soporte que facilita el desenrollado del tubo para su instalación en obra.

#### **4.2.5.8. Transporte y almacenamiento de los tubos de polietileno**

Siendo el polietileno un material poco resistente a las agresiones físicas, precisa una manipulación adecuada que evite producirle daños.

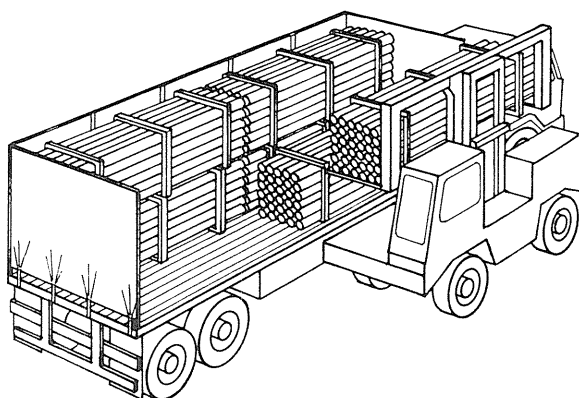
A este fin, toda operación de carga y descarga se realizará preferentemente con carretilla elevadora, grúa, o en su defecto a mano.

Las horquillas de las carretillas elevadoras deberán acolcharse para evitar que sus aristas puedan dañar al material. Si la elevación tiene lugar con grúa, la suspensión se realizará con bandas de cuero o lona, jamás con cables desnudos o cadenas.

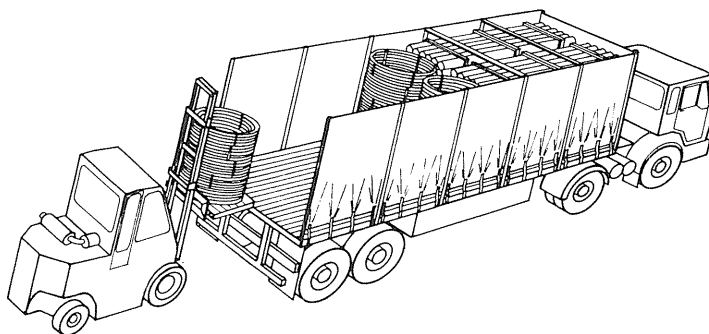
#### **4.2.5.8.1. Transporte de tubos de polietileno**

Cuando la carga sea en barras la ubicación en el vehículo de transporte deberá realizarse de forma tal que las barras descansen en toda su longitud sobre la caja o plataforma.

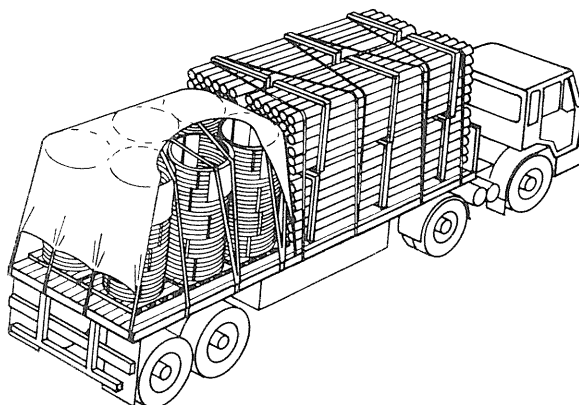
Las barras no sobresaldrán por la parte posterior del vehículo más de 40 cm, ni se apilarán a una altura superior a 1 m.



*Carga de tubos de polietileno en barras*



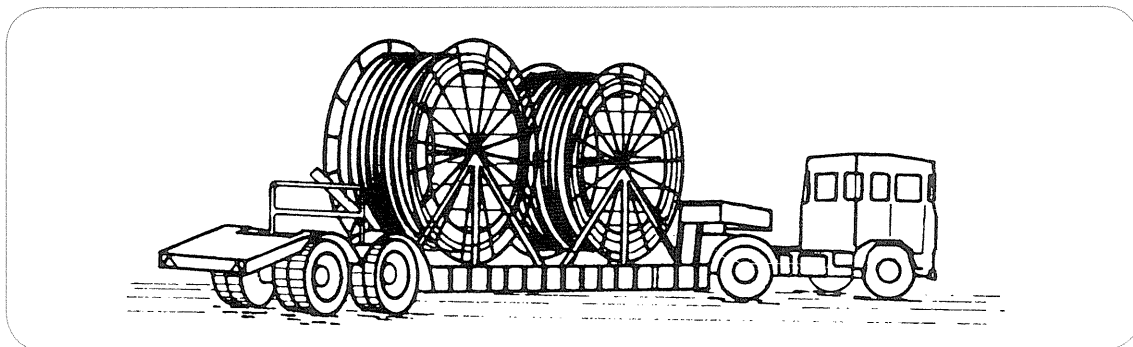
*Carga de tubos de polietileno en barras y en rollos*



*Transporte de carga mixta, formada por tubos en barras y en rollos*

Cuando la carga sea en rollos, éstos se colocarán siempre que sea posible horizontalmente, siendo admisible apilarlos.

Las bobinas se transportarán en sus devanaderas, en posición vertical y adecuadamente sujetas para evitar cualquier posibilidad de desplazamiento o vuelco.



*Transporte de tubos de polietileno en bobina.*

La colocación de una lona en la parte superior de la carga es importante a fin de proteger los tubos de los rayos solares.

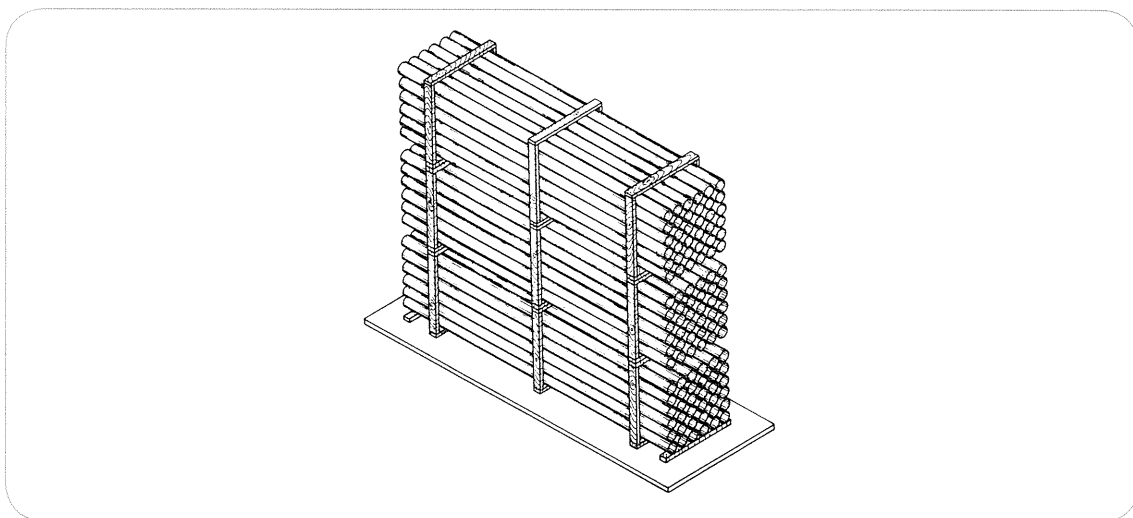
#### **4.2.5.8.2. Almacenamiento de los tubos de polietileno**

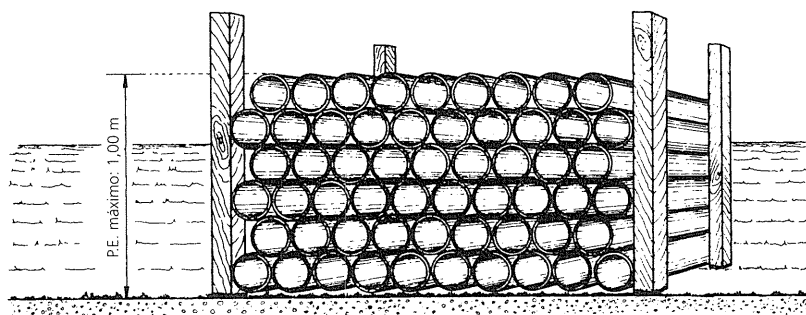
Para el almacenamiento deberán tenerse presentes las siguientes indicaciones:

- Preferentemente, los tubos de polietileno se almacenarán en locales cerrados, donde la temperatura no sobrepase los 40 °C, ni llegue a ser inferior a -5 °C sobre una superficie plana y limpia, en posición horizontal tanto si se trata de barras como de rollos. Las bobinas se dispondrán verticalmente en sus devanaderas.

De no contar con un local para el almacenamiento, éste se podrá realizar a la intemperie, pero protegiendo el material con lonas contra la incidencia directa de los rayos solares.

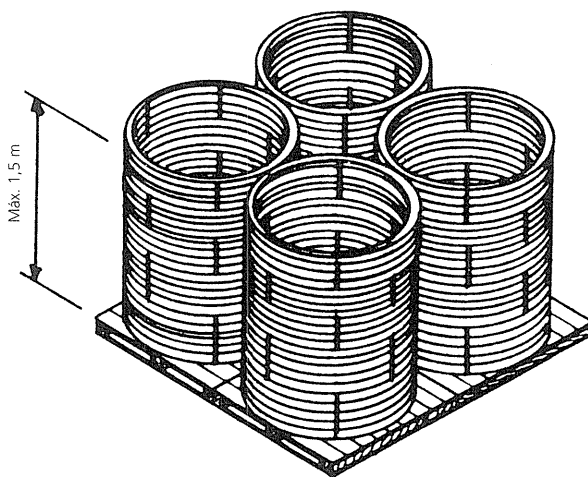
- Se evitará en las cercanías del material almacenado todo foco de calor.
- Se mantendrán alejados de los tubos toda clase de productos químicos agresivos para el polietileno, tales como detergentes, ácidos, hidrocarburos líquidos, etc.
- El apilado de las barras se realizará horizontalmente, sin sobrepasar 1 m de altura para evitar deformaciones por aplastamiento de los tubos inferiores, con paredes o montantes de contención para evitar el desmoronamiento, si bien en el caso de formar grupos reunidos mediante tirantes de madera, podrán formarse pilas de tres grupos, siempre que los tirantes de los grupos coincidan entre sí absorbiendo las cargas.





*Almacenamiento de los tubos de polietileno en barras.*

- Los rollos podrán también apilarse unos sobre otros horizontalmente, sobre paletas u otra superficie plana, no sobrepasando la altura de 1,5 m. En ningún caso se almacenarán verticalmente, a fin de evitar la ovalización de los tubos.



*Almacenamiento de los tubos de polietileno en rollos.*

- Todos los tubos deberán disponer en sus extremos de tapones adecuados para impedir la penetración de polvo, suciedad y agua.
- Se procurará un adecuado control de permanencia en almacén, a fin de lograr que el primer material ingresado sea también el primero en abandonarlo, evitándose así almacenamientos prolongados o incluso indefinidos de una parte de las existencias.
- En la descarga y almacenamiento a pie de obra se procederá ateniéndose a lo expuesto, extremando las precauciones dadas las condiciones especiales usuales en las obras. El acopio a pie de obra se mantendrá lo más reducido posible a fin de evitar su permanencia al aire libre y posibles daños al material.

#### 4.2.6. Tubo de plomo

El plomo es un material en desuso que no está ya permitido para la construcción de nuevas instalaciones, pero que sin embargo todavía se encuentra presente en muchas instalaciones existentes queda limitado exclusivamente a ampliaciones o modificaciones de instalaciones receptoras que ya estén en servicio, siempre que estén suministradas con  $MOP \leq 0,05$  bar y estén en locales destinados a usos domésticos.

El plomo es un elemento químico (Pb) que se halla en varios minerales: anglesita, cerusita y principalmente en la galena. Es un metal gris azulado, muy brillante al corte, que se empaña rápidamente en contacto con el aire, recubriéndose de una capa de óxido que lo protege de una oxidación más profunda.

El plomo funde a 327,4 °C, es mal conductor del calor y de la electricidad, poco dúctil y bastante maleable. El plomo es atacado por el ácido nítrico, el ácido acético, la cal, los cementos y los productos bituminosos.

Los tubos de plomo se nombran de dos formas: citando en primer lugar el diámetro interior y a continuación el grueso de la pared o primero el diámetro interior y posteriormente el exterior.

Ejemplo: Tubo de plomo de 30-3 ó 30-36, en el primer caso indicamos que el diámetro interior son 30 mm y el espesor 3 mm, o lo que es lo mismo, que el diámetro interior son 30 mm y el exterior 36 mm.

### **4.2.7. Accesorios de tuberías**

#### **4.2.7.1. Accesorios y elementos auxiliares de acero**

Los accesorios y elementos auxiliares deben estar contruidos con materiales adecuados y aptos para la función para la cual han sido diseñados, y deben ajustarse preferentemente<sup>2</sup> a normas UNE o UNE-EN que definan sus principales características así como las pruebas a que deban someterse. Hoy por hoy (2007) el repertorio de normas europeas disponibles es bastante limitado ya que se reduce a bridas y sus juntas.

Las válvulas de cuerpo metálico deben cumplir los requisitos de la norma UNE-EN 13774.

Los accesorios (piezas de forma, bridas u otros) serán preferentemente del mismo material que la canalización.

Los elementos auxiliares (válvulas, filtros u otros) serán preferentemente de acero, debiendo ser este material fácilmente soldable en obra en los casos en que la unión con la canalización se realice por soldadura.

##### **4.2.7.1.1. Tipos de accesorios (sólo categorías B y A)**

Los accesorios de las tuberías de acero pueden clasificarse según el proceso de fabricación del siguiente modo:

**Accesorios forjados:** Bridas, Weldolets, válvulas de pequeño diámetro (venteos, drenajes y acometidas), manguitos.

**Accesorios laminados:** Tes, reducciones, codos, caps.

**Accesorios fundidos:** Válvulas de diámetro medio y grande (válvulas de línea).

Esta clasificación general presenta, sobre todo, la ventaja de permitir agrupar y simplificar los requisitos de suministro de los accesorios.

##### **4.2.7.1.2. Condiciones de suministro de accesorios de acero (sólo categorías B y A)**

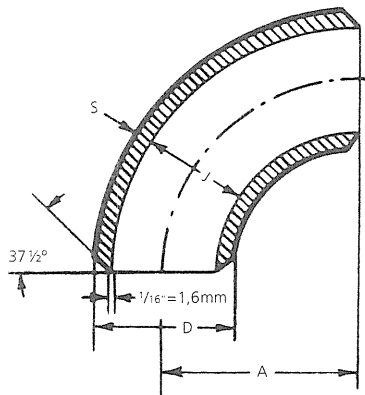
Al igual que para el caso de la tubería, el suministro de accesorios de acero se ha venido realizando tradicionalmente de acuerdo con la normativa norteamericana y esta situación no va a cambiar al menos hasta que se disponga de normas europeas para accesorios de acero.

Los requisitos dimensionales de los accesorios forjados (salvo válvulas) y laminados suelen atenerse a las normas del "Instituto Americano de Normalización y Estandarización" (ANSI) o de la

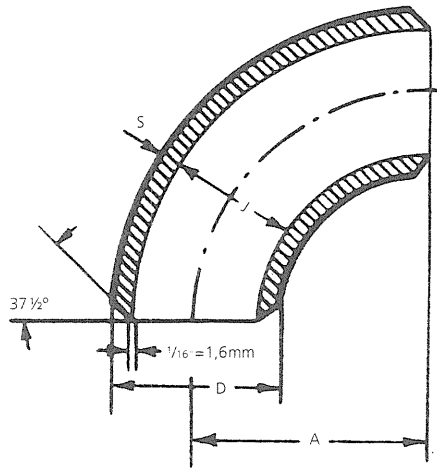
---

2. Este es un requisito de UNE 60310. La norma UNE-EN 12007-3 es más tajante: "Los accesorios cumplirán las normas europeas correspondientes".

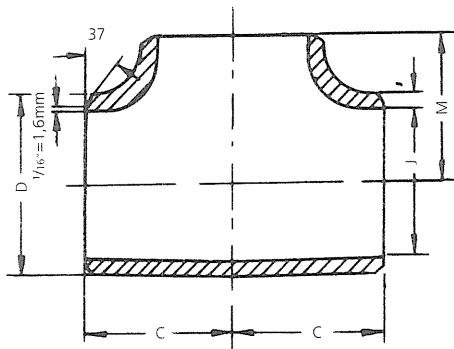
“Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos” (ASME), mientras que para válvulas se aplica la especificación API 6D del “Instituto Americano del Petróleo” (API). Con respecto a los materiales, es de aplicación la normativa de la “Sociedad Americana de Ensayos y Materiales” (ASTM). En las siguientes figuras se han respetado las cotas principales de los accesorios ya que son las que los definen y por las que están referenciados en los catálogos.



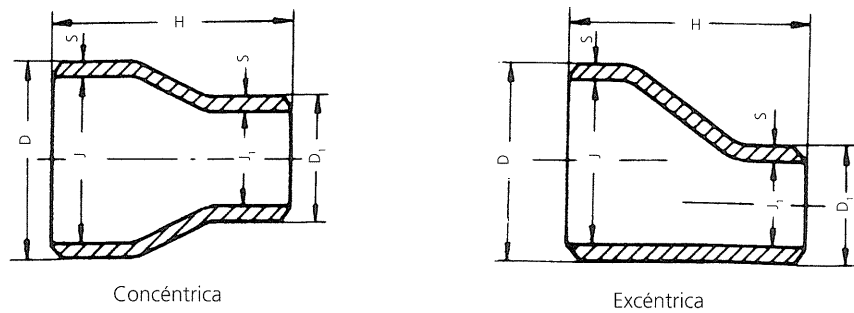
*Codo estándar (radio largo)*



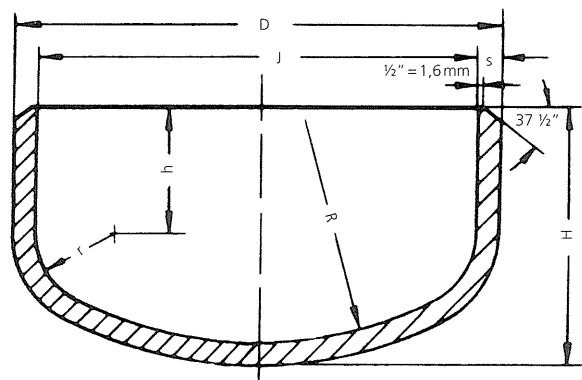
*Codo estándar (radio corto)*



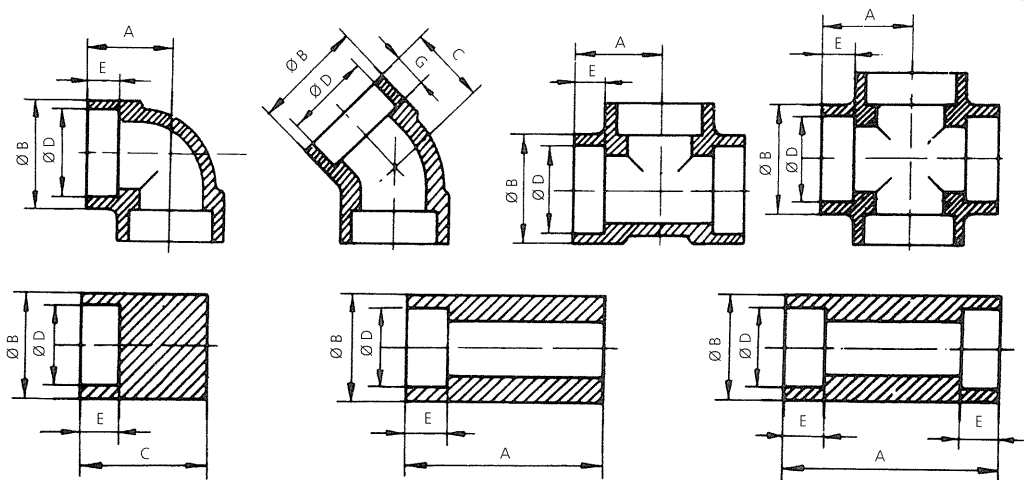
*Té estándar*



Reducciones estándar

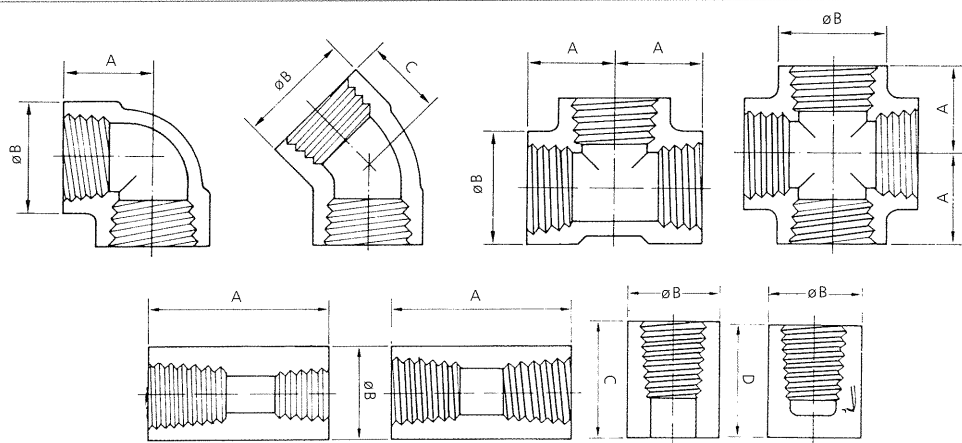


Cap estándar

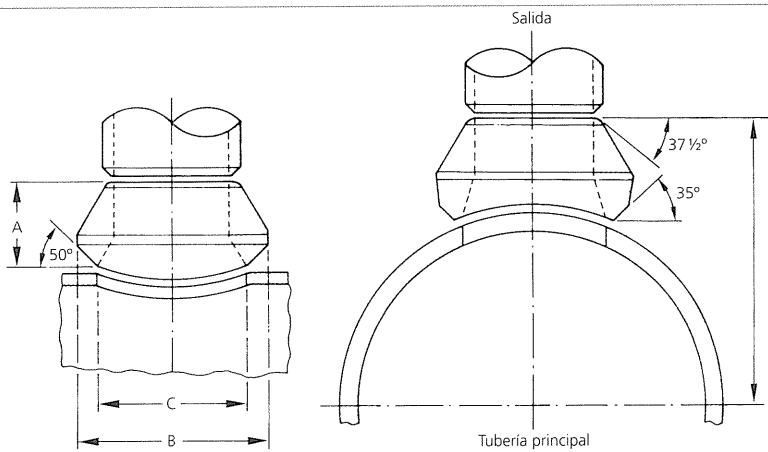


Accesorios a encastre forjados

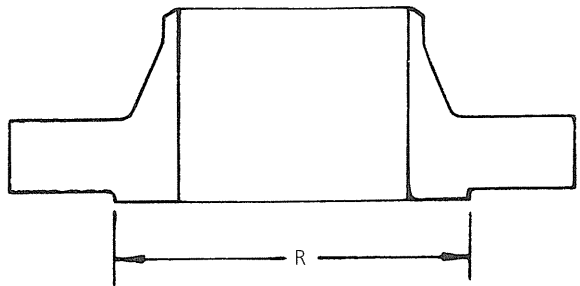




Accesorios roscados

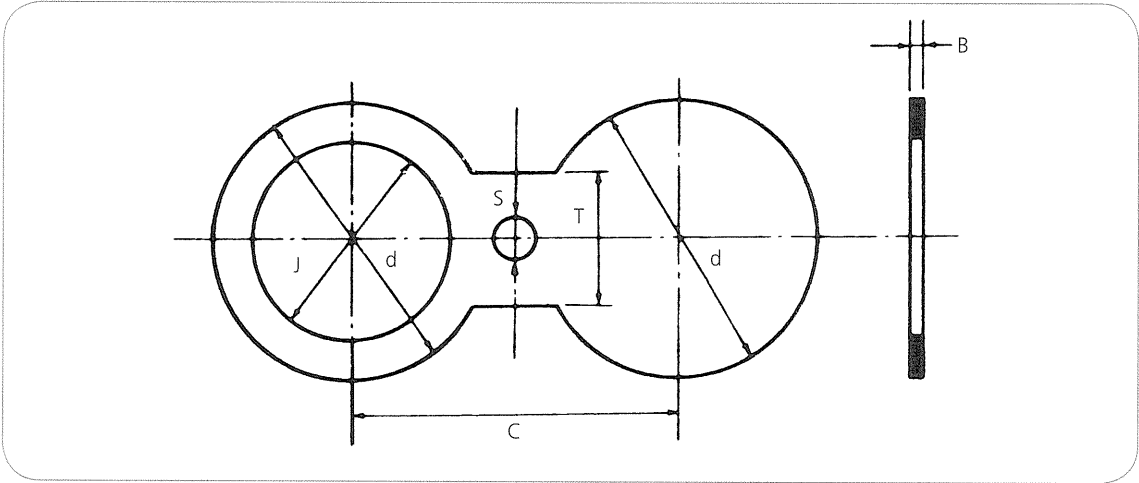


Weldolets

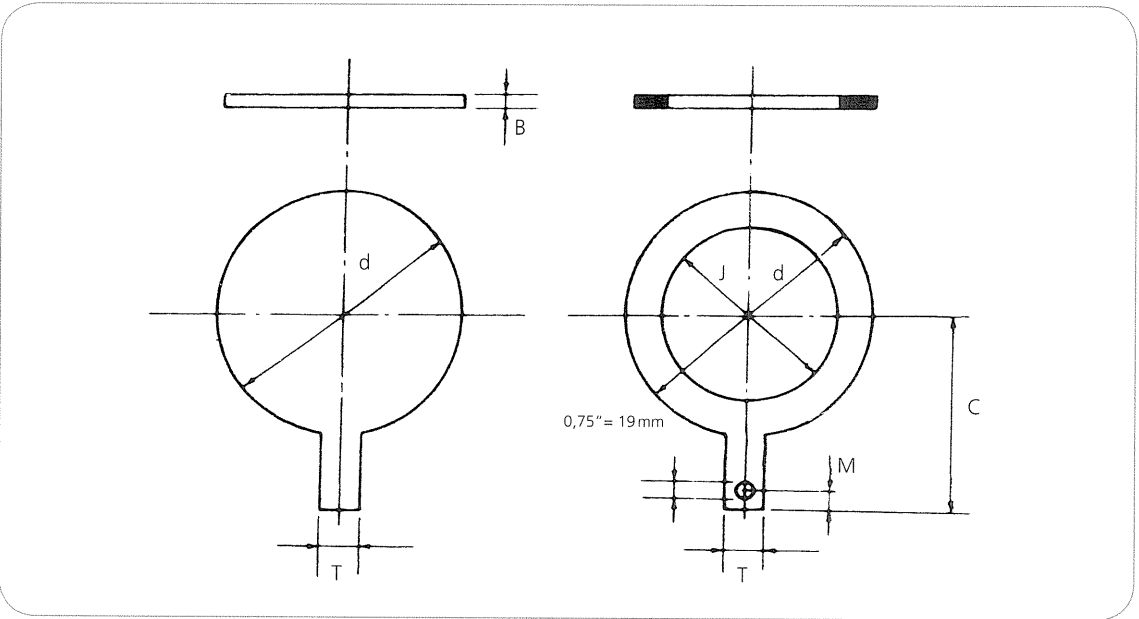


Cara con resalte  
Raised Face

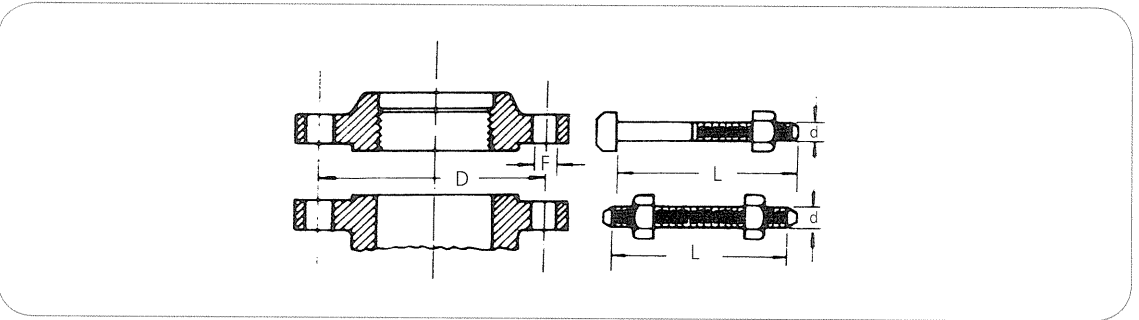
Brida



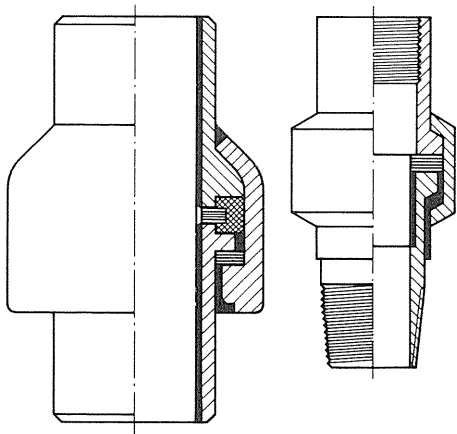
Disco en ocho



Discos ciego y perforado



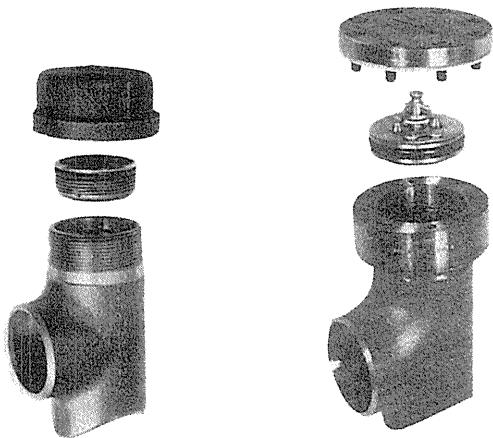
Espárragos y tornillos para bridas



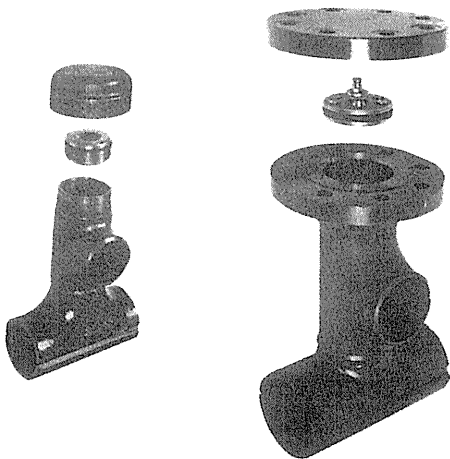
*Juntas dieléctricas monobloque*

**4.2.7.1.3. Accesorios para operaciones de derivación en carga (sólo categoría A)**

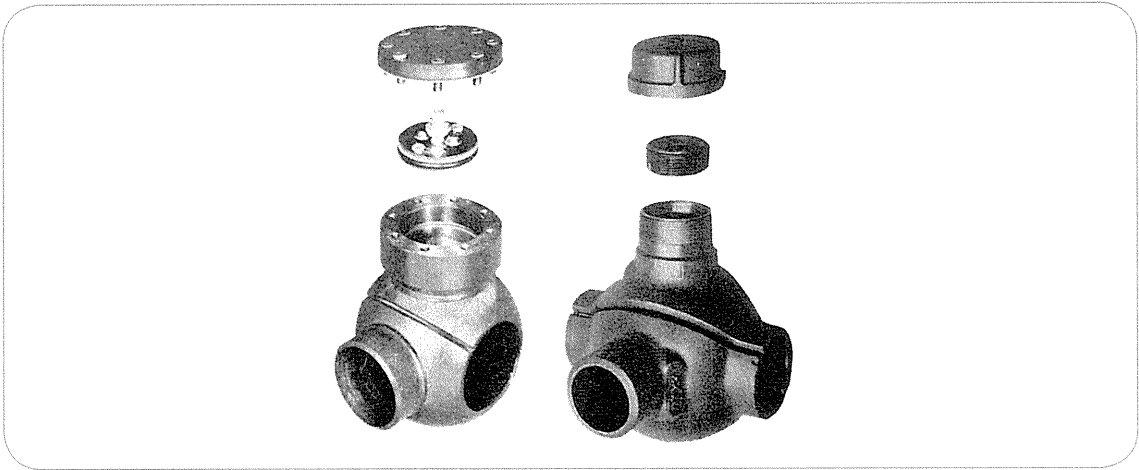
Para la realización de operaciones en carga se utilizan las siguientes piezas:



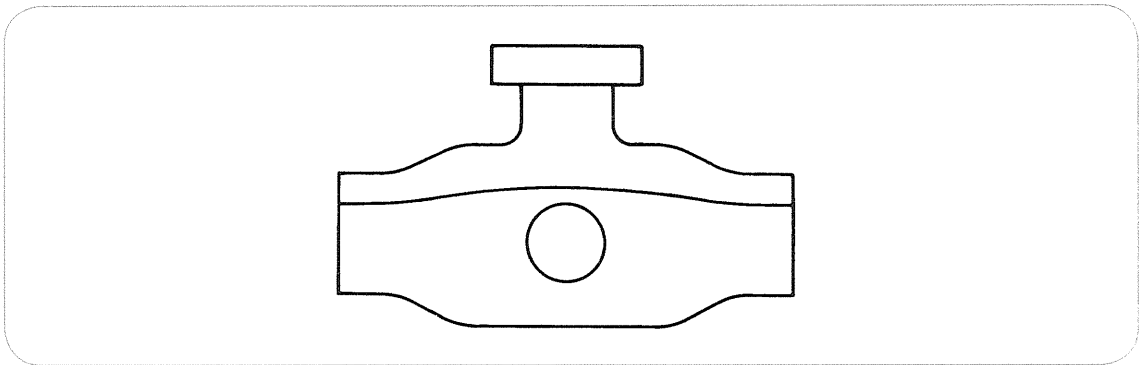
*Tes de derivación simple*



*Tes de derivación con refuerzo circular*



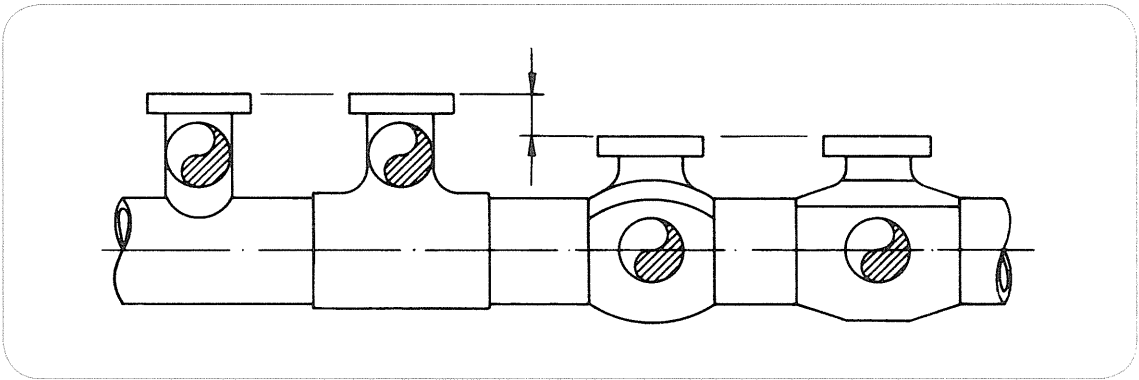
*Tes esféricas*



*Te de barril*

Las Tes esféricas y de barril se utilizan cuando las Tes simples o con refuerzo no pueden instalarse por no existir espacio suficiente.

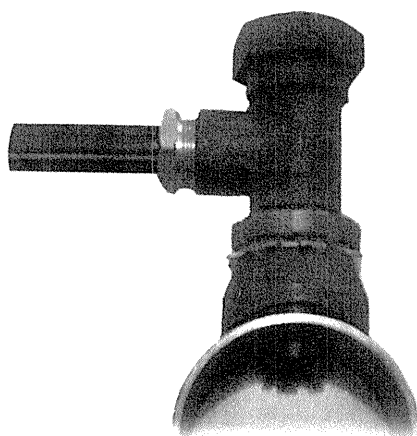
Para definir las piezas de derivación es necesario especificar el diámetro de la canalización principal así como el diámetro de la derivación.



*Uso de tes de derivación esféricas*

**4.2.7.1.4. Accesorios para derivaciones en carga sin soldadura**

Aunque menos extendidas, también existen piezas para derivaciones en carga que no requieren soldadura. Estas piezas, se fijan a la canalización principal mecánicamente y su uso está limitado a la ejecución de acometidas.



*Pieza para derivación en carga sin soldadura*

La salida es generalmente en polietileno. De este modo no es necesario utilizar soldadura de acero tampoco en la línea de derivación, con las ventajas que eso supone.

Otra ventaja de este tipo de piezas es la posibilidad de realizar acometidas en carga sobre canalizaciones de acero de espesor nominal bajo.

#### **4.2.7.2. Accesorios y elementos auxiliares de polietileno (solo categoría A)**

Los accesorios de polietileno deberán cumplir con las exigencias de la norma UNE-EN 1555, Partes 1, 3 y 5 y la Especificación Técnica UNE-CEN/TS 1555-7.

Las válvulas construidas en polietileno deben cumplir los requisitos de la norma UNE-EN 1555, Partes 4 y 5 y la Especificación Técnica UNE-CEN/TS 1555-7.

Las válvulas de cuerpo metálico instaladas en conducciones de gases de la 1ª y 2ª familias deben cumplir con la norma UNE-EN 13774.

Los accesorios empleados con tubo del mismo material se clasifican como sigue:

- Accesorios de electrofusión por embocadura (enchufe)
- Accesorios de electrofusión por solape
- Accesorios con extremo macho (para fusión a tope empleando placas calefactoras y para electrofusión por embocadura)
- Accesorios mecánicos

Los accesorios pueden tener la forma de, por ejemplo, manguitos, tes iguales y reducidas, reducciones, codos y tapones.

##### **4.2.7.2.1. Accesorios de electrofusión para soldadura en línea**

Contienen uno o más elementos calefactores integrales, capaces de transformar energía eléctrica en calor para realizar una unión por fusión con un extremo macho o un tubo.

Las figuras más usadas son los manguitos, los codos (a 90° o a 45°), las reducciones, las tes (iguales o desiguales), y los tapones ("caps").

En los manguitos monofilares la resistencia eléctrica es común a ambas embocaduras, por lo que estas se sueldan al mismo tiempo. En los manguitos bifilares hay una resistencia eléctrica individual en cada embocadura, por lo que deben soldarse una detrás de otra.

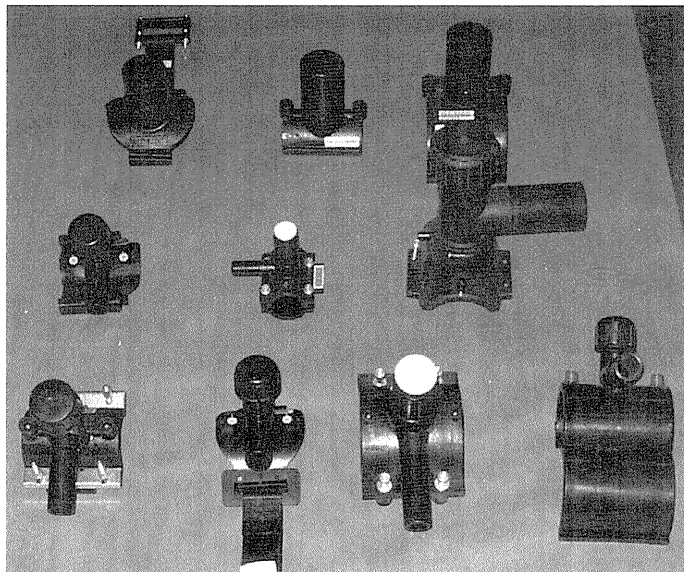
Los manguitos pueden tener o no topes centradores, los cuales aseguran que al introducir el tubo hasta llegar a los topes, queda con el extremo situado en el centro del manguito. Los topes se pueden eliminar en caso de necesidad.



*Accesorios para soldadura por electrofusion de línea*

#### 4.2.7.2.2. Accesorios de electrofusión de derivación

- **Derivaciones simples:** estos accesorios cuentan en su parte inferior con un asiento curvo con resistencia eléctrica, que se adapta a la superficies del tubo sobre el que han de soldarse.
- **Tes de toma en carga:** estos accesorios disponen de un elemento perforador incorporado para taladrar el tubo. En su parte inferior cuentan con un asiento curvo con resistencia eléctrica, que se adapta a la superficie del tubo.

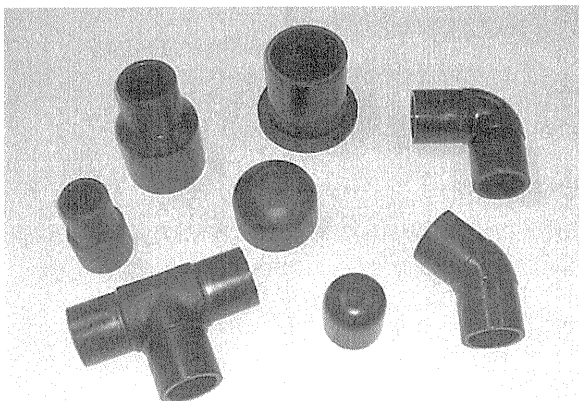


*Accesorios para soldadura por electrofusion de derivación*

#### 4.2.7.2.3. Accesorios con extremo macho

Estos accesorios pueden ser unidos entre sí mediante accesorios de electrofusión por embocadura, o bien, para diámetros superiores a DN 90, mediante soldadura a tope.

Las figuras más usadas son los codos (a 90° o a 45°), las reducciones, las tes (iguales o desiguales), los tapones ("caps") y los portabridas (Ver apartado siguiente).



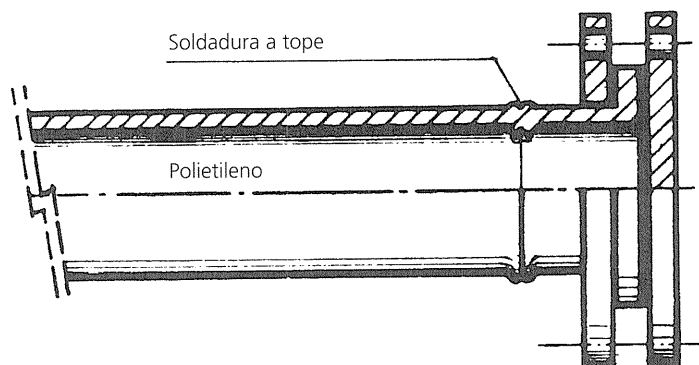
*Accesorios con extremo macho para soldadura a tope*

#### **4.2.7.2.4. Final de conducción y obturación de extremos**

Si la futura conducción debe estar alineada con la existente, pueden aplicarse diversas soluciones según el grado de provisionalidad del cierre extremo y si se piensa o no recurrir al pinzado de la conducción a la hora de su prolongación

#### **4.2.7.2.5. Portabridas de polietileno, brida loca y brida ciega**

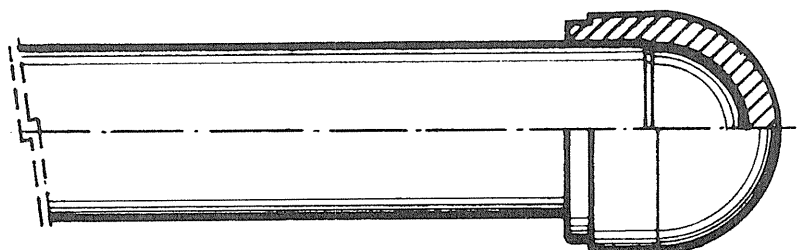
Tiene el inconveniente que una unión embridada puede ser origen de fuga, pero en cambio facilita la futura prolongación. Puede utilizarse un accesorio para el balonamiento de la canalización cuando se vaya a desmontar la brida ciega, o aplicar un pinzamiento.



*Final de conducción mediante porta-brida de polietileno, brida loca y brida ciega*

#### **4.2.7.2.6. Tapón de polietileno**

Mediante tapón de polietileno, el cierre es totalmente estanco, pero en caso de prolongación y en algunos modelos debe ser cortado sin posible recuperación. Puede también preverse el balonamiento de la canalización en caso de prolongación.



*Final de conducción mediante tapón de polietileno*

Si no es imperativo que ambas conducciones estén alineadas se puede efectuar una desviación de la existente (con o sin carga) mediante Tes de toma en carga o derivaciones. Si la nueva canalización es del mismo diámetro que la existente, puede también intercalarse en ésta (sin carga) una Te unida mediante manguito de electrofusión.

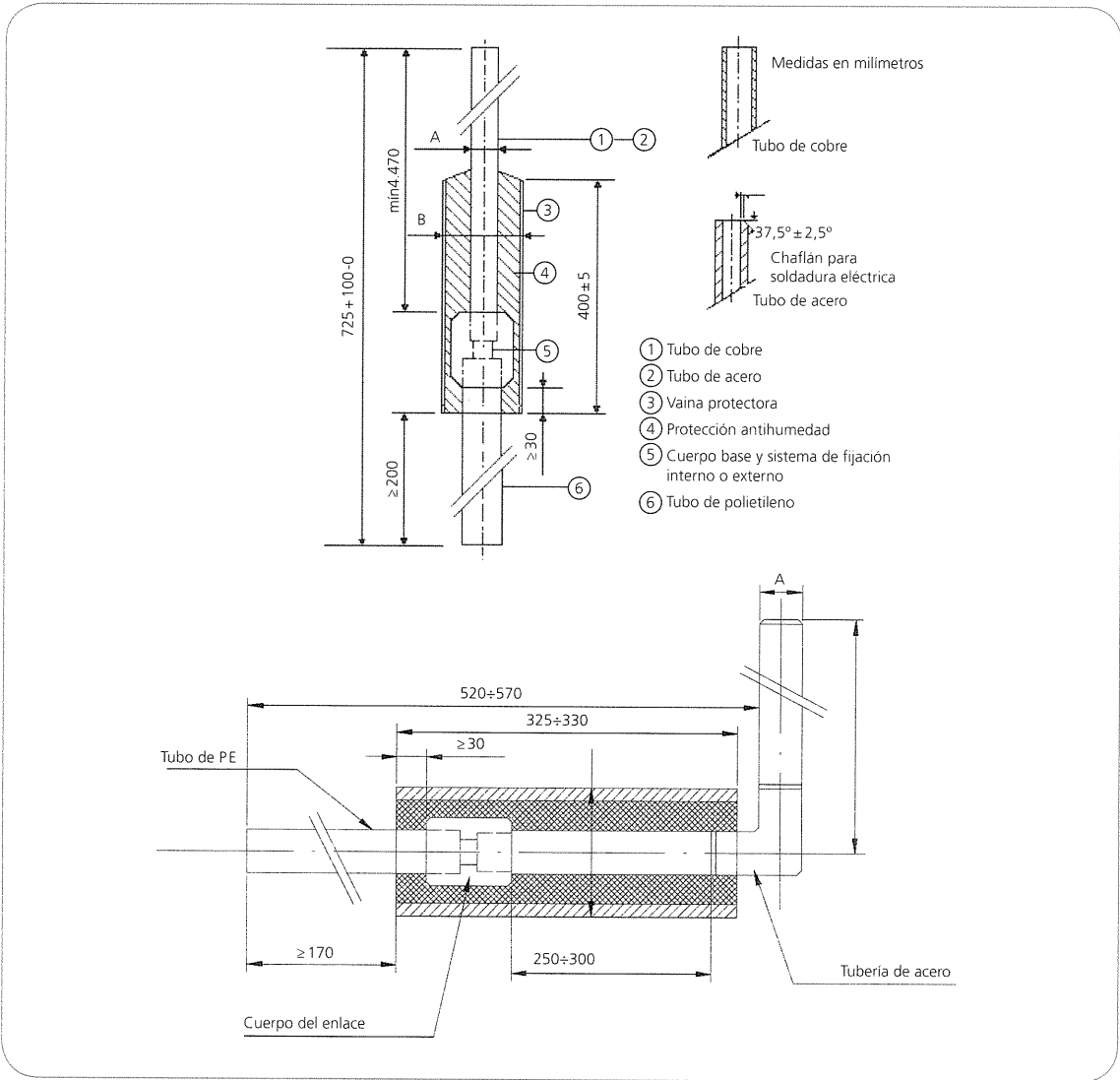
4.2.8. Otros materiales

Pueden emplearse también en la construcción de instalaciones receptoras los materiales que sean aceptados en la UNE EN 1775 y que cumplan una norma de referencia de reconocido prestigio.

4.2.9. Tallos de polietileno (sólo categorías B y A)

Los tallos de polietileno permiten realizar la transición entre tramos vistos y enterrados de las instalaciones receptoras, y la conexión con la acometida, en su caso, y pueden ser de polietileno-cobre o de polietileno-acero. Sus características mecánicas y dimensionales deben ser conformes a la UNE 60405.

Los tallos pueden ser rectos o acodados en la parte metal.



Los tallos que se utilicen para la realización de instalaciones receptoras deberán estar compuestos por dos materiales distintos unidos por un enlace fijo o monobloc, siendo polietileno el material para la parte enterrada y acero o cobre para la parte vista o empotrada en muros.



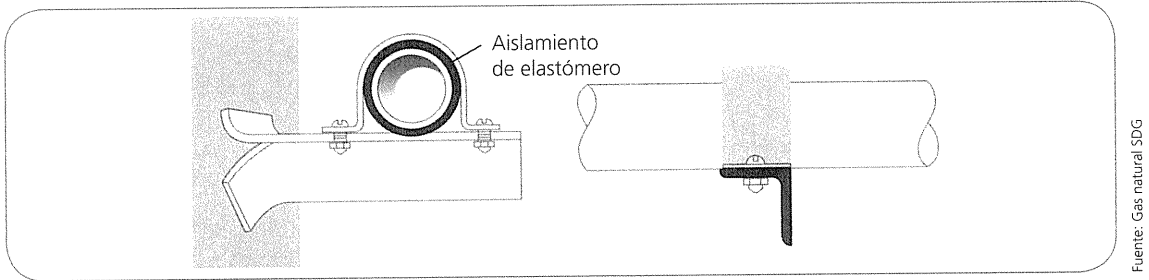
El enlace monobloc polietileno-acero o polietileno-cobre deberá estar protegido por una vaina metálica rellena de resina de poliuretano como protección antihumedad.

En la tabla que se indica a continuación, se muestran las dimensiones de los tallos polietileno-acero y polietileno-cobre normalmente utilizados en la construcción de instalaciones receptoras.

DN TALLO	TUBO PE		MOP (bar)	A (DN)		B (mm) <sup>1</sup>		
	DN	Clase y SDR		DN Cu	DN Ac	Ac. Inox	Cobre	Acero
25	32	PE 80 SDR 11	5	Cu 22×1 Cu 22×1,5	Ac 1"	53×1,5	DN54	55×2
32	40	PE 80 SDR 11	5	Cu 42×1 Cu 42×1,5	Ac 1¼"	63,5×1,5	DN64	65×2
50	63	PE 80 SDR 11	5	Cu 54×1,2 Cu 54×1,5	Ac 2"	—	—	100×2
		PE 100 SDR 17,6			Ac 2"			
		PE 100 SDR 11	10	—	Ac 2"			
80	90	PE 80 SDR 11	5	—	Ac 3"	—	—	121×3
		PE 100 SDR 17,6		—	Ac 3"			
		PE 100 SDR 11	10	—	Ac 3"			
1. Se admitirá la utilización de diámetros y espesores similares alternativos si existe dificultad de encontrar en el mercado los indicados en la Tabla A 4								

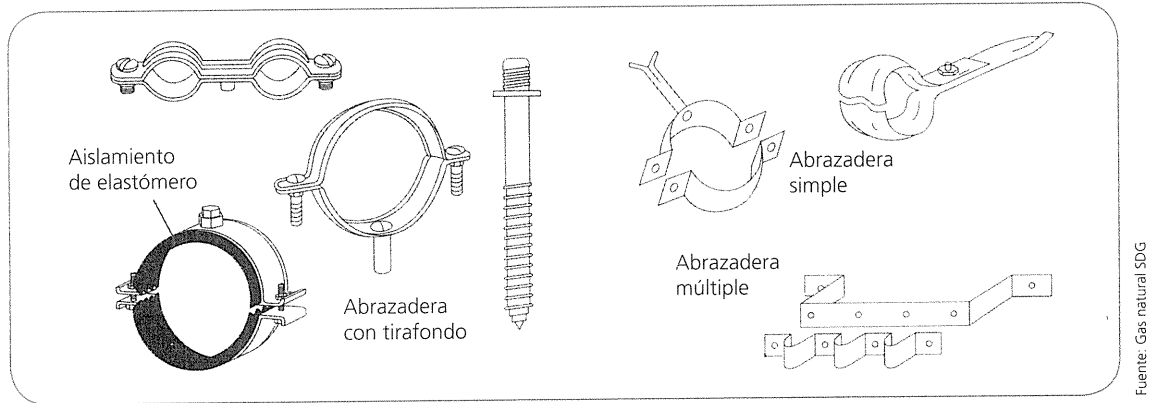
4.2.10. Elementos de sujeción de tuberías

Las tuberías que se instalen en la modalidad “vistas”, deberán estar conveniente sujetas a las paredes o techos mediante elementos de sujeción del tipo abrazaderas o soportes-guía.



Fuente: Gas natural SDG

Estos elementos de sujeción podrán ser, en función de la tipología de la instalación, simples o múltiples, es decir, que sujeten a una sola tubería o a varias (peine de tubos proveniente de la centralización de contadores).



Fuente: Gas natural SDG

El diseño de los elementos de sujeción mencionados, es decir, las abrazaderas y los soportes guía, ha de ser tal que cumplan las siguientes condiciones:

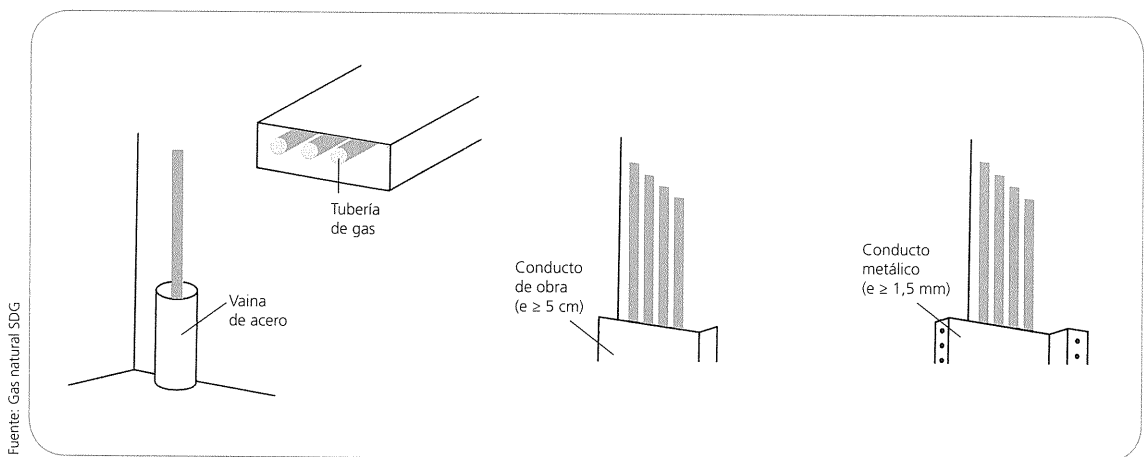
- El anclaje de la abrazadera ha de poder realizarse directamente a la pared, bien por empotramiento o bien atornillada con tacos de expansión. El anclaje del soporte-guía se realizará por empotramiento en la pared o techo.
- El sistema de fijación de la abrazadera a la tubería no ha de poder realizarse manualmente ni por presión, sino que para su montaje y desmontaje deberá utilizarse un útil adecuado (destornillador, llave fija, etc.).
- El diseño de la abrazadera ha de ser tal que en ningún caso pueda producirse contacto de la tubería con la pared, techo o soporte. En el caso de abrazaderas múltiples, su diseño deberá asegurar, además, que no existe contacto entre tuberías.
- Han de estar contruidos con materiales metálicos de probada resistencia (acero, acero galvanizado, cobre, latón etc.) debidamente protegidas contra la corrosión y no deberán estar en contacto directo con la tubería, sino que deberán aislarse de la misma a través de un revestimiento, banda de elastómero o material plástico preferentemente, o bien encintando convenientemente la tubería en la zona de contacto. Cuando el tubo sea de acero inoxidable, el material de los elementos de sujeción no será ferrítico.

#### 4.2.11. Material de las vainas, conductos y pasamuros

Las vainas, conductos y pasamuros que se utilizan para enfundar un tramo de instalación receptora pueden emplearse para varias funciones:

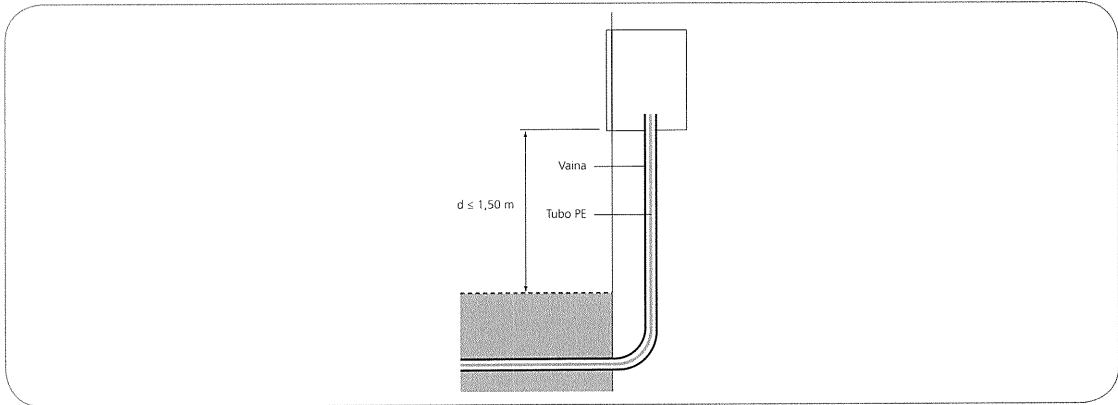
- Para dar protección mecánica a la tubería que contienen (protección para tuberías expuestas a golpes o choques, etc.).

En estos casos, si se trata de una vaina siempre será de acero, y si se trata de un conducto podrá realizarse con materiales metálicos) con un espesor mínimo de 1,5 mm o bien de obra con un espesor mínimo de 5 cm.



- Para acceder con tubo de polietileno a armarios empotrados destinados a contener conjuntos de regulación (sólo categorías B y A).

En estos casos, la vaina será de un material con rigidez suficiente y conformado para adaptarse al lugar donde va a ir alojada. Normalmente estas vainas son de PVC o material similar curvadas en caliente.

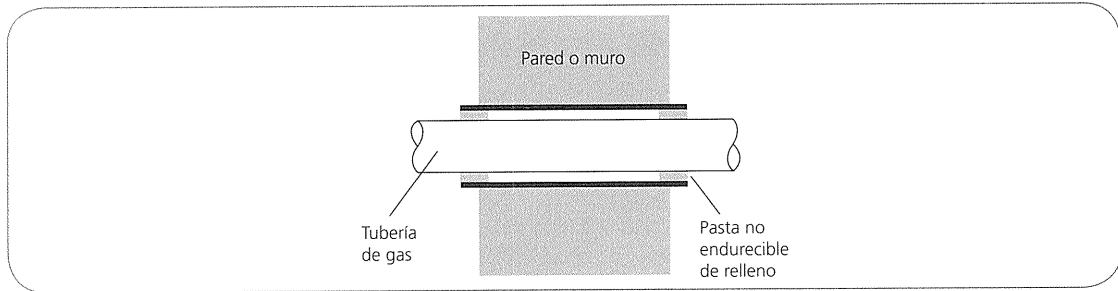


- Para realizar la ventilación de tuberías que pasan por primeros sótanos, cámaras, altillos, cielos rasos, falsos techos, etc.

Las vainas y conductos podrán ser metálicos, de material de rigidez suficiente no deformable (por ejemplo PVC o similar), o bien ser conductos o cajetines de obra.

- Para atravesar paredes o muros.

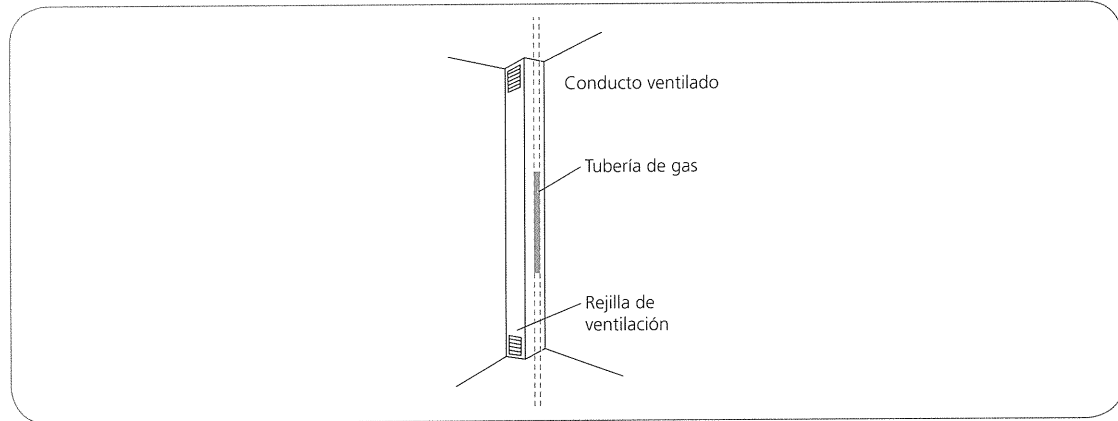
Cuando deba atravesarse una pared o muro de un local, deberá enfundarse la tubería mediante una vaina metálica o bien de material no deformable de rigidez suficiente (por ejemplo PVC o similar). Esta vaina, que es conocida con el nombre de "pasamuros", deberá quedar inmovilizada en la pared o muro y se introducirá la tubería a su través. Es conveniente obturar, mediante una pasta no endurecible, el hueco existente entre la vaina y la tubería a no ser que se utilice para ventilación.



Es conveniente utilizar centradores para evitar el contacto del tubo con la vaina.

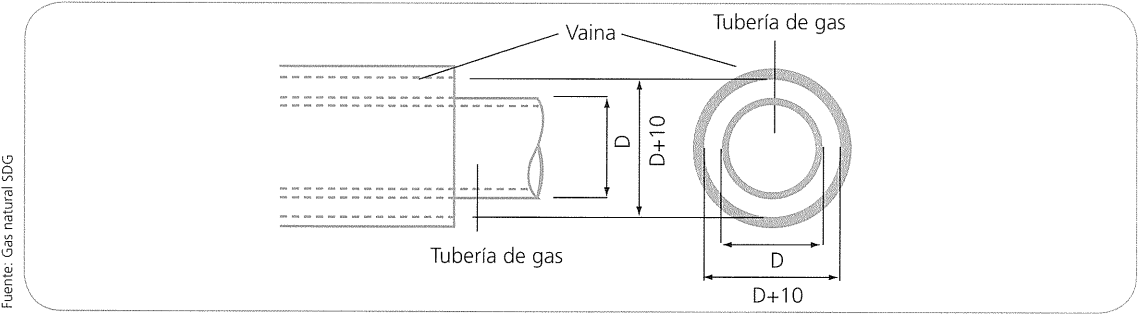
- Para disimular las tuberías por motivos decorativos.

Cuando por motivos decorativos se deban ocultar tuberías de gas, éstas deberán estar alojadas en vainas o conductos ventilados de materiales metálicos, de material de rigidez suficiente no deformable (por ejemplo PVC o similar), o bien en conductos o cajetines de obra ventilados.



Cuando una vaina o conducto tenga que realizar varias funciones, el material de las mismas se escogerá teniendo en cuenta los materiales previstos para la función más exigente.

Es recomendable que el diámetro interior de la vaina será, como mínimo, 10 mm superior al diámetro exterior del tubo.



Cuando se utilicen vainas o conductos metálicos deberán protegerse del medio exterior y no habrán de estar en contacto con estructuras metálicas ni con otras tuberías.

A continuación, se muestra una tabla resumen en la que se indican las funciones que puede realizar una vaina o conducto y los materiales permitidos.

Función	Material de vainas	Material de conductos
Protección mecánica de tuberías	Acero, con espesor mínimo de 1,5 mm Otros materiales de similar resistencia mecánica	Materiales metálicos (acero, cobre, etc.), con espesor mínimo de 1,5 mm De obra (espesor mínimo 5 cm)
Ventilación de tuberías en sótanos*	Materiales metálicos (acero, cobre, etc.)	Materiales metálicos (acero, cobre, etc.)
Ventilación de tuberías en el resto de casos*	Materiales metálicos (acero, cobre, etc.) Otros materiales rígidos (por ejemplo plásticos rígidos)	Materiales metálicos (acero, cobre, etc.) De obra
Acceso a armarios de regulación y contadores Tuberías situadas en suelo o subsuelo	Materiales metálicos (acero, cobre, etc.) Otros materiales rígidos (por ejemplo, plásticos rígidos)	

4.2.12. Corte de tubos metálicos

4.2.12.1. Corte de tubos de acero, de acero inoxidable o de cobre

Para cortar los tubos de acero, de acero inoxidable o de cobre, se pueden utilizar tres procedimientos:

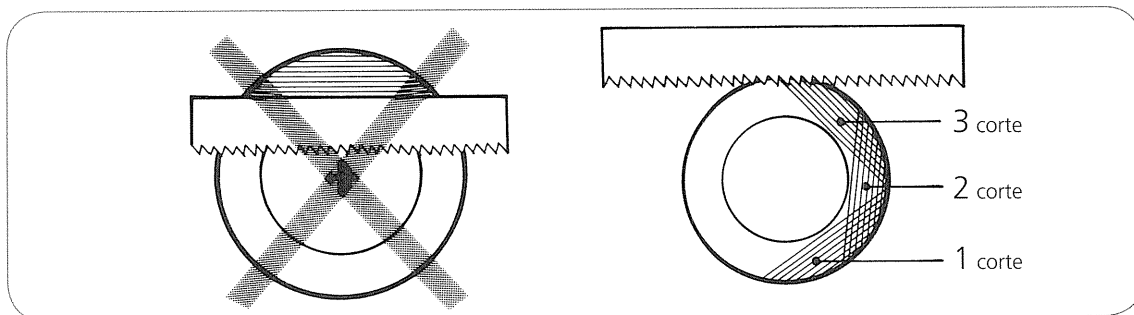
- Sierra de metales
- Cortatubos
- Disco

4.2.12.1.1. Sierra de metales

La sierra de metales tiene una hoja de dientes finos (22 dientes por pulgada) y es de un acero cuya dureza es muy superior a la de los tubos. Al montar la hoja sobre la armadura conviene que los dientes miren hacia adelante, que es en esa dirección que se aprovecha más nuestro esfuerzo con el movimiento de vaivén que efectuamos sobre la herramienta.

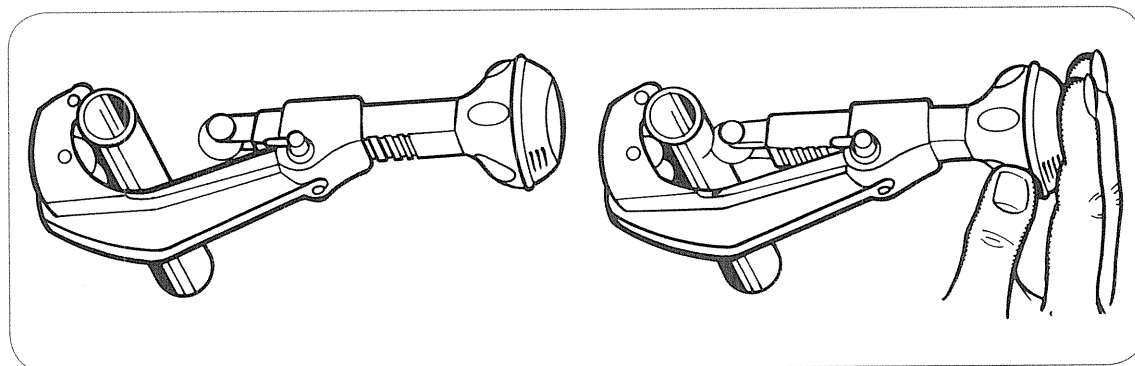
Para que los cortes salgan derechos, la sierra debe moverse en un plano perpendicular al eje del tubo y formar un ángulo de  $90^\circ$  con respecto a la longitud del mismo.

La siguiente figura nos muestra la forma y el orden de realizar el corte:



#### 4.2.12.1.2. Cortatubos

El cortatubos consta de una cuchilla circular, de borde muy fino y de un acero similar al de la hoja de la sierra de metales. Además dispone de dos rodillos que son los encargados de dirigir el corte, de forma que salga recto.



El corte se produce haciendo girar el cortatubos sobre la superficie circular del tubo al tiempo que se presiona la cuchilla hacia el eje del mismo por medio de un husillo que tienen estas herramientas.

El inconveniente que tiene el cortatubos es que el corte queda con una rebaba interior, la cual conviene eliminar con un escariador para minimizar las pérdidas de carga producidas al circular los fluidos por su interior.

#### 4.2.12.1.3. Disco

El disco es una herramienta de forma circular construido con materias abrasivas que se monta en el eje del motor haciéndolo girar a gran velocidad para que roce con el tubo, quedando éste cortado por el sistema de abrasión.

#### 4.2.12.2. Corte de tubos de plomo

Por lo blando de este material, su corte no ofrece dificultades, pues se puede cortar hasta con una sierra de diente fino, unos 10 ó 12 dientes por pulgada, similares a las utilizadas para cortar madera. También puede utilizarse la sierra de metales, pero tiene el inconveniente de que los dientes se obstruyen con facilidad (se ciegan).

Otra herramienta que se puede utilizar es el cortatubos de tubos de plomo, una especie de alicate con dos cuchillas contrapuestas. El corte se produce al girar las cuchillas sobre el tubo y apretando al mismo tiempo los mangos. También tiene el inconveniente que el corte queda con rebaba interior, las cuales se deberán eliminar con un cuchillo plomero o una barrena tubera.

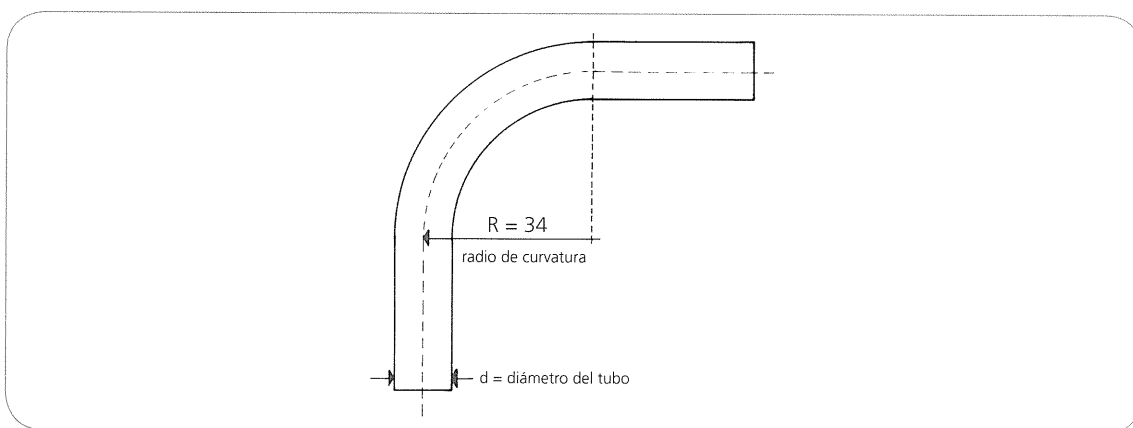
Agujerear los tubos de plomo para realizar derivaciones no tiene ninguna dificultad, puede realizarse esta operación mediante el cuchillo plomero o la barrena.

### 4.2.13. Curvado de tubos metálicos

Al realizar el curvado de un tubo, la curva que describe tiene unas características que debemos tener en cuenta:

- Zona exterior de la curva, que tiene la máxima dilatación.
- Zona interior, que tiene la máxima contracción.
- Zona neutra, que es el eje de la curva.
- Longitud de la curva, que es la distancia que hay desde el comienzo al final de la curva.
- Radio de curvatura, que es la distancia que hay entre el eje de la curva al centro donde se trazaría dicho eje.

El radio de una curva se encuentra en relación con el diámetro del tubo que se ha de curvar.



En las máquinas curvadoras y en curvadoras manuales el radio de curvatura que se aplica normalmente es: radio de la curva igual a tres diámetros del tubo. Para la realización manual de arcos, es necesario calentar la zona a curvar, y por tanto es preciso saber marcar sobre el tubo esta zona.

Sabemos que la longitud de una circunferencia es:

$$2 \times \pi \times R_{\text{curv.}}$$

por lo tanto, la longitud de una curva de 90°, un cuarto de circunferencia, es:

$$(2 \times \pi \times R_{\text{curv.}})/4 = 1,57 \times R_{\text{curv.}}$$

Entonces marcaremos el principio de la curva, y la segunda marca la realizaremos a  $1,57 \times R_{\text{curv.}}$ , o lo que es lo mismo, a:

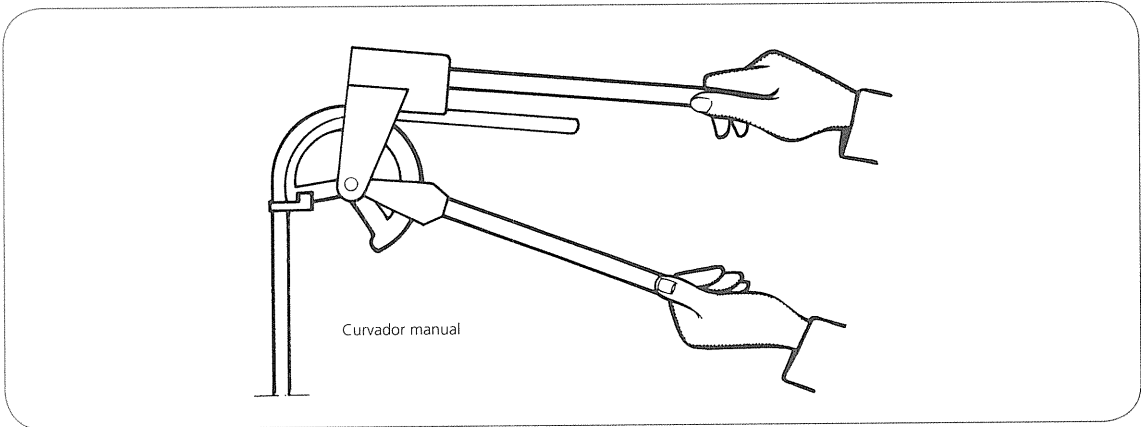
$$1,57 \times 3 \times \varnothing_{\text{tubo}} = 4,71 \times \varnothing_{\text{tubo}}$$

Ésta será la zona del tubo que debemos calentar.

#### 4.2.13.1. Curvado de tubos de cobre

Para curvar tubos de cobre de diámetro exterior superior a 14 mm, es necesario que se encuentre recocado.

Los tubos de cobre se pueden curvar a mano o usando curvadores sin ningún otro requisito, siempre que su diámetro no pase de los 16 mm, a partir de este calibre es necesario rellenar el tubo con arena, resina líquida o utilizar la técnica del resorte.

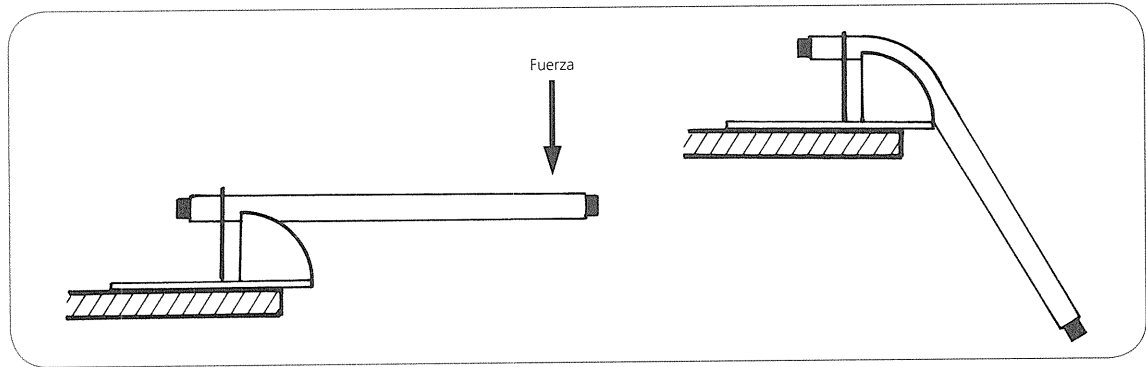


#### 4.2.13.2. Curvado de tubos de acero

Una vez troceado el tubo que hemos de curvar, se tapa una boca mediante un tapón de madera o similar, el tubo se rellena de arena fina y seca, y se golpea el tubo hasta que la arena quede bien apretada, procediendo a tapar la otra boca.

A continuación se calienta toda la longitud de la curva, hasta conseguir un rojo cereza claro.

En estas condiciones se coloca la parte calentada en un canal de plomo circular y anchura igual al diámetro del tubo, se sujeta uno de los extremos, y haciendo palanca con el otro se obtendrá el ángulo que deseamos, como nos muestra la siguiente figura.



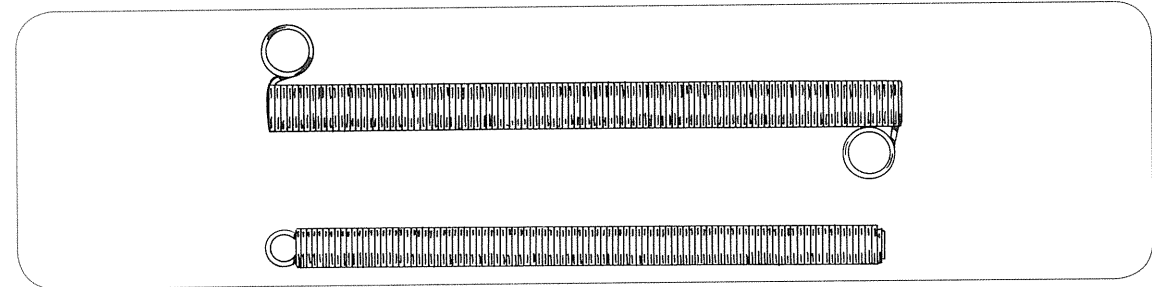
También se consiguen buenas curvas sin necesidad de usar el canal, simplemente sujetando uno de los extremos del tubo y haciendo palanca con el otro.

Cuando la curva quede muy cerca de la boca del tubo, es imprescindible alargarlo, de forma que pueda sujetarse, para ello se le hace una rosca y unimos otro trozo de tubo.

Esta técnica de curvado, que hemos visto, se le denomina curvado en caliente, existen curvadoras hidráulicas que permiten realizar el curvado en frío.

#### 4.2.13.3. Curvado de tubos de plomo

Para el curvado de tubos de plomo de más de 18 mm de diámetro exterior es necesario rellenar el tubo de arena o utilizar el resorte.



La técnica de curvado con resorte consiste en introducir un muelle en el interior del tubo, o pasar el tubo a través del muelle, y de este modo se evita el aplastamiento o abollamiento de la conducción. Este procedimiento da buenos resultados, pero sólo se consiguen curvas de gran radio.

Una vez cortado el trozo que se va a curvar, se procederá a un enderezamiento y se rectificará el diámetro, en el caso de que se encuentre abollado, mediante un mandril de madera.

Es conveniente calentar toda la longitud de la curva, procurando no fundir el tubo, para una mayor facilidad del curvado a mano o con un curvador de madera.

#### **4.2.14. Corte y curvado de tubos de polietileno (sólo categoría A)**

##### **4.2.14.1 Corte de tubo de polietileno**

El corte de tubería de polietileno se realiza principalmente en la misma zanja cuando una parte de la conducción está accesible, o fuera de la obra, sobre un tubo nuevo, para ajustar la longitud de tubería necesaria.

Cuando el tramo está en servicio y se requiera cortar una parte para su sustitución, primeramente se dejará el tramo sin servicio y sin presión, para efectuar la operación sin riesgo. Seguidamente se purgará y venteará el tramo sin servicio, en que se requiere realizar el corte.

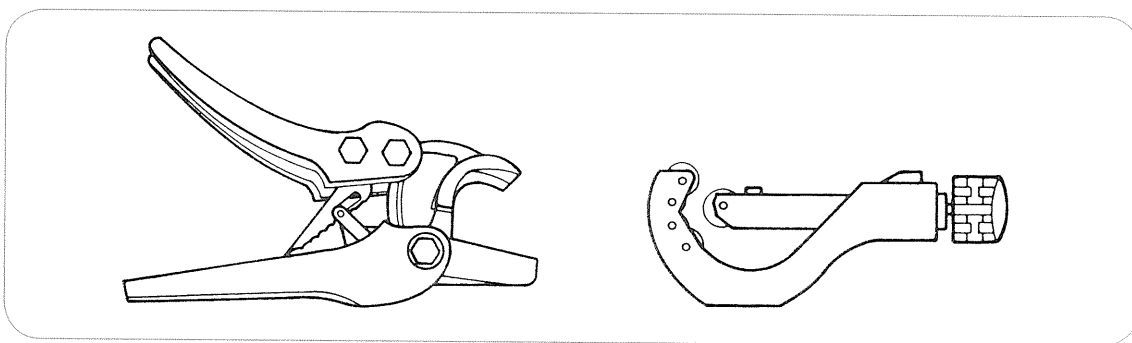
Cuando el tramo de tubería está fuera de la zanja, ésta se sujetará sobre un armazón o algún elemento de fijación para inmovilizarlo, dejando espacio para operar con los útiles de corte.

Cuando los extremos de los tubos estén afectados, se cortaran dichos tramos; para ello se puede utilizar un cortatubo cuyas características y procedimiento de corte son similares a los empleados para cortar tubo de cobre, u otro procedimiento adecuado.

Según el tipo de soldadura a realizar, se ha de proceder al refrentado del extremo del tubo, para lo cual se utiliza una refrentadora rotativa que deja los extremos del tubo lisos y a escuadra.

Los útiles para cortar tubo de polietileno pueden ser de tres tipos:

- Sierra de cala de corte vertical, para tubería de red o tubo de polietileno de diámetros desde DN 90 hasta DN 315
- Cortatubos de rodillo, para cortar tubería de red o tubo de polietileno de diámetros hasta DN 63
- Cortatubos de cizalla, para cortar conductos de acometida o tubo de polietileno comprendido entre DN 20 y 40



##### **4.2.14.2. Curvado de tubo de polietileno**

Debido a la flexibilidad de este material, las tuberías de polietileno se adaptan al trazado de curvas de radio relativamente reducido sin necesidad de empleo de accesorios.

En el caso de seguir un trazado curvo el radio de curvatura deberá ser mayor de 20 diámetros del tubo, evitando que en el tramo curvado se encuentren soldaduras. De no poder evitar esto, el radio de curvatura deberá ser superior a 25 veces el diámetro del tubo.



El radio mínimo de curvatura admisible depende del diámetro del tubo y de la temperatura ambiente.

Radios mínimos de curvatura en tubería de polietileno Variación con la temperatura ambiente	
T (°C)	R
20	20 D
10	35 D
0	50 D

donde:

- D = diámetro de la tubería,
- R = radio mínimo de curvatura,
- T = temperatura ambiente.

### 4.3. UNIONES MECÁNICAS

#### 4.3.1. Consideraciones generales

Las uniones de los tubos entre sí y de éstos con sus accesorios se realizará de acuerdo con los materiales en contacto y de forma que el sistema utilizado asegure la estanquidad sin que ésta pueda verse afectada por los distintos tipos de gas que se prevea distribuir en la zona.

Las uniones pueden ser soldadas o mecánicas.

Las uniones mecánicas podrán ser desmontables, fijas o roscadas, y deben limitarse al mínimo imprescindible. Sólo pueden utilizarse en tuberías vistas o enterradas, por lo que no pueden utilizarse en instalaciones empotradas. Tampoco pueden utilizarse cuando la tubería discorra por falsos techos y cámaras no ventiladas ni por semisótanos o primer sótano.

Las uniones mecánicas, desmontables o roscadas, se utilizan generalmente en conexiones de aparatos de utilización, regulación, medida, llaves, etc.

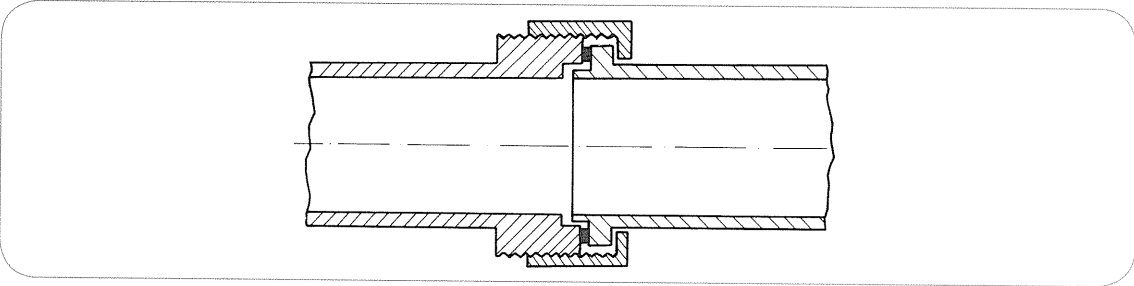
Vamos a describir en esta unidad las uniones mecánicas autorizadas:

- Uniones desmontables
  - Enlaces mediante junta plana
  - Uniones metal-metal
  - Bridas
  - Enlaces desmontables de transición PE-metal
- Enlaces fijos de transición PE-metal
- Uniones roscadas

#### 4.3.2. Uniones desmontables

##### 4.3.2.1. Enlaces mediante junta plana

El enlace mediante junta plana, llamado también *rácor*, consta de dos piezas, la bayoneta con asiento plano y la tuerca hexagonal. En dicho asiento se intercala una junta plana de elastómero (ver figura).



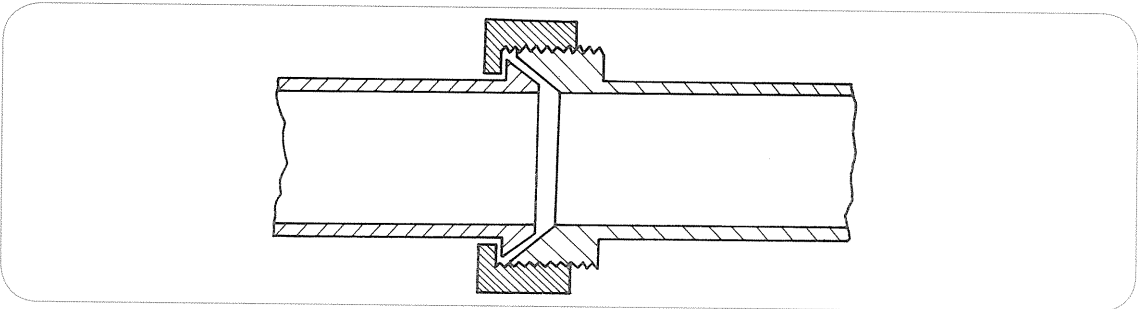
Esta unión se fabrica en cobre, latón y acero, y deben cumplir lo dispuesto en la UNE 60719. Al igual que en las bridas, la junta debe cumplir lo dispuesto en la UNE EN 549 en lo relativo a materiales y la UNE 60719 en lo relativo a dimensiones. Este tipo de unión puede utilizarse exclusivamente para conectar a las tuberías los accesorios desmontables pertenecientes a la instalación receptora, como pueden ser los dispositivos de corte, contadores, reguladores, válvulas de seguridad por mínima presión, etc., así como en las conexiones rígidas o semirrígidas de aparatos a gas fijos.

**4.3.2.2. Uniones metal-metal**

Las uniones metal-metal solamente se aceptarán cuando sean del tipo esfera-cono o de anillos cortantes. Su uso queda limitado a las conexiones de conjuntos de regulación y a la conexión de accesorios con MOP ≤ 50 mbar. Estas uniones metal-metal no se permitirán cuando la unión este sujeta a movimientos o vibraciones o cuando las tuberías sean de cobre recocido.

**4.3.2.2.1. Esfera cono**

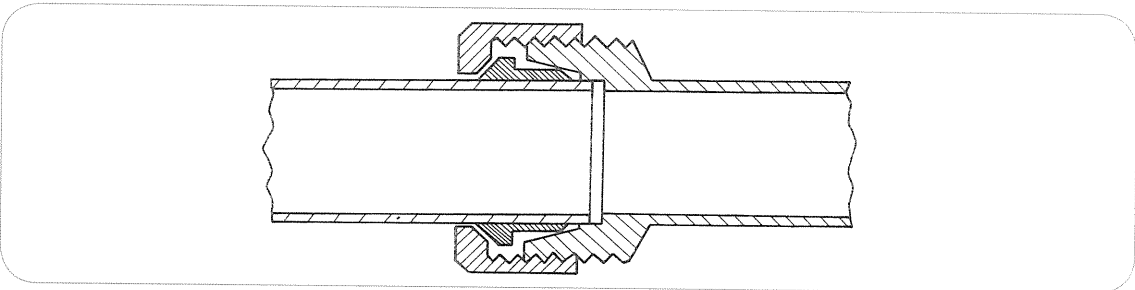
La unión por esfera-cono consta de dos piezas, el cono y la tuerca hexagonal. La estanquidad se asegura mediante la compresión entre las paredes cónicas y esféricas de la unión. (ver figura)



Esta unión se fabrica en cobre, latón y acero, para soldar o roscar.

**4.3.2.2.2. Unión por anillos cortantes**

En la unión por anillos cortantes, conocida normalmente por *ermeto*, la estanquidad se asegura mediante un anillo metálico que al ser comprimido por una tuerca contra el borde del accesorio, se retrae, formando en el una acanaladura que se incrusta en la pared del tubo. (ver figura)

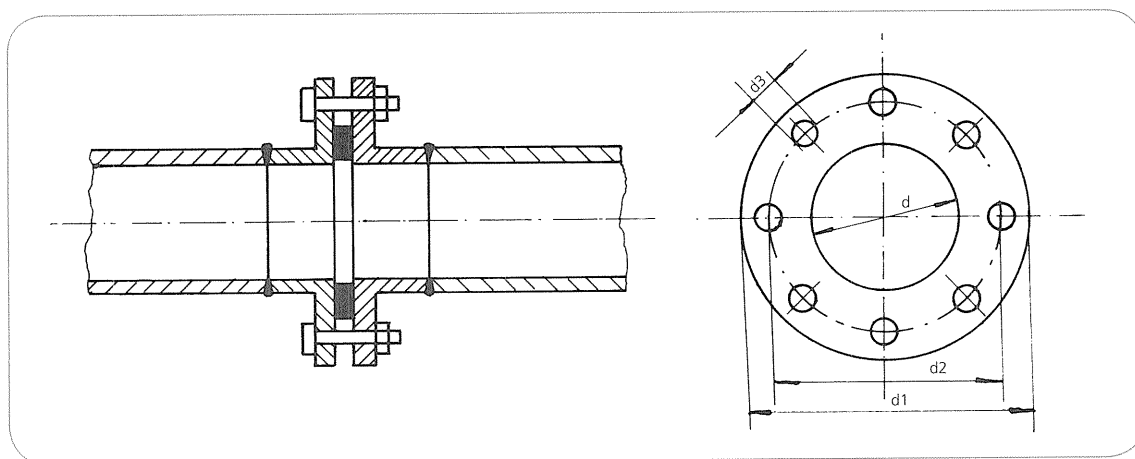


Con objeto de facilitar la compresión de la tuerca sobre el anillo, es conveniente untar con aceite el reborde del anillo que se encuentra en contacto con la tuerca, de esta forma se suaviza el roce. Si no se procede de esta forma, puede dar la impresión de que se haya formado la acanaladura en el anillo, sin que se produzca.

Una vez utilizada no debe volver a emplearse, debido a que el anillo se encuentra deformado y no se aseguraría la estanquidad.

#### 4.3.2.3. Bridas (sólo categorías B y A)

Las bridas están formadas por dos discos metálicos de cuyo centro emerge la conducción A su alrededor la brida posee varios orificios en los que se insertan pernos que permiten ajustar la unión. (ver figuras)



Entre ambos discos debe intercalarse una junta plana que puede ser de elastómero que cumpla lo dispuesto en la UNE-EN 682 en cuanto al material, o bien de otro material adecuado a esta aplicación.

Las bridas deben ser conformes a las características y dimensiones que se indican en la UNE 19152, UNE 19153 y UNE-EN 1092-1.

Este tipo de unión puede utilizarse exclusivamente en accesorios desmontables pertenecientes a la instalación receptora, como son los dispositivos de corte, contadores, líneas de regulación, etc., así como en los tramos de conexión rígida de aparatos y quemadores a gas fijos.

#### 4.3.2.4. Enlaces de transición desmontables PE-metal (sólo categoría A)

El enlace mecánico de transición es el elemento que realiza la transición de tubos de distinta naturaleza y DN (acero, latón o cobre a PE), o bien realiza la unión de un tubo a un elemento o accesorio. Está formado por el cuerpo base y el sistema de fijación interno o externo, donde se efectúa la transición.

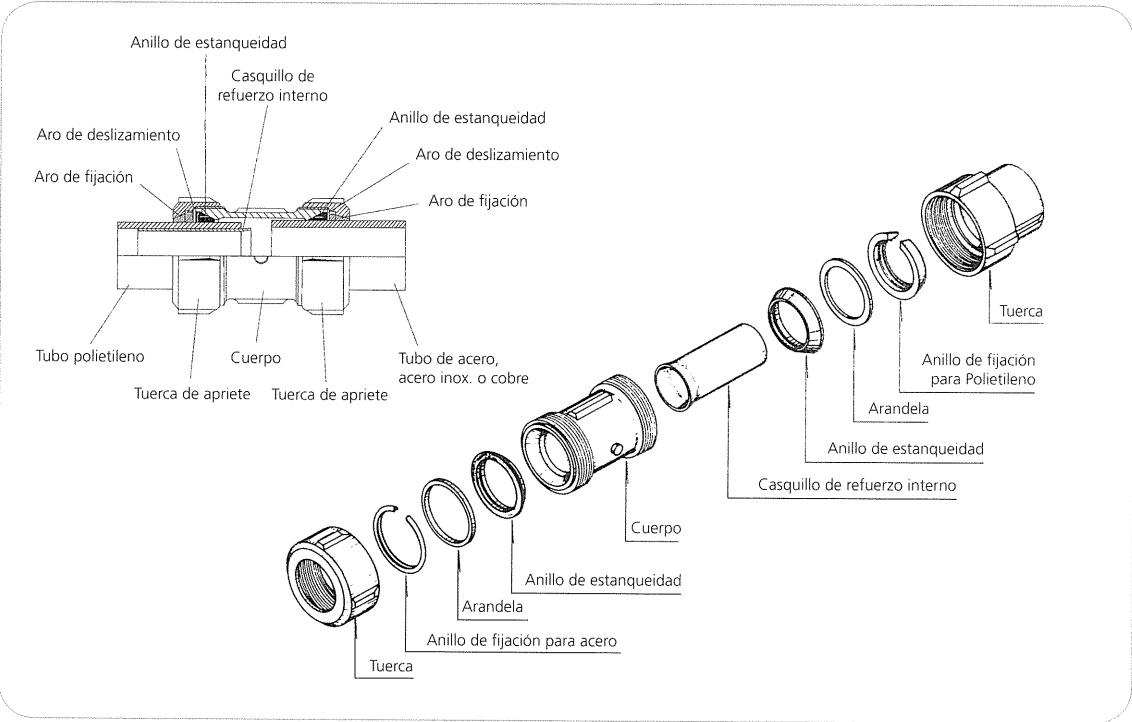
El cuerpo base es el elemento mecánico del enlace de transición que soporta los tubos de unión y el sistema de fijación es el elemento que permite fijar al cuerpo base los tubos a unir, garantizando la estanquidad y resistencia mecánica de la transición.

Estos enlaces se pueden utilizar para  $MOP \leq 5$  bar y se clasifican, en función de sus características constructivas, en Tipo 1, Tipo 2 Tipo 3a y Tipo 3b. Los enlaces Tipo 1 y 2 se pueden utilizar hasta DN 90 y los enlaces Tipo 3a para DN 20 y los Tipo 3b para DN 20 y 32.

A continuación, se describen las características de éstos tipos de enlaces, según UNE-60405 Partes 1 y 3.

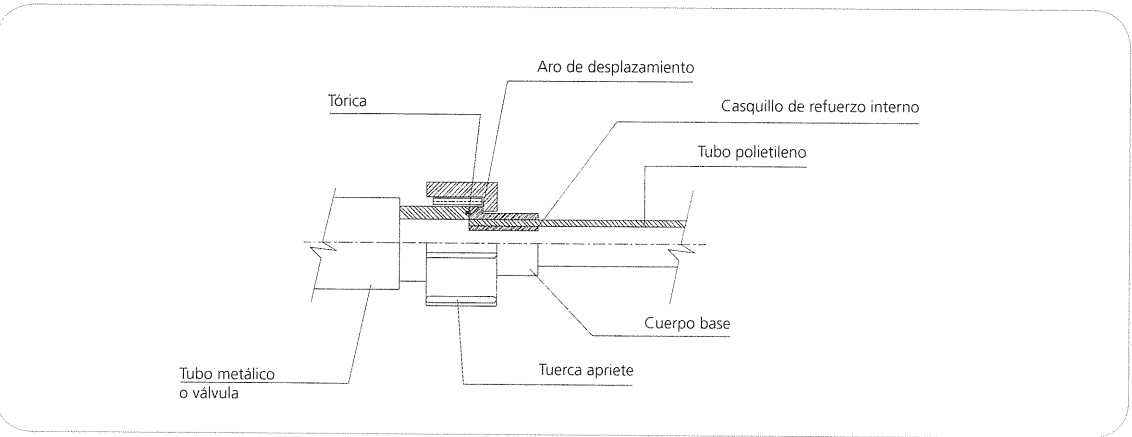
4.3.2.4.1. Enlaces de transición desmontables de Tipo 1

La compresión se realiza mediante aro de fijación y tuerca de apriete (ver figura).



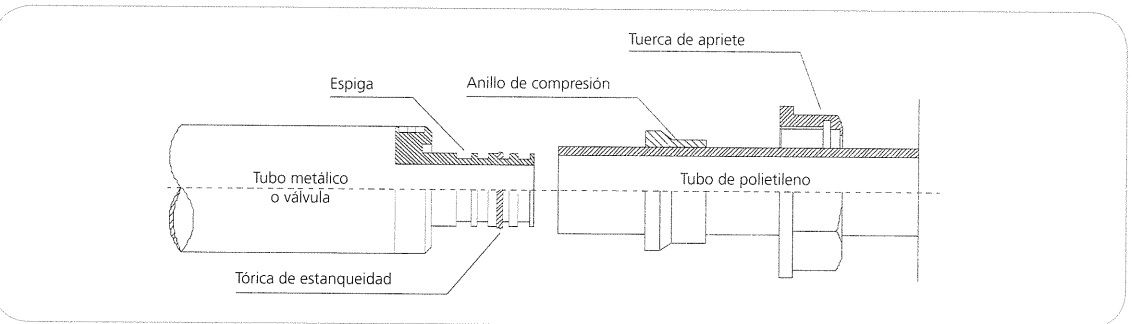
4.3.2.4.2. Enlaces de transición desmontables de Tipo 2

La compresión se realiza mediante tuerca de apriete y junta (ver figura).



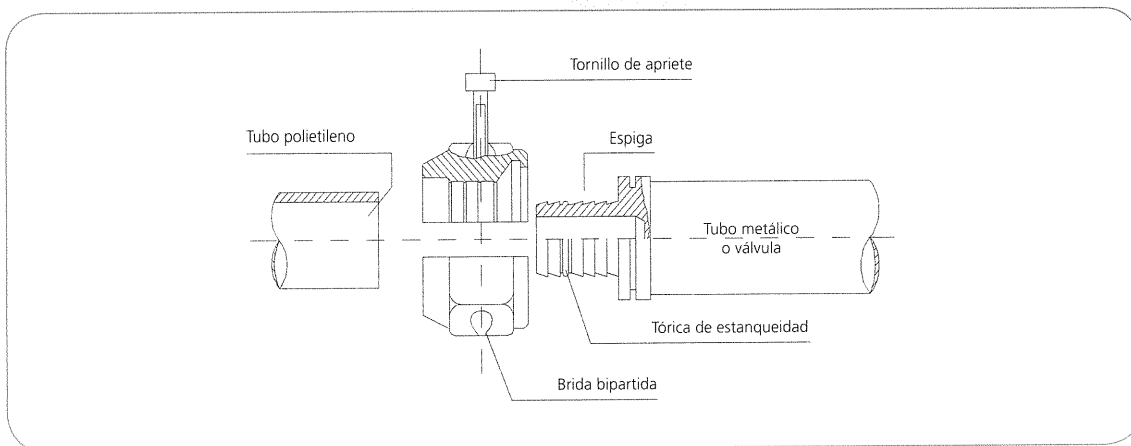
4.3.2.4.3. Enlaces de transición desmontables de Tipo 3a

La compresión se realiza mediante tuerca de apriete (ver figura)



**4.3.2.4.4. Enlaces de transición desmontables de Tipo 3b**

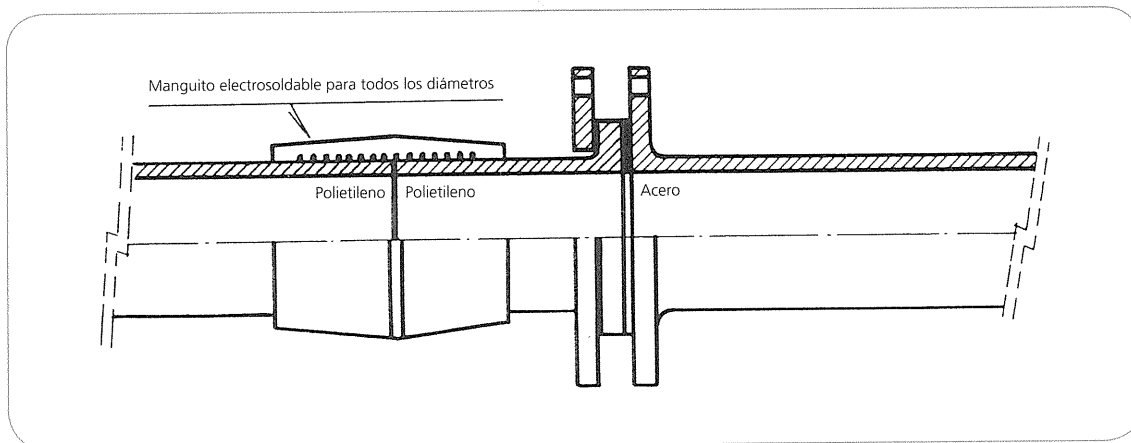
La compresión se realiza mediante mordaza de apriete con el tubo metálico preparado en forma de espiga.



Los enlaces tipo 3a y 3b deben estar preparados para conectar también tubo de acero o cobre en lugar de tubo de polietileno mediante la conexión de un accesorio específico (no incluido en el suministro).

**4.3.2.4.5. Enlaces por bridas**

Estos elementos de enlace están formados por un portabridas de polietileno con una junta plana de elastómero y una brida loca que se une mediante tornillos a la brida del tubo o de la válvula con la que se ha de enlazar. La unión del portabridas al tubo de polietileno se realiza por soldadura a tope o mediante un manguito de electrofusión.



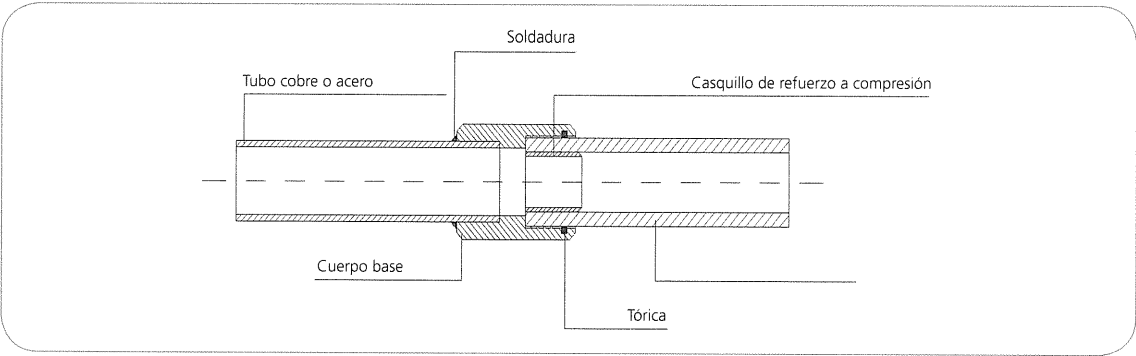
*Enlace mecánico por bridas  
Enlace mecánico autoanclante*

**4.3.2.5. Enlaces de transición fijos PE-metal**

Los enlaces de transición fijos PE-metal realizan la transición de tubo de polietileno a tubo de acero o cobre (transiciones enterradas o tallos de acometida) y se pueden utilizar para MOP hasta 10 bar. Deben cumplir lo dispuesto en la UNE 60405 partes 1 y 2.

Este enlace consiste en la unión del tubo de polietileno al tubo o accesorio metálico, de tal manera que queden solidarios, no permitiendo en consecuencia su desmontaje manual.

El tubo de polietileno está fijado al cuerpo base mediante un sistema mecánico de anclaje basado en un perfil, interno o externo, del tipo diente de sierra o similar (no cortante) y un sistema de fijación que garantice la estanqueidad (ver figura).



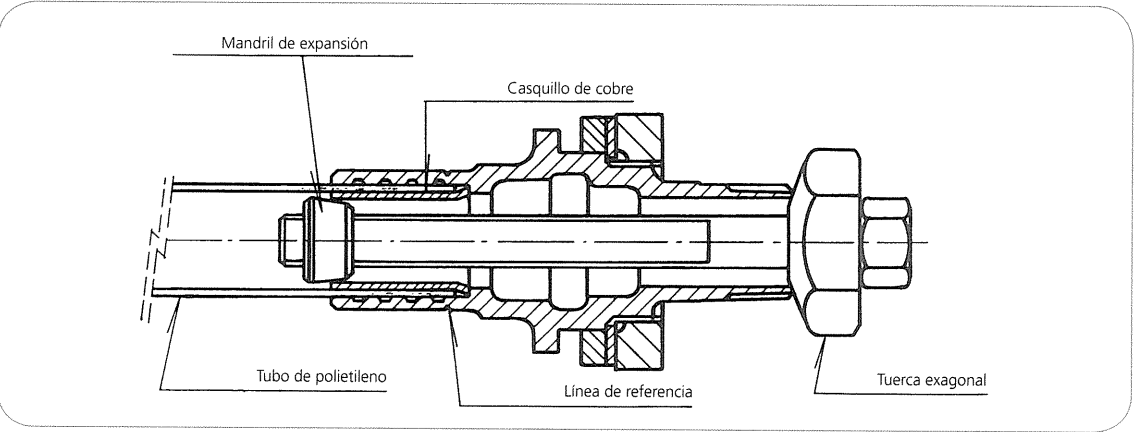
Los tubos de cobre o acero, o los accesorios de latón o acero, estarán fijados al cuerpo base mediante soldadura fuerte para el caso del cobre y latón y mediante soldadura oxiacetilénica o eléctrica para el caso del acero, dependiendo del material del cuerpo base.

Tanto el montaje mecánico del enlace de transición como la soldadura del tubo deberán ser realizados en fábrica.

4.3.2.6. Otro tipo de enlaces de transición PE-metal

4.3.2.6.1. Enlaces autoanclantes

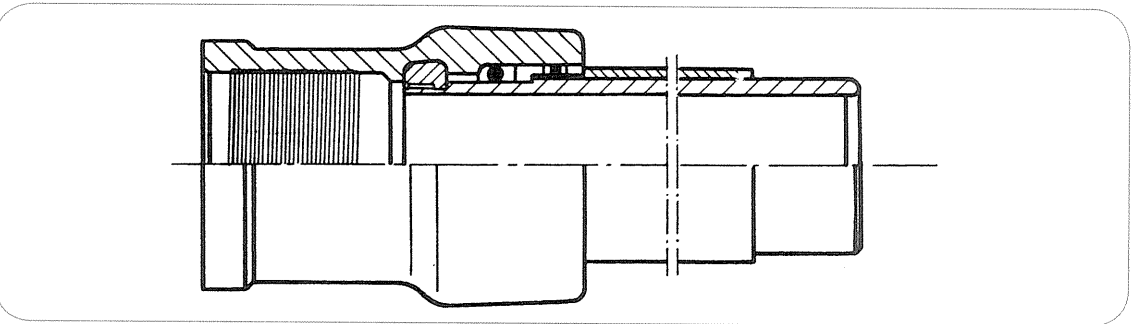
Se basan en un perfil interno del tipo de diente de sierra que impide el desmontaje de la unión una vez se ha introducido el tubo en el interior del enlace.



Enlace mecánico autoanclante

4.3.2.6.2. Transiciones con soldadura a polietileno

Estos elementos de enlace disponen de un extremo preparado para su unión al tubo o válvula con que ha de enlazarse, y de otro extremo preparado para la soldadura con el tubo de polietileno, generalmente mediante manguito de electrofusión.



Enlace mecánico con soldadura a polietileno

### 4.3.3. Uniones roscadas

Las uniones roscadas deben realizarse únicamente sobre tubos de acero de calidad “roscable” que cumplan los requisitos de la UNE 36864 de las series medias o pesadas.

Se utilizarán accesorios roscados de fundición maleable que cumplan la UNE-EN 10242 y deben ser conformes a la UNE 19500.

Las roscas deben ser efectuadas de acuerdo a la UNE 19009-1 y debe asegurarse su estanquidad mediante un compuesto anaeróbico, o un compuesto no endurecible, o bien con cinta de estanquidad de PTFE, de acuerdo con la UNE-EN 751 partes 1, 2 y 3, respectivamente.

### 4.3.4. Otro tipo de uniones mecánicas

Pueden emplearse también en la construcción de instalaciones receptoras otro tipo de uniones que estén contempladas en la UNE-EN 1775 y que cumplan con una norma de referencia de reconocido prestigio.

Las uniones de cobre ejecutadas por presión, del tipo “*press-fitting*”, solamente deben utilizarse en instalaciones exteriores.

## 4.4. SOLDADURA. UNIONES SOLDADAS

### 4.4.1. Consideraciones generales

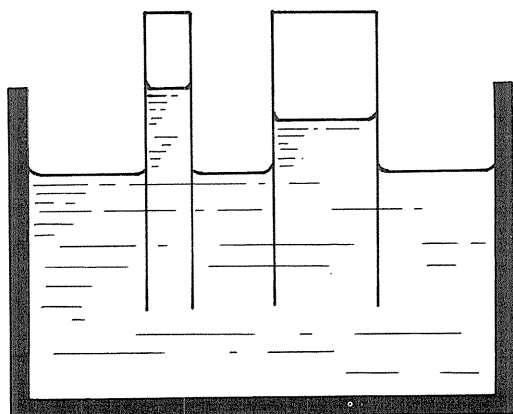
La soldadura consiste en la unión íntima de dos o más piezas caldeadas hasta el estado pastoso y comprimidas fuertemente entre sí para que formen una sola pieza, y también si se caldean a una temperatura alta para juntarlas mediante la interposición de otro metal denominado metal de aportación que se funde.

En el primer caso tenemos la soldadura autógena, que quiere decir que la unión de las piezas metálicas se realiza gracias a la fusión de las mismas, sin que exista metal de aportación.

En el segundo caso la soldadura está hecha interponiendo un metal, o una aleación metálica que tenga un punto de fusión más bajo que el de las piezas a unir, esta soldadura se llama soldadura aportada.

### 4.4.2. Soldadura por capilaridad

Si introducimos el extremo de un tubo de vidrio dentro de un recipiente que contenga un líquido, como muestra la anterior figura, veremos que el agua sube por el interior del tubo por encima del nivel del líquido en la vasija, y que el nivel en el tubo será mayor cuanto menor sea su diámetro. A este fenómeno se le llama **capilaridad**.



Una de las aplicaciones de este fenómeno es la soldadura por capilaridad. Gracias a la capilaridad, el material de aportación, en estado líquido, penetra y se extiende entre las piezas, del mismo modo que el líquido asciende por el tubo de vidrio.

La soldadura por capilaridad es tanto más perfecta cuanto el espacio entre las piezas a soldar sea más regular, en caso de necesidad las paredes de los tubos deberán rectificarse para evitar irregularidades. También es necesario que las paredes a soldar se encuentren limpias, a fin de que el material de aportación se adhiera, para ello deben rasarse con lana de acero y aplicar desoxidante.

Cuando el empalme es horizontal, y en particular cuando deben unirse tuberías gruesas, es conveniente en primer lugar aplicar la varilla del metal de aportación debajo, luego a los lados y por último arriba. En los empalmes verticales es indiferente, aunque el metal fundido no debe desparramarse por el interior de la tubería.

El cobre no debe calentarse en exceso, pues se corre el riesgo de **“quemarlo”**, con lo que se volvería frágil y poroso.

Una vez realizada la unión, ésta puede enfriarse con agua, que arrastrará los restos de desoxidante, o puede limpiarse con un trapo mojado o un cepillo metálico.

#### **4.4.2.1. Soldadura capilar blanda**

Se llama soldadura capilar blanda a aquella soldadura en la que la temperatura de fusión del metal de aportación es inferior a 450 °C. El metal de aportación puede estar formado por una aleación de estaño plata, entre 95-5% y 96,5-3,5% y estar de acuerdo con la norma UNE-EN 29453.

Los desoxidantes empleados en la soldadura blanda son pastas formadas por una mezcla de cloruro de cinc o cloruro amónico, glicerina, vaselina, etc., el tiempo que transcurra desde la aplicación al uso no debe ser superior a las 2 ó 3 horas, ya que pierden sus propiedades.

Para realizar la soldadura capilar blanda se utiliza el soplete de butano o propano

Este tipo de soldadura puede utilizarse en instalaciones con MOP  $\leq$  50 mbar de instalaciones que suministren a locales destinados a usos domésticos, excepto en tramos que discurren por garajes o aparcamientos.

#### **4.4.2.2. Soldadura capilar fuerte**

En la soldadura capilar fuerte la temperatura de fusión del metal de aportación es igual o superior a 450 °C. (Cuando el metal de aportación contiene cobre la soldadura toma un color amarillento y se le llama vulgarmente **amarilla**).

El metal de aportación puede tener diversas composiciones, podemos citar, de acuerdo con la norma UNE-EN 1044:

- cobre-fósforo (92-8%)
- cobre-fósforo-plata (89-6-5%)
- cobre-fósforo-plata (80-5-15%)
- plata-cobre-zinc-cadmio (30-29-21 -20%)

Los desoxidantes utilizados en esta soldadura se presentan en forma de polvos, generalmente **“bórax”**, que puede diluirse en agua para hacer una pasta, la cual se puede aplicar con un pincel al tubo.

El punto de fusión del material de aportación en la soldadura fuerte es superior al de la soldadura blanda, por ello, la fuente de calor deberá proporcionar una llama de mayor temperatura.

Para realizar la soldadura de capilar fuerte se utiliza el soplete de propano, el oxiacetilénico y el oxipropano.



Este tipo de soldadura debe utilizarse en tramos de instalaciones cuya MOP sea mayor que 50 mBar e inferior o igual a 5 bar, así como en tramos que discurran por garajes y aparcamientos o para el suministro de locales no domésticos independientemente de su MOP

#### 4.4.3. Soldadura eléctrica

Podemos observar que al abrir un interruptor eléctrico salta una chispa entre sus bornes y, en general, si interrumpimos de repente un circuito eléctrico salta una chispa entre los extremos del conductor.

Si la separación entre los extremos es pequeña, la chispa se mantendrá, y si contiene la energía suficiente, provocará la fusión del metal.

**A esta chispa, continua y persistente, se le denomina arco voltaico o arco eléctrico.**

Cuando se da el arco eléctrico se producen tres tipos de radiaciones:

- **Luminosas:** no cumplen función alguna en la soldadura, pero son propias del arco eléctrico, tienen una gran intensidad luminosa.
- **Infrarrojos:** las radiaciones infrarrojas son las portadoras del calor, y son las verdaderamente útiles en el proceso de soldadura.
- **Ultravioletas:** las radiaciones ultravioletas son altamente nocivas, especialmente para la vista, y los ojos deben protegerse de las mismas.

Dado el carácter peligroso de las radiaciones emitidas por el arco, sobre todo para los ojos, es obligatorio salvaguardarse de los mismos mediante una careta que va prevista de un cristal **inactínico**, el cual filtra los rayos nocivos y protege la cara de las proyecciones del metal incandescente.

Este tipo de soldadura se utiliza para soldar tubos y accesorios de acero o de acero inoxidable

#### 4.4.4. Soldadura por electrofusión y por termofusión a tope (sólo categoría A)

La soldadura por electrofusión o por termofusión a tope se utiliza para la unión de tubos y accesorios de polietileno.

Actualmente las técnicas de soldadura que se emplean para unir tubos y accesorios de polietileno son:

- Soldadura por termofusión a tope o, simplemente, soldadura a tope.
- Soldadura por electrofusión

##### 4.4.4.1. Soldadura a tope

La soldadura a tope consiste en la unión entre sí de tubos, o de tubos con accesorios, ambos de idéntico diámetro y espesor de pared, por calentamiento previo de las zonas de unión y posterior aplicación bajo presión.

Este tipo de unión se emplea para diámetros iguales o superiores a 110 mm, y excepcionalmente para el diámetro 90 mm con tubo SDR 11.

##### 4.4.4.2. Soldadura por electrofusión

La unión por electrofusión consiste en la unión de un tubo de polietileno con otro o de un tubo con un accesorio polivalente mediante un accesorio electrofusión por enchufe o bien la unión de un accesorio por electrofusión de montura sobre un tubo de polietileno generando el calor necesario para ello mediante el paso de una corriente eléctrica controlada a través de una resistencia incorporada en el mismo accesorio.

La unión de tubos por este sistema ha de realizarse por medio de manguitos de electrofusión con embocaduras en sus extremos ("soldadura con elementos de línea") o codos, si son del mismo diámetro, o mediante reducciones, si son de diámetros diferentes.

Las derivaciones pueden realizarse mediante una te igual polivalente (bocas iguales) unida mediante accesorios de electrofusión a enchufe, una te igual por electrofusión, una toma de derivación simple de electrofusión o una te de toma en carga de electrofusión ("soldadura de derivación").

Los accesorios de electrofusión para soldadura a solape cuentan, en la parte que se aplica al tubo, con un asiento curvo dotado con la resistencia, el cual se sujeta durante la soldadura con una abrazadera de fijación que se retira a la conclusión de la operación, o con una media sección que se une con el asiento del accesorio por atornillado o encaje, el cual puede retirarse o no al finalizar la operación. Esta media sección puede ser substituida por flejes o bandas que, una vez tensadas, mantengan el accesorio en posición.

Existe también el modelo en el que la media sección inferior es solidaria por un lado a la derivación, y articulada en este punto gracias a una estrangulación del material.

Estas derivaciones, una vez colocadas abrazando al tubo, durante el proceso de soldadura se fijan por el lado abierto mediante una mordaza de apriete que se retira a la conclusión de la soldadura. La resistencia eléctrica se prolonga en la mitad inferior del elemento de electrofusión, por lo que ésta permanece unida al tubo al retirar la mordaza.

#### **4.4.4.3. Maquinaria, herramientas y utillajes para la unión de tubos y accesorios**

La tecnología del polietileno requiere el empleo de maquinaria, herramientas y utillaje específicos que, si bien pueden variar en detalles según el fabricante, en general se adaptan a una misma finalidad.

Estas máquinas y útiles pueden clasificarse como sigue:

Máquinas:

- Para soldadura por termofusión a tope
- Para electrofusión
- Mixtas

Útiles:

- Para soldadura a tope
- Para electrofusión a enchufe
- Para electrofusión a solape

Alguno de los útiles y herramientas, no obstante, es común a varias modalidades de soldadura.

SEDIGAS homologa equipos de unión por electrofusión para uso con accesorios de polietileno de electrofusión para redes de distribución de combustibles gaseosos así como equipos de unión por fusión a tope. Las condiciones técnicas para la homologación quedan recogidas en cada uno de los reglamentos particulares.

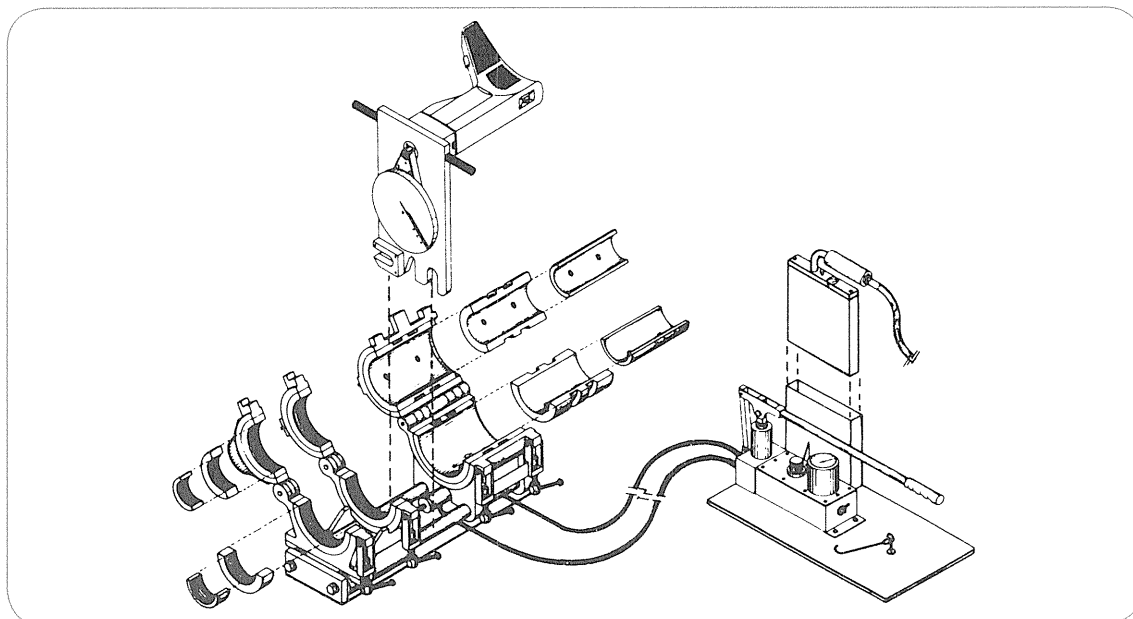
En general las máquinas de soldadura a tope no se utilizan para unir tubos o accesorios de diámetros nominales (DN) inferiores a 110, aunque la mayoría de ellas pueden efectuar uniones de DN 90. Su diámetro máximo varía según marcas y modelos entre DN 200 y DN 315.

Las máquinas de electrofusión suelen tener un rango de aplicación entre DN 20 y DN 315, aunque alguna llega hasta DN 710.

#### **4.4.4.4. Maquinaria, herramientas y útiles para soldadura a tope**

Para esta modalidad de soldadura se emplea una máquina formada por dos mordazas, una fija y otra móvil, con suplementos para adaptación a diversos diámetros de tubo, bomba de accionamiento y regulación de la presión, plato refrentador motorizado y placa calefactora. Como utillaje auxiliar se emplean cortatubos y cronómetro.

Durante muchos años las máquinas de soldadura por termofusión a tope han tenido accionamiento manual-hidráulico. Posteriormente aparecieron máquinas en las que la aproximación entre las dos mordazas era controlada automáticamente mediante sistemas hidráulicos o eléctricos. Finalmente, también se ha automatizado la colocación y retirada de la placa calefactora.

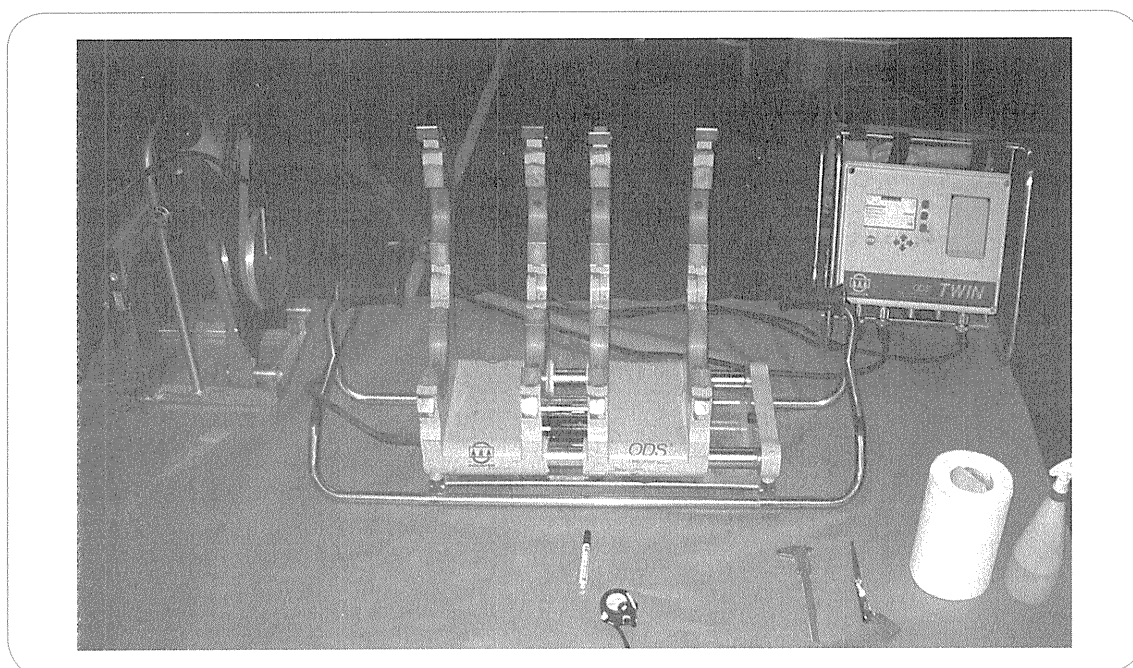


*Máquina manual para soldadura a tope*

Las máquinas de soldadura por termofusión a tope deben cumplir con lo que establece la norma ISO 12176-1 y su Anexo A.

Existe la posibilidad de introducir los parámetros de fusión correspondientes al tipo de polietileno, diámetro de los tubos o accesorios y SDR, a través de un lector de código de barras.

Las máquinas van provistas de una memoria capaz de almacenar los datos de al menos 250 uniones para poderlos descargar en un PC o una impresora, pudiéndose así examinar la calidad de la unión y conservar los datos para su trazabilidad.



*Máquina automática para soldadura a tope*

#### **4.4.4.5. Maquinaria, herramientas y útiles para electrofusión y para la ulterior perforación con y sin carga de las derivaciones**

La electrofusión se realiza mediante equipos de control que proporcionan una corriente eléctrica controlada a la resistencia incorporada del accesorio de electrofusión.

Estos aparatos pueden servir para accesorios de un único fabricante o de diversos fabricantes, siendo en este último caso denominados polivalentes. Estos están equipados con un sistema de adquisición automática de datos (generalmente a través de la lectura de códigos de barras impresos en las etiquetas que llevan los accesorios de polietileno de electrofusión) y de un sistema de control automático del ciclo de fusión. Permiten, además, el almacenamiento de datos de fusión reales y su descarga para futura utilización.

Los equipos de electrofusión deben cumplir con la norma ISO 12176-2. Deben tener un sistema de corrección de tiempos de soldadura que permita lograr fusiones correctas con temperaturas ambiente comprendidas entre - 10 °C y + 40 °C.

Además, para la inmovilización de los extremos de los tubos que han de unirse entre sí mediante manguitos, se emplean alineadores de diferente tipo, en función del diámetro del tubo y de que éste proceda de barras o de rollos o bobinas.

Las máquinas y utillaje comunes para todo tipo de electrofusión son:

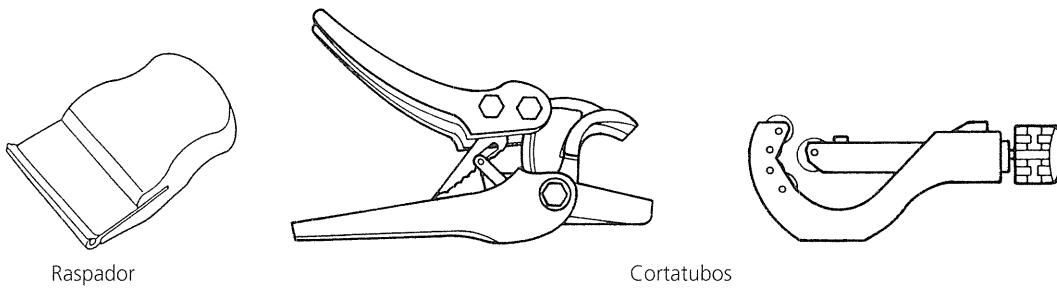
- Unidad de control.
- Grupo electrógeno.

Como utillaje y elementos auxiliares se emplean:

- Cortatubos
- Raspador
- Papel celulósico para limpieza
- Isopropanol



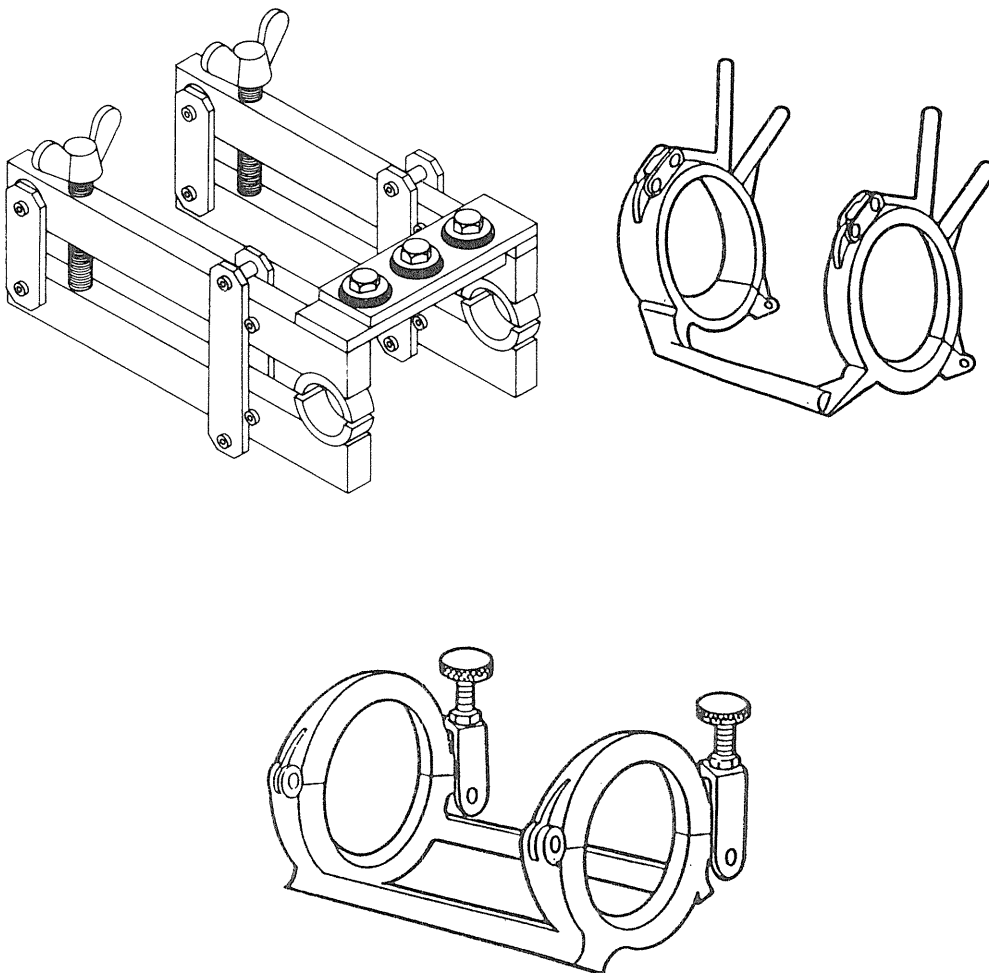
*Diversos modelos de unidad de control*



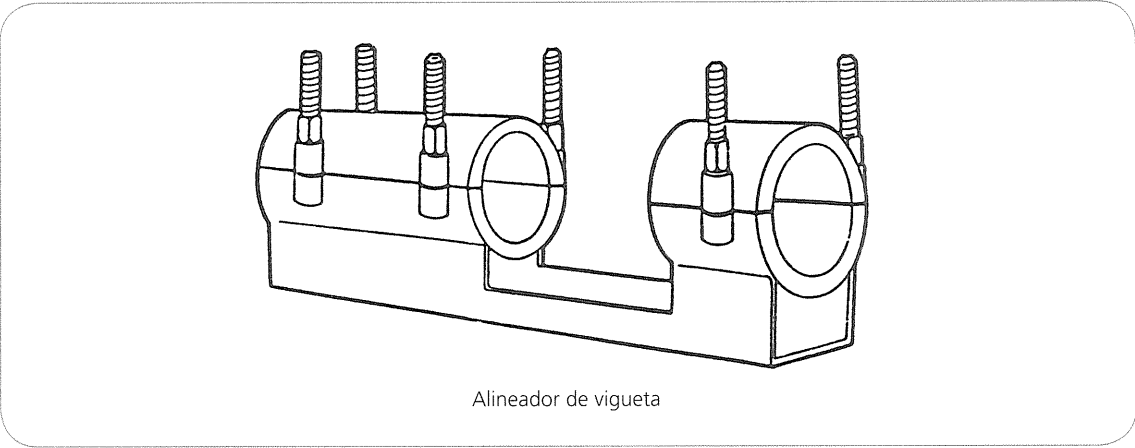
*Máquinas y utillaje comunes para electrofusión.*

Para la unión de tubos mediante manguitos y accesorios de línea de electrofusión, se emplean además diversos tipos de alineadores.

- Alineadores para tubos en barra.
- Alineadores para tubos en rollo o bobina.
- Alineadores para unión de tubos en ángulo mediante codos de electrofusión.



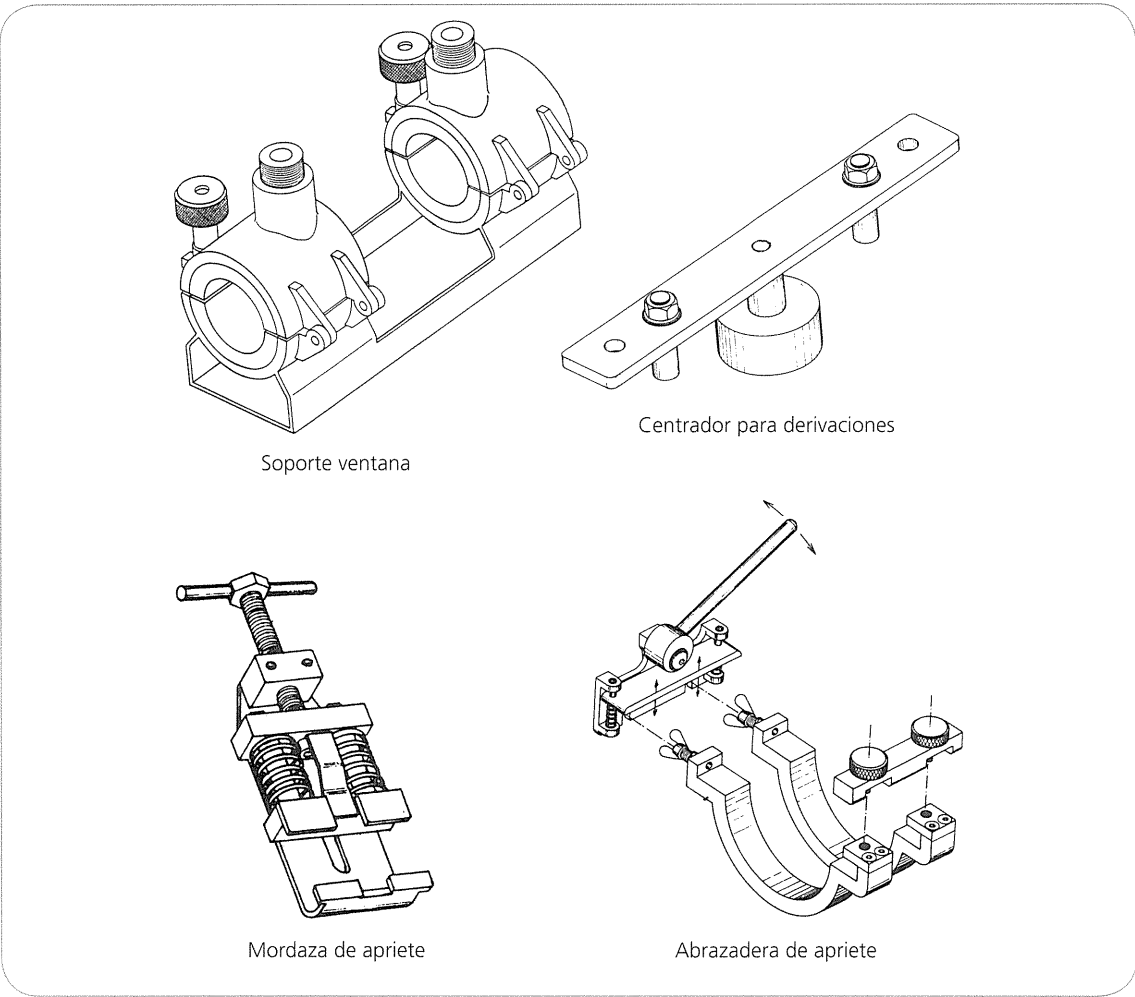
Alineadores



*Diversos tipos de alineadores*

Para la soldadura de derivaciones de electrofusión se emplean adicionalmente las siguientes máquinas y útiles

- Soporte ventana con anclaje simple.
- Centrador para derivaciones.
- Mordaza de apriete para derivaciones de electrofusión abiertas.
- Abrazadera de apriete para derivaciones de electrofusión a solape.



*Útiles adicionales para la soldadura de derivaciones de electrofusión*

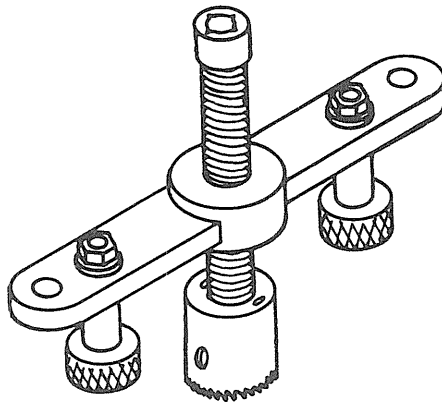
Para la perforación de las derivaciones de electrofusión, se precisarán las máquinas y útiles siguientes:

#### **Sin carga**

- Máquina para perforar derivaciones sin carga.

#### **Con carga**

- Equipo para la soldadura a enchufe del tubo de derivación.
- Dispositivo para perforar tomas de derivación en carga.



Máquina para perforar derivaciones sin carga

### **4.4.5. Soldadura de tubos de plomo**

Antes de efectuar la soldadura es necesario efectuar el rectificado del tubo, de forma que la tubería no tenga abolladuras.

Para efectuar este proceso se pasa por el interior de la tubería un taco redondo de madera dura, llamada mandril o bala, el cual engrasaremos previamente a fin de facilitar su deslizamiento.

Para empujar el mandril se utiliza el expulsamandriles, que es un tubo de acero en el que uno de sus extremos ha sido modificado de forma que no dañe ni al mandril ni al tubo.

Con objeto de eliminar la capa de óxido que se forma en todos los metales, al contacto con el oxígeno del aire, es necesario utilizar desoxidantes. Para el plomo se utiliza como desoxidante la estearina, que es una sustancia blanca, sólida, insoluble en el agua, cuyo punto de fusión es de 64°C y se compone de ácido esteárico y glicerina.

La aleación más usual para la soldadura de tubo de plomo está compuesta por estaño (33%) y plomo (67%), y se le llama estaño al 33%, tiene un punto de fusión ligeramente inferior al del plomo, y su dureza es mayor. Esta aleación se comercializa en barras de 100-150 gr.

### **4.4.6. Sopletes y máquinas de soldar**

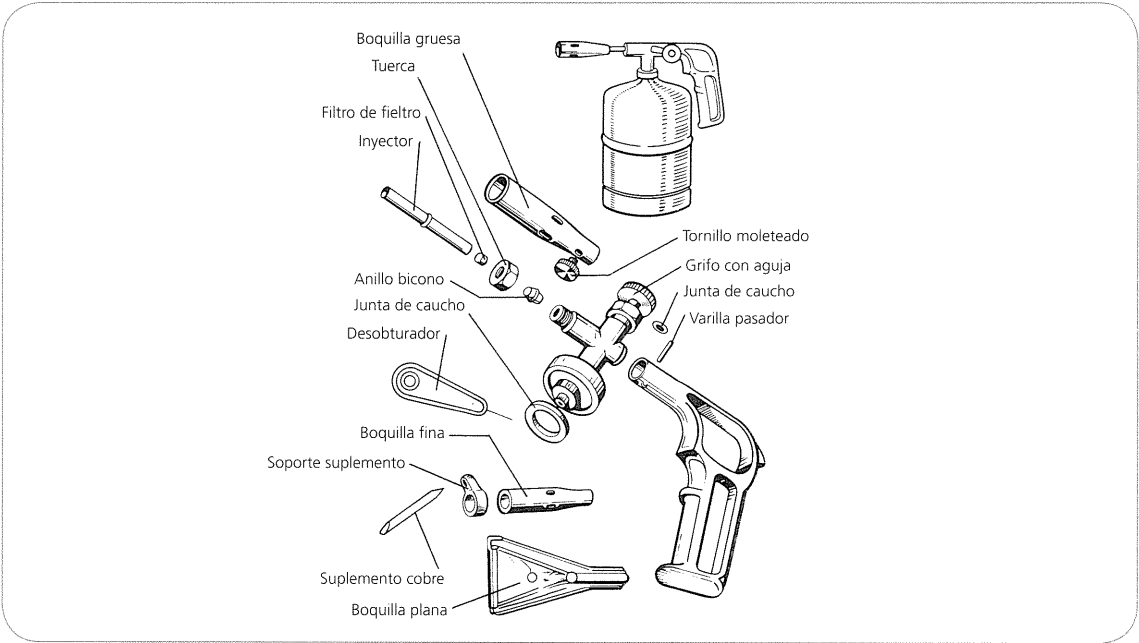
Para el proceso de soldar es necesaria una fuente de calor que pueda ser dirigida a voluntad, estos son los sopletes y las máquinas de soldadura eléctrica.

#### **4.4.6.1. Soplete de butano o propano**

Este tipo soplete desplazó a las lamparillas de gasolina debido a su rapidez de uso, a que no es necesario calentarlos para encenderlos, y basta accionar el mando del mismo para realizar la apertura o el cierre.

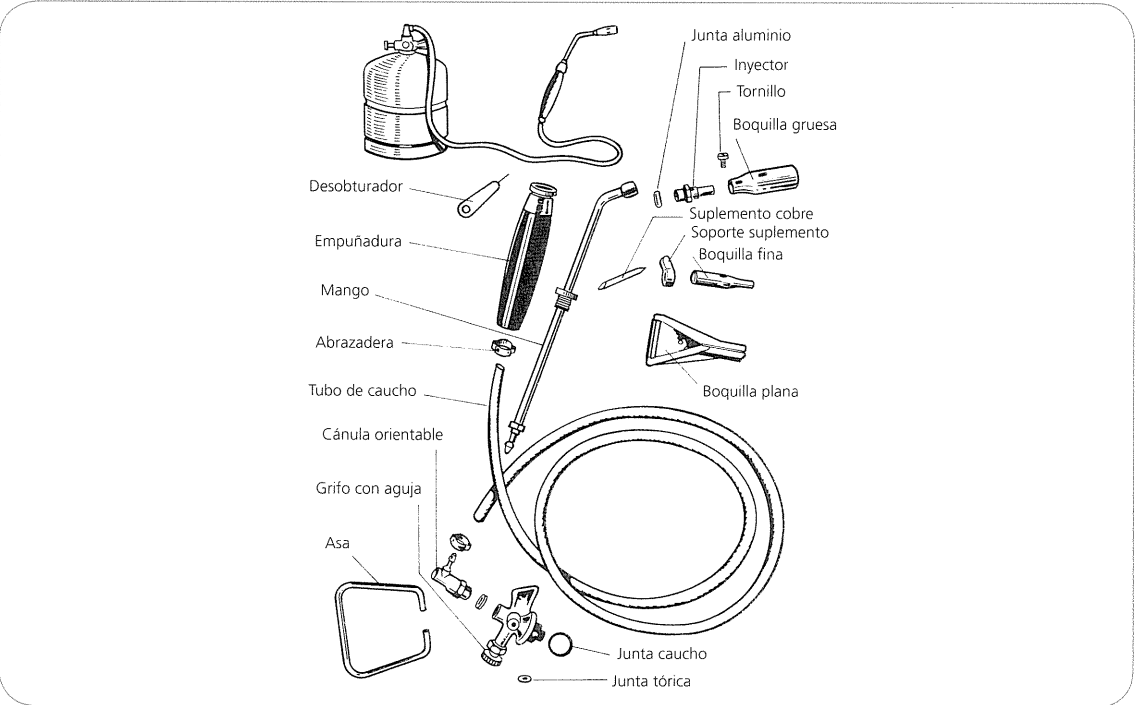
El consumo de los sopletes de butano o propano es relativamente pequeño, variando desde 45 g/hora hasta 230 g/hora, dependiendo de inyector utilizado. Estos sopletes se adaptan a botellas de pequeño y mediano tamaño.

La siguiente figura nos muestra un soplete tipo pistola, el cual es muy utilizado por su facilidad de manejo. Dispone de todos los accesorios necesarios para toda clase de operaciones como son boquilla gruesa, boquilla fina, punta de estañar, boquilla de llama plana, etc.



Como puede verse en la figura, es de fácil desmontaje para su limpieza y conservación. Debe procurarse siempre que la junta de caucho del cuerpo principal esté siempre en buenas condiciones, para asegurar la estanquidad en la unión con la botella que contiene el gas. Esta unión se efectúa roscando todo el cuerpo del soplete sobre el cuello de la botella. Una vez asegurada la unión, el soplete está ya en disposición de uso.

La siguiente figura representa un soplete que permite trabajos de mayor envergadura.





Este soplete tiene una mayor autonomía, gracias a que la capacidad de la botella es mayor, y permite un mayor desplazamiento del foco de calor al disponer de un tubo flexible entre la botella y el soplete.

Debe tenerse siempre la precaución de que no existan fugas en las piezas de conexión, asegurando las abrazaderas y comprobando que las juntas estén en buenas condiciones y debidamente apretadas. El tubo flexible debe reemplazarse una vez haya caducado.

#### 4.4.6.2. Soplete oxiacetilénico (sólo categorías B y A)

Los sopletes oxiacetilénicos queman dos gases: oxígeno y acetileno. La unión se realiza por la fusión de los metales a unir (autógena) o por la fusión de los metales a unir y el metal de aportación.

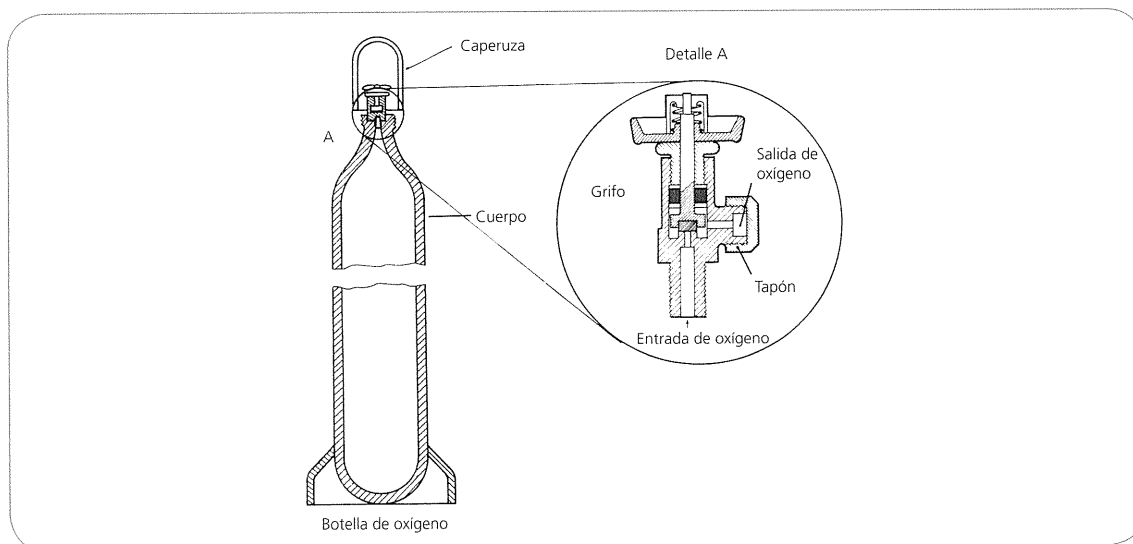
##### 4.4.6.2.1. Botella de oxígeno

El oxígeno se comercializa comprimido a 147 bar (150 kg/cm<sup>2</sup>) en unos recipientes de acero, llamados botellas o cilindros, los cuales tienen una capacidad de 40 ÷ 50 litros.

Cada 5 años, estas botellas se someten a una presión de prueba de 294 bar (300 kg/cm<sup>2</sup>), y la fecha de ésta se graba de forma indeleble en la parte superior del cilindro. Junto a la fecha, se graba además el nombre del propietario, el número de la botella, la palabra **OXY**, la capacidad, el peso en vacío de la botella, la presión de prueba y la presión de llenado.

El cilindro lleva en su parte superior una válvula de latón, que sirve para el acoplamiento del manorreductor. Para la protección de esta válvula, la botella lleva roscada una caperuza.

Para calcular el contenido de la botella se multiplica la presión en kg/cm<sup>2</sup> por los litros de la botella, de esta forma, si la botella es de 40 l y la presión es de 147 bar / 150 kg/cm<sup>2</sup>, contiene  $40 \times 150 = 600$  litros de oxígeno.



##### 4.4.6.2.2. Botella de acetileno

El acetileno es un gas combustible de olor muy característico, que al combinarse con el oxígeno arde a una temperatura de 3.200 °C.

El acetileno no puede ser comprimido, en estado puro, a más de 1,96 bar (2 kg/cm<sup>2</sup>), debido a que se descompone originando una explosión, por ello para almacenarlo o transportarlo en grandes cantidades, se recurre a la gran capacidad de la acetona para disolverlo.

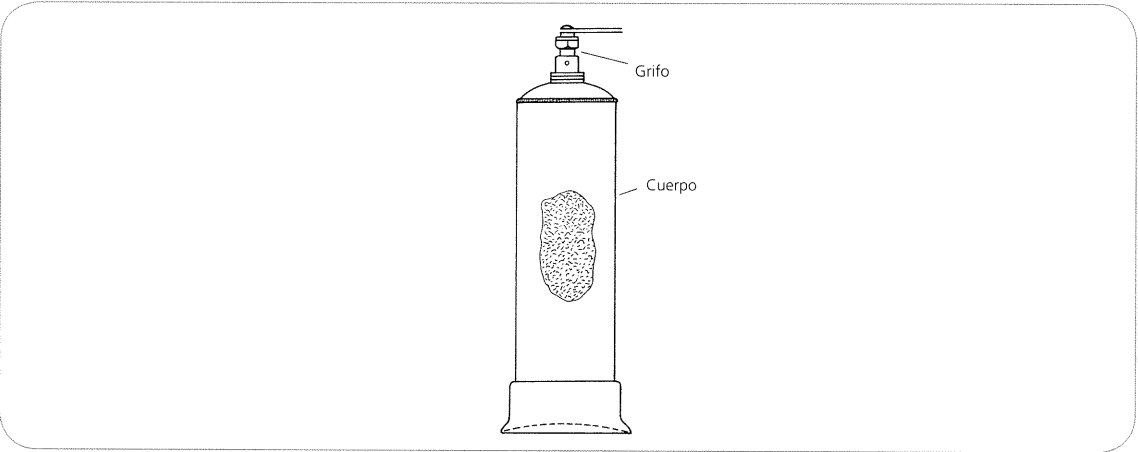
En condiciones normales, un litro de acetona disuelve 24 litros de acetileno, sin embargo el poder disolvente de la acetona aumenta con la presión, de esta forma, a una presión de 14,7 bar (15 kg/cm<sup>2</sup>), disuelve  $24 \times 15 = 360$  litros de acetileno.

Comercialmente el acetileno se vende en unas botellas que contienen 16 l de acetona, las cuales se encuentran llenas de una sustancia porosa (carbón vegetal, piedra pómez, etc.) de forma que la acetona se encuentre distribuida uniformemente por el interior del cilindro, y no puedan formarse espacios vacíos que permitan la acumulación del acetileno, lo que propiciaría la explosión del mismo.

Una botella de acetileno contiene de 5 a 6 kg de este gas. Como cada kg equivale a 900 l, cada botella contiene de 4.500 a 5.400 l de acetileno.

El acetileno cuando sale de la botella arrastra cierta cantidad de acetona. Para que no sea excesivo el consumo de acetona, el caudal máximo será de 20 litros/min, y en el caso de necesitar un caudal superior se acoplarán dos o más botellas.

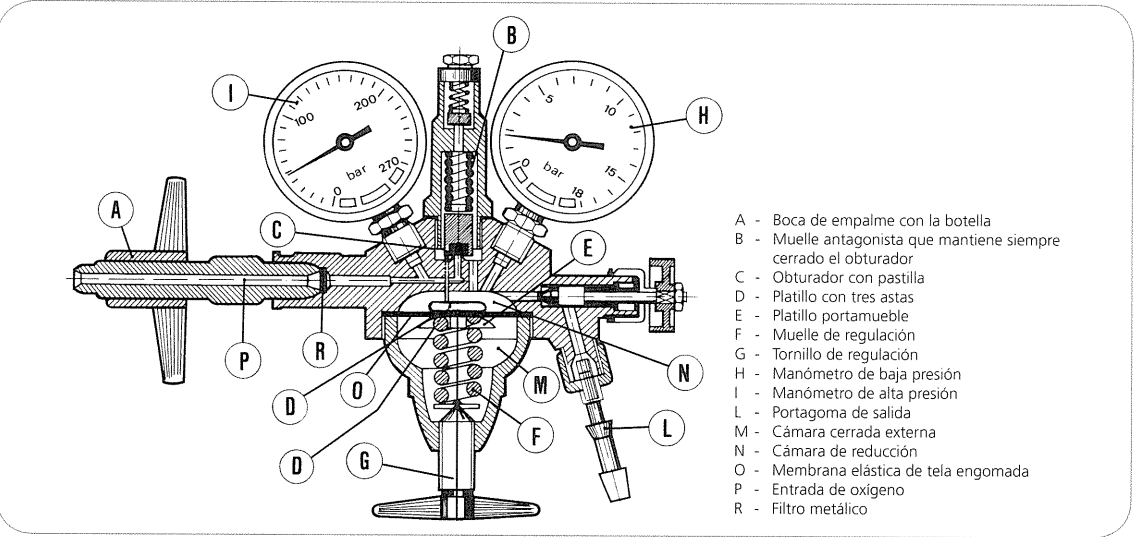
La válvula que permite el acoplamiento del manorreductor a la botella es de acero y es necesaria una llave para abrir o cerrar el paso del gas. La botella de acetileno también dispone de una caperuza roscada para proteger la válvula.



4.4.6.2.3. El manorreductor

Tanto el oxígeno como el acetileno se encuentran en las botellas a una presión muy superior a la de utilización, por tanto es necesario instalar unos reguladores de presión llamados **manorreductores**.

A medida que el gas que contiene la botella va saliendo, la presión disminuye, a fin de evitar la engorrosa operación de tener que ajustar la presión de salida durante el proceso de soldadura. Existen manorreductores que de una forma automática la estabilizan, la figura siguiente nos muestra uno de estos modelos.



Cuando el obturador C cierra el paso al gas, el manómetro I marca la presión de la botella.

Atornillando G, el muelle F empuja al platillo E y a la membrana elástica O, y tres pequeños vástagos que tiene el platillo D empujan el obturador C, permitiendo el paso del gas a la cámara N, donde ejerce una presión hasta anular la ejercida por el muelle F, por lo cual el obturador vuelve a cerrar el paso al gas.

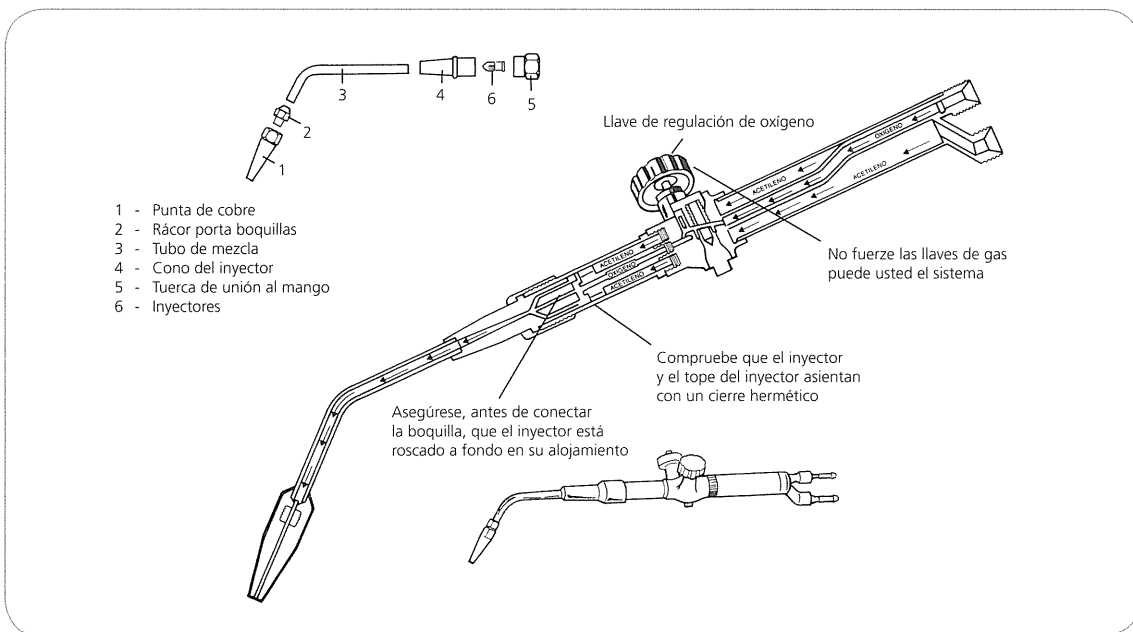
Cuando el gas sale por el soplete, la presión en la cámara N disminuye, volviendo de nuevo el obturador a permitir el paso del gas desde la botella.

Este proceso se sucede de forma ininterrumpida, la presión de salida del gas nos la indicará el manómetro H y la podremos regular mediante el tornillo G.

#### 4.4.6.2.4. El soplete

El soplete es el aparato cuya misión es la de realizar la mezcla del acetileno con el oxígeno, de forma que se produzca una llama estable, y dirigir el foco de calor.

Los sopletes se construyen principalmente de latón, y en su cuerpo podemos diferenciar dos partes: **la caña o mango y la lanza**.



En el mango se encuentran los racores de conexión y las llaves de paso, y la lanza se compone de la boquilla, el récord portaboquillas, el tubo de la mezcla, el inyector y la tuerca de unión del mango con el inyector.

La velocidad de salida de los gases debe ser superior a la velocidad de propagación de la llama, de forma que se evite el retroceso de la misma, y en consecuencia la mezcla se incendie dentro del soplete; no obstante, los sopletes poseen un dispositivo de seguridad llamado **válvula anti-retroceso** que permite evitar estos incidentes.

A un soplete se le pueden acoplar varias boquillas que permiten adaptar la potencia del mismo al grosor de las piezas a soldar.

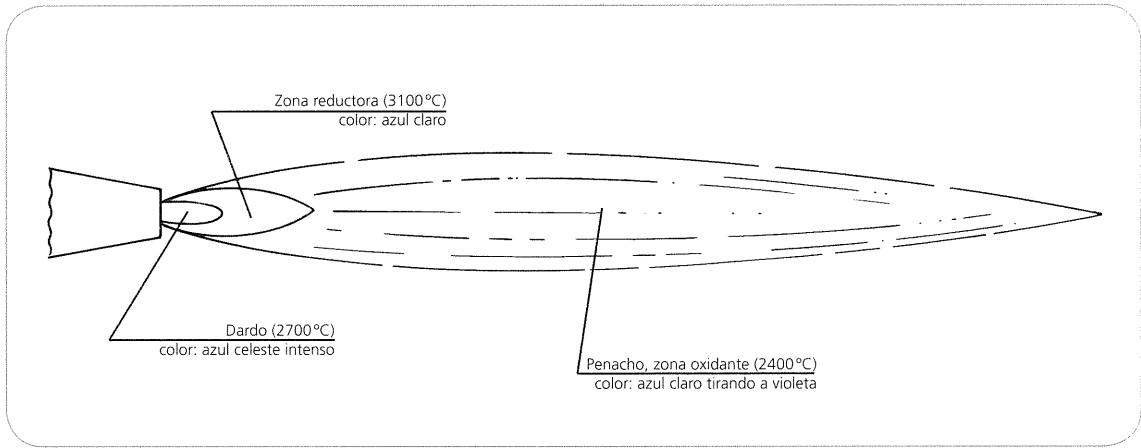
Las boquillas están numeradas de 0 a 7, y en algunos casos llevan grabados el consumo de acetileno en litros/hora.

La siguiente tabla nos da el n.º de boquilla, consumo de acetileno, consumo de oxígeno, velocidad de soldadura, diámetro de la varilla, presión del acetileno y del oxígeno en función del espesor de la pieza a soldar.

Espesor a soldar (Acero en mm)	0,5-1	1-2	2-4	4-6	6-9	9-14	14-20	20-30
N.º de boquilla	0	1	2	3	4	5	6	7
Consumo acetileno (Litros/hora)	75	150	300	500	750	1200	1700	2500
Consumo oxígeno (Litros/hora)	90	180	360	600	900	1440	2040	3000
Velocidad de soldadura (M/hora)	7-10	6-8	5-7	4-6	3-5	2-3	1,5-2,5	1-2
Diámetro de la arilla (Mm)	1,5-2	2-2,5	3	3-4	4-6	6-7	6-7	6-7
Presión acetileno (Kg/cm²)	0,4-0,5	0,4-0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,7	0,7
Presión oxígeno (Kg/cm²)	4	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	5-6	6-7

4.4.6.2.5. Llamas para soldar

En la siguiente figura podemos observar las distintas zonas de una llama.



Para la combustión completa de un volumen de acetileno son necesarios 2,5 volúmenes de oxígeno, según la relación oxígeno/acetileno que sale del soplete, podemos tener tres tipos de llamas:

- **Llama neutra.** La cantidad de oxígeno que contiene la mezcla es el necesario y suficiente para la combustión completa del acetileno. La zona reductora de la llama es ideal para la soldadura de metales férreos, no precisando desoxidantes, es muy importante que el dardo quede separado unos 3 mm del baño de fusión, de forma que se aproveche la zona de temperatura máxima.
- **Llama oxidante.** La cantidad de oxígeno es superior a la necesaria para la combustión del acetileno, y la llama se caracteriza por un dardo corto y violeta. Se utiliza para la soldadura de aleaciones del cobre, tales como el bronce y el latón. Es necesaria la utilización de desoxidantes, a fin de eliminar la capa de óxido que se forma.
- **Llama carburante.** La mezcla es demasiado rica en acetileno y la llama se caracteriza por tener un dardo alargado y presentar alrededor del mismo una aureola muy brillante que nos indica el exceso de acetileno. Se utiliza para soldar aceros aleados, hierro dulce y aluminio.

Según la velocidad de salida de los gases, las llamas las podemos dividir en dos grupos:

- **Llama dura.** La velocidad de salida de la mezcla es superior a 130 m/s, y es indicada para soldar piezas de gran espesor.
- **Llama blanda.** La velocidad es pequeña, de 80 a 100 m/s, y es apropiada para la soldadura de piezas de pequeño espesor.

#### 4.4.6.2.6. Material de aportación

Se llama material de aportación a la varilla metálica de la misma o parecida composición que el material base, pero más puro y con una preparación especial: se encuentra recocida.

Para la soldadura de acero se suministran varillas de 2 mm de diámetro y un metro de longitud, para diámetros menores se suministran en rollos, los cuales vienen cobreados o engrasados para evitar su oxidación.

El diámetro de las varillas a utilizar depende de la posición de la soldadura, la cavidad a rellenar o del espesor de las piezas, por lo que la elección se hace por estimación. Sin embargo, cuando se trata de soldar piezas de pequeño espesor se puede utilizar la siguiente fórmula:

$$d = \frac{e}{2} + 1$$

Donde:

d = diámetro de varilla

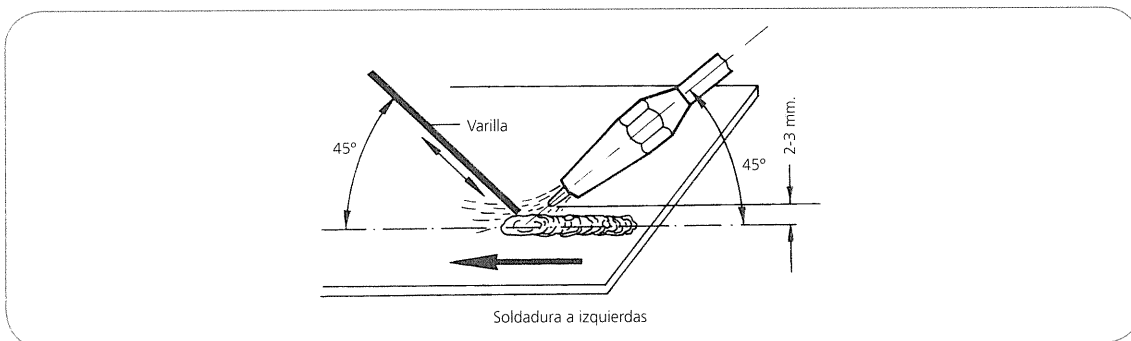
e = espesor de las piezas

Para soldar cobre o sus aleaciones, la naturaleza del metal de aportación depende del tipo de soldadura que deseemos realizar. Podemos tener la soldadura blanda y la fuerte, y los materiales de aportación se han descrito en los respectivos procesos de soldadura.

#### 4.4.6.2.7. Sistema de soldeo

##### 4.4.6.2.7.1. Soldadura a izquierdas

Este tipo de soldeo, llamado también **hacia adelante**, se emplea especialmente en chapas o piezas de acero preferentemente de menos de 5 mm de espesor, en fundición y en los metales no féreos, independientemente de su espesor.



Como muestra la figura, desde el punto de vista del operario, el soplete y la varilla se mueven de derecha a izquierda, la varilla se mueve delante del soplete y el ángulo que forman con respecto a la pieza a soldar es de unos 45°. La punta del dardo debe moverse a unos 3 mm del baño de fusión.

Al empezar a soldar, parte del calor de la llama es absorbido por el material base, por lo que el soplete debe situarse perpendicular a la costura, una vez éste comienza a fundir, el cordón se inicia aportando material con la varilla y el soldador debe adoptar la posición normal de avance.

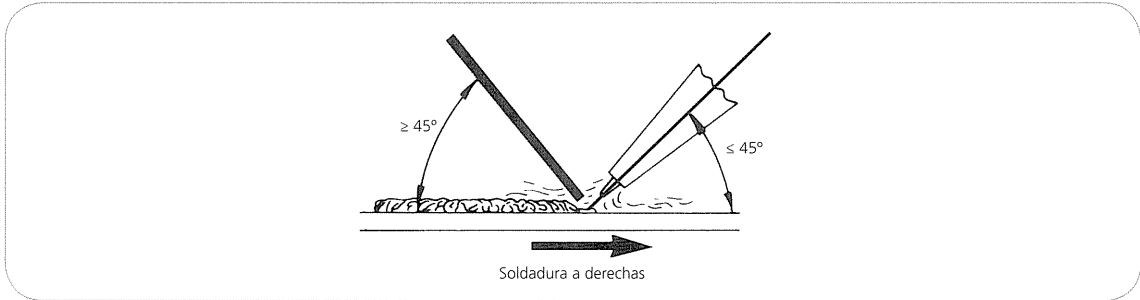
La varilla de aportación se funde delante de la llama, metiéndola y sacándola constantemente del baño de fusión, sin salirse de la zona de la llama.

Cuando la llama se aproxima al final de la costura, la temperatura aumenta, y el baño de fusión tiende a ensancharse, para evitarlo debe aumentarse la velocidad y disminuir el ángulo de incidencia.

Si por cualquier causa debe interrumpirse el proceso, al reanudarlo, se debe calentar y volver a fundir el extremo del cordón, en una longitud de 10 mm para piezas de hasta 5 mm de espesor.

4.4.6.2.7.2. Soldeo a la derecha





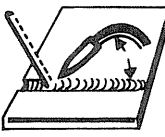
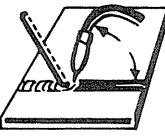
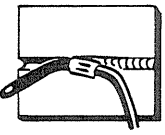
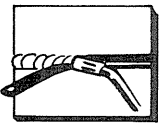
Este sistema de soldeo se emplea en piezas de más de 5 mm de espesor.

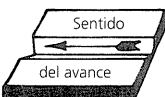

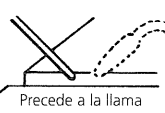
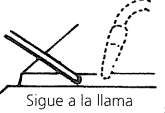
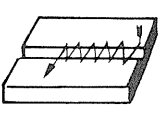
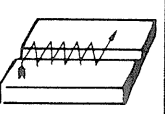


Como muestra la figura, desde el punto de vista del operario, el soplete y la varilla se mueven de izquierda a derecha, por lo que la varilla sigue al soplete, de esta forma se consigue suministrar más calor a la zona de la soldadura, el cordón presenta una superficie más irregular, pero su estructura es mejor.

Este sistema actualmente es poco utilizado, debido a que para soldar piezas de 5 mm se utiliza la soldadura eléctrica por arco, que tiene ventajas de facilidad, economía y tiempo.

La siguiente tabla nos compara los procedimientos de soldadura:

Método	"A la izquierda"	"A la derecha"
Acercamiento de los bordes	 Hasta 3 mm.	 Hasta 3 mm.
Achaflanado de los bordes	 Hasta 3 mm.	 Hasta 3 mm.
Posición del soplete visto desde el lado del operario		
		

Método	"A la izquierda"	"A la derecha"
Movimiento del soplete	 Sentido del avance	 Sentido del avance
Posición del metal de aportación	 Precede a la llama	 Sigue a la llama
Movimiento del metal de aportación		
Campo de aplicación del método	En todos los metales y todos los espesores	Con preferencia en espesores de 4 a 15 mm.

#### 4.4.6.2.8. Incidentes durante el soldeo

Los incidentes que pueden producirse durante el proceso de soldeo, son debidos generalmente a un mal funcionamiento del soplete, provocando incendios o explosiones, que pueden llegar a ser peligrosos.

- **La llama se apaga inesperadamente produciendo un sonoro estallido.** Es debido a la obstrucción de la boquilla por las partículas proyectadas del metal incandescente.  
Se corrige cerrando las llaves de paso del soplete hasta observar la extinción de la llama. Se enfría y limpia la boquilla antes de reanudar la soldadura.
- **Estallidos en breves intervalos de tiempo.** La boquilla se ha calentado excesivamente dando lugar al encendido de la mezcla de gases en el interior del soplete. Para enfriarle, se introduce en un recipiente con agua, cerrando la llave del acetileno y dejando salir ligeramente el oxígeno para que el agua no penetre en ella.
- **Sucesión muy rápida de estallidos, causando vibraciones en el mango.** Indica la inflamación de los gases no solamente en la boquilla sino inclusive en el soplete. La causa se debe, por lo general, a que los gases salen a una velocidad muy pequeña, inferior a la propagación de la llama.

Se debe apagar rápidamente el soplete y cerrar las llaves de las botellas. Se desmonta el soplete y la boquilla, limpiando los conductos y una vez se tenga a punto de nuevo, se regulan las presiones adecuadas en los manorreductores observándolos por si es necesario el cambio de alguna botella por encontrarse vacía o a punto de agotarse.

La botella de acetileno no debe apurarse menos de 0,98 bar (1 kg/cm<sup>2</sup>) de su presión, pues se arrastra acetona provocando incidentes en la llama.

- **Se apaga el soplete y se produce un silbido al mismo tiempo.** Este retroceso es grave por cuanto el retorno de la llama ha pasado ya la cámara de mezcla y se dirige a las gomas conductoras. Se produce por obstrucción o el excesivo calentamiento de la boquilla.  
Se debe apagar inmediatamente el soplete y cerrar las llaves de las botellas, enfriando las boquillas y limpiándolas antes de reanudar el trabajo.
- **Estallido en un manorreductor o en una goma conductora.** La destrucción del manorreductor puede ser debida a la presencia de cuerpos grasos en su interior o por apertura violenta de la llave de la botella, encontrándose apretado el tornillo de regulación de la presión y fallando la válvula de seguridad.  
La rotura de la goma conductora del oxígeno, puede suceder por una excesiva presión de salida, que ocasionaría un reventón por la pared del tubo en algún punto debilitado.  
Como norma general, se cerrarán rápidamente las llaves de las botellas.
- **Incendio en algún lugar de la conducción de acetileno.** El encenderse una llama en cualquier junta de la conducción del acetileno como puede ser en la salida de la botella, manorreductor, rúcord de entrada en el soplete, etc., es debido a una fuga del gas que, al saltar cualquier chispa durante el soldeo, provoca el encendido de éste. En este caso, se procede rápidamente a cerrar la llave de la botella del acetileno, para dar lugar a que se produzca un excesivo calentamiento del elemento incendiado, el fuego se extingue al cerrar el combustible; se procederá a reparar la fuga con posterioridad, usando llaves fijas apropiadas, nunca alicates o similar, para no dañar las tuercas.

#### 4.4.6.2.9. Normas de seguridad

- Cuidar en todo momento de no aplicar la llama del soplete a las gomas conductoras.
- Colocar las válvulas antirretroceso en la entrada del soplete.

- Apagar el soplete en los intervalos de tiempo que no se use, ya que puede provocarse un incendio.
- No exponer las botellas a cualquier fuente de calor intenso (sol, soplete, etc.).
- Evitar los golpes violentos de las botellas, éstas se sujetarán con cadenas o collares para evitar que se caigan.
- No utilizarlas, ni estando vacías, como calzos, rodillos o soportes.
- No engrasar cualquier elemento del equipo, pues las materias grasas se inflaman al contacto con el oxígeno.
- Se utilizará agua jabonosa, para detectar cualquier fuga, jamás se empleará una llama para tal fin.
- La longitud mínima de las gomas de conducción de los gases será de 5 metros.
- Siempre que no utilice una botella, la válvula o grifo será protegido con el capuchón o caperuza.
- La botella de oxígeno se purgará antes de colocarle el manorreductor, no haciéndolo nunca delante de nuestra cara.

#### **4.4.6.3. Soplete de oxipropano (sólo categorías B y A)**

En la actualidad la soldadura oxiacetilénica puede sustituirse en algunos casos por la soldadura de oxipropano. En este tipo de soldadura, el acetileno es sustituido por propano y la temperatura que alcanza la llama es de 2.820 °C.

Frente a la soldadura oxiacetilénica la soldadura de oxipropano presenta las siguientes ventajas.

- El propano es menos peligroso que el acetileno
- Es más barata
- Permite cortar los metales más rápido.

El principal inconveniente que presenta es que durante la combustión del propano se produce gran cantidad de vapor de agua, por lo que no se utiliza en el proceso de soldeo de materiales férricos.

#### **4.4.6.4. Lamparilla de gasolina**

Es un tipo de soplete que ha caído en desuso como consecuencia de la aparición de los sopletes de butano o propano, y se utilizaba para la soldadura de tubos de plomo.

Este aparato consta de un depósito de latón, que contiene la gasolina. En la parte superior del depósito hay un tapón roscado que dispone de una válvula de seguridad, y sirve para el llenado del depósito. En un costado se adosa una bomba para inyectar aire en el depósito y al mismo tiempo sirve como asa.

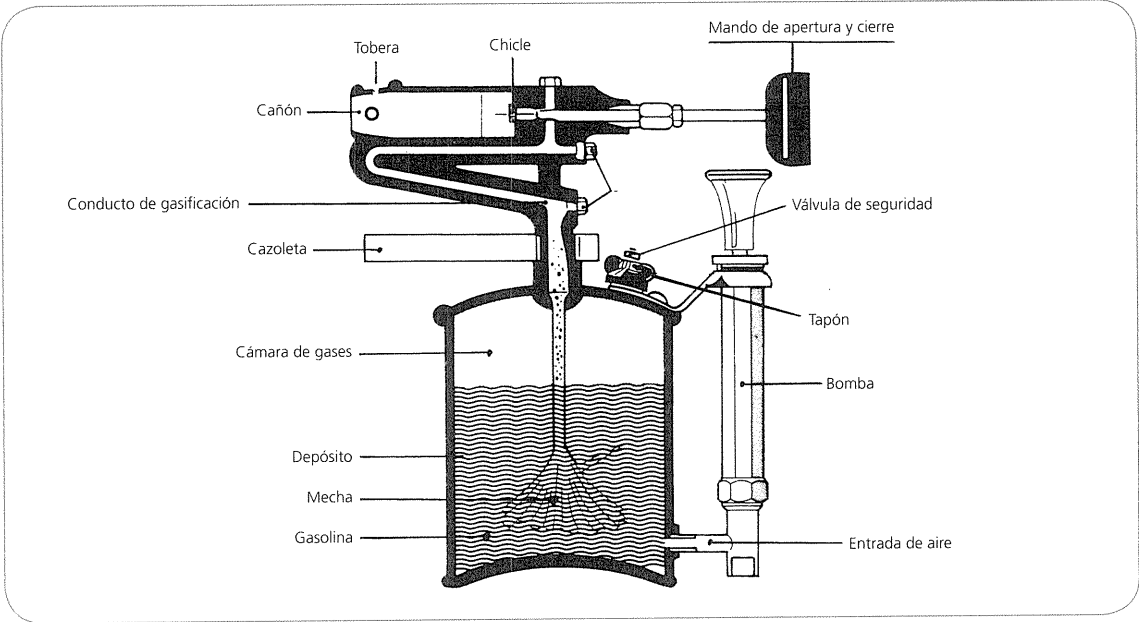
La cabeza está compuesta por el conducto de gasificación, que tiene dos o tres tapones de registro, el mando de apertura y cierre, el inyector (llamado vulgarmente “chiclé”) y el cañón o boquilla, el cual lleva unos orificios para la toma de aire llamados toberas.

La cabeza va roscada al depósito, y en el centro de esta rosca hay un tubo con una mecha en su interior, además la cabeza tiene una cazoleta.

El depósito no debe llenarse completamente, sólo 3/4 partes, de forma que quede una cámara de gases que permita el funcionamiento.

El funcionamiento es sencillo: en la cazoleta se pone gasolina y se le prende fuego, el calor desprendido calienta el conducto de gasificación de la cabeza y el depósito, con lo que el gas que hay en el depósito adquiere presión y hace ascender la gasolina a través del tubo con mecha, hacia la cabeza.





Cuando la gasolina llega a la cabeza, ésta se gasifica debido a la temperatura del cañón, y si acercamos una llama a la boca del cañón se incendiará.

Si el combustible de la cazoleta se agota, se inyecta aire en el depósito mediante la bomba, de forma que la presión se mantenga.

#### 4.4.6.5. Máquinas de soldadura eléctrica (sólo categorías B y A)

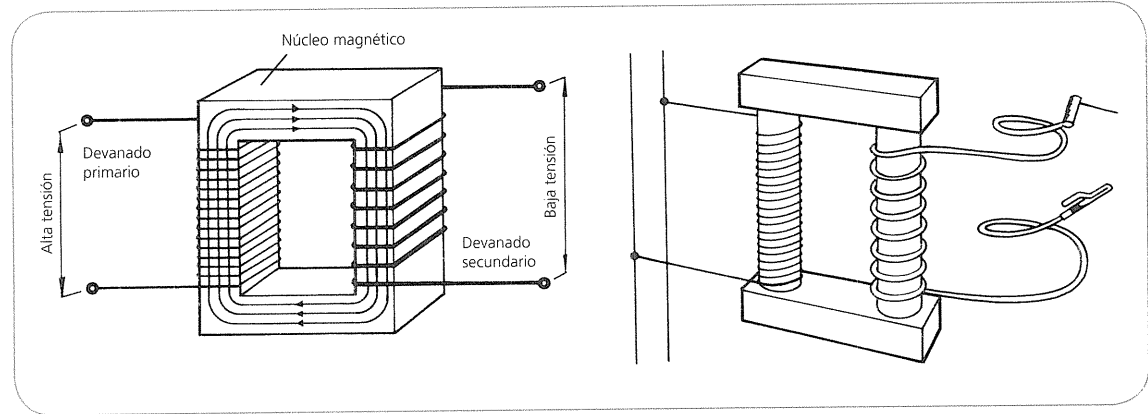
La misión de las máquinas de soldar es la de proporcionar a la corriente eléctrica las características apropiadas para el proceso de soldadura, las cuales difieren de las de la red de distribución:

- Reducir la tensión de la línea a la tensión de cebado (entre 54 y 100 V), que es la tensión necesaria para que se produzca el arco eléctrico.
- Una vez producido el arco, disminuir la tensión hasta la tensión de funcionamiento (entre 20 y 40 V), que es la tensión necesaria para que el arco se mantenga.
- Regular la intensidad de la corriente eléctrica utilizada en el arco.

Los grupos de soldadura los podemos clasificar según sus características eléctricas en: transformadores, rectificadores y convertidores, y según sus características mecánicas en: estáticas (sin partes en movimiento) y dinámicas (con partes en movimiento)

##### 4.4.6.5.1. Transformador de soldadura

Es el aparato de soldar más utilizado, debido a su pequeño coste y facilidad de mantenimiento.

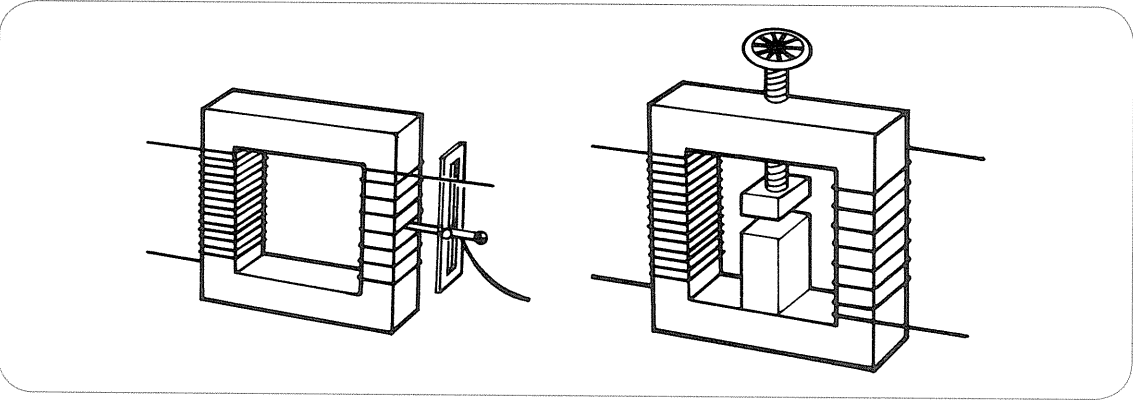


Los transformadores están formados por un núcleo, constituido por las láminas de acero, y dos arrollamientos, el **primario** y el **secundario**.

El arrollamiento primario está formado por gran cantidad de espiras de hilo de cobre, de pequeña sección, y es el que se conecta a la red.

El arrollamiento secundario está formado por unas pocas espiras de hilo de cobre grueso, y proporcionan la tensión y la intensidad necesaria para el proceso del soldeo.

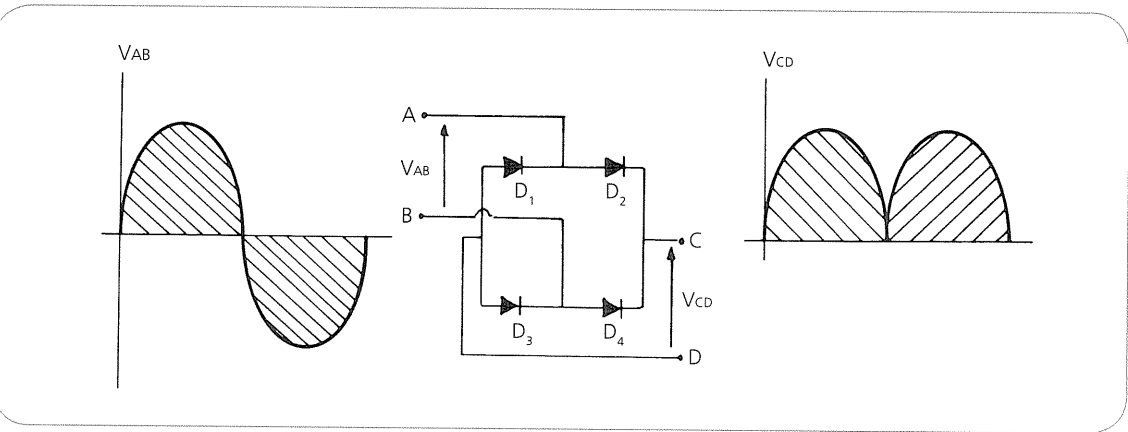
La regulación de la tensión de salida, y en consecuencia, de la intensidad de salida, se puede realizar de dos formas: mediante unas clavijas que permitan conectar más o menos espiras del secundario, o desplazarlo en el interior del núcleo una pieza de acero que desvíe el flujo magnético.



4.4.6.5.2. Rectificador de soldadura

Cuando a la salida del aparato de soldadura la tensión es continua el arco es más estable, y como consecuencia el cordón es de una excelente calidad y se producen menos proyecciones del metal.

Los rectificadores tienen como misión convertir la corriente alterna en corriente continua, y están formados por placas de setenio, silicio o diodos que tienen la propiedad de dejar pasar la corriente en un sólo sentido. Veamos como funciona un rectificador de diodos.



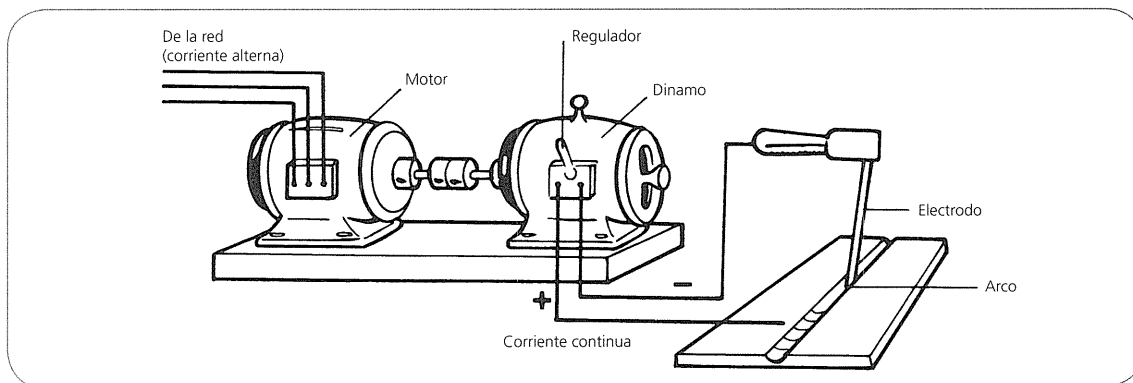
Cuando la tensión  $V_{ab}$  es mayor que cero, los diodos  $D_2$  y  $D_3$  permiten el paso de la corriente, y los diodos  $D_1$  y  $D_4$  lo impiden.

Cuando la tensión  $V_{ab}$  es menor que cero, los diodos  $D_1$  y  $D_4$  permiten el paso de la corriente, y los diodos  $D_2$  y  $D_3$  lo impiden.

Como consecuencia la tensión  $V_{cd}$  es siempre mayor que cero, tenemos una tensión continua la salida del rectificador.

#### 4.4.6.5.3. Convertidores de soldadura

Son dinamos que generan corriente continua para la soldadura. Estas pueden ser accionadas por un motor eléctrico o un motor de combustión interna. En este segundo caso forman un grupo autónomo, especialmente apto para zonas en las cuales no exista tendido eléctrico.



#### 4.4.6.5.4. Electrodo

El electrodo constituye el metal de aportación utilizado en la soldadura eléctrica por arco. Su principal misión es la aportación del metal necesario para el relleno de la unión. El electrodo se compone de dos partes: **alma o núcleo y revestimiento**.

El núcleo está formado por una varilla cilíndrica y calibrada de acero, cuya calidad corresponde a un acero extra suave libre de impurezas, siempre que su aplicación esté orientada al soldeo de aceros comunes, se fabrica en diámetros de 1,5, 2, 2,5, 3,25, 4, 5 y 6 mm. El núcleo del electrodo sirve como conductor de la corriente y pasa a formar parte de la unión soldada en forma de cordón.

El revestimiento cubre el alma del electrodo, y facilita el proceso de soldeo.

El revestimiento está compuesto por elementos orgánicos y minerales que cumplen las siguientes misiones:

- Ioniza el aire. Éste fenómeno consiste en hacer conductor el aire, con lo cual el cebado es fácil y el arco se estabiliza rápidamente.
- Desoxida el baño de fusión, facilitando la aportación del material.
- Forma una atmósfera protectora, impidiendo la oxidación del material de aportación y del baño de fusión.
- Dirige el transporte del metal en el arco, a fin que el metal fundido quede concentrado en la unión.

#### 4.4.6.6. Máquinas de soldar por electrofusión y por termofusión a tope (sólo categoría A)

Estos equipos serán automáticos, es decir, controlarán y registrarán los parámetros de fusión de forma totalmente automática. Se considerarán automáticas aquellas máquinas de termofusión a tope en las que, siendo manual la aplicación de la placa calefactora, el control y registro sean automáticos.

Dispondrán de un sistema que registre los datos de las uniones, los cuales serán transferibles a PC o directamente a impresora.

Las máquinas de soldar cumplirán el reglamento de homologación de equipos de electrofusión RHMSEL-PE y el reglamento de homologación de equipos de termofusión a tope RHMSTO-PE, ambos de SEDIGAS, accesibles en la página web [www.sedigas.es](http://www.sedigas.es) en el apartado *Homologación de Equipos de Soldadura de PE*.

Las máquinas serán aptas para realizar uniones de tubos (según EM-011-E) y accesorios polivalentes (según EM-042-E), o uniones por electrofusión (según EM-041-E), de las siguientes características:

	Diámetro	Clase PE	SDR
Termofusión a tope (*)	110 ≤ DN ≤ 315	PE 80 y PE 100	11 y 17,6
Electrofusión	20 ≤ DN ≤ 315	PE 80 y PE100	11 y 17,6
(*) No es imprescindible que las gamas de diámetros y SDR indicadas se puedan unir con una sola máquina			

4.4.6.6.1. Requisitos de los equipos por electrofusión

Los equipos deberán ser capaces de leer los siguientes datos de entrada:

- Datos del accesorio
  - Identificación del fabricante
  - Tipo de accesorio
  - DN
  - Coeficiente de compensación de temperatura
  - Tensión de fusión
  - Tiempo de fusión (s)
  - Tiempo de enfriamiento (min) (si éste se incluye en el código de barras)
  - Resistencia del accesorio (Ohm)
  - Fecha y lote de fabricación del accesorio (si se incluyen en el código de barras de trazabilidad o en la tarjeta magnética)

Los equipos de electrofusión dispondrán de una memoria que sea capaz de almacenar al menos 250 uniones, y de volcar a un PC o a una impresora como mínimo los siguientes datos:

- Datos del equipo
  - Número de serie del equipo
  - Fecha de la última revisión
- Datos de la unión
  - Número de la unión (para cada soldadura)
  - Fecha de realización
  - Hora de realización
  - Datos del código de barras del carné del soldador
  - Identificación de la obra
- Datos de los componentes a unir
  - Marca o fabricante
  - Tipo de accesorio
  - DN
  - Valor leído de la resistencia en el código de barras

- Datos del ciclo de fusión
  - Temperatura ambiente;
  - Valor medido de la resistencia;
  - Tensión del primario;
  - Tensión de salida;
  - Tiempo de fusión (s);
  - Resultado de la fusión (correcta / incorrecta y posibles errores).

#### 4.4.6.6.2. Requisitos de los equipos de termofusión a tope

Los equipos de electrofusión dispondrán de una memoria que sea capaz de almacenar al menos 250 uniones, y de volcar a un PC o a una impresora como mínimo los siguientes datos:

- Datos del equipo
  - Número de serie de la máquina
  - Fecha de la última revisión
- Datos de la unión
  - Número de la unión
  - Fecha de realización
  - Hora de inicio
  - Hora de finalización
  - Código del soldador (número de certificado)
- Datos de los componentes a unir
  - Fabricante (a partir de que las tuberías dispongan de código de barras y sea obligatoria su lectura)
  - Compuesto (a partir de que las tuberías dispongan de código de barras y sea obligatoria su lectura)
  - DN
  - SDR
  - Clase de PE
- Datos del ciclo de fusión
  - Temperatura ambiente
  - Temperatura de la placa calefactora
  - Presión o fuerza de arrastre
  - Presión o fuerza de fusión
  - Resultado de la fusión (correcta / incorrecta y posibles errores)

#### 4.4.7. Tipos de uniones soldadas

Los procesos de soldadura utilizables dependen de los materiales de los tubos y/o accesorios a unir, y de si son del mismo o de diferente material.

En general, las técnicas de soldadura y, en su caso, los materiales de aportación para su ejecución, deben cumplir con unas características mínimas de temperatura y tiempo de aplicación, resistencia a la tracción, resistencia a la presión y al gas distribuido, etc., y deben ser adecuadas a los materiales a unir.

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

Las uniones soldadas deben ser siempre por soldadura fuerte en los tramos con  $0,05 < \text{MOP} \leq 5$  bar, así como en los tramos que discurran por garajes o aparcamientos.

La soldadura blanda sólo puede utilizarse en las tuberías con  $\text{MOP} \leq 0,05$  bar de instalaciones que suministren a locales destinados a usos domésticos.

No debe utilizarse aleación de estaño-plomo como material de aportación, excepto en la unión de tubo de plomo existente con tubo de cobre o accesorio de aleación de cobre.

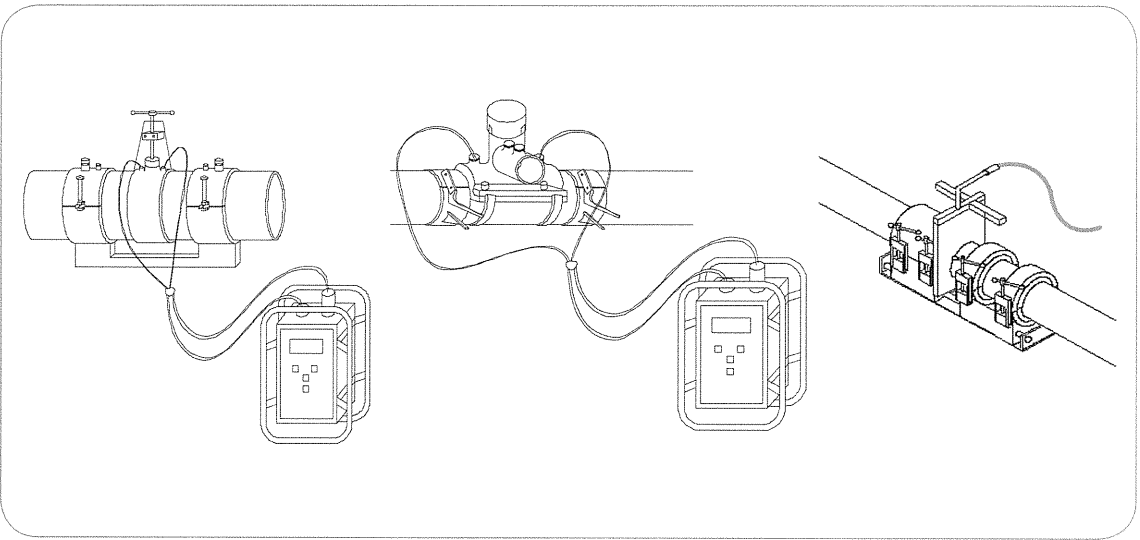
No debe utilizarse el abocardado del tubo de cobre para soldar por capilaridad, excepto en la construcción de baterías de contadores centralizados, siempre que, una vez realizada la unión soldada, el espesor resultante sea como mínimo el espesor del tubo.

No se debe realizar la extracción de la tubería principal para soldar derivaciones, excepto en los módulos de centralización de contadores, en los que la extracción de la misma se realizará conforme a la UNE 60490.

Los diferentes tipos de uniones mediante soldadura se exponen a continuación.

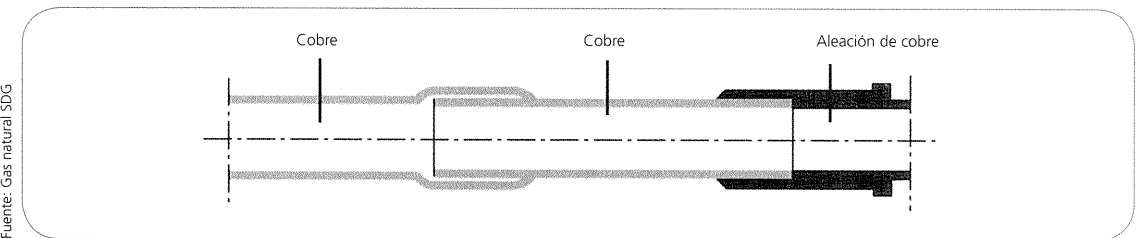
**4.4.7.1. Unión polietileno – polietileno (sólo categoría A)**

Las uniones de los tubos y accesorios de PE deben realizarse mediante soldadura por electrofusión o por termofusión a tope, que sean compatibles con los tubos y accesorios a unir.



**4.4.7.2. Unión cobre - cobre o aleación de cobre**

Las uniones de los tubos de cobre deben realizarse mediante soldadura por capilaridad, a través de accesorios adecuados de cobre o de aleación de cobre y utilizando materiales de aportación que estén de acuerdo a la Norma UNE-EN 1044 en soldadura fuerte y a la Norma UNE-EN 29453 en soldadura blanda.

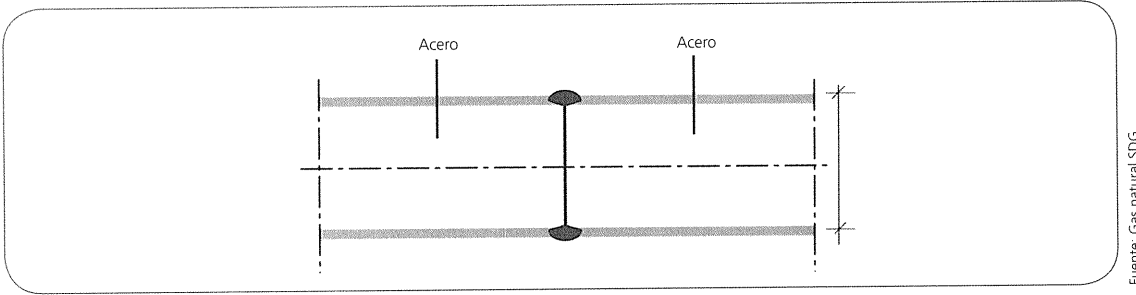


Fuente: Gas natural SDG

El punto de fusión mínimo debe ser de 450 °C para la soldadura por capilaridad fuerte, y de 220 °C para la soldadura blanda.

**4.4.7.3. Unión acero - acero**

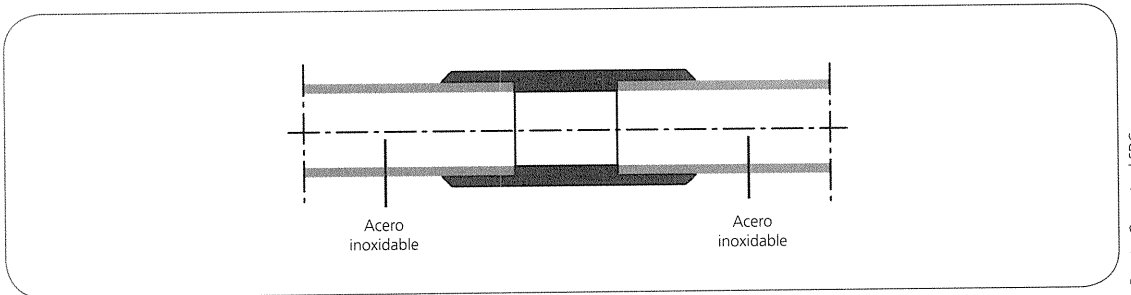
Las uniones de los tubos y accesorios de acero deben realizarse mediante soldadura eléctrica al arco, o también con soldadura oxiacetilénica para diámetros nominales inferiores o iguales a DN 50.



**4.4.7.4. Unión acero inoxidable - acero inoxidable**

Las uniones de los tubos de acero inoxidable deben realizarse mediante soldadura por capilaridad, a través de accesorios adecuados de acero inoxidable o de aleación de cobre, o bien a tope directamente entre tubos, y utilizando materiales de aportación que estén de acuerdo a la Norma UNE-EN 1044 en soldadura fuerte y la Norma UNE-EN 29453 en soldadura blanda.

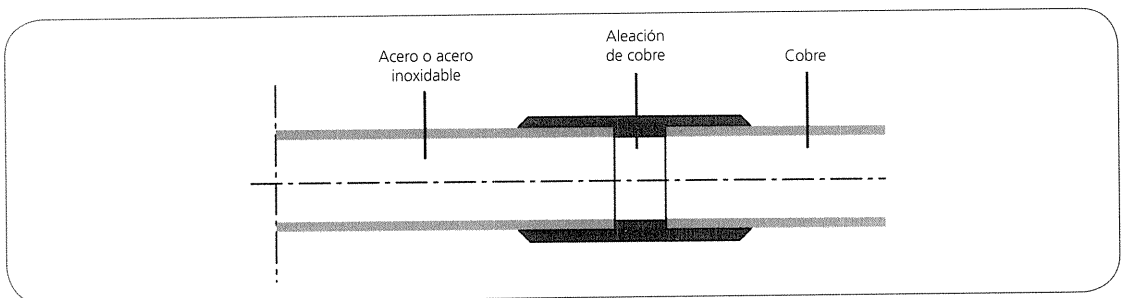
El punto de fusión mínimo debe ser de 450 °C para la soldadura por capilaridad fuerte, y de 220 °C para la soldadura blanda.



**4.4.7.5. Unión cobre o aleación de cobre – acero o acero inoxidable**

No se permite la unión directa de tubos de cobre y acero o acero inoxidable. La unión de un tubo o accesorio de cobre con un tubo o accesorio de acero, debe realizarse intercalando un accesorio de aleación de cobre.

La unión de dicho accesorio de aleación de cobre con un tubo o accesorio de acero, debe realizarse por soldadura fuerte a tope por bordón, con material de aportación de aleación de cobre y punto de fusión mínimo de 850 °C.

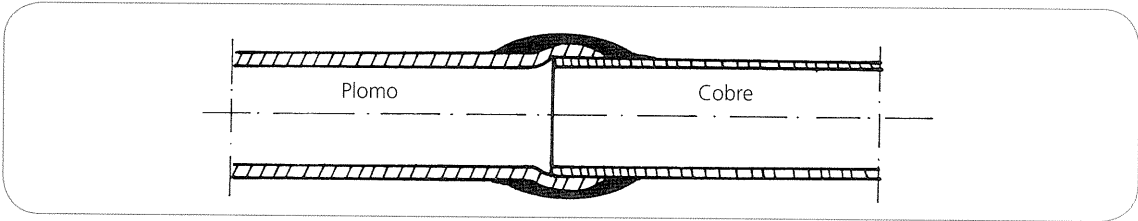


La unión de accesorios de aleación de cobre a tubos de cobre y de acero inoxidable, debe realizarse con las mismas técnicas de soldadura que para tubos de cobre o tubos de acero inoxidable

**4.4.7.6. Unión cobre o aleación de cobre - plomo**

Este tipo de uniones deben realizarse mediante soldadura de estaño-plomo. La aleación del material de aportación debe garantizar una temperatura de fusión superior a 200 °C.

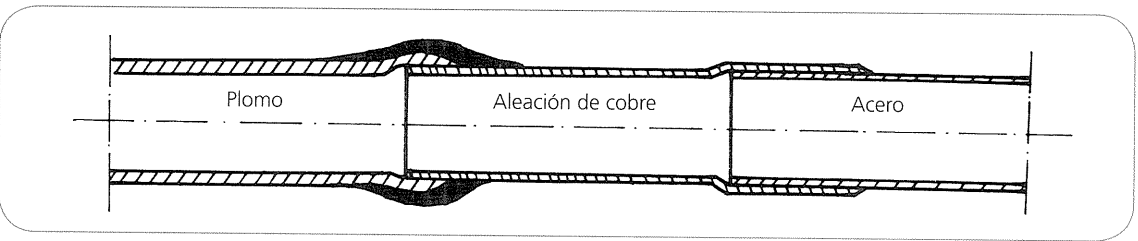
El uso de este tipo de unión queda limitado exclusivamente a ampliaciones o modificaciones de instalaciones receptoras que ya estén en servicio, siempre que no estén suministradas por encima de 0,05 bar de presión y estén en locales destinados a usos domésticos



**4.4.7.7. Unión acero o acero inoxidable - plomo.**

No debe realizarse la unión directa de tubos de plomo y acero o acero inoxidable. Debe intercalarse siempre un manguito de aleación de cobre.

El uso de este tipo de unión queda limitado exclusivamente a ampliaciones o modificaciones de instalaciones receptoras que ya estén en servicio, siempre que no estén suministradas por encima de 0,05 bar de presión y estén en locales destinados a usos domésticos.



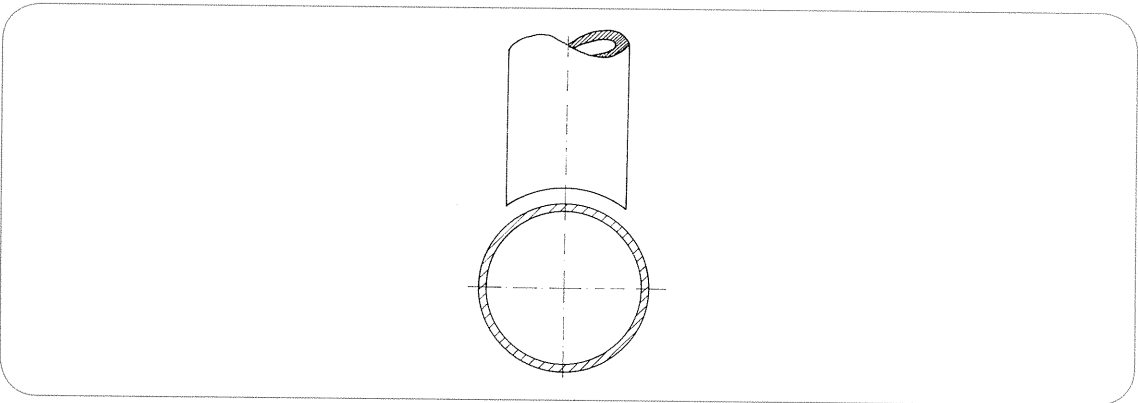
**4.4.7.7.1. Injertos en tubos de acero (sólo categorías B y A)**

La utilización generalizada de los tubos de acero en instalaciones de gas, requiere el empleo de injertos, para los cuales se utilizará la soldadura oxiacetilénica a la eléctrica.

La mayoría de los injertos consisten en realizar una derivación de un tubo mediante otro de inferior tamaño.

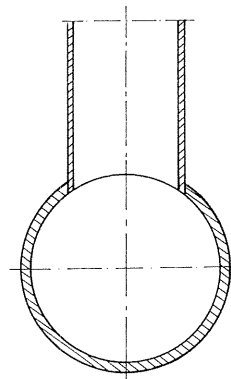
El procedimiento para la realización de un injerto es la siguiente:

1. Se rebaja la boca del tubo a insertar dándole la forma de la curva del tubo base.





2. Una vez comprobada la exactitud de la boca rebajada, se asienta sobre el lugar en el cual debe realizarse el injerto, que previamente ha sido pintado con tiza, procediendo a trazar el contorno con una punta de trazar.
3. Se corta con el soplete la zona marcada, cuidando de no salirse del trazado, para no agrandar el agujero.
4. Una vez realizado el agujero, se eliminan las rebabas, procurando que no caigan en el interior del tubo.
5. Se introduce el tubo a injertar dentro del agujero, procurando que quede a ras del diámetro interior del tubo base, de forma que no obstruya el flujo del gas.



6. Se aplica un punto de soldadura, y una vez comprobado que el ángulo que forman ambos tubos es el correcto, se fijan mediante otros puntos de soldadura.
7. Siempre que la instalación lo permita, el soldeo de injertos debe realizarse en posición vertical, para que la soldadura se realice horizontalmente.

Una vez realizada la soldadura, debe procederse a la comprobación del cordón, y corregir los defectos antes del montaje definitivo de la pieza.

A este tipo de injerto se le denomina **recto o normal**.

En el injerto **curvo o pata de gallo**, el tubo a injertar está curvo, por lo que la sección de la unión es mayor que la del injerto recto, lo cual facilita la circulación del gas. La siguiente figura nos lo muestra:

