

**A** continuación se describirán cada uno de los componentes principales que conforman una red de transporte de agua para un sistema de climatización. Como podemos suponer, las tuberías son una parte fundamental de cualquier instalación, sin ellas no podríamos realizar las actividades más esenciales, como es el propio transporte del fluido caloportador. Para definir lo que representa un sistema de tuberías podríamos decir que es una instalación de conexiones que se encarga de distribuir agua para sus distintos usos, mediante distintos elementos de grifería (accesorios) que se encargan de controlar el sistema. Las características principales de los elementos que forman este sistema serán objeto de estudio en este tema mientras que el dimensionamiento y las opciones de diseño de dejarán para temas posteriores, dejando este tema como recurso meramente informativo.

**4.1 – Materiales para tuberías****4.1.1 - Acero**

Existen dos tipos principales de tubos de acero:

1. Acero sin tratamiento o también llamado acero negro.
2. Acero tratado mediante galvanizado en caliente.

Para su fabricación (1), en ambos casos se parte de un fleje de acero, que va conformándose mediante el paso por unos rodillos horizontales y verticales hasta alcanzar la forma cilíndrica. Posteriormente se someten los bordes longitudinales a una presión y calentamiento para la soldadura longitudinal mediante una bobina de alta frecuencia. Por último, caso que se trate de acero galvanizado, se somete un proceso de galvanización por inmersión en caliente en baño de Zinc.

Generalmente, el acero galvanizado se aplica en instalaciones de distribución de agua para consumo humano, es decir en conducciones de A.C.S. y agua fría y el acero negro en calefacción y de más en general para redes de transporte en líquidos en los que el agua actúa simplemente como fluido caloportador.

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Amplio rango de diámetros y juntas	Posibilidad de colapso en espesores reducidos
Gran resistencia mecánica	
Resistencia cargas externas e internas	Necesidad de protección externa
Bastante buena rugosidad	
Baja fragilidad	Instalación cara
Facilidad de reparación	

Figura 4.1 – Ventajas y desventajas del uso del acero en tuberías (2)

Todas las características que a continuación se describen valen tanto para para el acero negro como para el galvanizado. La única diferencia que existe entre ambos es el tratamiento superficial de los aceros galvanizados. En éstos, la suma del recubrimiento de las superficies interna y externa tendrá un valor medio de 70  $\mu\text{m}$ , cuyo valor afectará a la rugosidad de la pared, pero no al diámetro, ya que el valor de la capa se considerará despreciable.

La composición química y las características mecánicas vienen indicadas en la siguiente tabla:

**TEMA 4: ELEMENTOS DE LOS CIRCUITOS HIDRÁULICOS**

Composición química (%)			
C	Mn	P	S
Máximo	Máximo	Máximo	Máximo
0,20	1,40	0,035	0,030

Tabla 4.2 - Composición química de los aceros para tuberías (3)

Existen cuatro tipos principales de tuberías de acero, las series reforzada, normal, ligera y extra ligera, sin embargo estas dos últimas no están autorizadas para la conducción de fluidos.

La normativa que se aplica a las tuberías de acero **UNE EN-ISO 19 040**.

TUBERÍAS DE ACERO								
SERIES:		NORMAL				REFORZADA		
Diámetro (mm)	Nominal (")	Diámetro exterior	Espesor (mm)	D. Interior (mm)	Peso (kg/m)	Espesor (mm)	D. Interior (mm)	Peso (kg/m)
DN 6	1/8	10,2	2	6,20	0,40	2,6	5,00	0,49
DN 8	¼	13,5	2,3	8,90	0,64	2,9	7,70	0,76
DN 10	3/8	17,2	2,3	12,60	0,85	2,9	11,40	1,02
DN 15	½	21,3	2,6	16,10	1,20	3,2	14,90	1,43
DN 20	¾	26,9	2,6	21,70	1,56	3,2	20,50	1,87
DN 25	1	33,7	3,2	27,30	2,41	4,0	25,70	2,93
DN 32	1 ¼	42,4	3,2	36,00	3,09	4,0	34,40	3,79
DN 40	1 ½	48,3	3,2	41,90	3,56	4,0	40,30	4,37
DN 50	2	60,3	3,6	53,10	5,03	4,5	51,30	6,19
DN 65	2 ½	76,1	3,6	68,90	6,44	4,5	67,10	7,95
DN 80	3	88,9	4,0	80,90	8,38	5,0	78,90	10,35
DN 100	4	114,3	4,5	105,30	12,19	5,4	103,50	14,50
DN 125	5	139,7	5,0	129,70	16,61	5,4	128,90	17,89
DN 150	6	165,1	5,0	155,10	19,74	5,4	154,30	21,27

Tabla 4.3 - Espesores en tuberías de acero según la serie

	Presiones máximas admisibles de trabajo		Temperatura de empleo admitida
	Líquidos	Gases	
Serie normal	25 bar	10 bar	Entre -10 °C y 110 °C
Serie reforzada			

Tabla 4.4 - Presiones y temperaturas de trabajo para tuberías de acero

Algunas propiedades del acero

OTRAS PROPIEDADES IMPORTANTES	
Densidad	7,85 g/cm <sup>3</sup>
Dilatación térmica	0,012 mm/m·K
Conductividad térmica	47 W/m·K
Rugosidad	0,03-0,09 mm

Tabla 4.5 – Otras propiedades del acero

**Sistema de unión:** Uniones soldadas, embridadas , roscadas y ranuradas.

**Tuberías de acero en la actualidad:**

Las tuberías de acero negro son posiblemente las más utilizadas, principalmente en diámetros mayores de 50 cm. El sistema de unión que se emplea puede depender del lugar en el que se vayan a instalar. Las uniones soldadas son cada vez menos empleadas por suponer factores de riesgo durante la instalación del sistema hidráulico que puede provocar incendios, mientras que las uniones ranuradas están cobrando cada vez más fuerza.

*Las tuberías de acero negro son en la actualidad las más utilizadas, por su excelente relación calidad – precio. Sin embargo, debido a la contante variabilidad de los precios, especialmente del petróleo y del cobre, y a la introducción de nuevos procesos de fabricación, sería necesario plantear siempre la posibilidad de utilizar otro material de mejores características.*

**TEMA 4: ELEMENTOS DE LOS CIRCUITOS HIDRÁULICOS****4.1.2 - Cobre**

El tubo que se suministra de acuerdo con las normas ASTM (4) debe tener una pureza mínima del 99.9 %, y desoxidado con fósforo cuyo valor debe estar comprendido entre 0,015 % y 0,04 %.

Son tres los tipos de tubos de cobre estandarizados que se utilizan en las aplicaciones más comunes:

Código internacional de identificación		Usos y aplicaciones
TIPO	COLOR	
M	Rojo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Edificios habitables</li> <li>• Edificios comerciales</li> </ul>
L	Azul	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Instalaciones de gas combustible</li> <li>• Instalaciones de gas medicinal</li> <li>• Tomas domiciliarias de agua potable</li> </ul>
K	Verde	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uso industrial donde la presión y temperaturas de trabajo son severas</li> </ul>

Tabla 4.6 – Tipos de tuberías de cobre

El tubo de cobre tipo K, L, M (5) y para gas medicinal debe marcarse de manera permanente, de acuerdo a sus características.

- Tipo de tubo.
- Nombre o marca comercial del fabricante.
- País de origen.

La normativa que se aplica para este tipo de canalizaciones es la **UNE-EN ISO 1057**.

A continuación se presentan las dimensiones y otras características físicas de los tubos tipo K, L y M.

DN	Diámetro Exterior	Diámetro interno			Espesor de pared			Presión máxima (kg/cm <sup>2</sup> )		
		M	L	K	M	L	K	M	L	K
¼"	3/8"	0,324"	0,314"	0,276"	0,025"	0,030"	0,049"	431,15	506,16	620,04
6,35 mm	9,525 mm	8,255 mm	8,001 mm	7,035 mm	0,635 mm	0,889 mm	1,245 mm			
3/8"	1/2"	0,449"	0,429"	0,401"	0,025"	0,035"	0,049"	316,35	442,89	496,03
9,5 mm	12,7 mm	11,43 mm	10,922 mm	10,21 mm	0,635 mm	0,889 mm	1,245 mm			
1/2"	5/8"	0,572"	0,544"	0,494"	0,028"	0,04"	0,065"	283,45	404,92	469,95
12,7 mm	15,875 mm	14,453 mm	13,843 mm	12,573 mm	0,711 mm	1,016 mm	1,651 mm			
¾"	7/8"	0,811"	0,784"	0,744"	0,032"	0,045"	0,065"	231,45	325,62	209
19 mm	22,225 mm	20,601 mm	19,939 mm	18,923 mm	0,812 mm	1,143 mm	1,651 mm			
1"	1 1/8"	1,054"	1,024"	0,994"	0,035"	0,05"	0,065"	196,84	281,20	299,47
25 mm	28,575 mm	26,797 mm	26,035 mm	25,273 mm	0,889 mm	1,27 mm	1,651 mm			
1 ¼"	1 3/8"	1,29"	1,264"	1,23"	0,042"	0,055"	0,072"	193,25	253,08	280,35
32 mm	34,925 mm	32,791 mm	32,131 mm	31,267 mm	1,067 mm	1,397 mm	1,829 mm			
1 ½"	1 1/2"	1,526"	1,504"	1,459"	0,049"	0,06"	0,083"	190,72	233,60	247,10
38 mm	41,275 mm	38,785 mm	38,227 mm	37,059 mm	1,245 mm	1,524 mm	2,108 mm			

2"	2 1/8"	2,016"	1,984"		0,058"	0,07"		173,65	208,43	
51 mm	53,975 mm	51,029 mm	50,419 mm		1,473 mm	1,778 mm				
2 1/2"	2 5/8"	2,494"	2,464"		0,065"	0,08"		156,62	192,76	
64 mm	66,675 mm	63,373 mm	62,611 mm		1,651 mm	2,032 mm				
3"	3 1/8"	2,976"	2,944"		0,072"	0,09"		145,73	182,21	
76 mm	79,375 mm	75,597 mm	74,803 mm		1,889 mm	2,286 mm				
4"	4 1/8"	3,934"	3,904"		0,095"	0,11"		145,65	168,72	
102 mm	104,775 mm	99,949 mm	99,187 mm		2,413 mm	2,794 mm				

Tabla 4.7 – Medidas estandarizadas de tuberías de cobre (5)

<b>OTRAS PROPIEDADES IMPORTANTES</b>	
<b>Densidad</b>	8,9 g/cm <sup>3</sup>
<b>Dilatación térmica</b>	0,018 mm/m·K
<b>Conductividad térmica</b>	400 W/m·K
<b>Rugosidad</b>	0,0015 mm

Figura 4.8 – Propiedades del cobre (6)

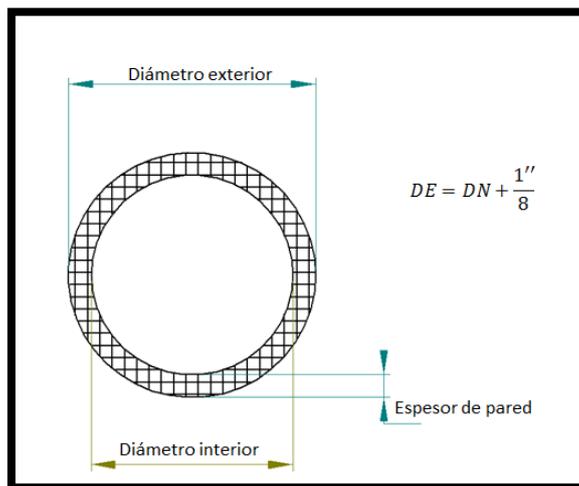


Figura 4.9 - Dimensiones normalizadas en una tubería de acero

**Sistema de unión:** Uniones soldadas, embridadas, roscadas y ranuradas.

### **El cobre en la actualidad:**

El cobre, a pesar de su facilidad de instalación, se está dejando de utilizar por el elevado precio del material. En los últimos años se estima que el cobre ha subido en torno a un 15 %.

### 4.1.3 - Materiales plásticos

Para caracterizar los tubos de materiales termoplásticos se emplea la siguiente terminología específica (7):

- *Diámetro nominal (DN)*: En función del tipo de material plástico de que se trate, el concepto de diámetro nominal (DN) se refiere al interior o al exterior. En algunos tubos como en los multicapa, depende únicamente del fabricante.
- *Ovalación*: Diferencia entre el diámetro exterior (OD) máximo y mínimo en una misma sección recta del tubo.
- *Relación de dimensiones estándar (SDR)*: Relación entre el diámetro nominal (DN) y el espesor nominal (e).

$$SDR = \frac{DN}{e} \quad 4-1$$

- *Serie (S)*: Parámetro adimensional que permite clasificar los tubos. Se define como la relación del radio medio teórico ( $r_m$ ) y el espesor nominal (e).

$$S = \frac{r_m}{e} \quad r_m = \frac{SDR-1}{2} \quad 4-2$$

- *Límite inferior de confianza (LCL)*: Cantidad, expresada en MPa que puede considerarse como una propiedad de un material, y que representa el límite inferior de confianza al 97,5 % de la resistencia hidrostática a largo plazo prevista para el agua a 20 °C durante 50 años.
- *Presión nominal (PN)*: Presión máxima que un componente es capaz de resistir de forma permanente en servicio.
- *Tensión de diseño ( $\sigma_s$ )*: Tensión a tracción admisible del material.
- Algunas relaciones útiles:

$$PN = \frac{\sigma_s}{S} \quad 4-3$$

$$PN = \frac{2 \cdot e \cdot \sigma_s}{DN} \quad 4-4$$

Tensión de rotura de una tubería:

$$\sigma_R = \frac{1}{2} \left( \frac{p}{\rho} \right) \cdot \left( \frac{D}{e} - 1 \right) \quad 4-5$$

Siendo  $p$  la presión nominal en el interior de la tubería.

Como consecuencia de las características de materiales plásticos, los mismos presentan importantes ventajas frente al resto de materiales:

- Peso reducido (implica una fácil instalación)
- Fácil transporte
- Resistencia a suelo y agentes abrasivos (oxidación y corrosión)
- Bajo coeficiente de rugosidad (menores consumos de bombeo)
- Insensibilidad a las heladas
- Elevada resistencia a la propagación de fisuras
- Larga vida útil.
- Bajo coste de mantenimiento
- Múltiples sistemas de unión

**4.1.3.1 – Tuberías de polietileno reticulado (PE-X)**

El polietileno se obtiene por polimerización del gas etileno (1). Fue uno de los primeros termoplásticos que se utilizó en la década de los sesenta para la conducción de fluidos. El polietileno reticulado se trata de un tipo de polímero con reticulaciones, es decir, mallas entrelazadas de polímeros que confieren al material una mayor resistencia.

Como material, entre sus ventajas están su ligereza (con la consiguiente simplificación de las tareas de instalación de los tubos), su baja rugosidad (mayor capacidad y menores costes de bombeo), elevada resistencia a las tensiones y deformaciones altas con cargas instantáneas, su condición de aislante eléctrico elevada resistencia al ataque químico.

Algunos tubos de PEX incorporan una pequeña capa (barrera antidifusora de oxígeno) con un material que evita que al calentar el agua, aparezcan burbujas de oxígeno, que pudieran provocar fenómenos de cavitación.

La normativa que se aplica para este tipo de canalizaciones es la **UNE-EN ISO 15.875**, aplicable también a tubos con o sin capa de barrera adicional.

Dimensión nominal	Diámetro exterior medio		Series de tubo			
	$d_{em, \text{mín}}$	$d_{em, \text{máx}}$	S 6,3	S 5	S 4	S 3,2
DN			<b>Espesor de pared</b>			
12	12,0	12,3	-	1,3	1,4	1,7
16	16,0	16,3	1,3	1,5	1,8	2,2
20	20,0	20,3	1,5	1,9	2,3	2,8
25	25,0	25,3	1,9	2,3	2,8	3,5
32	32,0	32,3	2,4	2,9	3,6	4,4
40	40,0	40,4	3,0	3,7	4,5	5,5
50	50,0	50,5	3,7	4,6	5,6	6,9
63	63,0	63,6	4,7	5,8	7,1	8,6
75	75,0	75,7	5,6	6,8	8,4	10,3
90	90,0	90,9	6,7	8,2	10,1	12,3
110	110,0	111,0	8,1	10,0	12,3	15,1
125	125,0	126,2	9,2	11,4	14,0	17,1
140	140,0	141,3	10,3	12,7	15,7	19,2
160	160,0	161,5	11,8	14,6	17,9	21,9

Figura 4.10 – Medidas estandarizadas de tuberías de PE-X (8)

<b>OTRAS PROPIEDADES IMPORTANTES</b>	
<b>Densidad</b>	0,94 g/cm <sup>3</sup>
<b>Dilatación térmica</b>	0,20 mm/m·K
<b>Conductividad térmica</b>	0,41 W/m·K
<b>Rugosidad</b>	0,007 mm

Figura 4.11 – Algunas propiedades del PE-X

**Sistema de unión:** No puede ser soldado (no por métodos convencionales, si por termofusión), pero se ensambla bien empleando uniones tipo press-fitting, permitiendo una estanqueidad adecuada.

4.1.3.2 – Tuberías de polipropileno

El polipropileno es un polímero termoplástico, parcialmente cristalino, que se obtiene de la polimerización del propileno (también llamado propeno). El polipropileno posee la **capacidad de fundirse a una temperatura** determinada (9), además posee un comportamiento viscoso y elástico que proporciona ante los ensayos de **tracción, compresión, flexión y torsión**, muy buenos resultados. Es un material desarrollado también, bajo el manejo de un excelente control de calidad, brindando así una plena seguridad de uso en sus diferentes aplicaciones.

La solidez y seguridad de las uniones entre tuberías y accesorios de polipropileno, realizada por termofusión, sin intervención de materiales ajenos, permite la formación de una unión con una nueva unidad molecular.

La normativa que se aplica a las conducciones de polipropileno es la **UNE-EN ISO 15.874**.

Dimensión nominal	Diámetro exterior medio		Series de tubo			
	$d_{em, \text{mín}}$	$d_{em, \text{máx}}$	S 5	S 4	S 3,2	S 2
DN			<b>Espesor de pared</b>			
12	12,0	12,3	1,8	1,8	2,0	2,4
16	16,0	16,3	1,8	2,2	2,7	3,3
20	20,0	20,3	1,9	2,8	3,4	4,1
25	25,0	25,3	2,3	3,5	4,2	5,1
32	32,0	32,3	2,9	4,4	5,4	6,5
40	40,0	40,4	3,7	5,5	6,7	8,1
50	50,0	50,5	4,6	6,9	8,3	10,1
63	63,0	63,6	5,8	8,6	10,5	12,7
75	75,0	75,7	6,8	10,3	12,5	15,1
90	90,0	90,9	8,2	12,3	15,0	18,1
110	110,0	111,0	10,0	15,1	18,3	22,1
125	125,0	126,2	11,4	17,1	20,8	25,1
140	140,0	141,3	12,7	19,2	23,3	28,1
160	160,0	161,5	14,6	21,9	26,6	32,1

Figura 4.12 – Medidas estandarizadas de tuberías de PP (10)

<b>OTRAS PROPIEDADES IMPORTANTES</b>	
<b>Densidad</b>	0,90 g/cm <sup>3</sup>
<b>Dilatación térmica</b>	0,18 mm/m·K
<b>Conductividad térmica</b>	0,24 W/m·K
<b>Rugosidad</b>	0,02 mm

Figura 4.13 – Algunas propiedades del PP (9)

**Sistema de unión:** Fusión o termofusión.

**4.1.3.3 – Tuberías de polibutileno**

El polibutileno es un termoplástico que se obtiene a partir del butileno ( $C_4H_8$ ) (9). Su estructura molecular permite un sistema de unión por termofusión así como por unión mecánica. Su estructura cristalina le confiere propiedades excepcionales para aplicaciones que precisen alta resistencia y flexibilidad a temperaturas de hasta 100 °C por lo que resulta ideal en instalaciones de calefacción y fontanería.

Es considerado por muchos el material plástico óptimo para el sector de agua potable, agua sanitaria y calefacción, distinguiéndose por su gran flexibilidad, su elevada resistencia al calor, su baja deformación y por su menor dilatación térmica lineal. Gracias a sus propiedades termoplásticas y sus características físicas químicas, el PB se puede ensamblar mediante soldadura o de una manera de mucho más sencilla, utilizando racores de compresión. Algunas empresas están empezando a utilizar termo-fusión para ensamblar tuberías de PB.

Su aplicación en el mercado se centra principalmente en tuberías para la canalización de agua fría y caliente, calefacción y en instalaciones de agua potable.

Dimensión nominal	Diámetro exterior medio		Series de tubo					
	$d_{em, \text{mín}}$	$d_{em, \text{máx}}$	S 10	S 8	S 6,3	S 5	S 4	S 3,2
DN			<b>Espesor de pared</b>					
12	12,0	12,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,4	1,7
16	16,0	16,3	1,3	1,3	1,3	1,5	1,8	2,2
20	20,0	20,3	1,3	1,3	1,5	1,9	2,3	2,8
25	25,0	25,3	1,3	1,5	1,9	2,3	2,8	3,5
32	32,0	32,3	1,6	1,9	2,4	2,9	3,6	4,4
40	40,0	40,4	1,9	2,4	3,0	3,7	4,5	5,5
50	50,0	50,5	2,4	3,0	3,7	4,6	5,6	6,9
63	63,0	63,6	3,0	3,8	4,7	5,8	7,1	8,6
75	75,0	75,7	3,6	4,5	5,6	6,8	8,4	10,3
90	90,0	90,9	4,3	5,4	6,7	8,2	10,1	12,3
110	110,0	111,0	5,3	6,6	8,1	10,0	12,3	15,1
125	125,0	126,2	6,0	7,4	9,2	11,4	14,0	17,1
140	140,0	141,3	6,7	8,3	10,3	12,7	15,7	19,2
160	160,0	161,5	7,7	9,5	11,8	14,6	17,9	21,9

Tabla 4.14 – Dimensiones de tubos de PB normalizadas según ISO 15.876 (11)

La normativa que se aplica a las conducciones de multicapa es la **UNE-EN ISO 15.876**.

<b>OTRAS PROPIEDADES IMPORTANTES</b>	
<b>Densidad</b>	0,93 g/cm <sup>3</sup>
<b>Dilatación térmica</b>	0,13 mm/ m·K
<b>Conductividad térmica</b>	0,22 W/m·K
<b>Rugosidad</b>	0,0015 mm

Tabla 4.15 – Algunas propiedades del PB (1)

**Sistema de unión:** Press-fitting o por termofusión

#### 4.1.3.4 – Tuberías multicapa

Las tuberías multicapa se denominan así porque están compuestas por un tubo interior de polietileno, aluminio y polietileno reticulado o resistente a altas temperaturas. Esta composición permite utilizarlas en sistemas de agua caliente sin necesidad de recurrir a la protección con coquilla, un cilindro hueco o macarrón que cubre el tubo para limitar la pérdida de calor.



Figura 4.16 – Tubería multicapa (12)

Gracias a que está compuesta por diferentes capas de materiales, permite tener un coeficiente de dilatación mucho menor que el resto de materiales plásticos. Debido a su resistencia a las altas temperaturas, las tuberías multicapa se emplean cada vez más en sistemas de calefacción convencional y suelo radiante, aunque también dan buen resultado en conducciones de agua fría.

Entre sus principales ventajas, destacan:

- Dilatación mínima: La capa intermedia de aluminio permite que las dilataciones sean mínimas, reduciendo el número de soportes.
- Flexibles: Sus características les confieren una gran flexibilidad, lo que las hace adaptables sin necesidad de ir sujetando la instalación a medida que se avanza.
- Pesan muy poco.
- Alta resistencia a la presión, altas temperaturas y a la corrosión.

La normativa que se aplica a las conducciones de multicapa es la **UNE-EN ISO 21003**.

<b>OTRAS PROPIEDADES IMPORTANTES</b>	
<b>Densidad</b>	1,47 g/cm <sup>3</sup>
<b>Dilatación térmica</b>	0,023 mm/ m·K
<b>Conductividad térmica</b>	0,004 W/m·K
<b>Rugosidad</b>	0,007 mm

Figura 4.17 – Algunas propiedades importantes de las tuberías multicapa (13)

**Sistemas de unión:** Press-fitting.

## COMPARATIVA DE CARACTERÍSTICAS

Como se puede observar, los materiales plásticos presentan una densidad mucho menor, implicando principalmente menores costes de instalación, ya que el manejo de cada uno de los elementos que componen la red se hace con mayor facilidad.

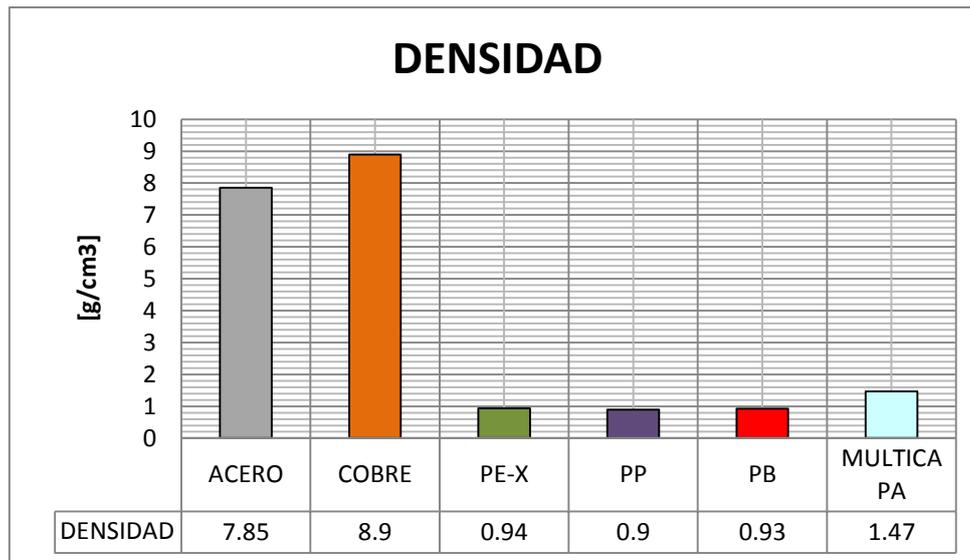


Figura 4.18 – Comparativa de densidades para distintos materiales

Uno de los pocos problemas que conlleva utilizar tuberías de materiales plásticos son las dilataciones térmicas a las que están sometidas. Sin embargo, la utilización de dilatadores facilita

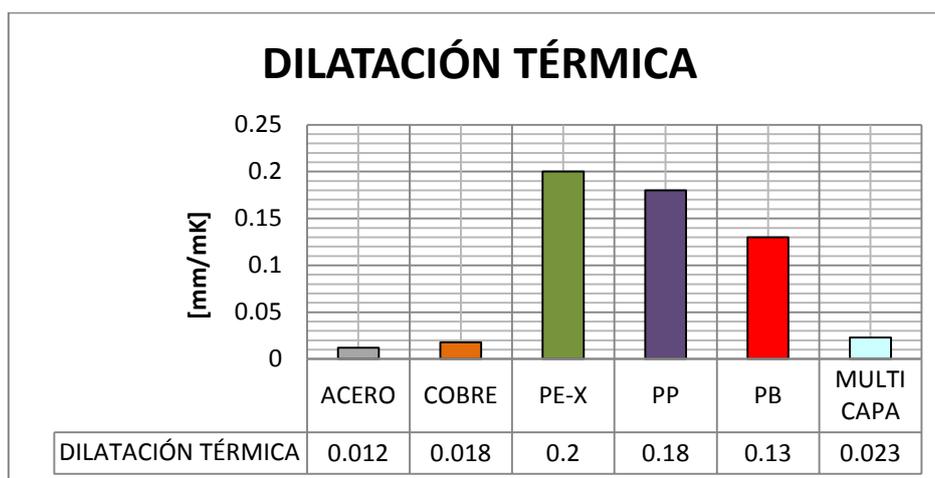


Figura 4.19 – Dilataciones térmicas para distintos materiales

**TEMA 4: ELEMENTOS DE LOS CIRCUITOS HIDRÁULICOS**

De nuevo la conductividad es un factor importantísimo, ya que a menor conductividad menores necesidades de aislamiento.

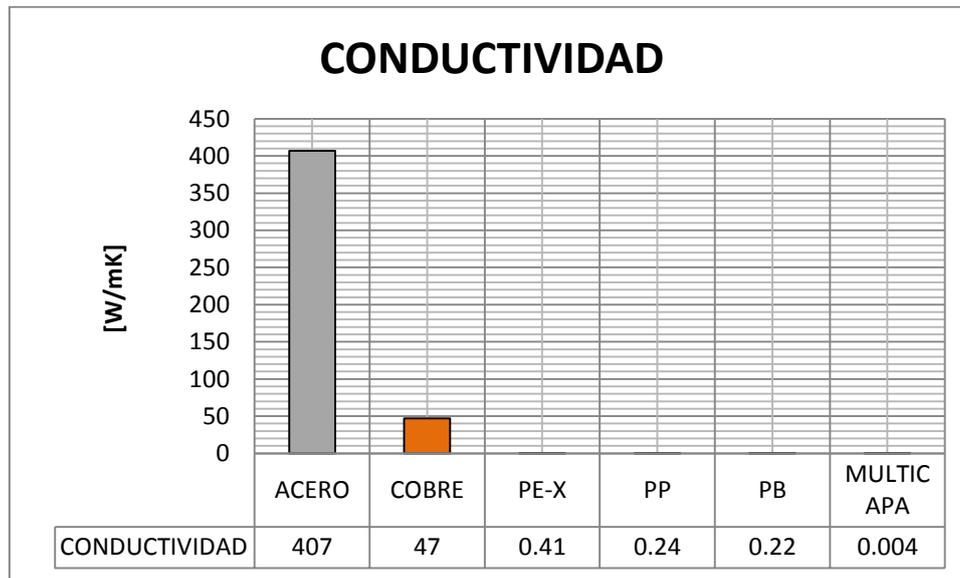


Figura 4.20 - Conductividades

El efecto de la rugosidad en las tuberías implica menores pérdidas de carga y por lo tanto menor potencia de impulsión necesaria para la bomba (bomba más pequeña), además de menores costes de bombeo.

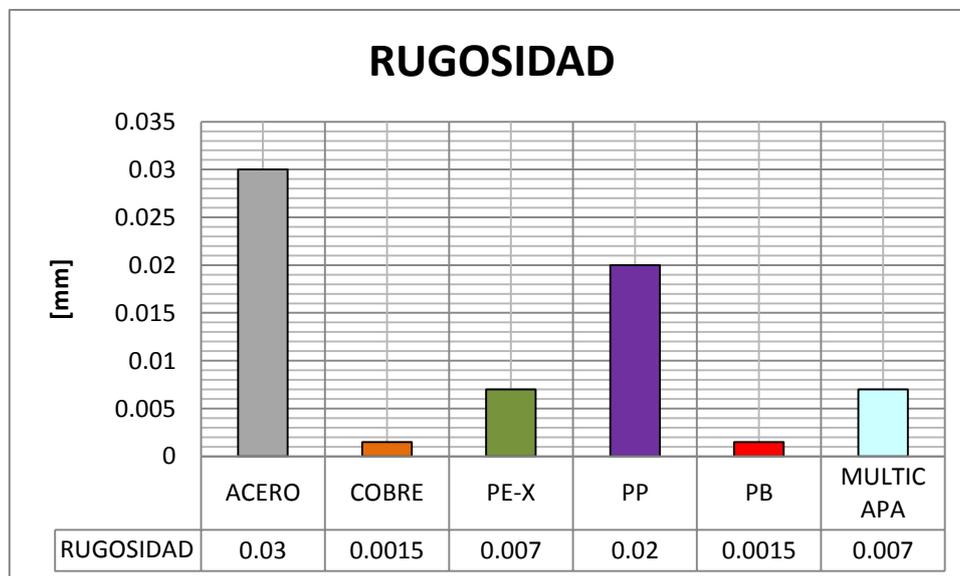


Figura 4.21 – Coeficientes de rugosidad

En el caso de la figura 4.22, en la que se muestran los costes de instalación para diversos materiales se han realizado varias suposiciones.

1. Sistemas de unión:

- i. Acero: Uniones ranuradas
- ii. Cobre: Uniones soldadas
- iii. PE-X: Press-fitting
- iv. PB: Termofusión
- v. PP: Termofusión
- vi. Multicapa: Push-fitting

2. Significado de costes de instalación:

- i. Los costes de instalación han sido obtenidos de diversas empresas dedicadas a este sector.
- ii. Se ha utilizado un único proyecto como base para comparar los costes ofertados por distintas empresas especializadas.
- iii. El precio del coste de instalación en [€/m] incluye no sólo la propia tubería sino también todos los accesorios necesarios para su instalación (soportería, uniones, accesorios), excluyendo válvulas y aislamientos.

3. Conclusiones más significativas:

- i. Los precios de las tuberías plásticas son más caras que el acero negro a partir de diámetros entre 50 y 63. Esto se debe a que para aguantar una misma presión las paredes de las tuberías plásticas deben de ser más gruesas.
- ii. La utilización de cobre como material de transporte de agua ha caído en desuso debido sobre todo a sus altos costes de instalación.
- iii. No se fabrican tuberías comerciales de polibutileno por encima de diámetros de 40 mm.

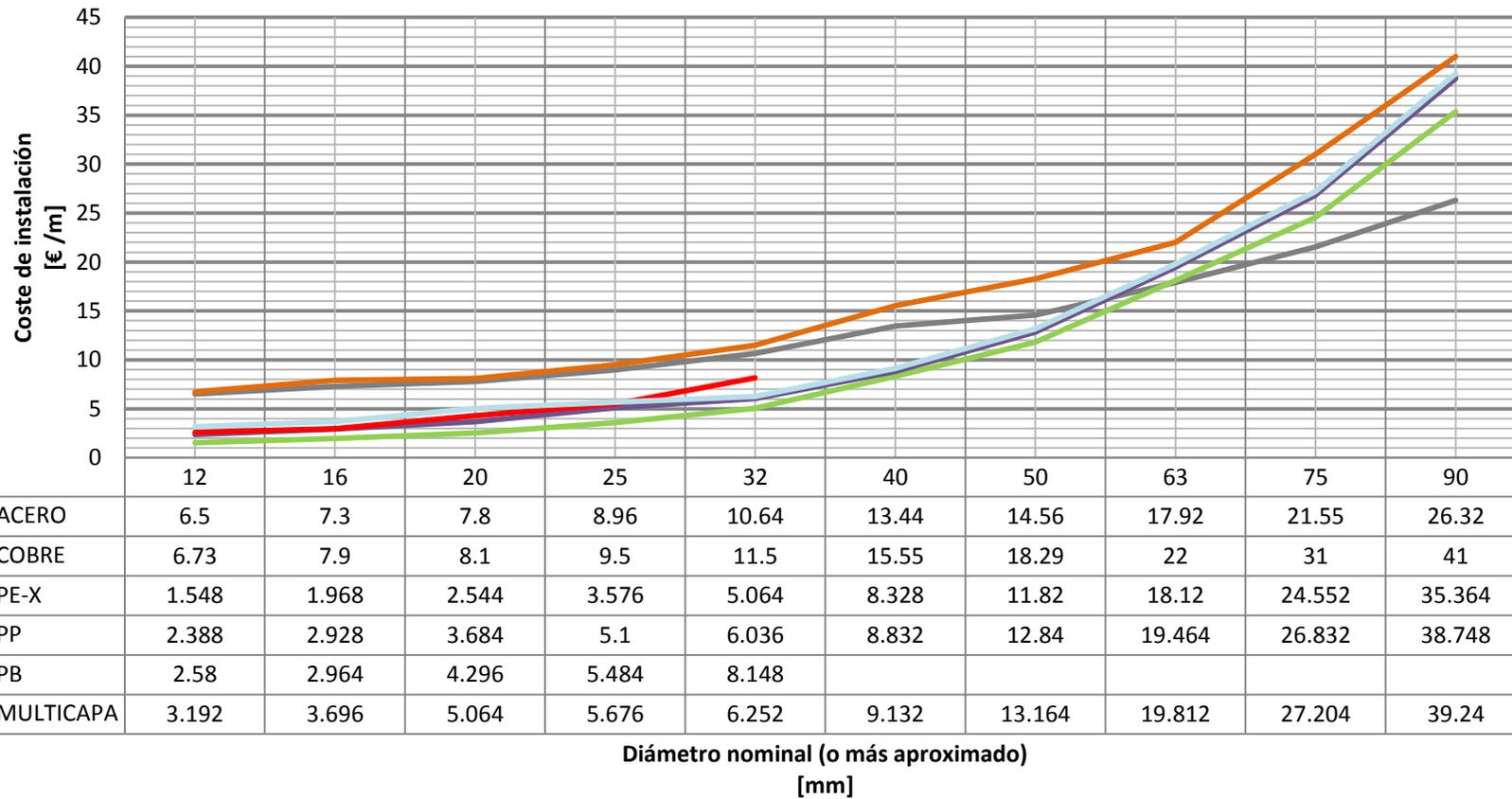
**PRECIOS DE INSTALACIÓN PARA DISTINTOS MATERIALES**

Figura 4.22 – Comparativa de precios de instalación de tuberías para distintos materiales

## 4.2 – Uniones

Las uniones son el punto de mayor responsabilidad de la canalización, ya que provocan una discontinuidad, bien sea por el cambio de dirección, acoplamiento de un componente de la instalación, unión entre tubos de distinto material, etc... por lo tanto en la elección de las mismas se habrá de tener en cuenta diferentes factores, para evitar que se origine un aumento desproporcionado de la pérdida de carga, pérdida de estanqueidad, peligro de corrosión, creación de pila galvánica... con el fin de obtener el éxito en la instalación. Ante todo, dado que la unión se realizará entre tramos de tuberías de un cierto material, se habrá de considerar en primer lugar las recomendaciones de los fabricantes.

Las uniones pueden clasificarse en seis grandes grupos:

1. Uniones mediante bridas.
2. Unión mediante sistemas roscados
3. Unión soldada.
4. Uniones por termofusión.
5. Unión push-fitting.
6. Unión press-fitting

**4.2.1 – Uniones embridadas****Clasificación y usos (14):**

Es el medio más versátil para unir tuberías y sus accesorios, equipos y recipientes, debido a su facilidad de montaje. Una brida, definido su diámetro nominal y norma de brida (ANSI ó ISO) deberá tener dimensiones específicas de diámetro exterior, grosor, círculo de resalte, número de agujeros, diámetro de agujeros, etc. Las bridas suelen usarse para diámetros mayores de 65 mm.

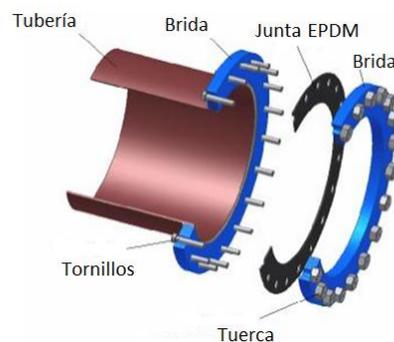


Figura 4.23 – Unión embridada

Debido a su forma de unión a tuberías y accesorios se pueden encontrar en el mercado los siguientes tipos de bridas:

a) **Brida de cuello soldable:** Existe en su forma estándar y larga, las regulares se usan para unir las a tuberías o accesorios soldados con tope, ya que presentan dificultad para ser alineadas. Se consideran muy apropiadas para condiciones severas de temperatura o esfuerzos grandes de corte, impacto o vibración. Las bridas de cuello largo se usan principalmente como parte de equipos o boquillas de tanques. Se debe poner especial atención al requerirla al diámetro interior de la brida, para que coincida con el diámetro interior de la tubería o accesorio.

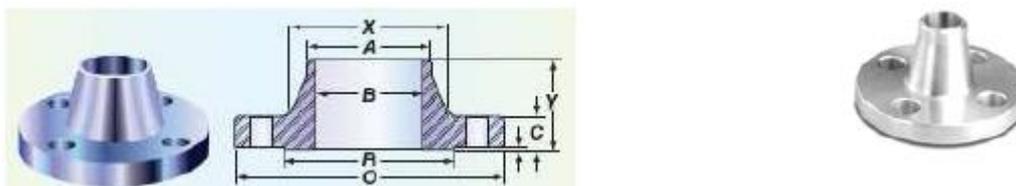


Figura 4.24 - Brida de cuello soldable

b) **Brida deslizable.** Según se muestra en la figura, necesita dos cordones de soldadura para poder colocarse. Tiene poca resistencia al impacto y vibración, es más fácil de alinearla que la de cuello soldable, además existe la posibilidad de que la hendidura que ocasiona la unión, aumente las pérdidas por fricción al crear remolinos. Es más barata que la de cuello soldable, pero cuesta más colocarla.

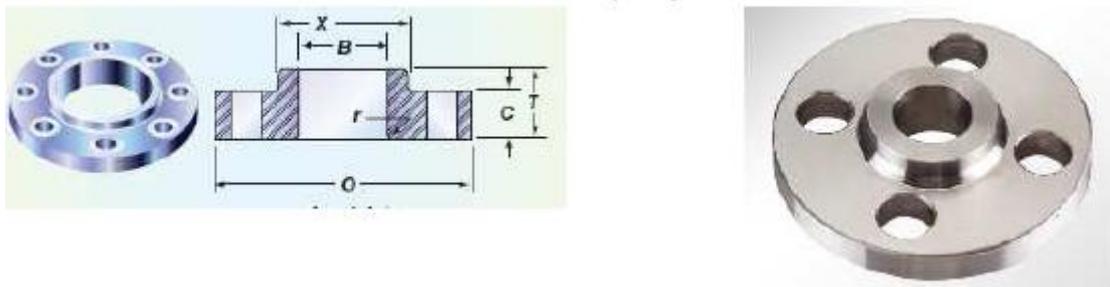
**TEMA 4: ELEMENTOS DE LOS CIRCUITOS HIDRÁULICOS**

Figura 4.25 – Brida deslizable

c) Brida enchufable. La brida tiene un hueco donde se inserta la tubería con un tope (a diferencia de la deslizable). Se suelda por la parte exterior de la brida, este tipo de brida se usa para altas presiones, por lo que frecuentemente se suelda por la parte interior, habiendo sido pulida previamente con esmeril para proveer un diámetro interior liso, sin bordes.

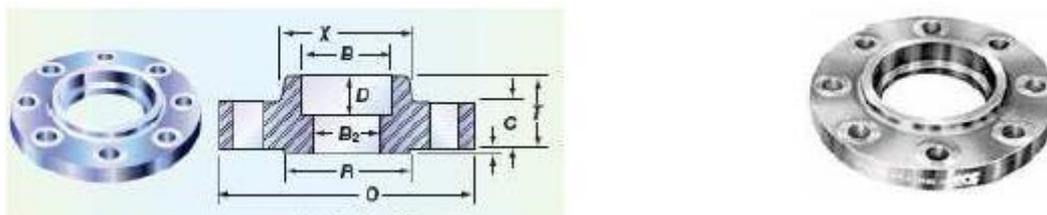


Figura 4.26 – Brida enchufable

d) Brida roscada. Estándar o reductora se usa para conectar sistemas roscados a un equipo bridado, usada principalmente a presiones medias y en diámetros no mayores a 38 mm de diámetro. Se debe sellar con un cordón de soldadura cuando la presión exceda 500 psig.

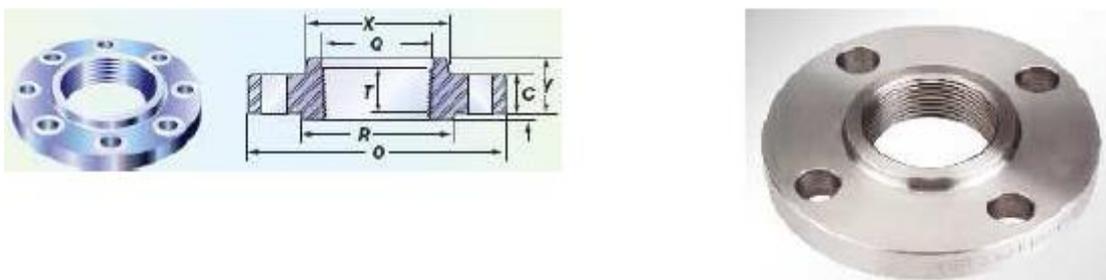


Figura 4.27 – Brida roscada

e) Brida Lap-joint. Usada siempre con su pareja inseparable el stub end, es una manera económica de unir tuberías. Es útil donde sea necesario hacer corresponder sus barrenos con los de una brida compañera, como en el caso de boquillas de tanques, en donde es necesario evitar el excesivo esfuerzo flector en la juntas. No debe usarse en tuberías de diámetro demasiado grande, ni en tuberías de pared delgada.

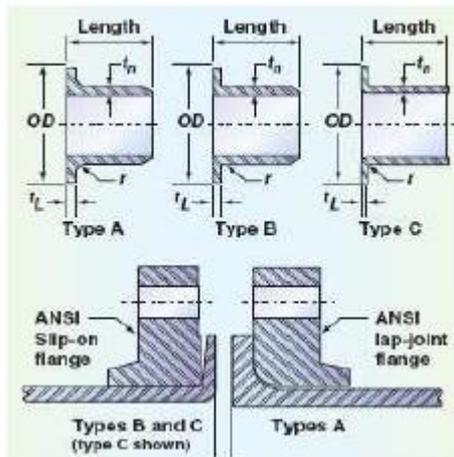


Figura 4.28 – Brida lap-joint

Como parte inseparable de la brida, se encuentra el anteriormente mencionado stub end. Este accesorio varía con respecto a la cédula de la tubería a la que se va a soldar, así como el material de la que está construida (no se aconseja unir materiales de distinta naturaleza). Se clasifica también por el largo del cuello, así como por el radio de curvatura de la unión en el cuello (tipo A, B y C).



Figura 4.29 - Stub ends tipo A, B y C y largo

f) Brida ciega: Se usa para cerrar el extremo de una tubería embridada, que

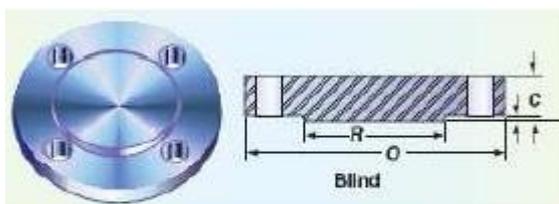


Figura 4.30 - Brida ciega

g) Brida reductora: Apropia para reducir diámetros de tubería. No se suele aconsejar su uso ya que los cuellos pueden producir transiciones demasiado abruptas y crear ciertas turbulencias. Las hay de cuellos soldables y deslizantes, aunque las más comunes son las segundas.



Figura 4.31 – Brida reductora

h) Brida expansora: En forma similar a una de cuello soldable pero que sirve para aumentar el diámetro nominal de una tubería en un único paso.

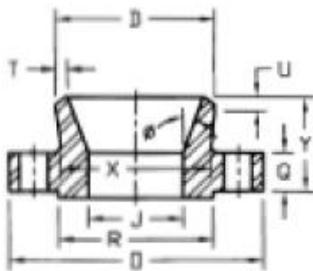


Figura 4.32 – Brida expansora

Los fabricantes ofrecen numerosos acabados para la cara de una brida (zona plana de una brida donde se apoya con su compañera).

- Cara realzada: Se utiliza en cerca del 80% de las bridas. El realce se suele encontrar en la zona más interior y supone un realce de 1,5 mm.

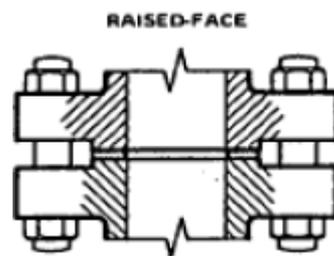


Figura 4.33 – Brida con cara realzada

- Cara plana: Son también muy usadas para acompañar bridas que no sean de acero, sobre boquillas de bombas... Para acompañar válvulas y accesorios de hierro fundido. Cara para empaque anillado

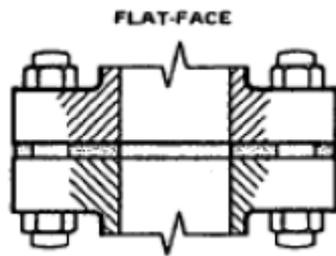


Figura 4.34 – Brida con cara plana

- Cara de brida loca:

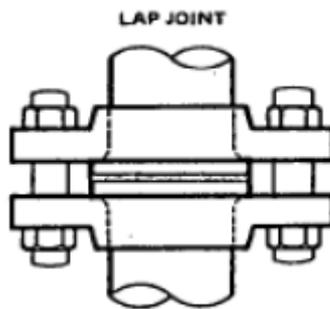


Figura 4.35 – Cara brida loca

Tipos de sujetadores:

Para sujetar una brida con su compañera se usan sujetadores (ya sean tornillos o espárragos). Por ellos se mecanizan agujeros en las bridas, equiespaciados angularmente y definidos alrededor de un mismo círculo. Es importante resaltar que cuando una brida no coincida en forma de espejo con otra, debe ponerse especial cuidado pues no corresponden al mismo rango de presión.

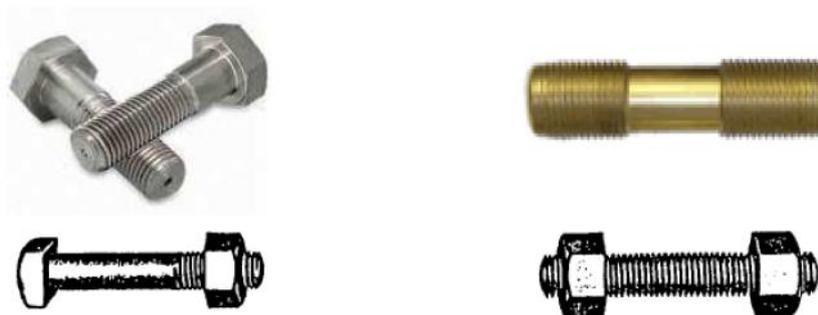


Figura 4.36 - Tornillos y perno o espárrago

Normalmente se usan espárragos para la fijación de bridas debido a que son más fáciles de remover si están corroídos.

Tipo de juntas y empaquetaduras.

Las juntas se usan para evitar fugas y conseguir una total estanqueidad en la unión. Existen dos tipos de juntas, de cara completa que se usa para colocarse entre bridas de cara plana, y las de anillo, que sólo cubre la cara de realce de la brida. Los materiales que se usan normalmente son el polibutileno y el neopreno.



Figura 4.37 – Juntas para bridas de cara completa y anillo

Las bridas de metal rellenas son especialmente útiles, si se requiere el desacoplamiento repetido de las bridas, la brida se desacopla con mucha facilidad y puede limpiarse y ser reutilizada.

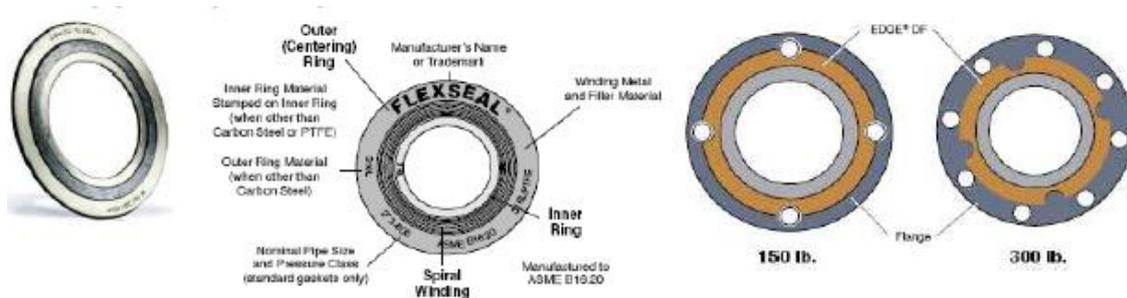


Figura 4.38 – Bridas con los datos grabados según normativa

La selección de una brida se decide de acuerdo a:

1. Temperatura, presión y naturaleza corrosiva del fluido.
2. Si el mantenimiento u operación requieren frecuente desacoplamiento.
3. Según normativa.
4. Costo.

**4.2.2 – Uniones roscadas (14)**

**VENTAJAS:** El roscado se realiza fácilmente en tuberías y accesorios en campo, minimiza el peligro de fuego cuando se instalan tuberías, en áreas con gases o líquidos inflamables presentes.

**DONDE SE USAN:** Cualquier tipo de línea pequeña, normalmente a partir de DN de 50 mm se comienzan a utilizar bridas o soldaduras.

**DESVENTAJA:** Es posible tener fugas en la unión al ser un tipo de unión mecánica. A fortaleza de la unión se reduce al disminuir con el roscado el grosor de las paredes.

**COMO SE REALIZA:** Comúnmente se puede realizar la rosca exterior (macho) sobre la tubería por medio de una herramienta manual llamada tarraja, o por medio de máquinas que pueden realizar ese trabajo en campo.



Figura 4.39 – Tarraja manual y mecanizada para enroscado de tuberías macho

La rosca interior (hembra) comúnmente viene en los accesorios, aunque puede roscarse por medio de machuelos o por torneado interior de una pieza (acople), lo cual no es recomendable.

**ACCESORIOS PARA TUBERÍAS ROSCADAS:** Un amplio rango de accesorios han sido desarrollados por muchas empresas para propósitos específicos. Los accesorios suelen ser de hierro maleable galvanizado 150 y 300, muy utilizados en líneas de agua para sistemas de climatización de uso industrial y doméstico.

**Cople roscado:** Une tuberías y accesorios en línea recta que tengan extremos roscados.



Figura 4.40 - Acople estándar y ligero

**Cople reductor:** Une tuberías roscadas de diferentes diámetros, se puede fabricar a partir de piezas forjadas.

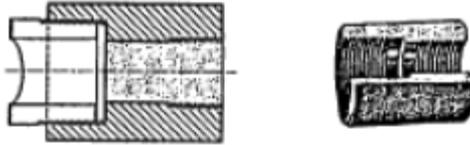


Figura 4.41 Acople reductor roscado

Niple: Junta uniones, válvulas, filtros, accesorios; básicamente es un tramo de tubería roscado que se puede hacer en campo, aunque es preferible comprarlo hecho, sobre todo se lleva algún tipo de recubrimiento (por ejemplo galvanizado).



Figura 4.42 – Niples

Tuerca unión: permite una unión de fácil instalación, remoción o remplazamiento; para mantenimiento de válvulas o recipientes en sistemas roscados. Es indispensable la colocación de tuercas unión en un arreglo de tuberías, ya que el enroscado solo se puede hacer siguiendo un sentido de giro, y ocasiona situaciones en que es imposible girar un accesorio para apretarlo, ya que soltaría el lado contrario. Aunque se pueden realizar accesorios con rosca contraria (sólo se recomienda usarlos en casos excepcionales).



Figura 4.43 – Tuerca unión roscada

Conector roscado: Sirve para unir tuberías roscadas a tubos abocinados por medio de una tuerca especial.



Figura 3.44 – Conector roscado

Reducción buje: Es un accesorio reductor usado para conectar tuberías pequeñas dentro de accesorios o boquillas más grandes, tiene muchas aplicaciones para conexiones de instrumentos: normalmente no se usan para servicio de alta presión.



Figura 3.45 - Reducción buje roscada

Swange niple. Es un swange que puede tener uno o dos extremos roscados machos:

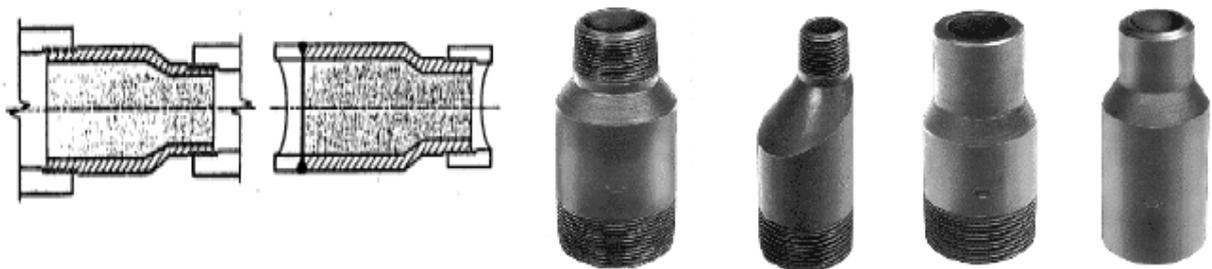


Figura 3.46 - Swange niple roscado

Codos roscados: Hacen el cambio de dirección en tuberías roscadas a 90° y 45°.

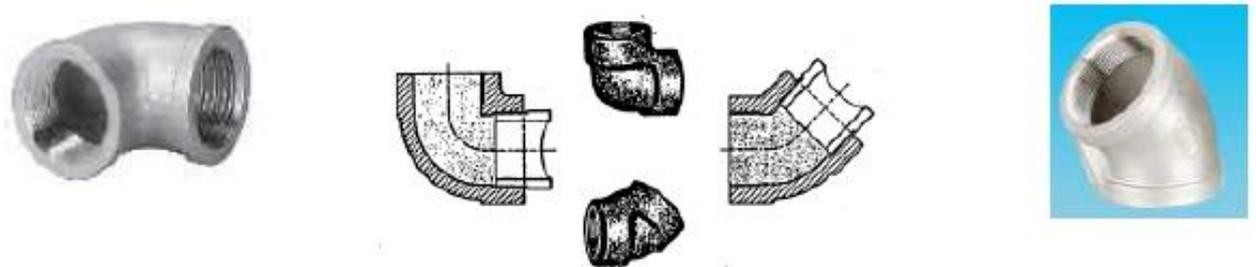


Figura 3.47 – Codos roscados de 45° y 90°

Curvas roscadas macho. Se fabrican bajo pedido dando el ángulo, dependen del material para el radio de curvatura.



Figura 3.48 - Curva roscada macho de 90°

Te roscada mixta. Hace el cambio de dirección a 90° con extremos roscados macho-hembra.



Figura 4.49 – Te roscada mixta

Te recta o reductora roscada. Saca ramales rectos o reducidos a 90° de la trayectoria de la tubería. También existen téis con la reducción en línea.

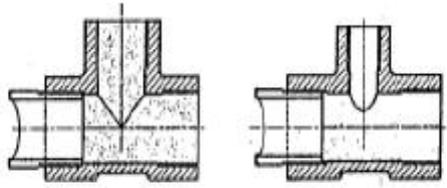


Figura 4.50 - Te recta o reductora roscada

Ye roscada. Hace cambios de dirección de igual diámetro a 45° de la trayectoria de la tubería.

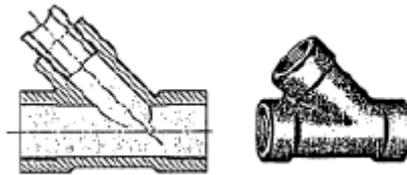


Figura 4.51 - Ye roscada

Cruz roscada: Une a cuatro tuberías roscadas a 90°

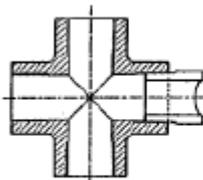


Figura 4.52 – Cruz roscada

Reducción roscada. Realiza el cambio de diámetro de una tubería a otra; se pueden encontrar concéntricos y excéntricos.



Figura 4.53 - Reducciones concéntricas y mixtas roscadas

Acoples roscados. Se usan para colocar conexiones a 90° roscadas, para tuberías e instrumentos o para boquillas de recipientes; se pueden encontrar de tres tipos: completos (rosca en ambos extremos), medio acople (cortado a la mitad) y base que es un medio acople con un achaflamiento preparado para soldarse a una tapa plana.



Figura 4.54 - Acople, medio acople y base roscados

Los accesorios siguientes ofrecen un medio alternativo de conexión a un cabezal principal, sin necesidad de refuerzos y generalmente han sido prefabricados para una instalación en concreto.

Thredolet Saca ramales a 90° de igual diámetro o reductores de una tubería recta, se obtienen también con fondo plano.



Figura 4.55 - Thredolet

Elbolet roscado: Saca ramales reducidos, saliendo tangentes a codos de radio largo o corto.

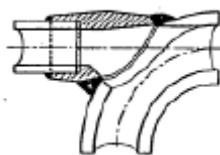


Figura 4.56 - Elbolet roscada

Latrolet roscada: Saca ramales reducidos a 45° sobre una tubería recta.

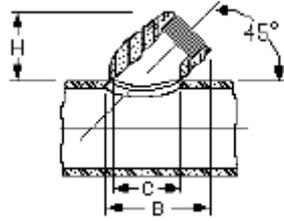


Figura 4.57 - Latrolet roscada

Nipolet roscada. Es una variante del thredolet, solo que termina en una punta que trabaja como niple. Se utiliza principalmente para conectar válvulas pequeñas.



Figura 4.58 - Nipolet roscado

### ***4.2.3 – Uniones soldadas***

Son uniones de dos o más piezas con aporte de material (15). Por motivos de salud, el material de aportación debe estar exento de plomo, antimonio y cadmio. Existen cuatro tipos de soldadura:

1. Blanda: Temperatura del metal de aportación es inferior a 450 °C, aplicable principalmente a los tubos de cobre.
2. Fuerte: Temperatura del metal de aportación es superior a 450 °C. Recomendada también para tuberías de cobre.
3. Fusión: Proceso por fusión mediante oxígeno-acetileno, generalmente con presión de acetileno 0,5 bar y de oxígeno 3 bar. Para tubos de cobre de diámetro superiores a 108 mm es preferible utilizar la soldadura por fusión.
4. Eléctrica: Soldadura al arco con electrodo revestido, utilizado para acero inoxidable y de acero negro. El electrodo suele estar protegido por una atmósfera de gas inerte que lo envuelve y evita el contacto con el aire junto al baño de soldadura.

#### ***4.2.4 – Uniones soldadas por termofusión***

La Termofusión es un método de soldadura simple y rápida, para unir tubos plásticos (muy recomendados para PE-X y PB) y sus accesorios. La soldadura por termofusión entre tubería y accesorio constituye una unidad de material homogéneo. Dos elementos del mismo material son conectados directamente, sin necesidad de añadir ningún material de aporte.

La superficie de las partes que se van a unir se calientan a temperatura de fusión y se unen por aplicación de presión, con acción mecánica o hidráulica, de acuerdo al tamaño de la tubería y sin usar elementos adicionales de unión. Apropia para la unión de tuberías de la misma relación diámetro/ espesor, con diámetros desde 32 mm hasta 630 mm. Esta técnica produce una unión permanente y eficaz, y es muy económica.

Las siguientes técnicas de soldadura son aplicadas en instalaciones de agua:

- *Soldadura a enchufe:*

Este método involucra el calentamiento simultáneo de la superficie externa de la tubería (periferia del tubo) y la superficie interna del accesorio, hasta que se alcance la temperatura de fusión del material. Cuando se obtiene la fusión del material, se procede a introducir el tubo en el accesorio para realizar la unión. Las conexiones son fabricadas de manera tal que el tubo sea introducido dentro de ellas en caliente, pero esto no sucede en frío, ya que el tubo no penetra en las conexiones por ser estas de forma cónica en su interior, garantizando así el buen contacto una vez que los materiales se encuentran en su punto de fusión. Las conexiones, están fabricadas con un espesor de pared mayor en 25% que el espesor del tubo que tienen en su interior, por lo tanto, como conexión y tubo forman una sola pieza al fusionarse, este punto se convierte en el punto más fuerte de la instalación, primero fallará algún punto de la tubería que este punto de unión. Este método es utilizado en diámetros con rango hasta 110mm.

- *Soldadura por electrofusión*

Existen dos métodos de electrofusión (encaje, solape), que no son más que otro sistema de fusión convencional con la única diferencia que en la electrofusión se le incorpora a la conexión una resistencia eléctrica que evita el uso del elemento de calefacción externo. Por lo tanto la diferencia principal entre la fusión de calor convencional y la electrofusión es el método por el cual se aplica calor. La conexión en su parte externa, trae dos terminales donde se conecta el voltaje que provoca que la resistencia interna funda el material y produzca la fusión. En este punto un sistema interno conectado al control de flujo eléctrico es interrumpido eliminando la corriente eléctrica.

- *Soldadura a tope*

Es un método de soldadura simple y rápido, para unir tubos de polietileno y sus accesorios. Las áreas de las partes que se van a unir se calientan a la temperatura de fusión y se unen por aplicación de presión, con acción mecánica o hidráulica, de acuerdo al tamaño de la tubería y sin usar elementos adicionales de unión. Esta técnica produce una unión permanente y eficaz, además es la más económica de los sistemas de uniones térmicas. La soldadura a tope es apropiada para la unión de dos tuberías del mismo SDR (relación  $\phi$  / espesor) con diámetros desde 32 mm hasta diámetros de 630 mm.



Figura 4.59 – Operario realizando una soldadura a tope (16)

**4.2.5 – Uniones ranuradas**

Este sistema es uno de los más utilizados en la actualidad (7), por ser el más económico y seguro, y siendo capaz de instalarse en hasta la cuarta parte de tiempo que los sistemas soldados. Este tipo de uniones están diseñadas para proporcionar un sellado hermético en presencia de presión. La junta se coloca inicialmente en las ranuras de los extremos de las dos tuberías, formando un cierre inicial.



Figura 4.60 – Unión ranurada



Figura 4.61 – Unión ranurada montada (17)

Las juntas de las uniones ranuradas están diseñadas para proporcionar un sellado totalmente hermético en presencia de presión. La junta se coloca inicialmente en las ranuras de los extremos de las dos tuberías formando un cierre inicial. Los segmentos del cierre se colocan alrededor de la junta introduciéndose en las ranuras de los extremos de las dos tuberías. Cuando las dos piezas se aprietan, la junta se comprime y forma el sellado hermético. La hermeticidad del sellado se incrementa por la presión interna de la tubería que crea una presión en los bordes de la tubería.

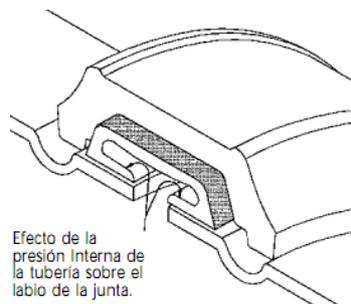


Figura 4.62 – Sellado por presión en sistemas ranurados (17)

Tanto el montaje como el desmontaje se puede realizar simplemente retirando unos pocos pernos, con lo que se desmontan tanto las uniones como los accesorios, permitiendo un fácil acceso al interior de las tuberías para limpieza, mantenimiento o sustitución de piezas o ampliaciones.

Este tipo de uniones se emplea en instalaciones donde presión va a ser especialmente elevada, como por ejemplo en instalaciones en edificios de cierta altura. De cualquier forma, el sistema de unión ranurado se emplea cada vez más principalmente por su simplicidad y facilidad. Las tuberías pueden ranurarse in-situ, y las juntas no son un dispositivo tecnológicamente complejo.

Además, al no necesitar ningún tipo de soldadura son especialmente seguras para su instalaciones en edificios de nueva construcción (todavía no se disponga de un sistema de protección contra incendios activado).



Figura 4.63 – Montaje de tuberías para sistemas ranurados (17)

#### **4.2.6 – Uniones *push-fitting***

La junta elástica tiene montaje deslizante y consigue la impermeabilidad por la presión del agua sobre el aro de goma montado entre el tubo y el accesorio. La forma de este aro está especialmente diseñada para conseguir un fácil montaje del accesorio y una total estanqueidad. Las ventajas de la junta elástica frente a la junta mecánica o de brida son: no necesita brida, contrabrida, ni tornillos. También se pueden considerar las siguientes características adicionales:

- Fácil montaje.
- Acomodación a los movimientos del tubo (expansión-compresión).



Figura 4.64 – Unión tipo push-fitting (18)

### 4.2.7 – Uniones *press-fitting*

El sistema está basado en la unión por alta presión de un tubo de pared delgada con un accesorio normalmente del mismo material. El accesorio tiene una deformación circular que compensa la pared del tubo a recibir y unir que minimiza la posibilidad de pérdidas de carga y turbulencias en la circulación de fluidos. Asimismo, cuenta con una cavidad en donde es alojado un anillo elastómero de diferentes especificaciones técnicas según su posterior uso y que luego de prensado asegurará el cierre hidráulico del sistema. Por medio de un bomba hidráulica que puede ser manual o a batería, se aplica una presión de 700 kg/cm<sup>2</sup> logrando una unión perfecta de tubo y accesorio tal como indica la figura.

La alta presión ejercida en el cierre logra también un cierre mecánico entre tubo y accesorio, que impide el desplazamiento de la unión una vez ejecutada, y que nos asegura una alta resistencia de. En la figura podemos apreciar los cierres mecánicos e hidráulicos luego de ser unidos tubo y accesorio a alta presión. Se utiliza sobre todo con tubería multicapa. Este tipo de método para unir tuberías tiene como principal inconveniente que no pueden reutilizarse sus accesorios.

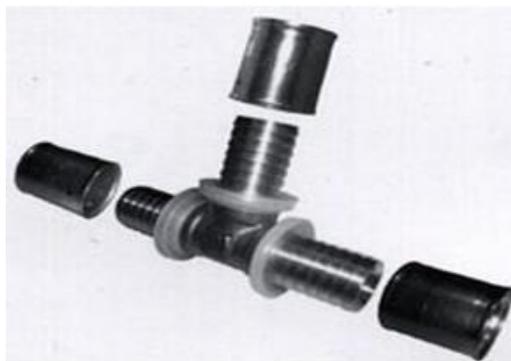


Figura 4.65 – Unión *press-fitting*

Las principales ventajas de este tipo de unión son:

- **COSTO COMPETITIVO**, con relación a otros materiales sustitutivos como el cobre o el plástico.
- **TOTALMENTE RESISTENTE AL SARRO Y A LA CORROSION.**  
**RAPIDEZ DE MONTAJE**, reduciendo entre un 40 a 60% los tiempos normales de unión para otros materiales, asegurando la entrega de una obra en tiempo.
- **ECONOMIA DE MONTAJE**, por la reducción de tiempos de mano de obra.  
**NO ES PERMEABLE AL AIRE.**

**TEMA 4: ELEMENTOS DE LOS CIRCUITOS HIDRÁULICOS**

- **ES SEGURO**, no necesita ni aportación de calor ni electricidad para su montaje.
- **PERMITE MODIFICACIONES CON AGUA CIRCULANDO Y AUN BAJO DEL AGUA.**
- **BAJA PERDIDA DE CARGA**, con lo que puede reducir diámetros de tubería.
- **VERSÁTIL**, puede ser usado empotrado o a la vista.
- **NO NECESITA SER AISLADO NI PROTEGIDO POR ANTICORROSIVOS.**
- **BAJO COEFICIENTE DE DILATACION**, ahorrando la instalación de omegas.
- **REDUCE LOS PROBABLES ERRORES HUMANOS DE INSTALACION**



Figura 4.66 – Unión tipo press-fitting

### **4.3 – Soportes para tuberías**

Los soportes se subdividen en tres tipos fundamentales:

- a) De suspensión, que sirven para soportar únicamente, el peso propio de la conducción.
- b) Guía, que además de soportar la tubería tiene la función de guiar la tubería paralelamente a su eje durante los movimientos de dilatación y contracción.
- c) Anclaje, que además de soportar todos los esfuerzos mencionados anteriormente, deben resistir el empuje axial provocado por la presencia de compensadores de dilatación en el tramo comprendido entre dos puntos de anclaje.

#### **4.3.1 – Materiales**

Todo el material que compone el soporte debe resistir la acción agresiva del ambiente, para lo cual debe utilizarse acero cadmiado o galvanizado o, en caso de elementos conformados en obra, protegido con pintura antioxidante o materiales no metálicos (por ejemplo materiales plásticos).

Todos los componentes de un soporte, excepto el anclaje a la estructura, deben ser desmontables, debiéndose utilizar uniones roscadas con tuercas y arandelas de latín. No están admitidos por norma soportes de alambre, madera, flejes ni cadenas.

#### **4.3.2 – Distancia horizontal entre soportes**

Las distancias mínimas entre soportes se justifican según la normativa UNE 100.152 y están basados en la hipótesis de que una tubería puede considerarse como una viga continua y apoyada en sus extremos. Los esfuerzos y flechas que resultarían de esta hipótesis de cálculo son mayores que los que resultarían de calcular el tramo de tubería como una viga continua y empotrada en sus extremos.

**TEMA 4: ELEMENTOS DE LOS CIRCUITOS HIDRÁULICOS**

DN	Distancia Acero	Distancia Cobre	Distancia PE-X	Distancia pp	Distancia PB	Distancia Multicapa
[mm]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
10	1,5	1,0	0,40	0,45	1,00	1,20
15	1,7	1,1	0,45	0,55	1,10	1,30
20	1,9	1,2	0,50	0,65	1,20	1,50
25	2,1	1,3	0,57	0,65	1,40	1,60
32	2,4	1,4	0,68	0,75	1,60	1,70
40	2,5	1,6	0,80	0,85	1,80	2,20
50	2,8	1,7	0,90	1	2,00	2,20
65	3,1	1,9	1,10	1,15	2,10	2,40
80	3,4	2,1	1,20	1,25		2,40
100	3,8	2,3	1,40	1,40		2,40
125	4,1	2,6	1,55	1,60		
150	4,4	2,8	1,75	2,10		
200	4,9	3,0				
250	5,3	3,3				
300	5,8	3,6				

Tabla 4.67 – Distancia entre soportes para tuberías (19)

**4.4 – Dilatación térmica**

La dilatación térmica es un fenómeno físico que produce un aumento de longitud debido un aumento de temperatura. En una red de tuberías, las dilataciones que se producen en las tubería al hacer circular agua caliente por el interior de las mismas, pueden provocar esfuerzos que causen la rotura de las mismas, por lo tanto es un fenómeno que deberemos de tener controlado.

La dilatación térmica es un fenómeno lineal que puede ser calculado con la fórmula (20):

$$\Delta L = \alpha \cdot \Delta T \cdot L \quad 4-6$$

Donde:

$\Delta L$  = dilatación térmica linear. [mm]

$\alpha$  = coeficiente de dilatación térmica linear [mm/m·°C]

L = longitud de la tubería [m]

$\Delta T$  = diferencia de temperatura [°C]

En la siguiente tabla se muestran los coeficientes de dilatación de los materiales más empleados en redes de distribución:

	Cobre	Acero	PE-X	PP	PB	Multicapa
$\alpha$ [mm/ m·K]	$1,66 \cdot 10^{-2}$	$1 \cdot 10^{-3}$	0,20	0,18	0,13	0,023

Tabla 4.68 – Coeficientes de dilatación para distintos materiales

**4.4.1 – Compensadores naturales**

Son así llamados a los compensadores obtenidos mediante tramos rectilíneos o con curvas a partir de los mismos tubos que constituyen las redes de distribución. Estos dispositivos de distribución son fáciles de realizar, poco costosos y permiten obtener un alto grado de seguridad en la propia instalación. Los compensadores naturales se denominan en función de su forma geométrica, U y en L.

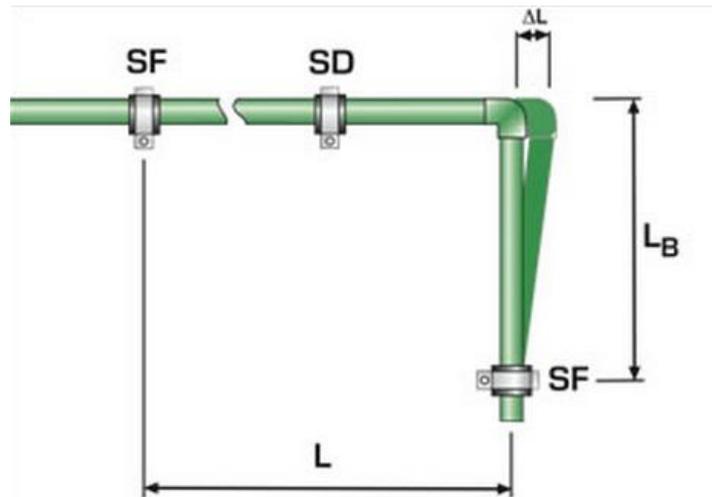


Figura 4.69 – Compensador natural en L

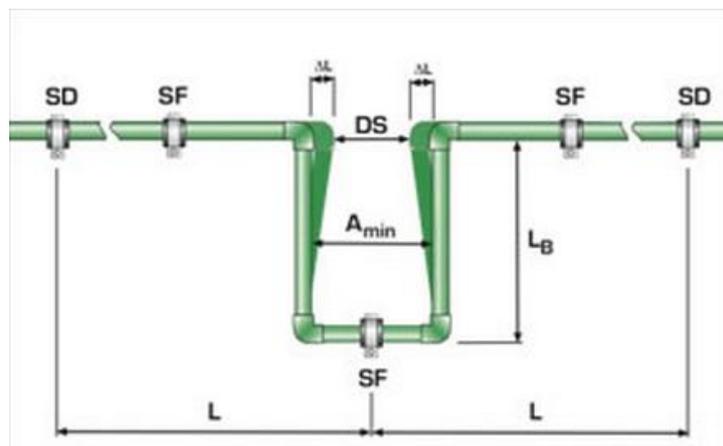


Figura 4.70 – Compensador natural en U

#### 4.4.2 – *Compensadores artificiales*

Son tramos de conducto constituidos principalmente de una pared metálica ondulada y deformable similar a la de un fuelle. Tienen excelentes propiedades, especialmente a altas temperaturas y presiones, además de que son muy fáciles de instalar y no causan problemas de espacio. Por todo esto, este tipo de compensadores han desbancado casi por completo a los compensadores naturales.

Cabe destacar que las características técnicas de los compensadores varían enormemente según el fabricante, y no existen modelos concretos de compensadores.



Figura 4.71 – Varios tipos de compensadores de la marca Spirax Sarco (21)

#### 4.4.3 – Selección de un compensador artificial

*Problema 4.1* - Por una tubería de ½” de diámetro nominal de cobre, longitud 78 metros, fluido a 85 grados y presión 6 bar. Calcular el número de dilatadores necesarios para que la instalación pueda absorber las dilataciones.

Los compensadores se seleccionan en función de su *carrera*, es decir, de la capacidad que tienen para absorber dilataciones procedentes de las tuberías.

Normalmente, el salto térmico se calcula con respecto una temperatura de referencia, normalmente 20 °C, siendo por tanto el salto térmico:

$$\Delta L = \alpha \cdot \Delta T \cdot L = 1,66^{-2} \cdot 65 \cdot 78 = 84 \text{ mm}$$

La dilatación que necesitamos contrarrestar es de 84 mm, por lo que deberíamos de escoger un compensador que tuviese una carrera de unos 100 mm, o dos compensadores de 50 mm.

#### 4.5 – Aislamiento térmico (22)

Para el cálculo del aislamiento térmico necesario en las conducciones, se empleará como base las directrices ofrecidas por el nuevo Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE) relativa a la eficiencia energética que deben de cumplir las instalaciones térmicas de los edificios nuevos y existentes.

- Breve introducción a la transmisión de calor

En la transferencia de calor existente a través de un equipo o elemento entre dos entornos (interior y exterior), tienen lugar los tres mecanismos típicos de conducción, convección y radiación.

- Conducción: Transferencia de calor a través de un material sin movimiento macroscópico, se produce entre materiales sólidos.
- Convección: Se realiza a través de los gases o líquidos, pudiendo ser el movimiento provocado o natural, y provocando el movimiento de uno de ellos como consecuencia de la diferencia de temperatura.
- Radiación: Se realiza a través del vacío entre superficies a distintas temperaturas.

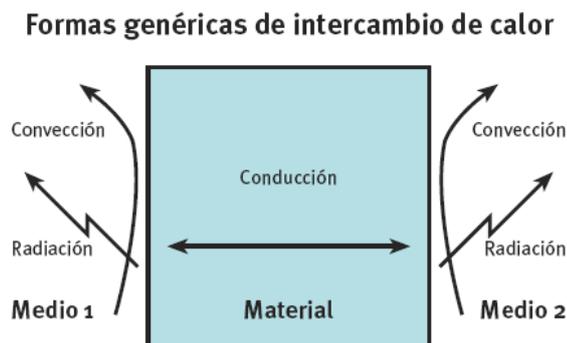


Figura 4.72 – Esquema de intercambio de calor

De las ecuaciones de transmisión de calor se conoce que la transferencia de calor por conducción, radiación y convección para el caso de una capa cilíndrica que tenga una diferencia de temperaturas  $\Delta T$  es:

$$\frac{Q}{H} = \frac{T_{int} - T_{ext}}{\frac{1}{2\pi r_{int} h_{int}} + \sum_{\text{capas de material}} \frac{\ln(r_{i+1}/r_i)}{2\pi k_i} + \frac{1}{2\pi r_{ext} h_{ext}}} = \frac{T_{int} - T_{ext}}{\text{Resistencia total cilíndrica}} \quad 4-7$$

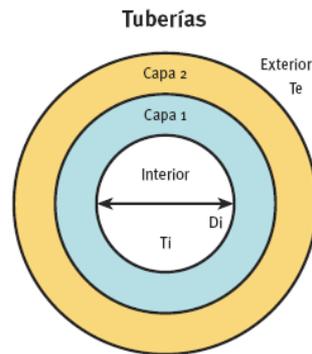


Figura 4.73 – Capas de aislamiento para una tubería

En cada una de las configuraciones se puede asumir la contribución de las diferentes capas de material y la existencia de convección y radiación en una resistencia térmica global del sistema, y con su inversa definir el coeficiente global de transferencia de calor:

$$\frac{Q}{H} = \frac{T_{int} - T_{ext}}{\text{Resistencia total cilíndrica}} = U_{cilíndrica} 2\pi r (T_{int} - T_{ext}) \quad 4-8$$

- Coeficientes convectivos:

Coeficientes convectivos exteriores de las tuberías:

<b>INTERIOR DE EDIFICIOS</b>			
<b>RÉGIMEN</b>		<b>VERTICALES</b>	<b>HORIZONTALES</b>
<b>LAMINAR</b>	$D^3 \cdot \Delta T < 10 \text{ m}^3 \cdot \text{°C}$	$h_{conv} = 1,32 \sqrt[4]{\frac{\Delta T}{D}}$	$h_{conv} = 1,25 \sqrt[4]{\frac{\Delta T}{D}}$
<b>TURBULENTO</b>	$D^3 \cdot \Delta T > 10 \text{ m}^3 \cdot \text{°C}$	$h_{conv} = 1,74 \sqrt[3]{\Delta T}$	$h_{conv} = 1,21 \sqrt[3]{\Delta T}$
<b><math>\Delta T</math> diferencia de temperatura entre la pared y el aire</b>		<b>D = Diámetro exterior tubería</b>	

Figura 4.74 – Correlaciones para el interior de edificios

<b>EXTERIOR DE EDIFICIOS</b>		
<b>RÉGIMEN</b>		<b>PARA VERTICALES Y HORIZONTALES</b>
<b>LAMINAR</b>	$\nu \cdot D < 10 \text{ m}^3 \cdot \text{°C}$	$h_{conv} = \frac{0,0081}{D} + 3,14 \sqrt{\nu}$
<b>TURBULENTO</b>	$\nu \cdot D > 10 \text{ m}^3 \cdot \text{°C}$	$h_{conv} = 8,9 \cdot \frac{\nu^{0,9}}{D^{0,3}}$
<b><math>\nu</math> = velocidad del aire ext</b>		<b>D = Diámetro exterior tubería</b>

Figura 4.75 – Correlaciones para el exterior de edificios

Coeficientes interiores de tuberías

<b>INTERIOR DE TUBERÍAS</b>	
<b>RÉGIMEN</b>	<b>PARA VERTICALES Y HORIZONTALES</b>
<b>TURBULENTO</b>	$h_{conv} = \frac{1057(1,352 + 0,019 \cdot T)v^{0,8}}{D^{0,2}}$
<b>En la práctica siempre nos estaremos en régimen turbulento</b>	
<p><b>v = velocidad del aire ext.</b>  <b>D = Diámetro interior tubería</b>  <b>T = Temperatura en °C</b></p>	

Figura 4.76 – Correlaciones para el interior de tuberías

- Temperatura de rocío:

Para calcular la temperatura de rocío, en primer lugar se obtiene la presión de saturación del agua a temperatura seca.

$$P_{vs} = \exp \left[ \frac{-5800,2206}{T} + 1,3914993 - 4,8640239 \cdot 10^{-2} \cdot T + 4,1764768 \cdot 10^{-5} \cdot T^2 - 1,445209310 \cdot 10^{-8} \cdot T^3 + 6,5459673 \cdot \ln(T) \right] \quad 4-9$$

$$P_v = \frac{H_r}{100} \cdot P_{vs} \quad 4-10$$

Luego con el valor de  $P_v$  obtenido sustituimos en la ecuación:

$$T = \frac{35,85 \log(P_{vs}) - 2148,496}{100 \log(P_{vs}) - 10,2858} \quad 4-11$$

*Problema 4.2-* Calcular el espesor de aislamiento (de conductividad 0,039 W/m·K) para una tubería vertical de acero (serie normal) de DN 40, que es necesario utilizar para que no condense en la superficie externa, cuando por ella circula agua fría a 8 °C, estando el exterior a 25 °C, con una humedad relativa del 90 %, a una velocidad de 1,5 m/s. Además se supone una velocidad del aire de 3 m/s y un coeficiente de emisión de 0,9 (tubería pintada).

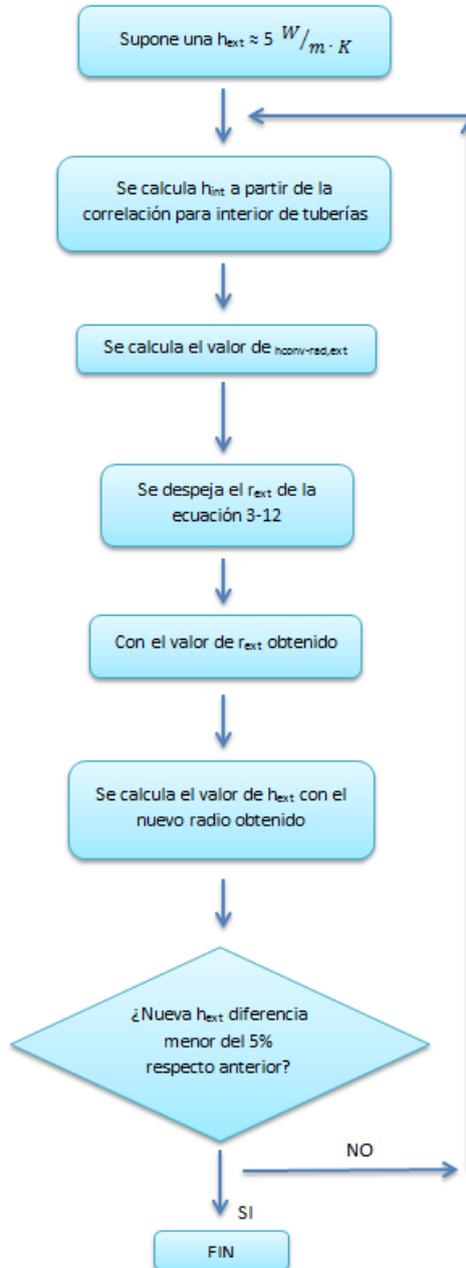
La temperatura exterior es de 25 °C, y con una humedad relativa del 90%, obtenemos según fórmula anterior una temperatura de rocío de 23,3 °C.

Para calcular el espesor de aislamiento necesitaremos seguir un proceso iterativo:

$$\frac{T_{int}-T_{ext}}{\frac{1}{2\pi r_{int}h_{int}}+\sum_{\text{de material capas}} \frac{\ln(r_{i+1}/r_i)}{2\pi k_i}+\frac{1}{2\pi r_{ext}h_{ext}}} = \frac{T_{sup,ext}-T_{ext}}{\frac{1}{2\pi r_{ext}h_{conv,rad,ext}}}$$

4-12

Siendo el proceso iterativo el siguiente:



Algoritmo 4-1 – Cálculo del espesor de aislamiento

El resultado obtenido en la primera iteración es de 6,9 mm.

---

**1ª ITERACIÓN    2ª ITERACIÓN    3ª ITERACIÓN**

6,55 mm

6,08 mm

6,04 mm

Para elegir exactamente el material tendremos que buscar un catálogo de un fabricante. Uno de los más conocidos es el aislamiento Armaflex de la marca Armacell. Vemos como este tipo de aislamiento tiene una conductividad de 0,039 W/m·K y según catálogo, en nuestro caso deberíamos escoger un aislamiento de espesor 9 mm (mínimo existente). En caso que encontrásemos otra fabricante que tuviese aislamientos algo menores, podríamos escogerlo, siempre y cuando fuese *estrictamente mayor* que el obtenido en nuestros cálculos.

**4.6 – Válvulas****4.6.1 – Introducción**

Una válvula se puede definir como un aparato mecánico con el cual se puede iniciar, detener o regular la circulación (paso) de líquidos o gases mediante una pieza movable que abre, cierra u obstruye en forma parcial uno o más orificios o conductos. Las válvulas son uno de los instrumentos más esenciales en la industria. Debido a su diseño y materiales, las válvulas pueden abrir y cerrar, conectar y desconectar, modular o aislar.

Las válvulas, independientemente del tipo, disponen de algunas partes comunes necesarias para el desarrollo de su función:

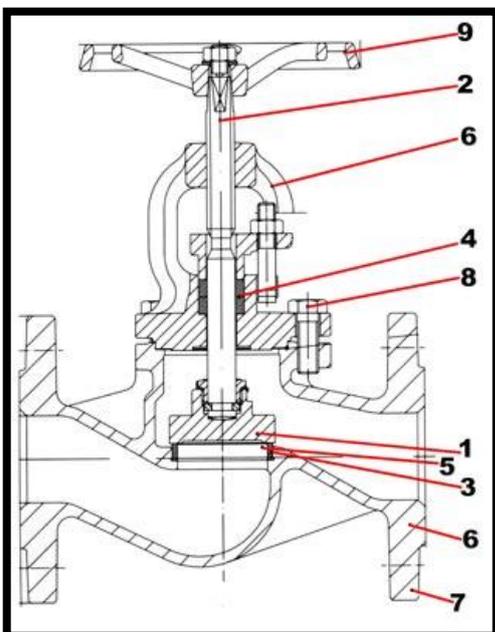


Figura 4.77 – Válvula de globo: partes

1. Obturador: También denominado disco en caso de parte metálica, es la pieza que realiza la interrupción física del fluido.

2. Eje: También llamado husillo, es la parte que conduce y fija el obturador.

3. Asiento: Parte de la válvula donde se realiza el cierre por medio del contacto con el obturador.

4. Empaquetadura: Es la parte que montada alrededor del eje metálico asegura la estanqueidad a la atmósfera del fluido.

5. Juntas de cierre: Es la parte que montada alrededor del órgano de cierre asegura la estanqueidad perfecta del obturador.

6. Cuerpo y tapa: Partes retenedoras de presión, son el envolvente de las partes internas de las válvulas.

7. Extremos: Parte de la válvula que permite la conexión a la tubería, pueden ser bridados, soldados, roscados o ranurados.

8. Pernos de unión: Son los extremos que unen el cuerpo y tapa de la válvula entre si. Para asegurar la estanqueidad atmosférica hay que colocar juntas entre las dos superficies metálicas.

9. Accionamiento: Es el mecanismo que acciona la válvula, en este caso un volante.

En función de su propósito de aplicación, se pueden clasificar como:

- *Válvulas de aislamiento*: Su misión es interrumpir el flujo de la línea de forma total y cuando sea preciso.
- *Válvulas de retención*: Su misión es impedir que cambie el sentido del flujo.
- *Válvulas de regulación*: Su misión es modificar el flujo en cuanto a cantidad, desviarlo, mezclarlo o accionarlo de forma automática.
- *Válvulas de seguridad*: Utilizadas para proteger equipos y personal contra la sobre presión.

#### **4.6.2 – Válvulas de aislamiento**

También llamadas válvulas de cierre, de interrupción, de bloqueo o de corte en virtud de su propósito dentro del sistema de fluidos. Las válvulas de aislamiento pueden ser clasificadas en dos grandes grupos en función del movimiento que realizan para la obstrucción del fluido:

- *Válvulas de aislamiento lineal*: Son aquellas cuyo movimiento del eje se realiza de forma vertical desde arriba hacia abajo para la acción del cierre y desde abajo hacia arriba para la apertura. Se caracterizan por ser movimientos de cierre y apertura lentos, y accionados por volante multi vuelta. Son imprescindibles para realizar un cerrado lento, cuando se trate de manejar fluidos que puedan provocar fenómenos hidráulicos que puedan dañar la válvula y el sistema en general.
- *Válvulas de aislamiento giratorias o rotatorias*: son aquellas cuyo movimiento del eje se realiza de forma rotatoria en 90° como carrera total. Se caracterizan por ser movimientos de cierre y apertura rápidos, Normalmente se utilizan para trasegar fluidos no compresibles en estado líquido y a presiones de ejercicio bajas. El mando de accionamiento suele ser una palanca de agarre.

4.6.2.1 – Válvulas de aislamiento lineal

## 4.6.2.1.1 – VÁLVULA DE COMPUERTA

Es utilizada para cortar el flujo de fluidos limpios y sin interrupción. Cuando la válvula está totalmente abierta, el área de flujo coincide con el diámetro nominal de la tubería, por lo que las pérdidas de carga son relativamente pequeñas. Este tipo de válvula no es recomendable para regulación o estrangulamiento ya que el disco podría resultar erosionado. Parcialmente abierta puede sufrir vibraciones. Tienen un uso bastante extendido en el sector petroquímico ya que permite estanqueidades del tipo metal-metal. Debido al desgaste producido por la fricción no se recomienda en instalaciones donde su uso sea frecuente. Requiere de grandes actuadores difíciles de automatizar. Son difíciles de reparar en la instalación.

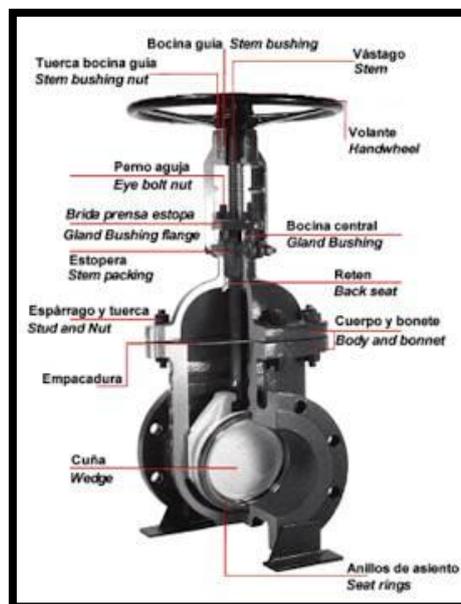


Figura 4.78 – Válvula de compuerta

SÍMBOLO	RECOMENDADA PARA	Ventajas	Desventajas
	Servicio con apertura total o cierre total sin estrangulación	Alta capacidad	Control deficiente de la circulación
	Para uso poco frecuente	Cierre hermético	Mucha fuerza para accionar
	Resistencia mínima a la circulación	Bajo costo	Produce cavitación con baja caída de presión
		Diseño y funcionamiento sencillos	Debe estar abierta o cerrada por completo
		Poca resistencia a la circulación	Alta erosión del asiento y disco

**4.6.2.1.2 – VÁLVULA DE GLOBO**

Las válvulas de globo son llamadas así por la forma esférica de su cuerpo. Si bien actualmente algunos diseños ya no son tan esféricos, conservan el nombre por el tipo de mecanismo.

El obturador de la válvula se desplaza con un movimiento lineal. En la mayoría de los casos, el mecanismo de avance es la de un "tornillo". El vástago del obturador va roscado al bonete de la válvula de globo. En cuanto se le da vueltas al vástago, ya sea mediante un volante o un actuador de giro múltiple, el obturador avanza linealmente. Las válvulas de globo automatizadas pueden tener vástagos sin rosca, y el desplazamiento lineal viene directamente proporcionado por el actuador.

La válvula de globo es muy utilizada en la regulación de fluidos. La geometría del obturador caracteriza la curva de regulación, siendo lineal para obturadores parabólicos. Son de uso frecuente gracias a su poca fricción y pueden controlar el fluido con la estrangulación al grado deseado.

El movimiento lineal del eje es más corto que en las válvulas de compuerta, lo que ahorra tiempo y desgaste. Igualmente, las válvulas de globo de grandes tamaños requieren de grandes actuadores.

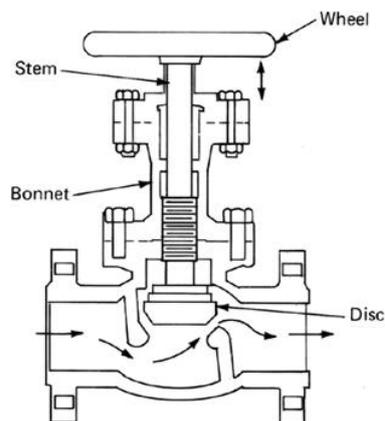


Figura 4.79 – Válvula de globo

SÍMBOLO	RECOMENDADA PARA	Ventajas	Desventajas
	Estrangulación o regulación de circulación.	Estrangulación eficiente con erosión mínima	Gran caída de presión y pérdida de carga
	Para accionamiento frecuente	Carrera corta de disco y pocas vueltas para accionarla.	Erosión importante en vástago y bonete
	Para corte positivo de gases o aire.	Control preciso de la circulación	Costo relativo elevado
	Cuando es aceptable cierta resistencia a la circulación	Disponibles con orificios múltiples	

**4.6.2.1.3 - VÁLVULA DE DIAFRAGMA**

Las válvulas de diafragma se utilizan para el corte y estrangulación de líquidos que pueden llevar una gran cantidad de sólidos en suspensión.

En las válvulas de diafragma se aísla el fluido de las partes del mecanismo de operación. Esto las hace idóneas en servicios corrosivos o viscosos, ya que evita cualquier contaminación hacia o del exterior. La estanqueidad se consigue mediante una membrana flexible, generalmente de elastómero, pudiendo ser reforzada con algún metal, que se tensa por el efecto de un eje-punzón de movimiento lineal, hasta hacer contacto con el cuerpo, que hace de asiento.

Las aplicaciones de este tipo de válvula son principalmente para presiones bajas y pastas aguadas que a la mayoría de los demás equipos los corroerían y obstruirían. Son de rápida obertura.

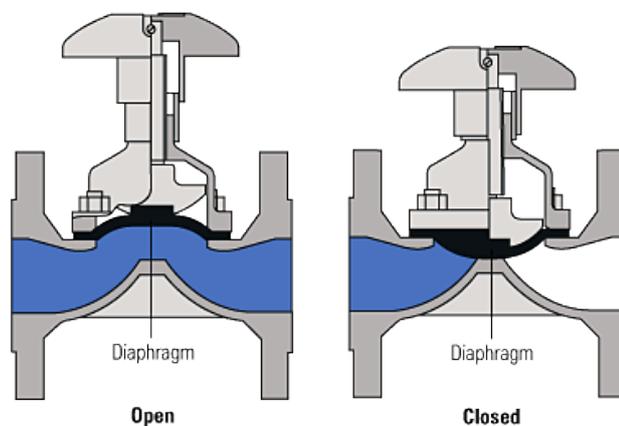


Figura 4.80 – Válvula de diafragma

SÍMBOLO	RECOMENDADA PARA	Ventajas	Desventajas
	Servicio con apertura total o cierre total.	Bajo costo	Diafragma susceptible al desgaste
	Para servicio de estrangulación	No tienen empaquetaduras	Elevada torsión al cerrar con la tubería llena
	Para servicio con bajas presiones de operación	No hay posibilidad de fugas por el vástago Inmune a problemas de obstrucción o corrosión	

**4.6.2.1.4 - VÁLVULA DE AGUJA**

La válvula de aguja es llamada así por el vástago cónico que hace de obturador sobre un orificio de pequeño diámetro en relación el diámetro nominal de la válvula.

El desplazamiento del vástago, si es de rosca fina, es lento y el hecho de que hasta que no se gira un buen número de vueltas la sección de paso del fluido es mínima, convierte esta válvula en una buena reguladora de caudal, por su estabilidad, precisión y el diseño del obturador que facilita un buen sellado metálico, con poco desgaste que evita la cavitación a grandes presiones diferenciales.

Es posible encontrar diseños con la disposición de los puertos de entrada y salida de la válvula de forma angular, recta (90°) o lineal (0°).

En centrales hidráulicas se utilizan las válvulas de aguja como bypass a la válvula de mariposa o esférica de entrada a las turbinas. Primero se opera con la válvula de aguja, que puede trabajar mejor que la principal a grandes diferencias de presión sin cavitación, y una vez que la válvula principal está a presión equilibrada se realiza su obertura evitando un golpe de ariete de la instalación.

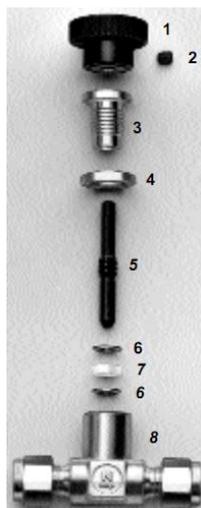


Figura 4.81 – Válvula de aguja

SÍMBOLO	RECOMENDADA PARA	Ventajas	Desventajas
	Servicio de apertura y cierre	Bajo costo	Difícil determinar el tamaño
	Servicio de estrangulación.	Poco mantenimiento	Aplicación limitada para vacío
	Cuando hay baja caída de presión a través de la válvula	No hay bolsas internas que la obstruyan	
	Para servicios que requieren poco mantenimiento	Diseño sencillo	

4.6.2.2 – Válvulas de aislamiento rotatoria

## 4.6.2.2.1 – VÁLVULA DE BOLA Ó DE ESFERA

En la válvula de bola un macho esférico agujereado controla la circulación del líquido. El sellado en válvulas de bola es excelente, la bola contacta de forma circunferencial y uniforme el asiento, el cual suele ser de materiales blandos.

Las aplicaciones más frecuentes de la válvula de bola son de obertura/cierre. No son recomendables usarlas en servicios de parcialmente abiertas por un largo tiempo bajo condiciones de alta caída de presión a través de la válvula, ya que los asientos blandos pueden tener tendencia a salir de su sitio y obstruir el movimiento de la bola.

Dependiendo del tipo de cuerpo la válvula, su mantenimiento puede ser fácil. La pérdida de presión en relación al tamaño del orificio de la bola es pequeña. El uso de la válvula está limitada por la resistencia a temperatura y presión del material del asiento, metálico o plástico.



Figura 4.82 – Válvula de bola

SÍMBOLO	RECOMENDADA PARA	Ventajas	Desventajas
	Servicio de conducción y corte, sin estrangulación	Bajo costo	Características deficientes para estrangulación
		Alta capacidad	
	Cuando se requiere una apertura rápida.	Corte bidireccional	Alto par para accionarla
		Circulación en línea recta	
	Para temperaturas moderadas	Pocas fugas	Susceptible al desgaste de sellos o empaquetaduras
		Se limpia por si sola	
	Cuando se necesita una resistencia mínima a la circulación.	Poco mantenimiento	Propensa a la cavitación
		Tamaño compacto	

**4.6.2.2.2 – VÁLVULA DE MARIPOSA**

Las válvulas de mariposa son unas válvulas muy versátiles. Tiene una gran capacidad de adaptación a las múltiples solicitaciones de la industria, tamaños, presiones, temperaturas, conexiones, etc. a un coste relativamente bajo.

El funcionamiento básico de las válvulas de mariposa es sencillo pues sólo requiere una rotación de 90° del disco para abrirla por completo. La operación es como en todas las válvulas rotativas rápida. Poco desgaste del eje, poca fricción y por tanto un menor par, que resulta en un actuador más barato. El actuador puede ser manual, hidráulico o motorizado eléctricamente, con posibilidad de automatización.

La geometría de la válvula de mariposa es sencilla, compacta y de revolución, por lo que es una válvula barata de fabricar, tanto por el ahorro de material como la mecanización. El menor espacio que ocupan facilita su montaje en la instalación. En este sentido, las válvulas de compuerta y globo resultan muy pesadas y de geometría compleja. Por todo ello, las válvulas de mariposa son especialmente atractivas en grandes tamaños respecto otro tipo de válvulas.

La pérdida de carga es pequeña. Cuando la válvula está totalmente abierta, la corriente circula de forma aerodinámica alrededor del disco, y aunque la pérdida de carga es ligeramente superior a las válvulas esféricas o de compuerta, ya que éstas tienen la sección totalmente libre de obstáculos, es claramente inferior a la válvula globo.



Figura 4.83 – Válvula de mariposa

SÍMBOLO	RECOMENDADA PARA	Ventajas	Desventajas	
	Servicio con apertura total o cierre total	Ligera de peso, compacta, bajo costo	Alta torsión para accionarla	
	Para accionamiento frecuente	Requiere poco mantenimiento	Capacidad limitada para caída de presión	
	Cuando solo se permite un mínimo de fluido atrapado en la tubería	Número mínimo de piezas móviles	Propensa a la cavitación	
	Para baja caída de presión a través de la válvula	No tiene bolas o cavidades	Alta capacidad	Propensa a la cavitación
		Circulación en línea recta		
		Se limpia por si sola		

**4.6.3 – Válvulas de retención**

Son aquellas que accionadas por la propia presión del fluido permiten el paso del mismo e impiden el retroceso del mismo. Son válvulas unidireccionales y de accionamiento automático. Está destinada a impedir una inversión de la circulación. La circulación del líquido en el sentido deseado abre la válvula; al invertirse la circulación, se cierra.

Existen diversos tipos de válvulas de retención en función de su diseño, aunque su función no varía (válvula de retención de clapeta, de bola, de disco con muelle, de tipo pistón...).

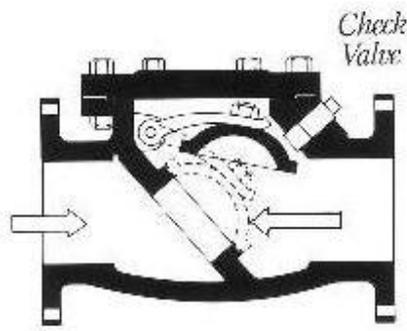


Figura 4.84 - Válvula de retención

SÍMBOLO	RECOMENDADA PARA	Ventajas	Desventajas
	Servicio de conducción y corte, sin estrangulación	Bajo costo	Características deficientes para estrangulación
		Alta capacidad	
	Cuando se requiere una apertura rápida.	Corte bidireccional	Alto par para accionarla
		Circulación en línea recta	
	Para temperaturas moderadas	Pocas fugas	Susceptible al desgaste de sellos o empaquetaduras
		Se limpia por sí sola	
	Cuando se necesita una resistencia mínima a la circulación.	Poco mantenimiento	Propensa a la cavitación
		Tamaño compacto	

#### 4.7 – Válvulas de regulación de control

Las válvulas de regulación, también llamadas válvulas de control, son aquellas que modifican la cantidad de fluido de un sistema según las necesidades. Las válvulas de regulación más habituales son las accionadas por una fuente de energía externa (eléctrica, hidráulica o neumática). Estas válvulas se consideran como el elemento final del sistema de control por donde el fluido circula y normalmente son empleadas en procesos donde sea necesaria la realización de movimientos continuos y de regulación precisa. Por supuesto no todas las válvulas de regulación son accionadas por las fuentes de energía externa.

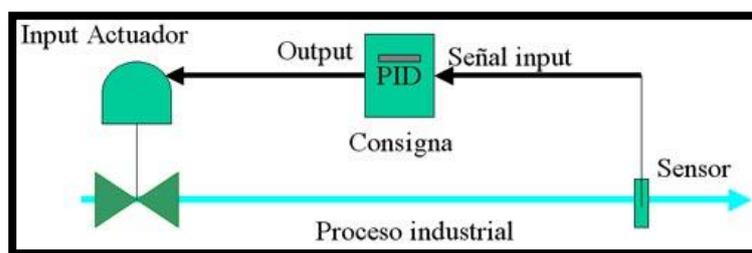


Figura 4.85 – Esquema de principio de un sistema de regulación (23)

El parámetro deseado a controlar se introduce en el controlador (Señal input), el parámetro real medido en el sistema es alimentado al controlador, si estos parámetros no coinciden genera una señal de error que transfiere la acción al actuador (Input actuador) de la válvula ejerciendo el cierre (disminución de caudal) u apertura (aumento de caudal). El elemento sensor instalado aguas debajo de la válvula mide el caudal y emite la señal al controlador completando el lazo cerrado.

Las válvulas de control pueden ser diseñadas en paso recto pero también con tres vías de paso para realizar funciones de mezcla o derivación.

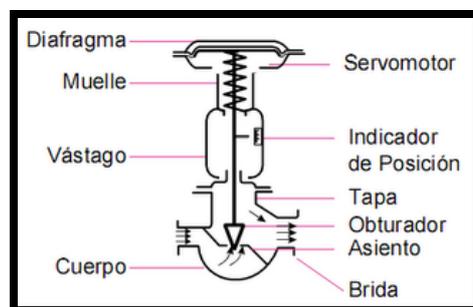


Figura 4.86 – Esquema de una válvula de control

Al fin y al cabo, una válvula de control no es más que una válvula convencional cuyas funciones de apertura y/o cierre se controlan automáticamente mediante un controlador externo. Dicho controlador enviará señales de apertura o cierre a un mecanismo que se encuentra en la cabecera de las válvulas de control: *el actuador o servomotor*.

**SERVOMOTOR Ó ACTUADOR:**

Acciona el movimiento del vástago y con ello el obturador. Puede ser neumático, eléctrico, hidráulico o digital (siendo los dos primeros los más utilizados).

- Servomotor neumático:

Consiste en un diafragma o pistón con resorte que trabaja (con algunas excepciones) entre 3 y 15 psi, es decir, que las posiciones extremas de la válvula ocurren a 3 y 15 psi.

Al aplicar una cierta presión sobre el diafragma, el resorte se comprime de tal modo que el mecanismo empieza a moverse y sigue moviéndose hasta que haya un equilibrio entre la fuerza ejercida por la presión del aire sobre el diafragma y a la fuerza ejercida por el resorte.

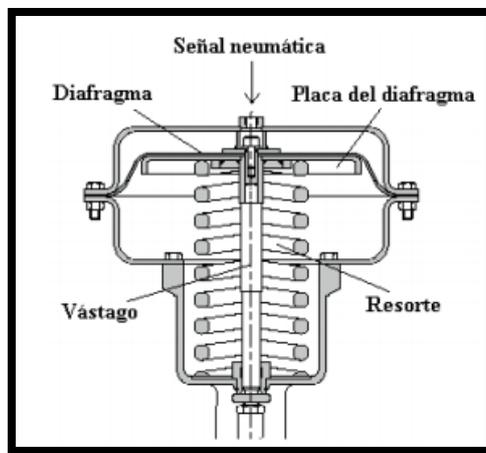


Figura 4.87 – Servomotor neumático

- Servomotor eléctrico.

Se trata de un motor eléctrico acoplado al vástago de la válvula a través de un tren de engranajes. El motor se caracteriza fundamentalmente por su par y por el tiempo requerido para hacer pasar la válvula de la posición abierta o viceversa.

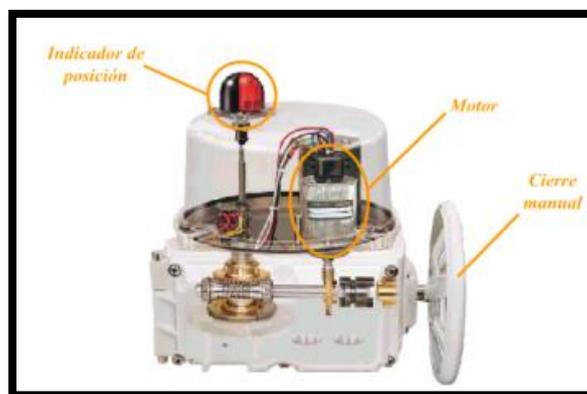


Figura 4.88 – Servomotor eléctrico (24)

**4.8 – Características del caudal inherente**

El obturador determina la característica del caudal e la válvula, es decir, la relación que existe entre la posición del obturador y el caudal de paso del fluido.

La característica de un fluido incompresible fluyendo en condiciones de presión diferencial constante a través de la válvula se denomina característica de caudal inherente (25) y se representa usualmente considerando como abscisas la carrera del obturador de la válvula y como ordenadas el porcentaje de caudal máximo bajo una presión diferencial constante.

Las curvas características más significativas son la de apertura rápida, la lineal y la isoporcentual, siendo las más importantes estas dos últimas. Las curvas características se obtienen mecanizando el obturador para que al variar la carrera el orificio de paso variable existente entre el contorno del obturador y el asiento configura la característica de la válvula.

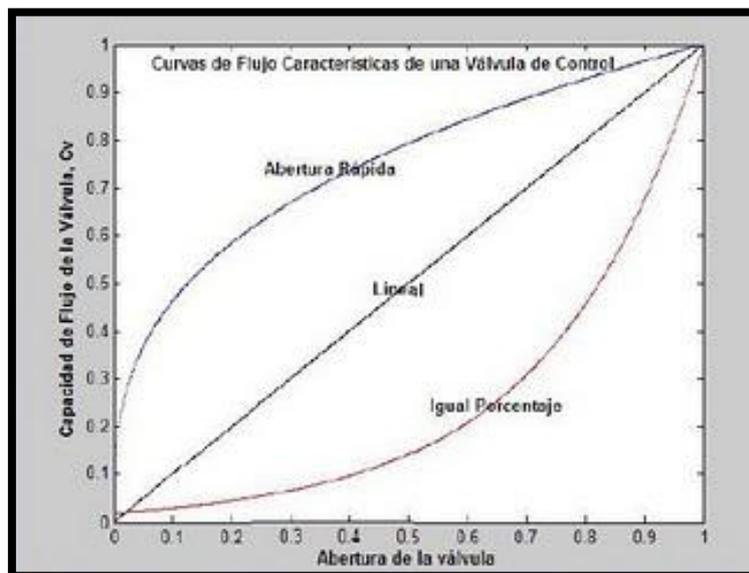


Figura 4.89 – Curvas características de una válvula de control (24)

El obturador con característica de apertura rápida tiene la forma de disco plano. En la figura 3-86 puede verse que el caudal aumenta mucho al principio de la carrera llegando rápidamente al máximo. En el obturador con característica lineal, el caudal es directamente proporcional a la carrera.

**AUTORIDAD DE LA VÁLVULA:**

La autoridad de una válvula se define como la relación entre la caída de presión a través de ella cuando está totalmente abierta (es decir  $\Delta P_{\min}$ ) y la caída de presión de todo el circuito afectado por la válvula, válvula incluida, o lo que es lo mismo, la  $\Delta P$  a través de la válvula cuando está cerrada o a caudal cero ( $\Delta P_{\max}$ ). Esta diferencia de presión es igual a la pérdida de presión a través de la válvula totalmente abierta

más la pérdida de presión a través de los otros elementos del circuito en las mismas condiciones de válvula totalmente abierta.

$$\beta = \frac{\Delta P_{min}}{\Delta P_{max}} \quad 4-13$$

Un valor pequeño de  $\alpha$  significa una pequeña caída de presión a través de la válvula en relación con la caída de presión a través de todo el circuito. Cuando  $\alpha$  es pequeño, el caudal está predominantemente determinado por la caída de presión a través de los otros componentes del circuito y las maniobras de apertura y/o cierre de la válvula tienen poca influencia sobre la variación de caudal. Por otro lado, el calor máximo de la autoridad se debe limitar para evitar velocidades excesivas del agua a su paso a través de la válvula, para evitar así desgastes por erosión y ruidos.

#### AUTORIDAD DE LA VÁLVULA

$$0,3 < \beta < 0,5$$

Figura 4.90 – Autoridad de la válvula recomendada

**Problema 3.3** – Una batería de agua fría necesita un caudal de 5 m<sup>3</sup>/h, por una pérdida de carga de 0,4 bar. El circuito incluye también válvulas y tuberías por una pérdida de carga total de 0,09 bar. Calcular la pérdida de carga de la válvula de regulación y el valor de Kv de la válvula que necesitamos.

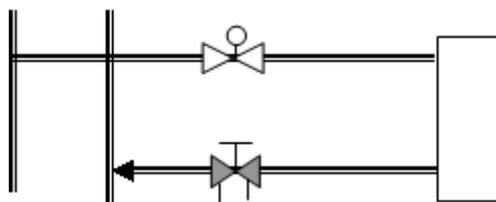


Figura 4.91 – Figura problema 3.3

La pérdida de carga total en el circuito por esta válvula es:

$$\Delta p + 0,4 + 0,9 = \Delta p + 1,3$$

Por lo tanto la autoridad de la válvula es:

$$\beta = \frac{\Delta p}{\Delta p + 1,3}$$

De donde se puede despejar  $\Delta p$ :

$$\Delta p = 1,3 \cdot \frac{\beta}{1 - \beta}$$

**TEMA 4: ELEMENTOS DE LOS CIRCUITOS HIDRÁULICOS**

Con  $\beta = 0,3$  (autoridad mínima),  $\Delta p = 0,56$  bar

Con  $\beta = 0,5$  (autoridad máxima),  $\Delta p = 1,3$  bar

Ya sabemos la máxima y la mínima pérdida de presión que se debe de producir en la válvula. Además sabemos también el caudal que circula por la misma,  $5 \text{ m}^3/\text{h}$ .

Calculemos entonces el valor de  $K_v$  que debería de tener la válvula:

$$K_{v,m\acute{a}x} = 5 / 0,56 = 8,9$$

$$K_{v,min} = 5 / 1,3 = 3,8$$

100

En el catálogo del proveedor deberemos escoger una válvula cuyo  $K_v$  esté comprendido entre 3,8 y 8,9  $\text{m}^3/\text{h}$ .

El valor de la autoridad de la válvula se tiene que escoger entre 0,3 y 0,5 para compensar la característica del fancoil de apertura rápida, señalada en la figura 4.93 en rojo.

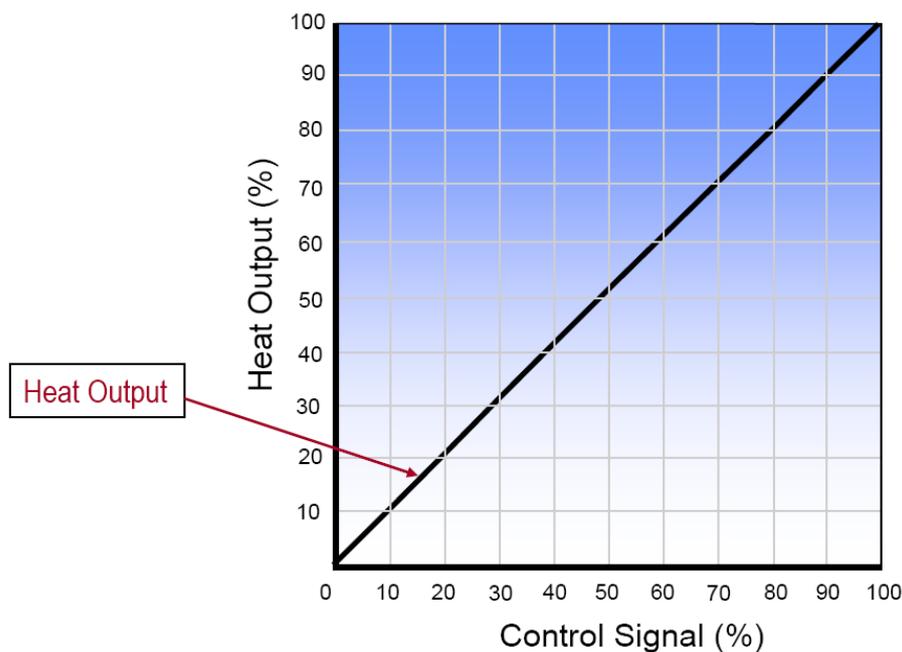


Figura 4.92 – Curva característica deseada

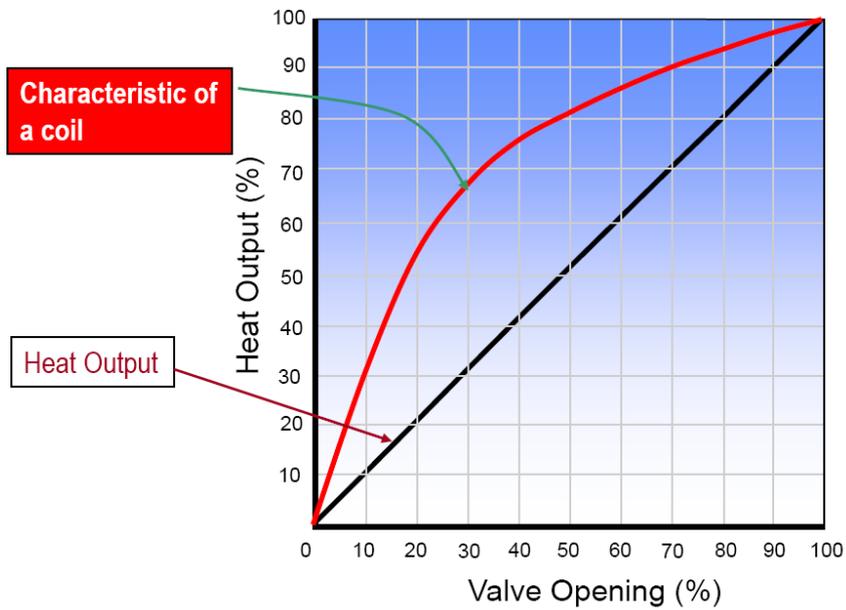


Figura 4.93 – En rojo, curva característica del fan coil

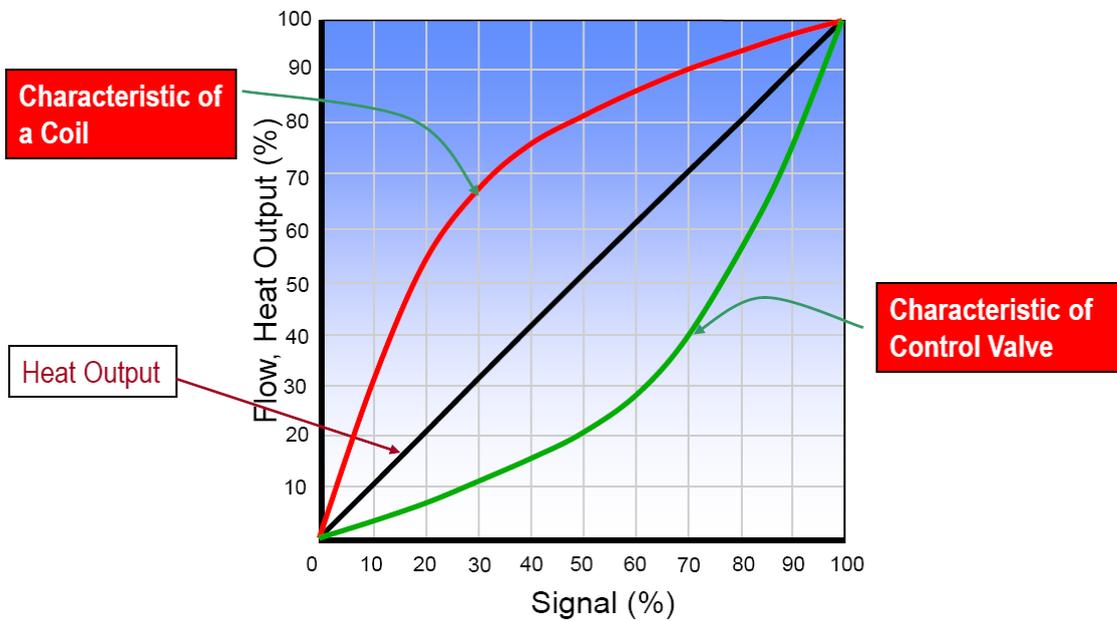


Figura 4.94 – En verde, curva característica de la válvula de control para conseguir la curva deseada, en negro

**4.9 – Válvulas de dos vías**

Cualquiera de las pertenecientes al apartado 4.4 pero teniendo en cuenta el sistema de control comentado en el apartado 2, pero teniendo en cuenta el sistema de control anteriormente comentado y el servomotor que incluyen este tipo de válvulas.

**4.10 – Válvulas de tres vías**

Pueden ser tanto mezcladoras como divisoras, según sirvan para mezclar dos flujos en uno, o dividir un flujo en dos. Las válvulas mezcladoras son aquellas que están proyectadas para actuar sobre la proporción de dos o más fluidos de entrada para producir un fluido de salida común cambiando la posición del obturador. Las válvulas desviadoras o de derivación son aquellas que están proyectadas para actuar sobre dos o más fluidos de salida a partir de un fluido de entrada común cambiando la posición del obturador.

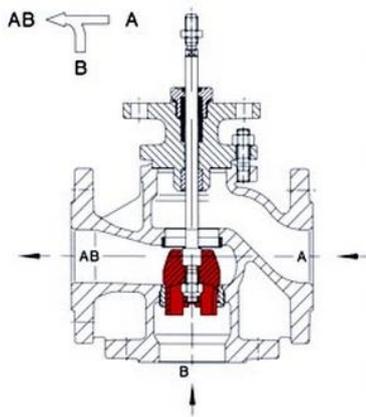


Figura 4.95 - Válvula tres vías con función mezcladora

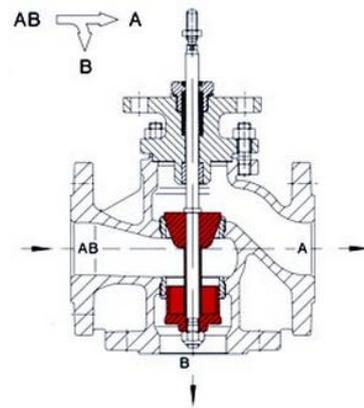
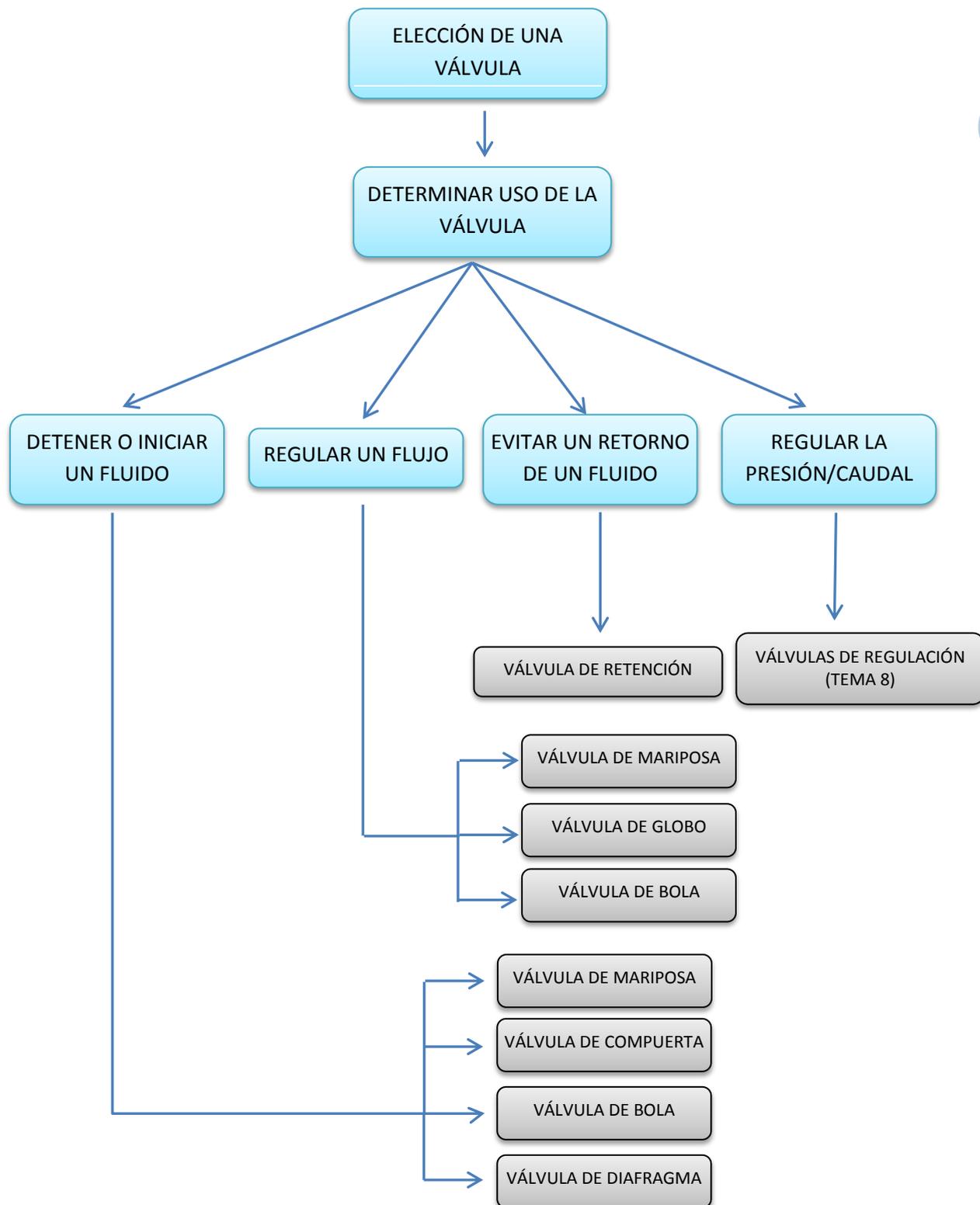


Figura 4.96 - Válvula tres vías con función divisora

**SELECCIÓN DE UNA VÁLVULA SEGÚN SU USO**

Dado que una válvula es un elemento formado por múltiples partes, se suele elegir para cada parte, el material con las características adecuadas a la función de esa parte. El uso implica determinar el tipo y diseño, además de los materiales de los que estará fabricado cada uno de los elementos.



**TEMA 4: ELEMENTOS DE LOS CIRCUITOS HIDRÁULICOS**

DIÁMETRO DE LA VÁLVULA	TIPO DE VÁLVULA	MATERIAL CUERPO	ASIENTOS	OTRAS CARACTERÍSTICAS	TIPO DE CONEXIÓN
MENOR DE 2 ½’’	VÁLVULA DE BOLA	Bronce	TFE (polímero plástico)	Bola de Bronce/latón cromada	Roscada/soldada
	VÁLVULA DE COMPUERTA	Bronce	TFE (polímero plástico)	Vástago de bronce silicio y volante de hierro ó hierro dúctil	Roscada/soldada
	VÁLVULA DE GLOBO	Bronce	TFE (polímero plástico)	Vástago de bronce silicio o aleación de bajo contenido en zinc	Roscada/soldada
MAYOR DE 2 ½’’	VÁLVULA DE MARIPOSA	Hierro o hierro dúctil	EPDM	Disco de aleación de bronce aluminio y vástago de acero inoxidable	Ni roscada ni soldada
	VÁLVULA DE COMPUERTA, GLOBO	Hierro o hierro dúctil	EPDM	Interiores de bronce	NI roscada ni soldada
	VÁLVULA DE RETENCIÓN	Hierro o hierro dúctil	EPDM	Placa de disco de bronce y resorte de acero inoxidable	NI roscada ni soldada

Figura 4.97 – Características recomendadas para los componentes de una válvula

### 4.11 – Filtros y purgadores

Los filtros y los purgadores son elementos absolutamente necesarios en las redes de transporte de agua y sirven en ambos casos para depurar el agua. Más concretamente:

- ❖ Filtros: Sirven para eliminar cualquier tipo de impureza que pueda contener el agua.
- ❖ Purgadores: Eliminan cualquier burbuja de agua que pueda encontrarse en el interior de la conducción. Todos los sistemas de calefacción se llenan con agua corriente, que contienen aire disuelto. Al aumentar su temperatura, disminuye el coeficiente de difusión y aparecen burbujas de aire causando numerosos efectos indeseados:

- Bolsas de aire que impiden la circulación del agua
- Ruidos
- Disminución de rendimientos
- Corrosión.

Para ello se colocan purgadores, siempre a la entrada de los equipos, y preferentemente en los lugares más elevados de la instalación.

#### 4.11.1 – *Purgadores*

##### 4.11.1.1 – Purgadores de bola

Este tipo de purgador está formado por una bola que funciona a modo de flotador. Al formarse aire en el interior del purgador de bola desciende y abre el purgador hasta que el nivel del agua vuelva a su posición inicial.

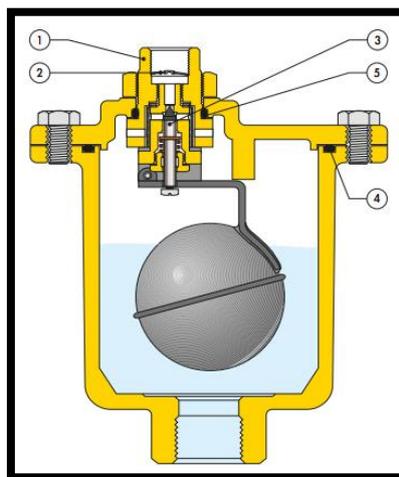


Figura 4.98 – Purgador de bola (26)

**4.11.1.2 – Purgadores de disco**

Son purgadores formados por discos de caucho, que al entrar en contacto con el agua se dilatan hasta un 50 %. Al concentrarse en su interior aire, los discos se secan y seguidamente se contraen dejando pasar el aire por unos orificios laterales.

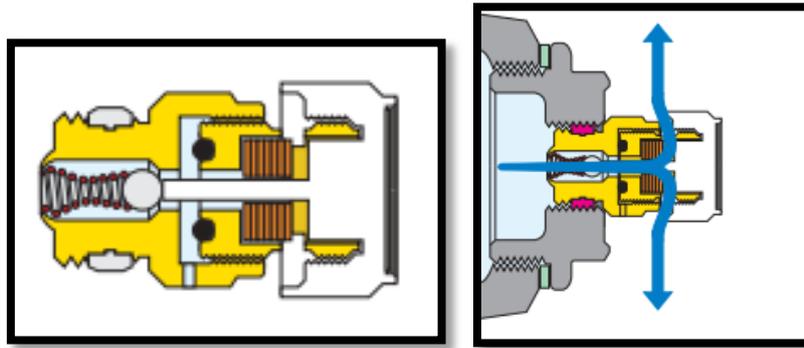


Figura 4.99 – Purgador de disco (26)

**4.11.1.3 – Purgador de microbolas:**

Son sin duda los más caros, sin embargo son muy efectivos. Están formados por una gran cantidad de bolas pequeñas (1), que al paso de la corriente provocan turbulencias, y microburbujas que se adhieren a la malla. Las burbujas se unen entre si, aumentando de volumen, hasta que el empuje hidrostático vence la fuerza de adhesión a la estructura. Entonces migran hacia la parte superior del dispositivo, desde la cual se expulsan mediante una válvula automática de purga de aire provista de una boya.

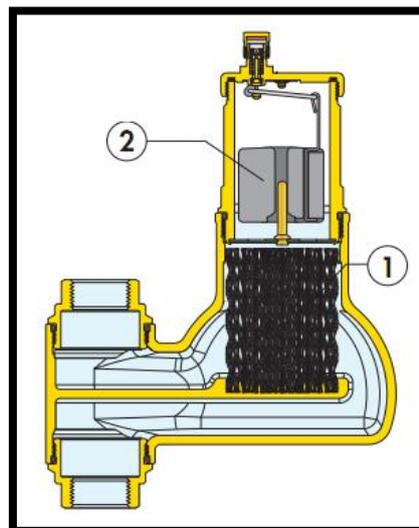


Figura 4.100 – Purgador de microbolas (26)

**4.11.2 - Filtros****4.11.2.1 – Filtros tipo Y**

Los filtros tipo Y poseen un simple diseño y robusta construcción. Sus partes internas son fácilmente accesibles y la posición del filtro permite que el depósito pueda ser fácilmente removido a través de su conexión de purga, la cual suele estar provista de un tapón roscado.

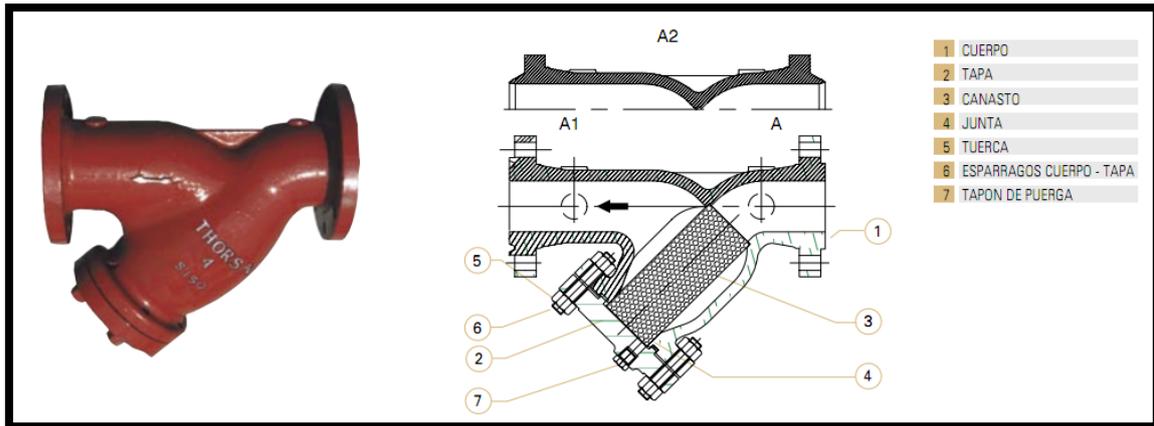


Figura 4.101 – Filtro tipo Y

**4.11.2.2 – Filtros tipo T**

Los filtros tipo T siguen el mismo principio de funcionamiento que los filtros tipo Y, sin embargo tienen forma de T, como su propio nombre indica.

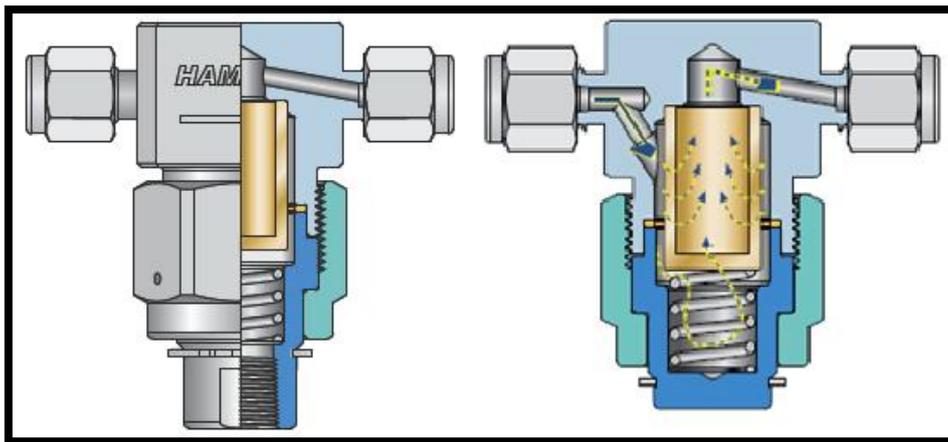


Figura 4.102 – Filtro tipo T (26)

**Bibliografía**

1. **AFTA**. *Asociación de fabricantes de tubos de acero*. [Online] 2011. <http://www.afta-asociacion.com/documentacion/manual/contenidos/cap5perdidasdecarga.pdf>.
2. **Carrier, VV.AA.** *Manual de Aire Acondicionado*. Barcelona : Marcombo Coixareu Editores, 1980.
3. UNE EN-ISO 19.045. *Tolerancias y características de los tubos de acero*.
4. **Procobre**. Manual de tuberías de cobre. *Procobre*. [Online] 2009. <http://www.procobre.org/es/>.
5. UNE EN 1057. *Cobre y aleaciones de cobre. Tubos redondos sin soldadura, para agua y gas en aplicaciones sanitarias y de calefacción*. 2003.
6. *Las tuberías de cobre*. **Procobre**. Chile : International Copper Association, 2010.
7. **Factor 4, Ingenieros consultores S.L.** Tablas: Características de tuberías.
8. UNE EN-ISO 15.875. *Cobre y aleaciones de cobre. Tubos redondos sin soldadura, para agua y gas en aplicaciones sanitarias y de calefacción. Polietileno reticulado (PEX)*. 2003.
9. **ASETUB**. Tuberías de plástico. s.l. : Asociación española de fabricantes de tubos y accesorios de plástico, 2008.
10. UNE EN-ISO 15.874. *Cobre y aleaciones de cobre. Tubos redondos sin soldadura, para agua y gas en aplicaciones sanitarias y de calefacción. Polipropileno (PP)*. 2004.
11. UNE EN-ISO 15.876. *Cobre y aleaciones de cobre. Tubos redondos sin soldadura, para agua y gas en aplicaciones sanitarias y de calefacción. Polibutileno (PB)*. 2004.
12. Tubos multicapa para calefacción. *Tu manitas*. [Online] 2008. <http://blog.tumanitas.com/tubos-multicapa-para-calefaccion/>.
13. UNE EN-ISO 21.003. *Sistemas de canalización multicapa para instalaciones de agua caliente y fría en el interior de edificios*. 2008.
14. **Monroy, Benjamín Serratos**. Fundamentos y su aplicación en ingeniería. *Curso elemental de diseño de tuberías industriales*.
15. *Procedimientos de soldadura*. **REVINCA S.A.** Maracaibo, Venezuela : s.n.
16. *Vertedero de Albanilla*. **Energía Sur de Europa**. Murcia : s.n., 2003.
17. *AquaFlex® Pre-Assembled Systems*. **VITAULIC**. 2010.
18. **Friatherm**. Una nueva dimensión en las conexiones push-fit. *Sistemas de conducción*.
19. UNE EN-ISO 100.152. *Distancias entre soportes de tuberías*. 2003.
20. **Felices, Arturo Rocha**. Hidráulica de tuberías y canales. [book auth.] Arturo Rocha. pp. 81, 82.
21. **Spirax Sarco**. *Documentación técnica sobre compensadores artificiales*. 2008.

22. **IDAE, Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía.** Diseño y cálculo del aislamiento térmico de conducciones, aparatos y equipos. *Guía Técnica*. s.l. : Ministerio de Industria, Turismo y comercio, 2007.
23. *Control Valve Handbook*. **EMERSON**. s.l. : Fisher Controls International, 2005, Vol. Fourth Edition, p. 66.
24. Característica de caudal inherente: definición, gráfica descriptiva, clasificación de las válvulas según esta característica. *Visitas técnicas*. [Online] 2008.  
<http://visitastecnicas2008instrumentacion.blogspot.com/2008/03/asignacion-caracterstica-de-caudal.html>.
25. **Vázquez, Iván.** Elementos finales de control. *Instrumentación y control*. 2010, 5.
26. *Purgadores de aire*. **Caleffi**. 2011.