manual de tubo y accesorios de cobre



CEDIC
Centro Español de Información del Cobre

Manual de tubo y accesorios de cobre

Centro Español de Información del Cobre
(CEDIC)

Título: Manual de tubo y accesorios de cobre
Autor: Centro Español de Información del Cobre (CEDIC)

Patrocinado por: International Copper Association (ICA) y European Copper Institute (ECI)

© de las ilustraciones: AENOR, CEDIC, Deutsches Kupferinstitut (DKI), Gas Natural, IBP Atcosa, LEAF BUSINESS HOLDINGS SPAIN, S.A.

Todos los derechos reservados. No se permite la reproducción total o parcial de este libro, por cualquiera de los sistemas de difusión existentes, sin la autorización previa por escrito de CEDIC.

Nota: Todos los datos y conceptos contenidos en esta publicación se revisaron cuidadosamente. Los miembros del Comité Español de la Campaña Europea de Información de Tubo y Accesorios de Cobre (ECPPC) no asumen responsabilidad, ni legal ni de otro tipo, en lo relativo a la garantía de integridad, exactitud y ausencia de errores.

Prólogo

La ECPPC, European Copper Plumbing Promotion Campaign (Campaña Europea de Información de Tubo y Accesorios de Cobre para las instalaciones de agua, gas y calefacción) se viene desarrollando en varios países de Europa desde hace más de una década, coordinada por el European Copper Institute (ECI) y con el apoyo de los fabricantes europeos de tubo y accesorios de cobre.

En España esta Campaña está coordinada por el Comité Español del que forman parte el Centro Español de Información del Cobre (CEDIC), junto con tres fabricantes nacionales de tubo de cobre y uno de accesorios. Este Comité, en el desarrollo de sus actividades, ha dado siempre prioridad a mantener informados a los profesionales de la construcción sobre las técnicas de empleo del tubo y accesorios de cobre en las instalaciones termohidrosanitarias, y ésta es precisamente la finalidad de la presente publicación.

El cobre es ya un material de sobra contrastado, que ha demostrado su fiabilidad y durabilidad, pero a su vez es un material moderno que se ha adaptado a la evolución de las necesidades que demanda el mercado. Los nuevos productos de cobre para estas aplicaciones, las nuevas técnicas de unión en frío cada vez más extendidas, la nueva legislación… han promovido la edición de este Manual, el cual estamos seguros de que servirá de guía de referencia a los profesionales.

Debemos hacer presente nuestro agradecimiento a la International Copper Association (ICA) y al European Copper Institute (ECI), patrocinadores de la ECPPC, sin cuyo apoyo esta publicación no habría sido posible.

Armando Gallego
PRESIDENTE DEL COMITÉ ESPAÑOL DE LA ECPPC

1.- Generalidades

1.1.- El cobre en la tabla periódica

Número atómico: 29
Símbolo físico-químico: Cu
Densidad: 8,92 kg/dm^3
Punto de fusión: 1 083 ºC
Denominación en español: Cobre
(Véase la figura 1.1)

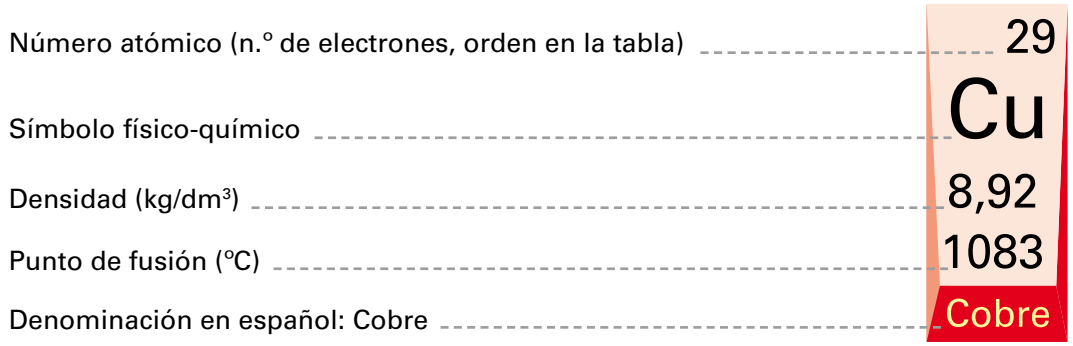


figura 1.1.

El cobre cristaliza en el sistema cúbico de cara centrada, lo que permite un fácil deslizamiento molecular que le aporta las características de dúctil y maleable (véanse las figuras 1.2, 1.3 y 1.4).

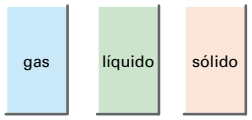


figura 1.2.

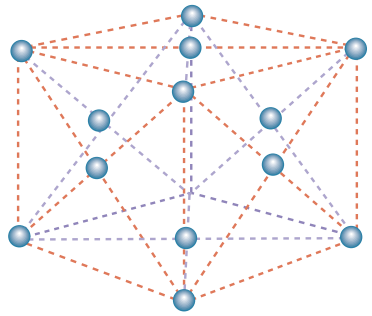


figura 1.3.

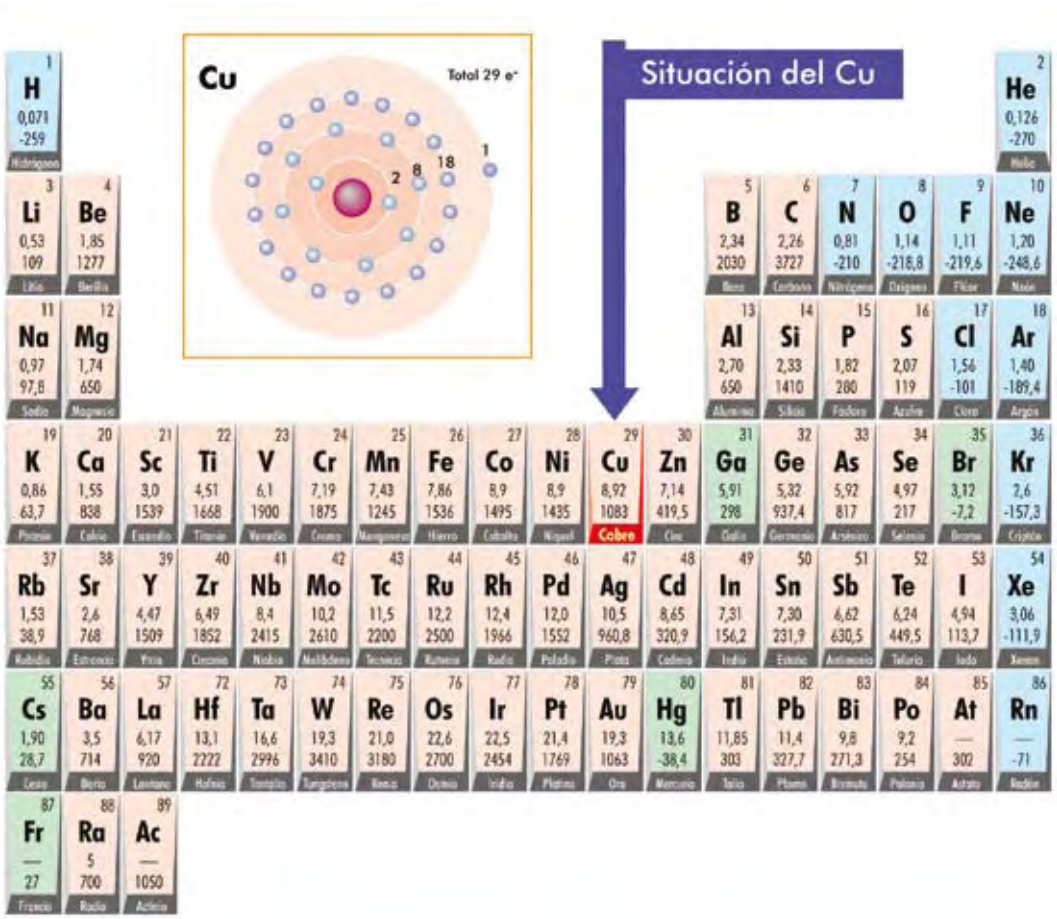


figura 1.4

1.2.- Características físicas del cobre (DHP)

(Véase la tabla 1.1.)

Tabla 1.1. **Características físicas del cobre**

Densidad	8,92 kg/dm³
Temperatura de fusión	1 083 ºC
Conductividad térmica a 20 ºC	293-364 W (m K) 0,923 cal/cm² cm s ºC
Conductividad eléctrica a 20 ºC	68-90% IACS 41-52 m/Ohm · mm²
Coeficiente de dilatación lineal	16,5 x 10^{-6}
Calor específico de 0 ºC a 100 ºC	0,092 cal/g ºC
Resistividad eléctrica a 20 ºC (inverso de conductividad)	0,022 Ohm mm²/m 1,915-2,53 microohm cm
Coeficiente térmico de resistencia por ºC	0,00393
Reacción al fuego (según código europeo Euroclases)	Clase A1 No inflamable
Módulo de elasticidad a 20 ºC	12 000 kg/mm²

1.3. Características mecánicas de los tubos de cobre según la Norma UNE-EN 1057

(Véase la tabla 1.2.)

1.4. Características y ventajas del tubo de cobre

El cobre, por sus características, es sin duda el metal más apropiado para la fabricación de tubos para toda clase de aplicaciones, tanto en la construcción como en la industria. Como materia prima se utiliza cobre desoxidado al fósforo, Cu-DHP, con una pureza de cobre más plata ≥99,90%.

Tabla 1.2. **Características mecánicas de los tubos de cobre**

Estado de tratamiento		Diámetro exterior nominal (DN) (mm)		Resistencia a la tracción (Rm) (MPa[1])	Alargamiento (A) (%)	Mín. dureza (indicativa) HV5
Designación según EN 1173	Designación usual	Mín.	Máx.	Mín.		
R 220	Recocido	6	54	220	40	(40 a 70)[2]
R 250	Semiduro	6	66,7	250	30	(70 a 100)
		6	159		20	
R 290	Duro	6	267	290	3	(mín. 100)

[1] 1 MPa equivale a 1 N/mm^2.
[2] Los valores de dureza que figuran entre paréntesis, no son requisitos de esta norma. Se dan sólo a título orientativo.

Como características más destacadas del tubo de cobre, se pueden reseñar las siguientes:

- Alta resistencia a la corrosión.

- Pequeñas pérdidas de carga, debido a una superficie interior lisa.

- Inalterable con el paso del tiempo, en sus características físicas y químicas.

- Permite montajes rápidos y fáciles, utilizando diversos tipos de accesorios, tales como los soldados por capilaridad, a compresión, y uniones en frío.

- Excelente comportamiento con la gran mayoría de los materiales de construcción habituales y de los fluidos a transportar. (Véase capítulo 5, tabla 5.1, bajo denominación Cu-DHP.)

- Soporta elevadas presiones interiores, permitiendo el uso de tubos de pared delgada. (Véase la figura A.2 en el anexo A.5.2.)

Como consecuencia de sus peculiares características, el tubo de cobre presenta las siguientes ventajas respecto a otros materiales:

- Garantiza un caudal constante debido a su pared interior completamente lisa (rugosidad: 0,0015 mm).

- Menor dimensión de las instalaciones frente a igualdad de flujo transportado Permite fácilmente su empotrado.

- Permite montajes exteriores debido a su alta resistencia a la corrosión y a su inalterabilidad frente a los rayos ultravioleta.

- Además, el cobre ofrece una completa impermeabilidad frente al oxígeno, protegiendo así la instalación frente a corrosiones.

- Por su alta resistencia al ataque de los materiales empleados en la construcción (cemento, yeso, escayola, etc.), está especialmente indicado para instalaciones empotradas. Sin embargo, se ha de tener precaución con los aditivos incorporados a cementos y hormigones que contengan productos amoniacales, a los que el cobre es vulnerable.

- Debido a su espesor uniforme y medidas exactas, y sobre todo a su pared interna lisa, presenta unas pérdidas de carga muy reducidas en comparación con tubos de otros materiales.

- Gran ahorro en las instalaciones realizadas con uniones en frío, por la facilidad y rapidez en su ejecución.

- Debido a su elevada conductividad térmica es el material idóneo para instalaciones basadas en energías alternativas (solar, biomasa, térmica y geotérmica) y de calefacción (suelo radiante).

- Reducido peso por metro lineal de tubería, lo que abarata el transporte, facilita la manipulación y resulta ideal para la prefabricación en serie de instalaciones tipo.

- Protege el medio ambiente al ser reciclable en su totalidad, permitiendo así un importante ahorro energético y de los recursos naturales del planeta. Después de reciclado, el cobre mantiene intactas sus propiedades.

- Gran elasticidad que le permite soportar altas presiones.

- Universalidad. Todos los componentes de una instalación con tubo de cobre se fabrican en medidas estándar; por ello, no habrá problemas de incompatibilidad de componentes entre los distintos fabricantes y se tendrá garantía de suministro durante muchos años.

- Resistencia al fuego: el cobre no se quema, resiste altas temperaturas sin fundirse

y no desprende gases tóxicos. La clasificación que corresponde al tubo de cobre según el sistema europeo euroclases es: "A1" (cumple los requisitos exigibles –no inflamable– sin necesidad de realizar ensayos). No existe propagación exterior ni penetración de fuego.

• Gran resistencia frente a la combinación de presiones altas y temperaturas elevadas que permite un óptimo tratamiento contra la legionella.

• Bajo coeficiente de dilatación, tanto lineal como transversal, garantizando la estabilidad de las instalaciones.

• Material bacteriostático, frena la proliferación de bacterias.

• Su denominación de material criogénico lo hace resistente a las bajas temperaturas.

• Inmune a la acción de roedores.

• Permite instalaciones vistas más estéticas.

• Elemento natural, presente en la naturaleza, y esencial para el organismo humano.

• Constancia en sus características. El tubo de cobre permanece inalterable con el paso del tiempo.

1.5. Otras características del tubo de cobre

1.5.1. Formas de suministro

Los tubos de cobre se suministran en tiras rectas y en rollos.

Tiras rectas
Estos tubos se suministran en estado duro, lo que les confiere rigidez, excelente resistencia al choque y un perfecto acabado. Los tubos en tiras son perfectamente circulares y el acoplamiento a los accesorios se puede hacer sin calibrado previo. Habitualmente se suministran en longitudes de 5 m. También pueden suministrarse en estado semiduro.

Rollos
Los tubos recocidos se obtienen a partir de los duros por medio de un tratamiento térmico. Después de este tratamiento, sus características de carga de rotura, alargamiento y límite elástico son diferentes a las que tenían en estado duro (véase la tabla 1.2).

Los tubos en rollos se suministran hasta un diámetro exterior de 22 mm, en longitud estándar de 50 m. Se pueden solicitar rollos con cromado exterior para instalaciones vistas.

En estado recocido, el tubo de cobre se curva fácilmente utilizando las herramientas adecuadas con radios normalizados.

Se recomienda recalibrar los extremos del tubo recocido por medio de una simple herramienta, cuando se efectúen soldaduras por capilaridad, para garantizar la estanquidad.

Las características de la instalación de agua o calefacción a la que va destinado el tubo de cobre son las que determinan la elección del estado del tubo: duro, semiduro o recocido.

Los tubos en estado duro se utilizan en instalaciones que requieren una gran rigidez o en aquellas en que los tramos rectos son de gran longitud. Además, estos tubos pueden ser curvados utilizando máquinas adecuadas y herramientas homologadas.

Por su parte, los tubos de cobre recocidos se utilizan en instalaciones con recorridos de gran longitud, sinuosos o irregulares, cuando es necesario adaptarlos al lugar en que vayan a ser colocados.

1.5.2. Dimensiones y pesos

Las dimensiones del tubo de cobre para uso sanitario, así como su peso por metro lineal y fórmula para la determinación del mismo, se encuentran en los anexos al final del libro.

Caudal
Igualmente, en el anexo A aparecen las tablas y ábacos para agua a 10 °C, 45 °C y 60 °C, que permiten determinar los diámetros de las tuberías en función de los diversos elementos que entran en cálculo: caudal, pérdida de carga y velocidad.

Llamamos la atención sobre el margen izquierdo de la gráfica donde se recoge la relación directa entre la velocidad del agua y el ruido producido. Asimismo, en el anexo se puede encontrar más información sobre el ruido producido por el golpe de ariete.

1.6. Otras características del tubo de cobre

El proceso de elaboración del tubo de cobre (véase la figura 1.5) consta de las siguientes etapas:

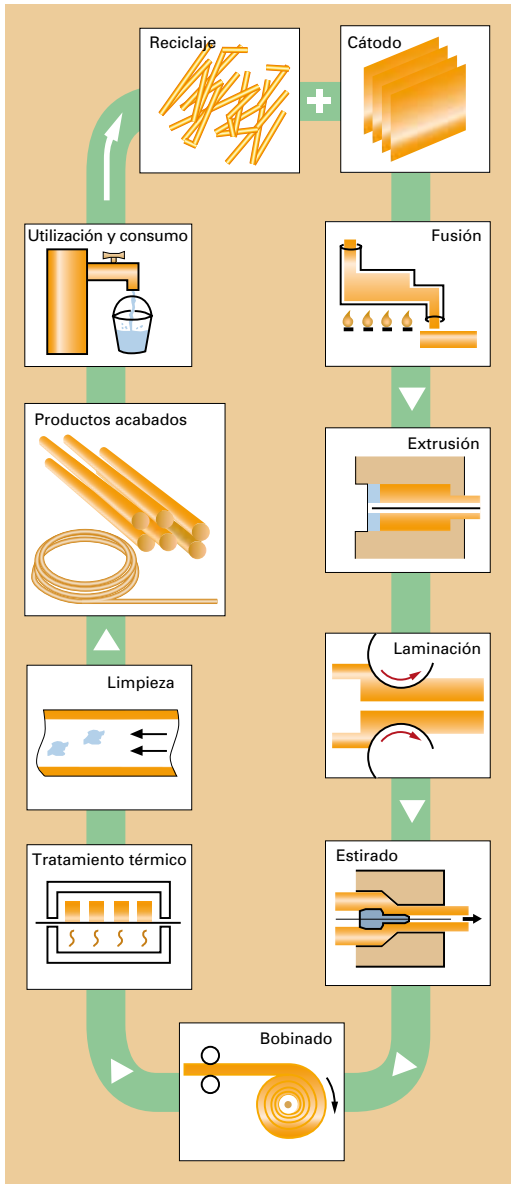


Figura 1.5. **Proceso de elaboración del tubo de cobre**

1.6.1. Fundición

La materia prima de un tubo de cobre se compone de:

- Cátodos de cobre: la pureza de su composición es auditada (véase la figura 1.6).

- Reciclados de cobre: el cobre es infinitamente reciclable, y puede ser reintroducido sin problemas en la cadena productiva (véase la figura 1.7).



Figura 1.6. **Cátodos de cobre**



Figura 1.7. **Chatarra del proceso productivo, compactada para ser introducida en el horno**

- Cupro-fósforo: una aleación cuya finalidad es desoxidar el cobre, y a su vez incorporar el fósforo necesario al mismo, facilitando la soldadura y mejorando sus cualidades mecánicas de cara a su posterior deformación en frío.

Todos estos elementos se funden en un horno entre 1 100 y 1 200 °C, bien de gas o eléctrico, para lograr una mezcla homogénea (véase la figura 1.8).

Durante este proceso es necesario mantener siempre la temperatura estable. De esta manera se obtienen lingotes, con una calidad homogénea en toda su longitud, que serán cortados para ser procesados en la prensa de extrusión (véase la figura 1.9).



Figura 1.8. **Fundición del cobre. Colada**



Figura 1.9. **Lingotes obtenidos en fundición**

1.6.2. Extrusión

Se trata de la transformación en caliente del lingote en tubo mediante la utilización de una prensa hidráulica. Este proceso consiste en perforar y conformar el tocho (o trozo de lingote), previamente calentado a 850 °C, en un semidesbaste de tubo denominado *shell* (véase la figura 1.10).

1.6.3. Laminado

Es un proceso de deformación en frío del shell. Un mandrino cónico templado configura el diámetro interior, mientras que unos anillos templados y calibrados conforman el diámetro exterior mediante un movimiento de avance y retroceso al mismo tiempo que el tubo gira en cada uno de ellos (véase la figura 1.11).



Figura 1.10. **Prensa de extrusión**



Figura 1.11. **Laminador**

1.6.4. Trefilado de tubos

Al igual que el laminado, es un proceso de deformación en frío en el cual, por estirado simple y mediante una hilera (diámetro exterior) y un mandrino (diámetro interior), se van rebajando el diámetro y el espesor del tubo hasta obtener las dimensiones deseadas (véase la figura 1.12).



Figura 1.12. **Trefilado**



Figura 1.13. **Tratamiento térmico de los tubos para obtención del estado recocido**

1.6.5. Acabado

Después de dimensionar el tubo según la Norma UNE-EN 1057, las tiras de tubo de cobre en estado duro se someten a limpieza, tal y como exige dicha norma. Se trata de eliminar los restos del lubricante procedentes del proceso de trefilado. La limpieza se realiza por inmersión de los tubos en un medio desengrasante a una temperatura determinada (véase la figura 1.14).

Para obtener el tubo de cobre recocido, se procesa en rollos que se someten a un tratamiento térmico en un horno de pasaje y atmósfera neutra, donde alcanzan las características mecánicas requeridas por la norma para este estado del cobre. A su vez, con este tratamiento se eliminan los restos de lubricantes (véase la figura 1.13).

Ambos tipos de tubo –recocido y duro– deben superar distintas pruebas y ensayos (tracción, curvado, límite elástico, tamaño del grano, etc.) para comprobar que cumplen con la normativa vigente.



Figura 1.14. **Limpieza de los tubos en estado duro**

1.6.6. Embalado

El tubo de cobre duro en tiras de 5 m se presenta en fajos o atados, sujetos por cintas de plástico (véase la figura 1.15).

El tubo de cobre recocido se presenta en rollos estándar de 50 m embalados en módulos de cartón que los protegen (véase la figura 1.16).



Figura 1.15. **Embalado de tubo de cobre en tiras**



Figura 1.16. **Embalado de tubo de cobre en rollos**



Figura 1.17. **Tubo de cobre**

El resultado de todo este proceso se puede apreciar en la figura 1.17.

2.- Instalaciones con tubo de cobre

En una instalación hecha con tubo de cobre, pueden utilizarse diferentes tipos de accesorios: los de unión en frío y los soldados por capilaridad. En este último caso, intervienen otros dos materiales, el decapante y el material de aporte, los cuales tienen una gran importancia en la calidad final de la instalación.

2.1. Tubos

Son el principal elemento de la instalación y, como tales, deben cumplir la normativa aplicable (la norma de aplicación es la UNE-EN 1057 *Cobre y aleaciones de cobre. Tubos redondos sin soldadura, para agua y gas en aplicaciones sanitarias y de calefacción*).

Asimismo, en el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE), en sus Instrucciones Técnicas Complementarias (ITE), se especifica que: "Las tuberías y sus accesorios cumplirán los requisitos de las normas UNE correspondientes en relación con el uso al que vayan a ser destinadas".

La Norma UNE-EN 1057 define cómo debe ir marcado el tubo *normalizado* (véase la figura 2.1).

Los tubos de diámetro comprendido entre 10 mm y 54 mm (ambos inclusive) deben marcarse indeleblemente, a intervalos no superiores a 600 mm a lo largo de su longitud, con al menos las siguientes indicaciones (véase la figura 2.2). Los tubos de diámetro superiores a 6 mm e inferiores a 10 mm, o superiores a 54 mm, deben marcarse legiblemente de forma similar y legible, al menos, en los dos extremos.

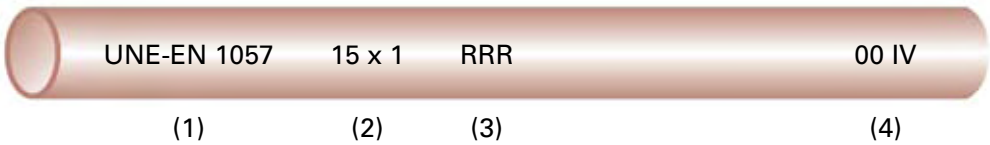


Figura 2.1. **Marcado de tubo normalizado**

(1) Número de la Norma (UNE-EN 1057)*.

(2) Las medidas nominales de la sección transversal: diámetro exterior multiplicado por espesor de pared**.

(a) La identificación del estado metalúrgico R250 (semiduro), mediante el símbolo siguiente ~~III~~**.

(3) La marca de identificación del fabricante *.

(4) La fecha de fabricación: año y trimestre (I a IV) o año y mes (1 al 12) *.

El marcado no debe ser perjudicial para el empleo del tubo.

El marcado de los tubos no inducirá a confusión con otros marcados reglamentarios, como por ejemplo el marcado CE.

Cualquier tubo que no cumpla estos requisitos, no debería ser instalado ya que de otra forma puede incurrirse en responsabilidades. Si, además, el tubo lleva en la posición **(A)** (véase la figura 2.2) el sello de calidad internacionalmente reconocido otorgado por el organismo de certificación, y en la posición **(B)** lleva el número asignado al fabricante por dicho organismo de certificación, sabremos que se trata de tubo de cobre *certificado*.

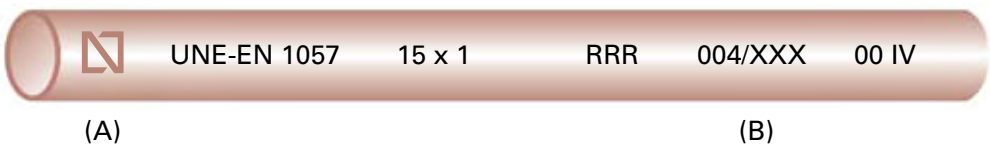


Figura 2.2. **Marcado de tubo certificado**

* Marcado permanente (1) (3) (4): marcado de tal manera que la marca permanece legible hasta el final del ciclo de vida de la instalación, por ejemplo, por estampado, grabado o ataque al ácido.

** Marcado duradero o permanente (2) (a): marcado de tal manera que la marca permanece legible hasta el momento de la puesta en marcha de la instalación.

Existen organismos independientes –en España es AENOR (Asociación Española de Normalización y Certificación)–, que tras estrictos controles y auditorías certifican que el fabricante produce tubo de cobre cumpliendo las normas de calidad vigentes.

Este organismo otorga entonces al fabricante el uso del sello de certificación, en este caso la "N", que constituye por tanto una garantía de calidad del producto y que permite la identificación como tal a los profesionales del sector de la construcción.

2.2. Accesorios

A los accesorios para tuberías de cobre, les son de aplicación la siguiente normativa:

- UNE-EN 1254-1 *Cobre y aleaciones de cobre. Accesorios. Parte 1: Accesorios para soldeo o soldeo fuerte por capilaridad para tuberías de cobre.*
- UNE-EN 1254-2 *Cobre y aleaciones de cobre. Accesorios. Parte 2: Accesorios de compresión para tuberías de cobre.*
- UNE-EN 1254-4 *Cobre y aleaciones de cobre. Accesorios. Parte 4: Accesorios para soldar por capilaridad o de compresión para montar con otros tipos de conexiones.*
- UNE-EN 1254-5 *Cobre y aleaciones de cobre. Accesorios. Parte 5: Accesorios de embocadura corta para soldar por capilaridad con soldeo fuerte para tuberías de cobre.*
- prEN 1254-6 *Cobre y aleaciones de cobre. Accesorios. Parte 6: Accesorios con montaje a presión.*
- prEN 1254-7 *Cobre y aleaciones de cobre. Accesorios. Parte 7: Accesorios con extremos a presión para tubos metálicos.*
- PNE 131001 *Cobre y aleaciones de cobre. Accesorios. Accesorios con montaje por presión en sus extremos para tubos metálicos.*

2.2.1. Accesorios para soldar

Las modernas instalaciones sanitarias y de gas no se conciben sin accesorios para soldar por capilaridad, obtenidos mediante la deformación en frío del tubo de cobre.

La gama de fabricación de accesorios comprende, entre otros: manguitos, curvas, codos, reducciones y Tes con unas dimensiones en diámetro exterior que abarcan de 6 a 108 mm, en fabricación estándar. En el anexo A.2 (véase de la tabla A.2 a la A.7)

se puede apreciar la variedad de formas posibles en el mercado de accesorios de

cobre y bronce para soldar, así como los más habituales para uniones en frío (véanse las figuras 2.3 y 2.4).



Figura 2.3. **Accesorios de cobre para soldar/roscar**

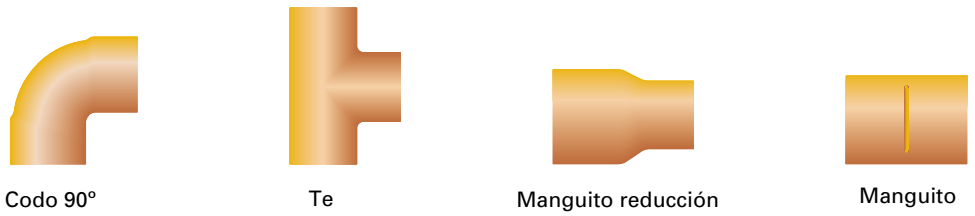


Figura 2.4. **Accesorios de cobre para soldar**

2.2.2. Accesorios mecánicos

Existen también en el mercado accesorios de latón, estampados y mecanizados, así como de bronce fundido, igualmente mecanizados, para soldar, soldar-roscar y roscar-roscar.

Para uniones cobre-hierro existen manguitos de unión especialmente diseñados, que van provistos de un material dieléctrico que aísla ambos metales.

Los manguitos mecánicos ofrecen la gran ventaja de que pueden ser montados muy rápidamente, incluso por operarios poco experimentados. Existen muchos tipos de manguitos mecánicos y resulta imposible describir aquí las características de cada uno de ellos. Sin embargo, se pueden clasificar en tres tipos:

Manguitos de compresión

Éstos no necesitan la preparación previa de los extremos de los tubos que van a unir.

Los accesorios de compresión pertenecen al grupo de accesorios metálicos para unir tuberías. Constan de las siguientes partes (véase la figura 2.5).

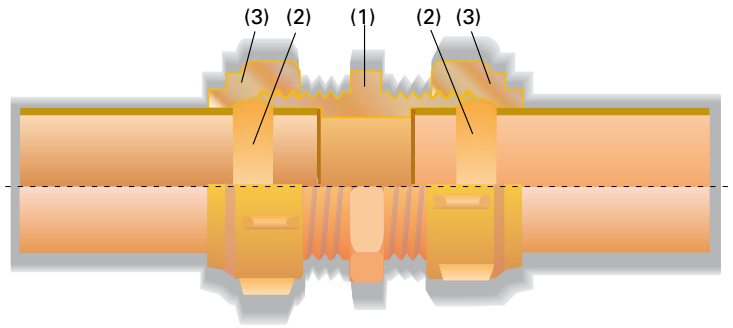


Figura 2.5. **Manguito de compresión**

Los accesorios de compresión se pueden desmontar, si fuera necesario, antes del montaje. Coloque los tubos a unir dentro del cuerpo del accesorio (1) hasta llegar al tope y apriete manualmente para posteriormente usar herramientas convencionales (llave inglesa). El anillo de compresión se adaptará dando lugar a un sellado mecánico entre el tubo y el accesorio.

Manguitos de pestaña forjada

Estos manguitos necesitan la formación de una pestaña en el extremo del tubo a unir. Una operación sencilla mediante el empleo de herramientas muy simples permite prepararlo con facilidad. Para conseguir hermeticidad con este tipo de manguitos, es necesaria la colocación de una arandela plástica entre la pestaña y el manguito.

Existen, sin embargo, manguitos de este tipo que no necesitan junta plástica, puesto

que la hermeticidad se consigue por la plasticidad de la propia pestaña de cobre, pero la formación de ésta requiere una herramienta especial (véase la figura 2.6).

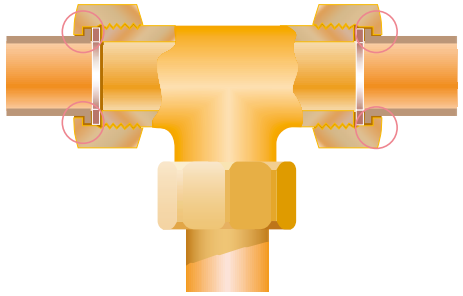


Figura 2.6. **Manguitos de pestaña forjada**

Manguitos de ajuste cónico

Exigen la preparación previa del extremo del tubo para formar el cono, pero este trabajo se puede realizar muy rápidamente con un simple ensanchador cuya conicidad corresponda con la del manguito. Al apretar la tuerca, se procede al bloqueo del cono del tubo sobre el cono del manguito, sin la interposición de ninguna junta plástica (véase la figura 2.7).

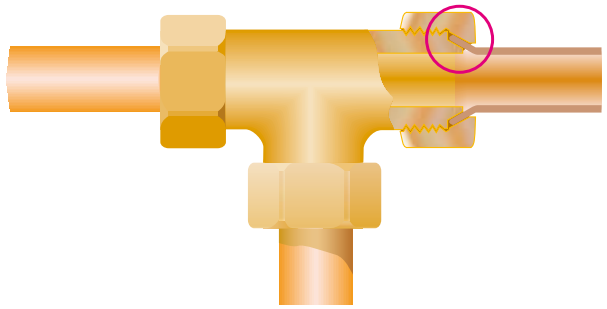


Figura 2.7. **Manguitos de ajuste cónico**

2.2.3. Accesorios "por empuje" (*push-fitting*)

Una nueva tecnología denominada *push-fit* que garantiza la realización de uniones, con las siguientes ventajas de utilización (véase la figura 2.8):

- Libre de calor, preserva de daño a uniones y accesorios.
- Unión rápida, en 4 s.
- Vida útil, 50 años.
- El tubo puede girar 360º manteniendo la estanquidad.
- Reutilizable.
- Puede trabajarse incluso con humedad en la red de tubería.
- Sin necesidad de herramientas.
- Soporta presiones de trabajo de hasta 16 bar.



Figura 2.8. **Accesorios *push-fit***

Condiciones de trabajo

(Véase la tabla 2.1.)

Tabla 2.1. **Condiciones de utilización del push-fit**

	Condiciones de trabajo	
	Temperatura máx. (ºC)	Presión máx. (bar)
De 10 mm a 28 mm	30 ºC	16 bar
	65 ºC	10 bar
	95 ºC	6 bar

Características de la junta tórica

(Véase la tabla 2.2.)

Tabla 2.1. Tabla 2.2. **Características de la junta tórica**

Material	Temperatura	Color
EPDM (Etileno-Propileno-Dieno-Caucho)	De –30 ºC a +130 ºC	Negro

Aplicaciones del sistema

(Véase la tabla 2.3.)

Tabla 2.3. **Temperaturas y presiones de trabajo**

Material	Temperatura	Presión
Agua potable	95 ºC	10 bar
Calefacción	110 ºC	6 bar
Agua de lluvia	20 ºC	10 bar
Presión de prueba	20 ºC	16 bar

Secuencia del montaje con *push-fit*

(Véase la figura 2.9.)



1. Cortar la tubería utilizando un cortatubos



2. Eliminar rigurosamente rebabas del interior y exterior de la tubería



4. Intente extraer el tubo para asegurar la correcta instalación



3. Introducir el tubo en el accesorio con una ligera presión



5. Desmontar el accesorio

Figura 2.9. **Secuencia del montaje y desmontaje con accesorios *push-fit***

2.2.4. Accesorios con extremos a presión para tubos metálicos (*press fitting*)

(Véase la figura 2.9.)



Figura 2.10. **Detalle del accesorio *press-fit***

Es una novedosa manera de realizar instalaciones con cobre, sin elementos soldados, pues se trata de una unión en frío (véase la figura 2.11). Los accesorios incluyen una junta tórica, y mediante una herramienta de prensado se realiza una unión mecánica del tubo y el accesorio, totalmente estanca. El tubo y el accesorio no sufren calentamientos y mantienen sus valores mecánicos de origen.

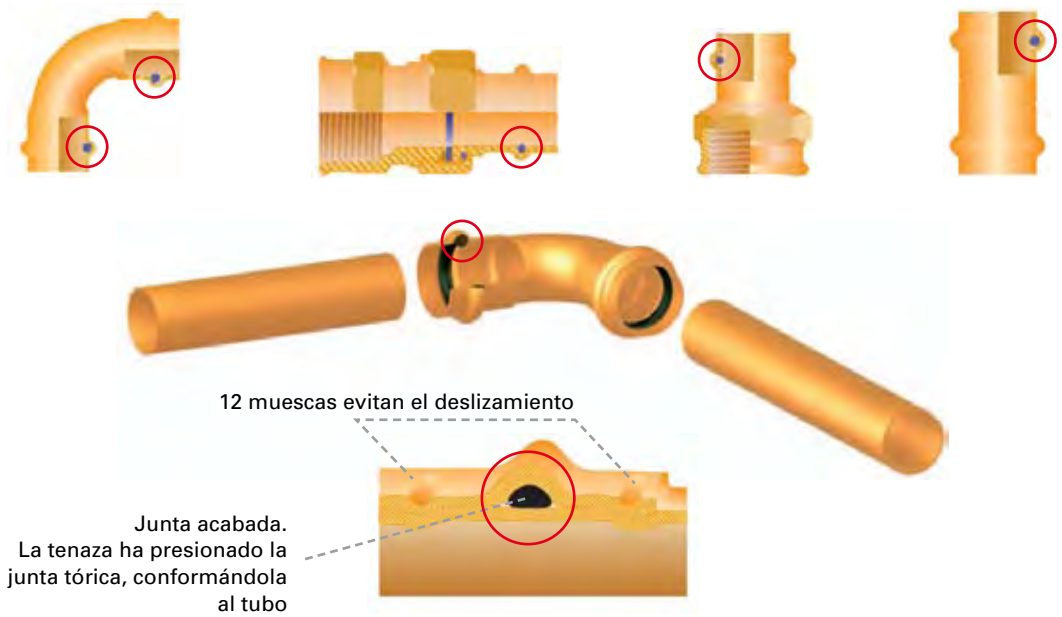


Figura 2.11. **Accesorios de unión por presión**

Detalles de diseño y montaje del accesorio de presión

(Véase la figura 2.12.)



Figura 2.12. **Detalles de diseño y montaje del accesorio de presión**

Secuencia del montaje con accesorio de presión

(Véase la figura 2.13.)



Cortar a medida la tubería de cobre, con cortatubos convencional



Eliminar rigurosamente toda la rebaba del tubo, interior y exterior. Retirar todas las virutas que pueda haber



Comprobar la limpieza de la pieza y la junta tórica. (No utilizar lubricantes)



Introducir la tubería, sin rebabas, girándola suavemente hasta que llegue al tope de la pieza



Es importante marcar la profundidad de inserción. El tubo puede salirse durante el montaje de otras piezas



Prensado automático. Comprobar antes que el tubo está en su sitio, mediante la marca efectuada con el rotulador

Figura 2.13. **Secuencia del montaje con accesorio de presión. El perfil de la mordaza de la máquina de prensar para tubo de cobre es en V**

Principios generales de colocación. Puntos de sujeción fijos y móviles

Al fijar la tuberías hay que diferenciar entre punto fijo y móvil. El punto fijo ancla el tubo sin posibilidad de deslizarse, y el móvil permite las dilataciones lineales propias de los cambios de temperatura (véase la figura 2.14).

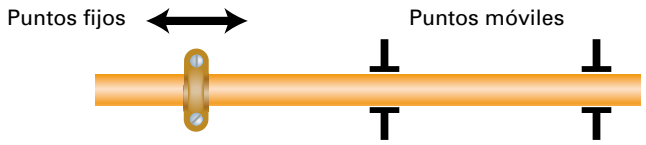


Figura 2.14. **Puntos de sujeción fijos y móviles**

Un tramo de tubería que no contenga cambios de dirección o que no incluya ninguna compensación de dilatación, sólo puede tener un punto fijo de sujeción por tramo (véase la figura 2.15).

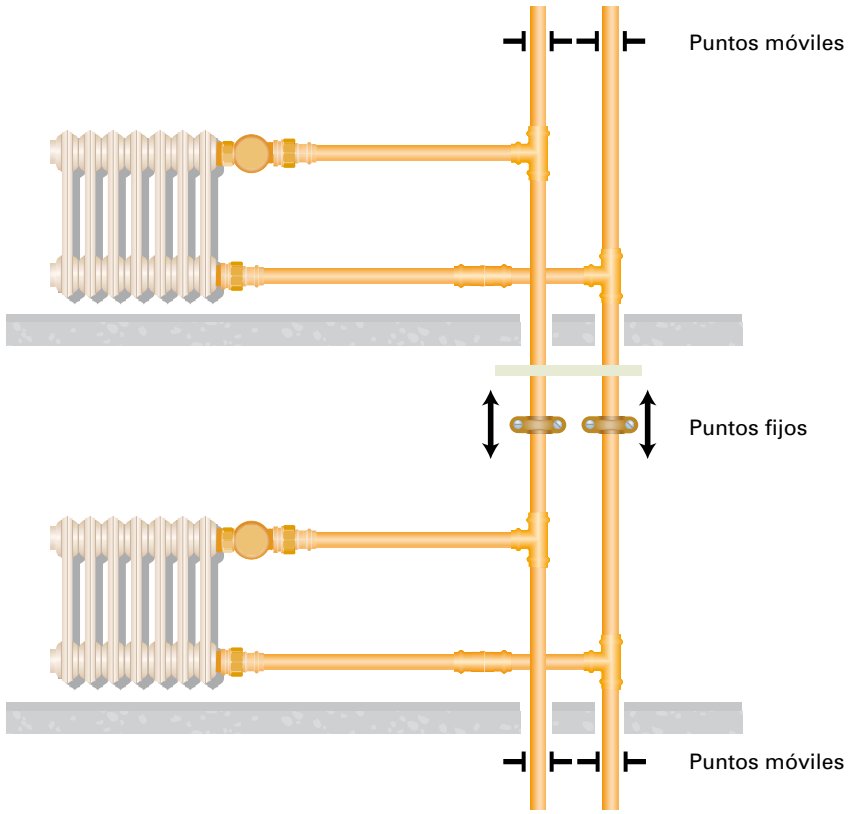


Figura 2.15. **Algunos elementos fuera de escala a título ilustrativo**

Un punto de sujeción móvil colocado a continuación del accesorio que marca un cambio de dirección de la tubería, impide que ésta pueda dilatarse libremente, convirtiéndose involuntariamente en un punto fijo (véase la figura 2.16). La fijación sobre el accesorio no es adecuada y debe evitarse (véase la figura 2.17).

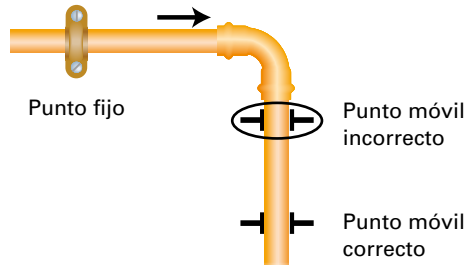


Figura 2.16. **Sujeción móvil. A continuación del accesorio (incorrecto)**

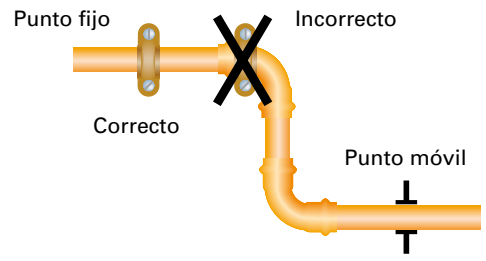


Figura 2.17. **Fijación sobre el accesorio (incorrecto)**

Campos de aplicación de los accesorios *press-fitting*

(Véase la tabla 2.4.)

Tabla 2.4. **Campos de aplicación de los accesorios *press-fitting***

Agua potable, calefacción y aire

Aplicación	Presión	Temperatura	Medio
Instalaciones de agua potable según la Norma EN 806	10 bar 16 bar	95 °C 30 °C	Agua potable según la directiva del agua potable
Agua fría	10 bar	5 °C	Agua
Calefacción	6 bar	110 °C	50/50 mezcla glicol/agua
Energía solar	3 bar	–35 °C hasta +130 °C 200 °C 20 h/a 180 °C 60 h/a	50/50 mezcla glicol/agua
Calefacción centralizada	10 bar	130 °C	50/50 mezcla glicol/agua
Instalaciones de aire comprimido (sin lubricación)	10 bar	30 °C	Aire comprimido según la Norma ISO 8573-1. Clase 1-4 (sin lubricación)
Construcción naval	10 bar 16 bar	95 °C 30 °C	Agua
Vacío	–0,8 bar	Ambiente	—
Sistema contra-incendios sprinkler	16 bar	Ambiente	Agua

Gas

Aplicación	Presión	Temperatura	Medio
Instalaciones de gas según DVGW-TRGI 1986/96	PN5/GT/L	–20 °C hasta +70 °C	Gases según DVGW G260
Instalaciones de gases licuados (GLP)	PN5/GT/L	–20 °C hasta +70 °C	Gases según DVGW G260
Instalaciones de gasóleo	PN5	–20 °C hasta + 40 °C	—
Instalaciones de aire comprimido (con lubricación)	10 bar	25 °C	—

Energía solar

Aplicación	Presión	Temperatura	Medio
Instalaciones solares y calefacción centralizada	15 a 54 mm	≤6,5 bar	–35 °C +140 °C permanente +230 °C puntual

Valores orientativos para los intervalos de fijación de las tuberías de cobre (véase la tabla 2.5).

Tabla 2.5. **Valores orientativos de fijación de las tuberías de cobre**

Diámetro exterior (mm)	Intervalo de sujeción	
	Tubo cobre duro (en metros)	Tubo recocido (en metros)
12	1,25	0,7-0,9
15	1,25	0,7-0,9
18	1,50	0,8-1,0
22	2,00	0,9-1,1
28	2,25	
35	2,75	
42	3,00	
54	3,50	
64	3,75	
76,1	4,00	
88,9	4,25	
108	5,00	

Espacio necesario para realizar el proceso de prensado

(Véanse las figuras 2.18 y 2.19.)

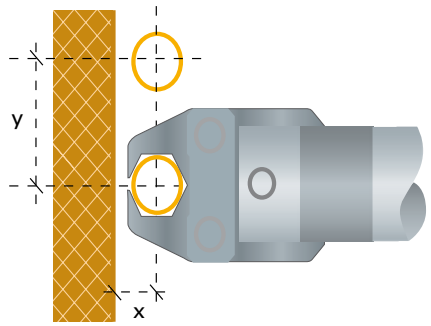


Figura 2.18. **Instalación pared**

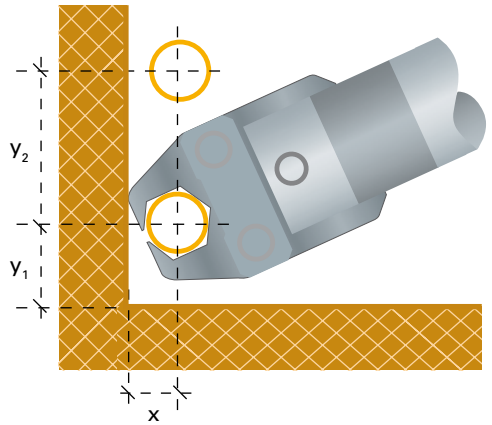


Figura 2.19. **Instalación techo-pared**

(Véanse las tablas 2.6 y 2.7.)

Tabla 2.6. **Instalación pared (véase la figura 2.18)**

Tabla 2.6. Instalación pared (véase la figura 2.18)		
Diámetro exterior (mm)	x (mm)	y (mm)
12	26	51
15	26	53
18	26	54
22	26	56
28	33	69
35	33	73
42*	75	115
54*	85	120

* Cadenas de prensar.

Tabla 2.7. **Instalación techo-pared (véase la figura 2.19)**

Medidas de la tubería			
Diámetro exterior (mm)	x (mm)	y_1 (mm)	y_2 (mm)
12	31	45	71
15	31	45	73
18	31	45	74
22	31	45	76
28	38	55	80
35	33	55	85
42*	75	75	115
54*	85	85	140

* Cadenas de prensar.

2.3. Uniones sin accesorio

Se pueden efectuar uniones sin manguitos en dos modalidades: a) empalme recto; b) en derivación.

2.3.1. Empalme recto

Para realizar una unión recta de dos tubos del mismo diámetro, se ensancha el extremo de un tubo hasta que permita la penetración del otro (véase la figura 2.20).

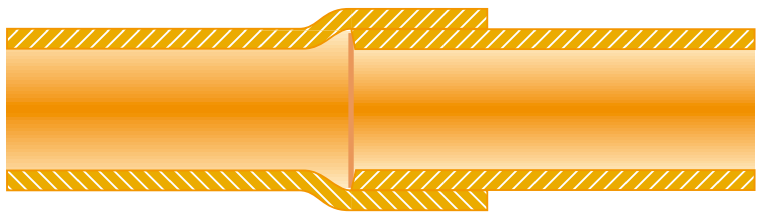


Figura 2.20. **Unión sin accesorio con extremo ensanchado**

Este aumento de diámetro se realiza de forma mecánica mediante el uso de una herramienta consistente en un calibre interior, que funciona como guía, unido a un mandril troncocónico, con una masa final que recibe el golpe evitando así que se deforme el mandril (véase la figura 2.21). Existen máquinas para operaciones múltiples que permiten uniones de tubos de igual diámetro, por ejemplo expandiendo los tubos. Las uniones realizadas de esta manera se sueldan por capilaridad, con soldadura blanda o soldadura fuerte.

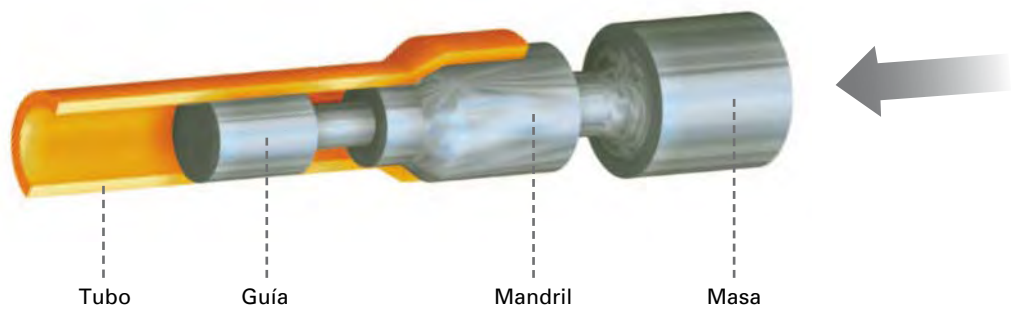


Figura 2.21. **Calibre interior para ensanchar el extremo del tubo**

Proceso de abocardado y unión

(Véase la figura 2.22.)



1. El expandido debe realizarse con el tubo de cobre recocido



(a) (b)

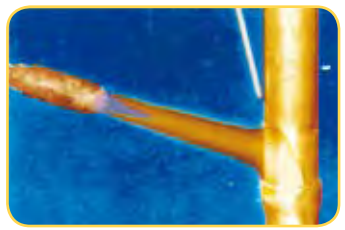
2. El expandido puede hacerse con el expandidor manual (a) o hidráulico (b)



3. Limpieza interior del tubo expandido con escobilla



4. Limpieza exterior con estropajo no metálico del tubo no expandido



5. Unión por la soldadura



6. Tubos unidos por medio de un expandidor y posterior soldadura

Figura 2.22. **Proceso de abocardado y unión**

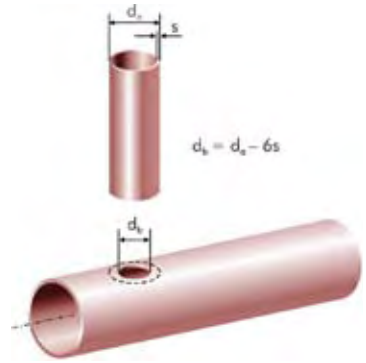
2.3.2. Empalme en derivación

Esta derivación se realiza normalmente en ángulo recto, perforando el tubo con un soplete y soldando directamente la derivación, o bien, utilizando un taladro que deja una pequeña pestaña alrededor del orificio, donde se instala la derivación ligeramente ensanchada en el extremo de unión. No son de uso habitual por la dificultad que conlleva con respecto a la soldadura por capilaridad con accesorios (véanse las figuras 2.23 y 2.24).



1. Taladro para perforar el agujero. El diámetro del taladro debe ser menor o igual al diámetro exterior del tubo menos seis veces el espesor del tubo

Derivación a 90º sin accesorio



Ejemplo: Tubo diámetro exterior 22 mm, espesor 1 mm. El taladro será de 16 mm, como máximo



2. Introducción del gancho extractor en el agujero

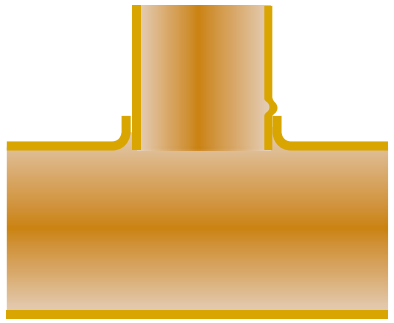


3. Atornillar la campana firmemente al tubo

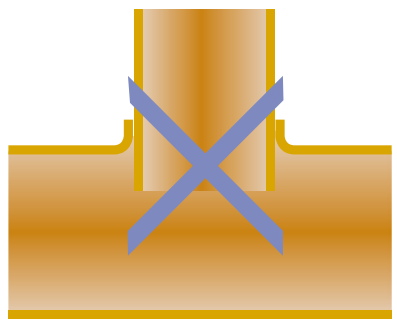


4. Girar. Para extraer la Te, hacer retroceder el husillo sujetándolo firmemente de la campana para realizar la embocadura

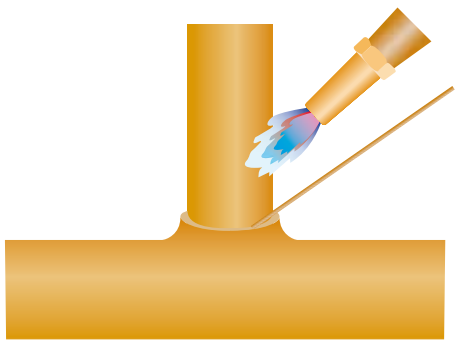
Figura 2.23. **Secuencia del proceso de empalme en derivación**



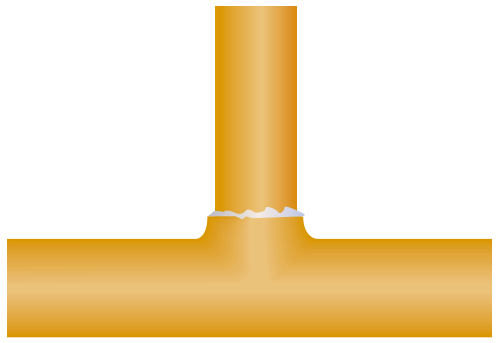
Muesca que se realiza con una tenaza de levas ajustable para fijar la profundidad máxima de la inserción del tubo. Esta muesca impide que el tubo entre excesivamente dentro del otro



El tubo debe quedar a ras del diámetro interior del tubo en que penetra. De no ser así generará problemas de turbulencias, ruido y reducción del caudal por cierre del paso



Unión del tubo mediante soldadura fuerte. El hecho de que el tubo quede sometido a movimientos laterales obliga al uso de soldadura fuerte



Resultado final



Figura 2.24. **Secuencia resumen del proceso**

2.4. Decapantes

La función del decapante es la de desoxidar la superficie metálica así como de protegerla durante el calentamiento y, además, facilitar y mejorar la penetración y distribución del material de aporte entre las superficies a unir; en definitiva, favorecer el efecto de capilaridad.

Es necesario subrayar que los decapantes no tienen la misión de limpiar las superficies, las cuales deben estar ya limpias antes de aplicarlos.

Si en una misma instalación hay que emplear soldaduras blandas y fuertes, no es posible emplear el mismo decapante para ambas. Los decapantes convenientes para las soldaduras blandas no son aptos para las fuertes, y viceversa. Si se olvida esta regla fundamental se corre el riesgo de obtener uniones de mala calidad.

Algunos criterios para valorar la calidad del decapante son:

- **No ser ácido (pH neutro)**, evitándose así que se produzca corrosión del metal, en caso de que eventualmente parte del producto quede sin retirar durante la limpieza posterior.

- **Soluble en agua fría**, pues de este modo se podrán eliminar fácilmente los posibles restos de decapante, garantizándose así la absoluta pulcritud del sistema de conducción.

- **Estable** ante los cambios de temperatura y el paso del tiempo. A altas temperaturas ambientales (por ejemplo, durante el verano o almacenaje en lugares cálidos) hay productos cuyas emulsiones, tanto en pasta como en gel, se rompen –la fase grasa se separa de la acuosa–, no se recuperan una vez enfriados y pierden, por tanto, su efectividad.

- **No irritante ni tóxico**, lo que constituye una garantía de tranquilidad para el instalador.

- **Adecuado** para los rangos de temperatura de soldadura a los que va a ser sometido.

- **Resultar apropiado** para la aplicación final de la conducción a instalar. Esto es especialmente relevante para las conducciones de agua potable en las que la composición del decapante no debe contener productos contaminantes para la misma.

2.5. Material de aporte

El material de aporte es una aleación formada normalmente por dos o tres metales, que se emplea para realizar la unión tubo/accesorio asegurando la estanquidad del sistema.

Su temperatura de fusión (fase líquida) es inferior a la de las partes a unir. Como referencia se incluyen en el anexo A las temperaturas de fusión de varios elementos y de las aleaciones de soldadura más usuales.

Los mejores resultados se obtienen empleando aleaciones con temperaturas de fusión lo más bajas posible –dentro de su rango de actuación– y con intervalos de solidificación lo más estrechos posible. Además, es recomendable el empleo de material de aportación con buenas propiedades capilares. La plata tiene la mayor capacidad de penetración.

En cuanto a la cantidad de material de aporte a emplear, se suele usar como referencia–en soldadura blanda– una longitud de hilo igual al diámetro del tubo a soldar (hasta tubos de 28 mm) (véase la tabla 2.8).

El instalador decidirá, en función del uso al que vaya destinada la instalación, qué tipo de montaje, y qué tipo de soldadura, blanda o fuerte, serán los idóneos para un trabajo correcto.

Tabla 2.8. **Material de aporte en función del diámetro exterior**

Diámetro exterior tubo (mm)	Consumo de aleación en mm de longitud	
	Hilo ∅ 1,5	Hilo ∅ 2,5
8	19	—
10	22	—
12	25	—
14	32	—
15	40	20
16	42	21
18	46	22
22	50	35
28	75	38
35	100	50
42	—	65
54	—	95

2.5.1. Material de aporte para soldadura blanda

Se elegirá soldadura blanda, es decir, realizada con metal de aportación cuyo punto de fusión está en torno a los 220-240 ºC y siempre inferior a 450 ºC según la Norma UNE-EN 1057, en casos de:

- Instalaciones hidrosanitarias, redes de distribución de agua caliente o fría, calefacción y gas MOP (Máxima Presión de Operación) 0,05 bar.
- En otras instalaciones donde la temperatura máxima de servicio no supere los 120 ºC.
- En diámetros de hasta 54 mm.
- Temperaturas y presiones de servicio máximas de los ensambles para las aleaciones de soldadura, según la Norma UNE EN 1254-1 *Cobre y aleaciones de cobre. Accesorios. Parte 1: Accesorios para soldeo o soldeo fuerte por capilaridad para tuberías de cobre (véase la tabla 2.9).*

Tabla 2.9. **Temperaturas y presiones de servicio para conducciones de agua**

Tipo de soldadura(1)	Temperatura máxima (ºC) (2)	Presión máxima, en bar, en función del diámetro exterior (mm) (1) (2)		
		6 a 34	>34 a 54	>54 a 108
Blanda y fuerte	30	25	25	16
	65	25	16	16
	110	16	10	10

La opción depende del campo de aplicación y condiciones prescritas:
(1) Para condiciones de trabajo fuera de los límites de esta tabla, se debería obtener la aprobación del fabricante.
(2) Las presiones intermedias se deben calcular por interpolación.
Nota: en instalaciones de agua para consumo humano, no se permite la utilización de soldeo que contenga plomo, ni de soldeo fuerte que contenga cadmio.

El material de aporte para la soldadura blanda cumplirá las características de la Norma UNE-EN ISO 9453. En la tabla 2.10 se indica la composición de los materiales de aporte para la soldadura blanda.

Tabla 2.10. **Material de aporte para soldadura blanda (según Norma UNE-EN ISO 9453)**

Grupo	Aleación n.º	Designación de la aleación de acuerdo con la Norma ISO 3677	Temperatura de fusión o solidos/ líquidos (ºC)	Composición química (%)													
				Sn	Pb	Sb	Bi	Cu	Au	In	Ag	Al	As	Cd	Fe	Ni	Zn
Estaño-cobre	401	S-Sn99Cu1 (Sn99,3Cu0,7)	227	Resto	0,10	0,10	0,10	0,5 a 0,9	0,05	0,10	0,10	0,001	0,03	0,002	0,02	0,01	0,001
	402	S-Sn97Cu3	227/310	Resto	0,10	0,10	0,10	2,5 a 3,5	0,05	0,10	0,10	0,001	0,03	0,002	0,02	0,01	0,001
Estaño-plata	702	S-Sn97Ag3	221/224	Resto	0,10	0,10	0,10	0,05	0,05	0,10	2,8 a 3,2	0,001	0,03	0,002	0,02	0,01	0,001
	703	S-Sn96Ag4 (Sn96,5Ag3,5)	221	Resto	0,10	0,10	0,10	0,05	0,05	0,10	3,3 a 3,7	0,001	0,03	0,002	0,02	0,01	0,001
	704	S-Sn95Ag5	221/240	Resto	0,10	0,10	0,10	0,05	0,05	0,10	4,8 a 5,2	0,001	0,03	0,002	0,02	0,01	0,001

Generalmente, las aleaciones para soldadura se hallan en el comercio en forma de rollos de hilo (véase la figura 2.25).



Figura 2.25. **Carrete metal aporte con licencia de marca de calidad AENOR. Identificación de la aleación**

El carrete de la fotografía se ha fabricado según la Norma UNE-EN ISO 9453 y ha sido certificado bajo licencia de marca de calidad AENOR.

El carrete identificado como corresponde al Reglamente AENOR para este producto, es un material **certificado** y AENOR garantiza, por medio de auditorías periódicas, la composición correspondiente a la denominación requerida para la aplicación especificada en la norma.

Dependiendo de la aleación del carrete, y para facilitar su identificación a simple vista, el producto llevará un distintivo de color en la etiqueta y/o carrete de manera clara y visible:

- Aleación 401: Naranja.
- Aleación 402: Verde.
- Aleación 702: Azul.
- Aleación 703: Rojo.
- Aleación 704: Blanco.

Para decapantes de soldadura blanda, véase la tabla 2.11.

Tabla 2.11. **Decapantes para soldadura blanda**

Decapante según Norma UNE-EN 29454-1	Temperatura de fusión
3.1.1. Inorgánica sales con cloruro de amonio	150 ºC - 400 ºC
3.1.2. Inorgánica sales sin cloruro de amonio	
2.1.2. Orgánica, hidrosoluble y activada con heluros	

En una soldadura blanda intervienen tres materiales con diferentes puntos de fusión:

- Punto de fusión del cobre: 1 083 ºC.
- Punto de fusión del decapante: 430 ºC.
- Punto de fusión del metal de aporte: 220 ºC - 240 ºC.

(Véase la figura 2.26.)

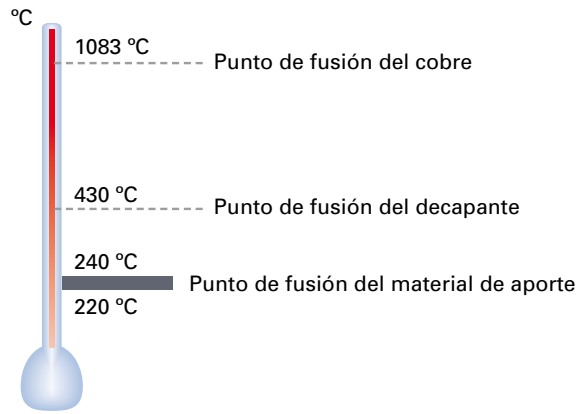


Figura 2.26. **Puntos de fusión a contemplar en los materiales de aporte y decapante en la soldadura blanda**

Durante el calentamiento en el proceso de soldadura, el comienzo de la ebullición del decapante indicará que hemos alcanzado la temperatura idónea para poder aplicar el material de aportación.

2.5.2. Material de aporte para soldadura fuerte

El instalador elegirá soldadura fuerte, es decir, la realizada con material de aportación cuyo punto de fusión está entre 630 ºC y 890 ºC, siempre superior a 450 ºC según la Norma UNE-EN 1057, en casos de:

- Uniones soldadas que deban soportar elevados esfuerzos mecánicos.
- Instalaciones de transporte o distribución de fluidos a alta presión o donde deban soportar temperaturas superiores a 125 ºC.
- Cuando la dirección técnica u organismo oficial así lo dictaminen.

Las aleaciones por soldadura fuerte que se encuentran en el mercado en forma de varillas desnudas o revestidas de decapante, se pueden diferenciar en dos clases:

- Aleaciones con elevado porcentaje de plata.
- Aleaciones de cobre fósforo.

Aleaciones recomendadas

(Véase la tabla 2.12.)

Tabla 2.12. **Material de aporte para soldadura fuerte**

Soldadura fuerte UNE-EN 1044	Composición química					
	% Cu	% Ag	% Zn	% Sn	% P	% Si
CP 203	Resto	—	—	—	5,9 - 6,5	—
CP 105	Resto	1,5 - 2,5	—	—	5,9 - 6,7	—
AG 106	35 - 37	33 - 35	Resto	2,5 - 3,5	—	—
AG 104	26 - 28	44 - 46	Resto	2,5 - 3,5	—	—
AG 203	29 - 31	43 - 45	Resto	—	—	—
AG 206	43-45	29-21	Resto	—	—	0,05 -0,25

Nota: en instalaciones de agua para consumo humano, no se permite la utilización de soldeo que contenga plomo, ni de soldeo fuerte que contenga cadmio.

Intervalos de fusión y decapantes, soldadura fuerte

(Véase la tabla 2.13.)

Tabla 2.13. **Intervalos de fusión de soldadura fuerte y decapantes**

Soldadura fuerte UNE-EN 1044	Intervalo de fusión	Decapante UNE-EN 1045	Rango de temperaturas
CP 203	710 ºC - 890 ºC	FH 10	550 ºC - 800 ºC
CP 105	645 ºC - 825 ºC		
AG 106	630 ºC - 730 ºC		
AG 104	640 ºC - 680 ºC		
AG 203	675 ºC - 735 ºC		
AG 206	690 ºC - 810 ºC		

La mayor o menor idoneidad de un material de aportación para la soldadura fuerte se debe juzgar, entre otros aspectos, por su fluidez, es decir, por la capacidad con que penetra en el intersticio de la unión. Los mejores resultados se obtienen empleando aleaciones con temperatura de fusión lo más baja posible –dentro de su rango de actuación– y con intervalos de solidificación lo más estrechos posible.

En una soldadura fuerte intervienen tres materiales con diferentes puntos de fusión (véase la figura 2.27).

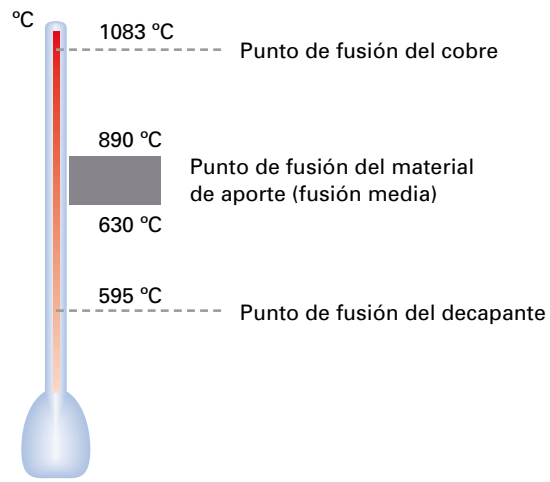


Figura 2.27. **Puntos de fusión a contemplar en los materiales de aporte y decapante en la soldadura fuerte**

En el proceso de soldadura, durante el calentamiento, sabremos que la unión está suficientemente caliente como para aplicar el material de aportación cuando el decapante se presenta tranquilo, y transparente, tanto sobre el tubo como sobre el accesorio.

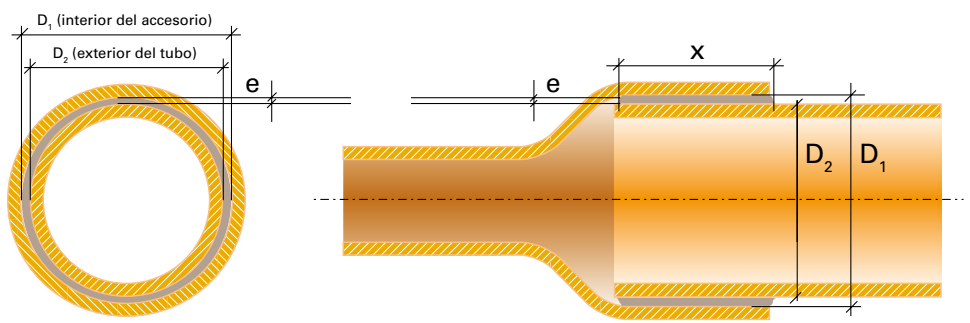
2.6. Cálculo de la longitud del material de aporte necesario

Se trata de calcular el volumen formado en el intersticio de la unión. Este volumen es el de un cilindro hueco de espesor de pared (e) y altura (x) (véase la figura 2.28).

x es la longitud del solapamiento entre el tubo macho y el accesorio (o tubo hembra).

e es la tolerancia entre el tubo y el accesorio, es decir, el espesor del intersticio que queda entre el tubo y el accesorio, que se define mediante la fórmula (véase la figura 2.28):

$$e = \frac{(D_1 - D_2)}{2}$$; siendo: D_1= diámetro interior del accesorio o tubo hembra
D_2= diámetro exterior del tubo (macho)



El volumen de un cilindro es: V = superficie x altura

$V=(\pi \cdot r^2) \cdot altura$ $\quad r=radio=\frac{diámetro}{2}$

$$V=\left[\pi \cdot \left(\frac{D}{2}\right)^2\right] \cdot altura= \left[\pi \cdot \left(\frac{D}{4}^2\right)\right]$$

Figura 2.28. **Volumen del cilindro**

El volumen del intersticio se calcula restando, del volumen interior del accesorio, el volumen ocupado por el tubo, suponiendo que éste fuera macizo:

$$V_{intersticio} = \frac{\pi \cdot D_1^2}{4} \cdot x - \frac{\pi \cdot D_2^2}{4} \cdot x = \frac{\pi}{4} \cdot x \cdot (D_1^2 - D_2^2) = 0{,}785 \cdot (D_1^2 - D_2^2) \cdot x$$

Si usamos como hilo de soldar uno de 2 mm de espesor, el volumen de hilo a utilizar para rellenar el intersticio será:

$$V_{hilo} = \frac{\pi \cdot (diámetro\ hilo)}{4} \cdot longitud\ hilo = \frac{3{,}14 \cdot 2^2}{4} \cdot longitud\ hilo = 3{,}14 \cdot longitud\ hilo$$

$$V_{hilo} = 3{,}14 \cdot longitud\ hilo$$

Como este volumen debe ser igual al volumen del intersticio, pues éste debe quedar completamente relleno de material de aporte, podemos decir:

$$V_{intersticio} = V_{hilo}$$

$$0{,}785 \cdot (D_1^2 - D_2^2) \cdot x = 3{,}14 \cdot longitud\ hilo$$

$$longitud\ hilo = \frac{0{,}785 \cdot (D_1^2 - D_2^2) \cdot x}{3{,}14} = 0{,}25 \cdot (D_1^2 - D_2^2) \cdot x$$

Según esta fórmula y siempre para un diámetro de hilo de 2 mm (véase la tabla 2.14).

En la figura 2.29 se muestra el rango de temperaturas para los distintos tipos de soldadura.

Tabla 2.14. **Material de aporte necesario**

Tubo ∅ exterior	Tolerancia $\frac{(D_1 - D_2)}{2} = e$		Solapamiento X	mm ∅ hilo soldar	Máxima longitud hilo	Mínima longitud hilo
	máx.	mín.				
6	0,10	0,10	5	2	2,95	2,95
8	0,10	0,10	6	2	4,74	4,74
10	0,12	0,10	7	2	8,30	6,93
12	0,14	0,10	7	2	11,62	8,33
14	0,16	0,10	7	2	15,50	9,73
15	0,16	0,10	8	2	19,00	11,92
16	0,18	0,10	8	2	22,78	12,72
18	0,18	0,10	9	2	28,86	16,11
22	0,20	0,10	11	2	47,96	24,09
28	0,22	0,10	13	2	79,45	36,27
35	0,25	0,10	15	2	130,31	52,35
42	0,28	0,10	18	2	210,26	75,42
54	0,30	0,10	22	2	354,42	118,58

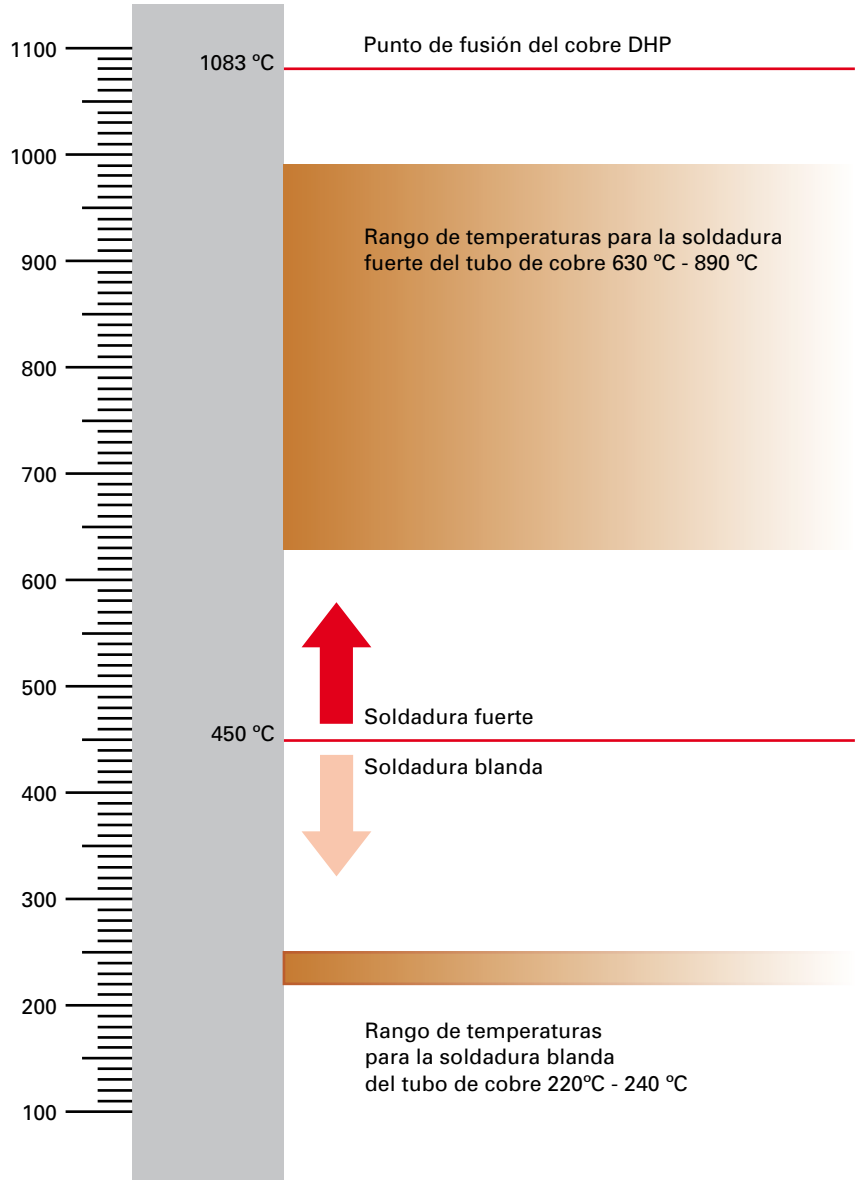


Figura 2.29. **Rango de temperaturas**



Ecológico

3.- Proceso de soldadura

3.1. Fenómeno de capilaridad

El proceso de soldadura está basado en el fenómeno natural de capilaridad. Para facilitar su comprensión lo explicaremos brevemente.

Si en un recipiente que contenga líquido se introducen dos tubos de diferente diámetro (véase la figura 3.1), se observa que en el de mayor diámetro el nivel del líquido es el mismo que el del recipiente; sin embargo, en el tubo de un diámetro mucho menor, el líquido asciende debido a la tensión superficial. A menor distancia entre paredes, mayor altura alcanza el líquido (véase la figura 3.2).

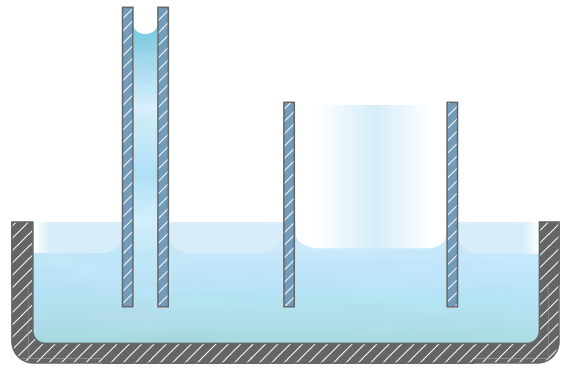
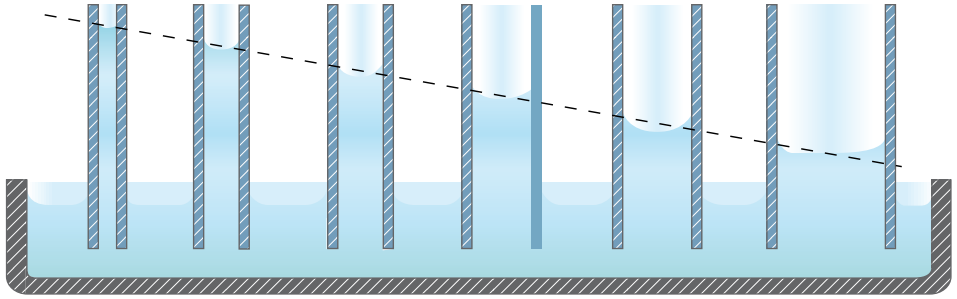


Figura 3.1. **Ejemplo de capilaridad**



A menor diámetro, mayor altura (se comprueba en las probetas)
Se puede decir que el diámetro está en proporción inversa a la ascensión capilar del líquido.

Figura 3.2. **Ejemplo de capilaridad**

Igualmente, si se sustituye el tubo pequeño por dos tubos encajados el uno dentro del otro, con una holgura muy pequeña, se observa que el líquido sube por el espacio entre ambos tubos (véase la figura 3.3). Ésta es la situación que se da en la unión entre un tubo y un accesorio.

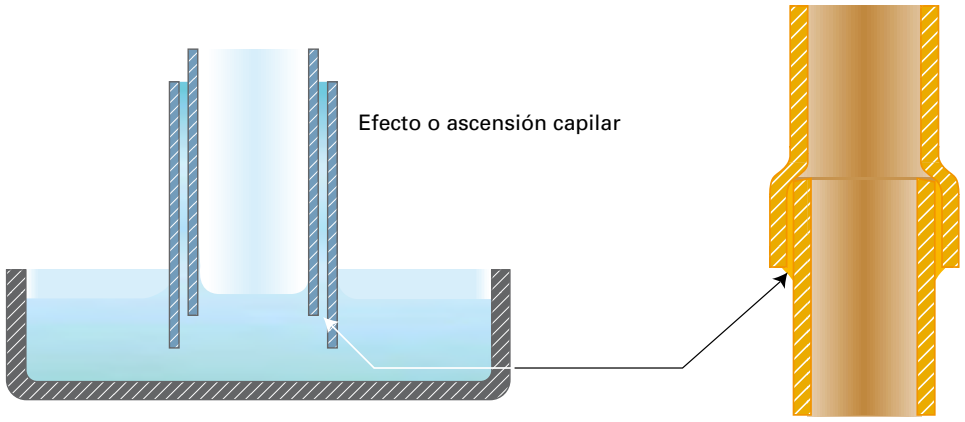


Figura 3.3. **Efecto de capilaridad**

Este fenómeno de capilaridad que se produce con el líquido, es el mismo que el que tiene lugar con los metales en estado de fusión; su aplicación práctica constituye la soldadura por capilaridad.

En resumen, la soldadura por capilaridad tiene lugar cuando a la unión de un tubo y un accesorio, después de su calentamiento, se le aporta un metal que se funde al contacto con ellos. Debido al fenómeno de capilaridad, el metal fundido asciende y se extiende en cualquier sentido, por el reducido espacio que queda entra la pared del tubo y la del accesorio; con ello, al enfriarse, se consigue una unión totalmente hermética. Por tanto, el resultado final de la soldadura será tanto mejor cuando más favorezcamos el principio de capilaridad.

Esto se consigue observando lo siguiente:

1. Distancia mínima entre paredes. A menor distancia entre paredes, mayor altura alcanza el líquido, en este caso el material de aporte fundido. La figura 3.4 nos proporciona la relación directa entre ambos parámetros.

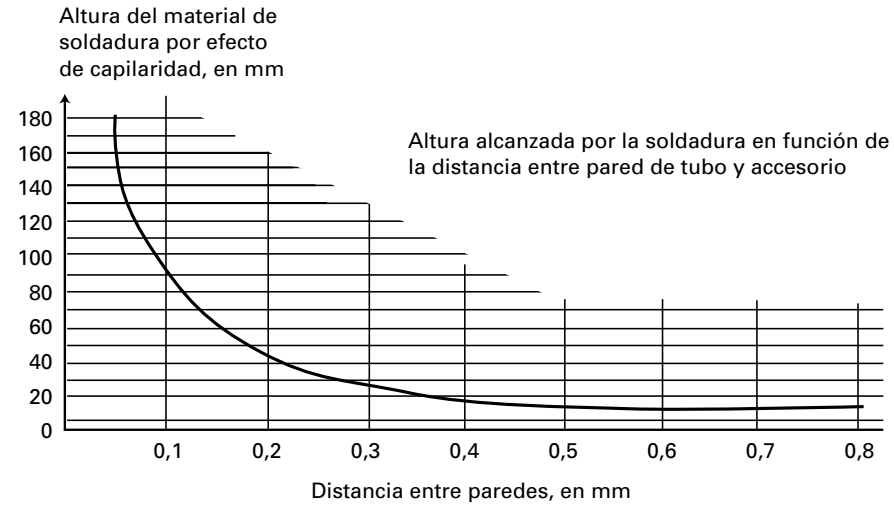


Figura 3.4. **Distancia mínima entre paredes**

2. Temperatura suficientemente alta y mantenida, para que el material fundido ascienda al máximo.

3. Mantenimiento de la regularidad de las superficies que forman el espacio entre paredes. Se consigue con un buen corte del tubo y posterior eliminación de rebabas, calibrado (y recalibrado si es necesario) de los extremos a unir, una buena limpieza mecánica (utilizando cepillos o lanas no abrasivos) y química (con un buen decapante neutro y soluble en agua fría).

4. Usando materiales de aporte con buenas propiedades capilares. Véase la tabla de materiales del capítulo 2 de este libro. Como ya se indica anteriormente, la dimensión del accesorio debe corresponder a la dimensión del tubo, y las eventuales variaciones de estas dimensiones deben estar dentro de las tolerancias establecidas en las normas correspondientes.

3.1.1. Tolerancias

Por las razones expuestas, el instalador debe recordar que para cada tamaño de tubo existe su accesorio de soldar correspondiente. No se deben unir nunca, por urgencia u otra causa, tubos y accesorios de distintas medidas por muy “aproximadas” que parezcan. Las tolerancias para el tubo son, según la norma vigente para el tubo de cobre:

Tolerancias en el diámetro exterior

(Según la Norma UNE-EN 1057) (véase la tabla 3.1).

Tabla 3.1. **Tolerancias en el diámetro exterior**

Diámetro exterior nominal (mm)		Diámetro exterior nominal (mm)		
D_N		Aplicables al diámetro medio[1]	Aplicables a cualquier diámetro[2]	
Superior a	Hasta, e incluido	Todos los estados de tratamiento	Estado de tratamiento R290 (duro)	Estado de tratamiento R250 (semiduro)
6[3]	18	±0,04	±0,04	±0,09
18	28	±0,05	±0,06	±0,10
28	54	±0,06	±0,07	±0,11
54	76,1	±0,07	±0,10	±0,15
76,1	88,9	±0,07	±0,15	±0,20
88,9	108	±0,07	±0,20	±0,30
108	159	±0,20	±0,70	±0,40
159	267	±0,60	±1,50	—

Nota: las tolerancias para el tubo con estado de tratamiento R220 (recocido) son sólo aplicables al diámetro medio.

[1] El diámetro medio se calcula efectuando la media aritmética de dos medidas del diámetro exterior perpendiculares
entre sí y tomadas en la misma sección transversal del tubo.
[2] Incluida la ovalación.
[3] (6 mm) incluido.

Tolerancias en el espesor de pared

(Según la Norma UNE-EN 1057.)

Las tolerancias en el espesor de pared, expresadas en porcentaje del espesor nominal medido en cualquier punto, deben cumplir los requisitos indicados en la tabla 3.2.

Tabla 3.2. **Tolerancias en el espesor de pared**

Diámetro exterior nominal (mm)	Tolerancias sobre el espesor e[1]	
DN (mm)	e < 1mm (%)	e ≥ 1mm (%)
<18	±10	±13
≥ 18	±10	±15[2]

[1] Incluida la excentricidad.
[2] ±10% para el tubo R250 (semiduro) de 35 mm, 42 mm y 54 mm de diámetro, con un espesor de pared de 1,2 mm.

Nota: la concentricidad (uniformidad en el espesor de pared) se controla mediante las tolerancias en el espesor de pared.

En el caso de los accesorios, según la Norma UNE-EN 1254-1

(Véase la tabla 3.3.)

Nota 1: las tolerancias indicadas en la tabla 3.3 y la utilización de los calibres definidos en esta misma norma garantizarán la correcta repartición tanto de la soldadura blanda como de la fuerte, y permitirán alinear correctamente el extremo macho de un accesorio o, para un extremo hembra, el extremo libre del tubo por toda la junta.

Nota 2: en el caso de soldar por capilaridad accesorios y tubos de cobre, los extremos de los tubos deberían calibrarse según los diámetros exteriores especificados en la tabla en una longitud igual o superior a la de la embocadura del accesorio.

Nota 3: los extremos macho y hembra están esquematizados en las figuras 3.5 y 3.6.

Nota 4: las dimensiones de montaje no se pueden normalizar debido a la diversificación de los procesos de fabricación. Se debería consultar al fabricante para conocer estas dimensiones.

Tabla 3.3. **Tolerancias en el diámetro nominal del accesorio (Norma UNE-EN 1254-1)**

Diámetro nominal DN (mm)	Tolerancias en el diámetro medio [1] en función del diámetro nominal D^N (mm)		Diferencia de diámetros resultante (mm)	
	Diámetro exterior del extremo macho	Diámetro exterior del extremo hembra	Máx.	Mín.
6	+0,04 –0,05	+0,15 –0,06	0,20	0,02
8				
10				
12				
14				
14,7				
15				
16				
18				
21	+0,05 –0,06	+0,16 +0,07	0,24	0,02
22				
25				
27,4				
28				
34[2]	+0,16 +0,07	+0,23 +0,09	0,30	0,03
35[2]				
40[2]				
40,5[2]				
42[2]				
53,6[2]				
54[2]				
64[2]	+0,07 –0,08	+0,33 +0,10	0,41	0,03
66,7[2]				
70[2]				
76,1[2]				
80[2]				
88,9[2]				
106[2]				
108[2]				

[1] Media aritmética de dos diámetros perpendiculares en una sección transversal situada en cualquier punto a lo largo de la longitud del extremo macho o del extremo hembra.

[2] La soldadura de tubos y accesorios de estos diámetros requiere adoptar precauciones especiales con respecto al procedimiento operativo.

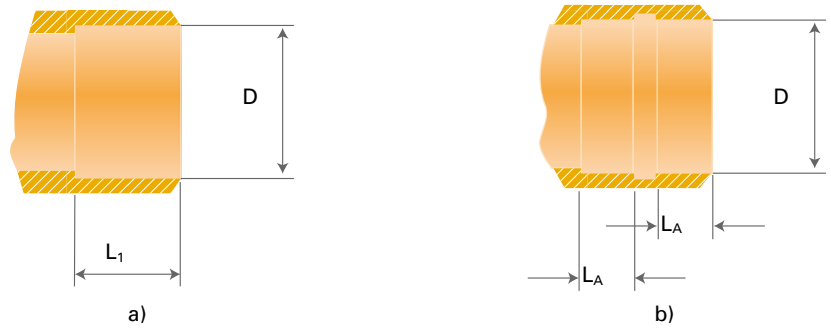
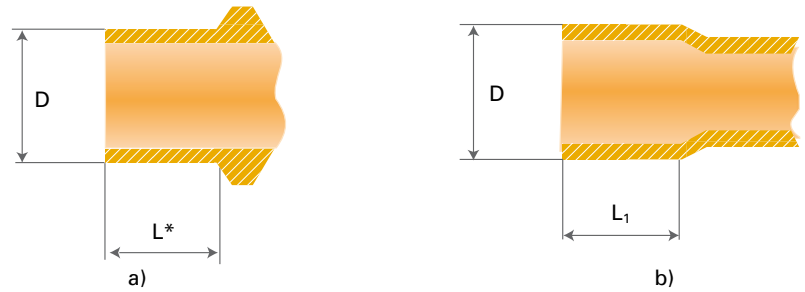


Figura 3.5. **Extremo hembra**



* Si el diámetro del extremo macho es menor que el diámetro del accesorio, la dimensión L_1 del extremo del macho debería incrementarse (L_2)(véase la tabla de longitudes mínimas de acoplamiento en el anexo A.3).

Figura 3.6. **Extremo macho**

Para el espesor de pared, según la Norma UNE-EN 1254-1

Espesor mínimo de pared. El espesor mínimo de pared, medido en un punto cualquiera, debe estar de acuerdo con las dimensiones de la tabla 3.4. Los requisitos de espesor mínimo de pared no se aplican en la huella de marcado de los extremos hembra.

Para los accesorios con anillo de soldadura incorporado, en los que se realiza una ranura en la longitud destinada a soldarse, el espesor mínimo de pared debe estar de acuerdo con la dimensión e´ de la misma tabla (véase la figura 3.7).

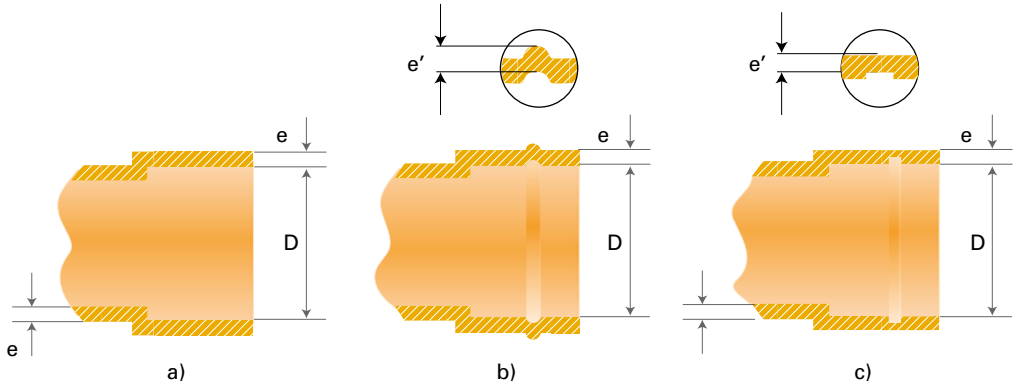


Figura 3.7. **Accesorio con anillo de soldadura incorporado. Espesor mínimo**

3.2. Ejecución de la soldadura blanda

Para lograr una soldadura blanda de calidad es conveniente seguir la secuencia de operaciones que se detalla a continuación.

3.2.1. Corte a medida del tubo

En primer lugar hay que cortar el tubo perpendicularmente usando un cortatubos, ya que con éste se obtiene siempre un corte perpendicular al eje. Esto nos permitirá evitar el exceso de rebabas y obtener un corte limpio y a escuadra. Una tubería mal cortada puede aumentar la separación entre la superficie del accesorio y la del tubo e impedir la capilaridad.

Asimismo, en esta operación hay que cuidar al máximo la exactitud de la longitud del tubo, a fin de que sus extremos se alojen completamente dentro de los accesorios y no se debilite la unión (véase la figura 3.8).

3.2.2. Eliminación de rebabas

Una vez cortado el tubo, hay que eliminar las rebabas de los extremos para que se acople bien con el accesorio y evitar así la acumulación de residuos que puedan provocar obstrucciones en la zona de corte generando turbulencias (véase la figura 3.9).

Existen cortatubos en el mercado provistos de una cuchilla destinada a tal fin.

Tabla 3.4. **Tabla de espesor de pared mínimo para accesorios según la Norma UNE-EN 1254-1**

Diámetro nominal D^N (mm)	Espesor mínimo de pared (mm)					
	Cobres forjados		Aleaciones de cobre forjadas		Cobre y aleaciones de cobre moldeados	
	e	e'	e	e'	e	e'
6	0,6	0,54	1,0	0,55	1,0	0,65
8	0,6	0,54	1,0	0,55	1,0	0,65
10	0,6	0,54	1,0	0,55	1,0	0,65
12	0,6	0,54	1,1	0,60	1,1	0,71
14	0,6	0,54	1,1	0,60	1,1	0,71
14,7	0,7	0,63	1,2	0,66	1,2	0,78
15	0,7	0,63	1,2	0,66	1,2	0,78
16	0,7	0,63	1,2	0,66	1,2	0,78
18	0,8	0,72	1,4	0,77	1,4	0,91
21	0,9	0,81	1,4	0,77	1,4	0,91
22	0,9	0,81	1,4	0,77	1,5	0,97
25	0,9	0,81	1,4	0,77	1,6	1,04
27,4	0,9	0,81	1,5	0,82	1,6	1,04
28	0,9	0,81	1,5	0,82	1,8	1,17
34	1,0	0,90	1,6	0,88	1,8	1,17
35	1,0	0,90	1,6	0,88	1,8	1,17
40	1,1	0,99	1,8	0,99	2,0	1,30
40,5	1,1	0,99	1,8	0,99	2,0	1,30
42	1,1	0,99	1,8	0,99	2,0	1,30
53,6	1,2	1,08	1,9	1,04	2,3	1,49
54	1,2	1,08	1,9	1,04	2,3	1,49
64	1,4	1,26	2,0	1,10	2,4	1,56
66,7	1,4	1,26	2,0	1,10	2,4	1,56
70	1,4	1,26	2,3	1,26	2,6	1,69
76,1	1,6	1,44	2,6	1,43	2,8	1,82
80	1,8	1,62	2,8	1,54	2,9	1,88
88,9	1,8	1,62	2,9	1,59	3,1	2,01
106	2,1	1,89	3,3	1,80	3,5	2,27
108	2,1	1,89	3,3	1,80	3,5	2,27

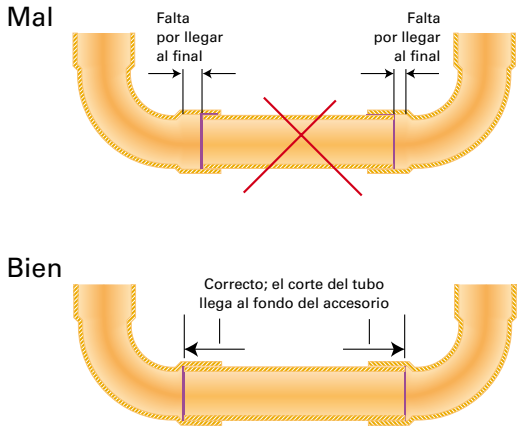
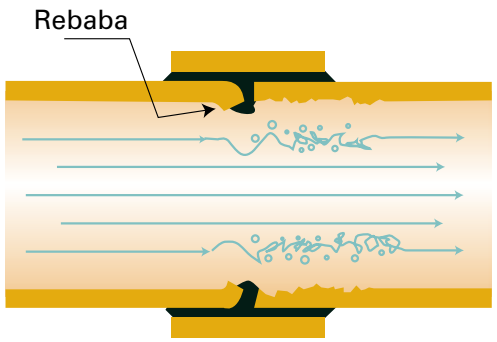




Figura 3.8. **Corte a medida del tubo**



Un flujo turbulento debido a rebajas en el extremo del tubo puede provocar corrosión por erosión de la pared interna del tubo a continuación de la obstrucción.



Figura 3.9. **Eliminación de rebabas**

3.2.3. Recalibrado de los extremos

Si los extremos del tubo se hubiesen deformado por algún motivo, se deberán recalibrar mediante un punzón y un anillo calibrador, tal como se indica en las ilustraciones. Deben asegurar el calibrado de los tubos con las tolerancias indicadas en la tabla 3.1 de este mismo capítulo.

En los tubos recocidos es conveniente efectuar siempre la operación de recalibrado (véase la figura 3.10).

Calibre de interiores/exteriores

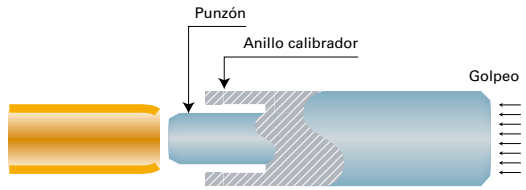




Figura 3.10. **Recalibrado de los extremos**

3.2.4. Limpieza de las partes en contacto

La superficie exterior del tubo y la superficie interior del accesorio deben estar perfectamente limpias y desengrasadas para facilitar la acción del desoxidante o decapante.

La función del decapante es la de facilitar el fenómeno de capilaridad, por lo que se requiere el proceso de limpieza de las partes a soldar.

El extremo del tubo se debe limpiar en una longitud algo mayor que la que va introducida en el accesorio. El alojamiento del accesorio también se debe limpiar siempre, aunque por su aspecto nítido parezca innecesario.

Para la limpieza mecánica del accesorio se utilizan normalmente cepillos calibrados (escobillas), papel o lana de acero. Se recomienda evitar siempre el uso de útiles abrasivos o actuar de modo demasiado enérgico para prevenir el arranque de metal, lo que puede modificar el ajuste entre accesorio y tubo variando el intersticio capilar y, por tanto, comprometer el resultado de la unión soldada (véase la figura 3.11).

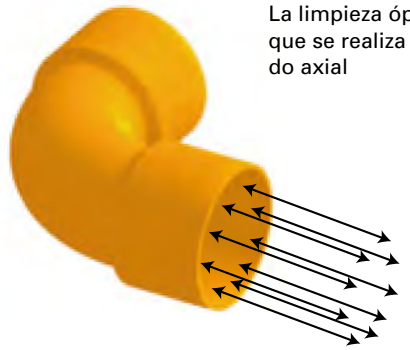




Figura 3.11. **Limpieza de las partes en contacto**

3.2.5. Aplicación del decapante

Inmediatamente después de la limpieza, para evitar la reoxidación de las superficies ya limpias, se aplica una capa de decapante de buena calidad, no corrosivo, por medio de un pincel.

La función del decapante, aplicado sobre una superficie de cobre previamente limpia, es la de proteger la superficie metálica durante el calentamiento y aumentar el poder de penetración del material de aporte entre las superficies a unir. Los decapantes se aplican únicamente sobre la superficie del tubo en cantidad suficiente para formar una película muy delgada y uniforme. Por tanto, los decapantes no tienen la misión de limpiar las superficies. Hay decapantes agresivos capaces de eliminar en parte la suciedad, pero se corre el peligro de producir fenómenos de corrosión.

Un peligro similar existe en el uso de productos comercialmente denominados "autolimpiadores", disponibles en forma de pasta o líquidos.

Los productos más adecuados para las aleaciones estaño-cobre y estaño-plata están constituidos por pastas obtenidas añadiendo cloruro de cinc o cloruro de amonio a sustancias tales como vaselina, glicerina, lanolina, sebo, etc. Con esas pastas es buena norma proceder a un mezclado enérgico antes de su uso, si han estado sin utilizar largo tiempo, aunque se trate de productos aún precintados.

Si en una misma instalación hay que realizar soldaduras blandas y soldaduras fuertes, no es posible emplear el mismo decapante para todas, pues los decapantes convenientes para las soldaduras blandas no son aptos para las soldaduras fuertes, y viceversa.

Si se olvida esta regla fundamental se corre el riesgo de obtener uniones de mala calidad. Como es práctica corriente preparar un cierto número de uniones para proceder luego a la soldadura de todas, conviene advertir que no deben transcurrir más de 2-3 horas entre la aplicación del decapante y la soldadura. Nunca se deben dejar de un día para el siguiente (véase la figura 3.12).



Figura 3.12. **Aplicación del decapante**

3.2.6. Montaje de la unión

Los tubos deben insertarse en el interior del accesorio asegurándose de que llegan a los topes.

Una vez introducido el tubo, es conveniente girarlo a derecha e izquierda para repartir uniformemente el decapante (véase la figura 3.13).

Aplicar siempre una capa fina de decapante únicamente sobre la superficie exterior del tubo, nunca en el interior del accesorio.



Figura 3.13. **Introducción del tubo en el accesorio**

3.2.7. Limpieza del exceso de decapante

Antes de proceder al calentamiento, se debe limpiar el exceso de decapante con un trapo limpio o papel absorbente (véase la figura 3.14).



Figura 3.14. **Limpieza del exceso de decapante**

3.2.8. Calentamiento

Procederemos al calentamiento que se hará, normalmente, con un soplete de butano. La llama debe proyectarse a lo largo de la zona de coincidencia del tubo y el accesorio, con un movimiento de vaivén sobre todo el diámetro, y nunca concentrada en un solo punto para evitar así un calentamiento excesivo que provocaría una soldadura defectuosa y nos obligaría a reiniciar el proceso.



Figura 3.15. **Calentamiento**

3.2.9. Aplicación de la soldadura

Una vez calentada la unión, se aplica el metal de aporte. En soldadura blanda y en tubos de hasta 28 mm, es necesario tomar una longitud de hilo igual al diámetro del tubo a soldar (véase la tabla 2.8 del capítulo 2).

Cuando el decapante comience a bullir, es el momento de aplicar la soldadura, puesto que esto indica que hemos alcanzado la temperatura adecuada. En una soldadura intervienen tres materiales con diferentes temperaturas de fusión: cobre, decapante y material de aportación. La soldadura, al fundirse, penetra por capilaridad en el intersticio de la unión, se reparte y lo llena uniformemente, formándose sobre el frente del accesorio un cordón uniforme de soldadura. Entonces se da por terminado el proceso (véase la figura 3.16).

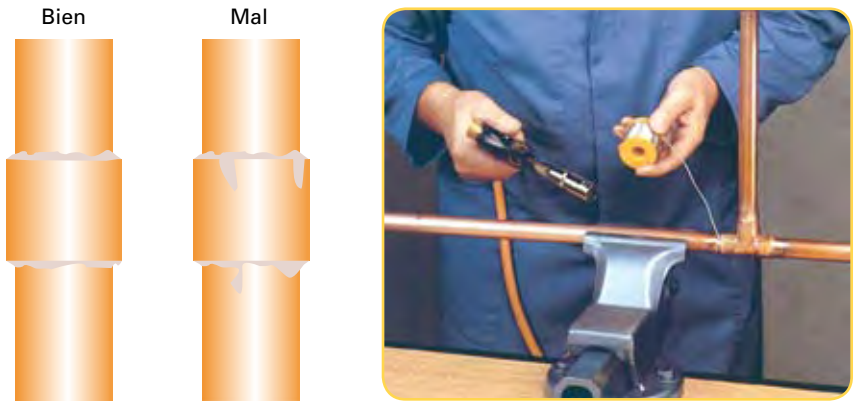


Figura 3.16. **Aplicación de la soldadura**

3.2.10. Enfriamiento y limpieza final

Pasado un tiempo prudencial enfriándose a temperatura ambiente, podemos aplicar un trapo húmedo a fin de activar la solidificación de la soldadura.

Hay que evitar un enfriamiento excesivamente brusco que pudiese provocar grietas en la soldadura, dado que los metales que constituyen la aleación de aporte tienen puntos de solidificación diferentes.

Finalmente, procederemos a la limpieza de la zona para eliminar los restos de decapante (véase la figura 3.17).



Figura 3.17. **Enfriamiento y limpieza final**

Nota: se utiliza el tornillo únicamente como unidad de apoyo, por lo que no se ejercerá un apriete excesivo del mismo para evitar ovalar el tubo –especialmente en el tubo recocido–, obligándonos a su recalibrado para poder introducir el accesorio.

3.3. Ejecución de la soldadura fuerte

Para obtener un buen resultado en la ejecución de la soldadura fuerte, conviene observar las siguientes recomendaciones: las operaciones de corte a medida, eliminar rebabas, recalibrar y limpieza se realizarán de la misma manera que la indicada para la soldadura blanda (apartados 3.2.1, 3.2.2, 3.2.3 y 3.2.4); las demás operaciones, en cambio, tienen diferencias importantes.

3.3.1. Aplicación del decapante

En las soldaduras fuertes se usan tres tipos de decapantes:

- En polvo, el más común, mezclado con agua hasta formar una pasta que se aplica con pincel en las zonas de contacto de la unión.

- Con varillas de metal de aportación revestidas ya con decapante que, al aplicarlas a la unión calentada, hacen que el decapante se fusione penetrando en el intersticio de la unión, precediendo al metal de aportación.

- En polvo en el que se ha introducido directamente la varilla de metal de aportación previamente calentada. El decapante actúa de forma similar a las varillas ya revestidas. Este sistema requiere una mayor especialización.

3.3.2. Calentamiento

Una vez realizado el montaje de la unión, de la misma manera que en la soldadura blanda, se procede al calentamiento.

Para conseguir que las piezas obtengan la temperatura de fusión del metal de aportación es necesario utilizar el soplete, bien de propano, bien oxiacetilénico.

Cuando se utiliza este último, se regula la llama para que sea ligeramente reductora, presentando un dardo fino (de 7 a 8 mm) de color azul en el interior, cerca de la punta del soplete.

Es conveniente utilizar una boquilla especial que reparta uniformemente la potencia calorífica de la llama.

Inicialmente se dirige la llama solamente sobre el tubo (a unos 2-2,5 cm del accesorio) para calentarlo primero. A continuación se mantiene la llama en continuo movimiento, en sentido perpendicular al eje del tubo, para abarcar toda su circunferencia y evitar recalentamientos locales.

El calentamiento continúa hasta que el decapante se comience a fundir, lo que sucede cuando tiene un aspecto de reposo y transparente.

En ese momento se puede considerar que el tubo está a temperatura adecuada y entonces la llama se dirige sobre el accesorio.

También hay que calentar el accesorio uniformemente, lo que se consigue con el procedimiento del movimiento continuo de la llama.

La unión está a punto de calentamiento cuando el decapante está reposado y transparente, tanto sobre el tubo como sobre el accesorio; entonces, la llama se dirige hacia delante y hacia atrás en la dirección del eje de la unión, evitando siempre los calentamientos locales.

En el caso de tubos de diámetro grande a veces es difícil calentar a la vez toda la unión. Para obtener una temperatura adecuada en toda la unión se recurre a un soplete de varias bocas.

Es aconsejable, también, un ligero precalentamiento de todo el accesorio. Se procede luego al calentamiento siguiendo las mismas recomendaciones que para los tubos de diámetros normales.

Si fuera difícil llevar a la temperatura adecuada toda la unión simultáneamente, se procederá a calentar y soldar una parte de la misma. A la temperatura adecuada, la soldadura es aspirada en el intersticio y entonces se desplaza el soplete para calentar el área adyacente, continuando las operaciones hasta completar la operación en toda la circunferencia de la unión.

3.3.3. Aplicación de la soldadura

Una vez calentada la unión, y sin retirar la llama para mantener la temperatura, se procede a la aportación de la aleación de la soldadura aproximando la varilla al borde del accesorio.

Al alcanzarse la temperatura adecuada, el material de aportación penetra rápidamente en el intersticio entre el tubo y el accesorio, por capilaridad.

Cuando la unión esté llena, se observará la formación de un cordoncillo continuo de soldadura alrededor del tubo y en el borde del accesorio. En este momento se interrumpe la aportación.

Cuando se efectúen uniones horizontales es preferible aplicar la aleación de soldadura primero en la parte inferior de la unión, después en los laterales y, finalmente, en la parte superior, asegurándose de que al final de la operación la aportación de

soldadura se ha efectuado en todo el desarrollo de la unión.

En el caso de uniones verticales, por el contrario, el punto de iniciación de la aportación no tiene importancia.

Si la derivación del accesorio está dirigida hacia abajo, es muy importante no recalentar el tubo porque la aleación de soldadura podría escurrirse fuera del accesorio, a lo largo del tubo.

Si ocurriese esto, se alejará la fuente de calor y se dejará solidificar la aleación. Después se podrá reanudar la operación.

Si la aleación de soldadura en estado fundido no se distribuye regularmente por el intersticio de la unión y tiende a formar gotas, significa que las superficies a soldar no están desoxidadas y no dejan que la aleación las "moje", o que no están suficientemente calientes.

Por el contrario, si la aleación no penetra en el intersticio de la unión pero se desliza sobre la superficie exterior, se debe a un calentamiento insuficiente del elemento macho de la unión (normalmente el tubo) y/o recalentamiento del elemento hembra (generalmente el accesorio).

3.3.4. Enfriamiento y limpieza

Cuando se haya terminado la soldadura se pueden enfriar bruscamente, con agua fría las partes soldadas, lo que produce la separación de la mayor parte del polvo soldado y vitrificado.

Los residuos del decapante pueden ser eliminados con un trapo mojado, si es soluble, o con un cepillo metálico. Esta operación se realiza cuando la unión está ya fría.

Es prácticamente imposible desoldar las piezas así soldadas sin deteriorarlas.

4.- Diseño, montaje e instalación con tubo y accesorios de cobre

4.1. Curvado del tubo de cobre

Cuando en una instalación se presente un recorrido muy sinuoso que haga demasiado compleja la colocación de una sucesión de accesorios muy próximos entre sí, se puede recurrir para solventar esta eventualidad al curvado del tubo.

El curvado del tubo de cobre origina una mínima deformación en su pared y no induce a la reducción del caudal.

Hay una amplia gama de utillaje de curvado, tanto para tubo duro como para recocido. Cuando los tubos están recocidos y los diámetros son pequeños, se puede curvar con muelle curvatubos. Los fabricantes suelen recomendar desde 6 mm hasta 16 mm de diámetro. Una correcta ejecución en el curvado mantiene la superficie del tubo sin defectos ni arrugas. De no ser así, se puede crear un régimen turbulento que a la larga puede provocar corrosión.

Curvado con muelle

(Véase la figura 4.1.)

Radio mínimo de curvatura

La Norma UNE-EN 1057, en el apartado 10.6, indica que en el tubo, después de cur-

vado, no deben apreciarse desgarros a simple vista, y es prescriptivo de norma la realización de este ensayo para tubos en estado duro en las dimensiones de 6 mm hasta 18 mm, ambas inclusive.



Figura 4.1. **Curvado con muelle**

Las operaciones de curvado, se realizarán siempre en frío.

El ensayo viene especificado en el apartado 10.6. Métodos de ensayo UNE-EN ISO 8491, en el que se explicita que el ensayo de curvado debe realizarse en estado duro, con máquinas curvadoras apropiadas sin mandril interno, de acuerdo con la Norma UNE-EN ISO 8491. El tubo muestra cómo debe curvarse a un ángulo de 90° con el radio mínimo de curvatura indicado en la norma (véanse la tabla 4.1 y la figura 4.2 para diferenciar los distintos tipos de radio del proceso).

Tabla 4.1. **Medidas del tubo de cobre y sus radios de curvatura**

Diámetro exterior nominal del tubo (mm	Radio mínimo de curvatura	
	Radio interior (mm)	Radio del eje neutro (mm)
6	27	30
8	31	35
10	35	40
12	39	45
14	43	50
15	48	55
16	52	60
18	61	70

Radio del eje neutro: equivale al radio interior, más el radio exterior del tubo, dividido por dos.

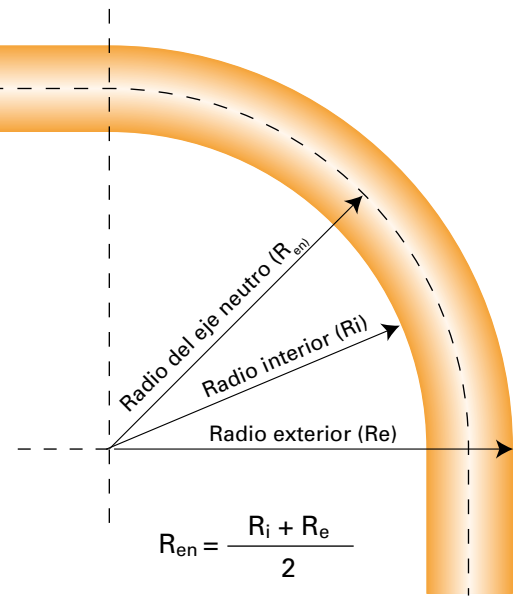


Figura 4.2. **Diferenciación de los tipos de radio en el proceso de curvado**

Existen máquinas eléctricas para efectuar dicho curvado consistentes en una dobladora con un motor que realiza el esfuerzo necesario para la deformación en frío (véase la figura 4.3).

Curvadora mecánica de 12 mm (mínimo) a 28 mm y 180° (máximo)

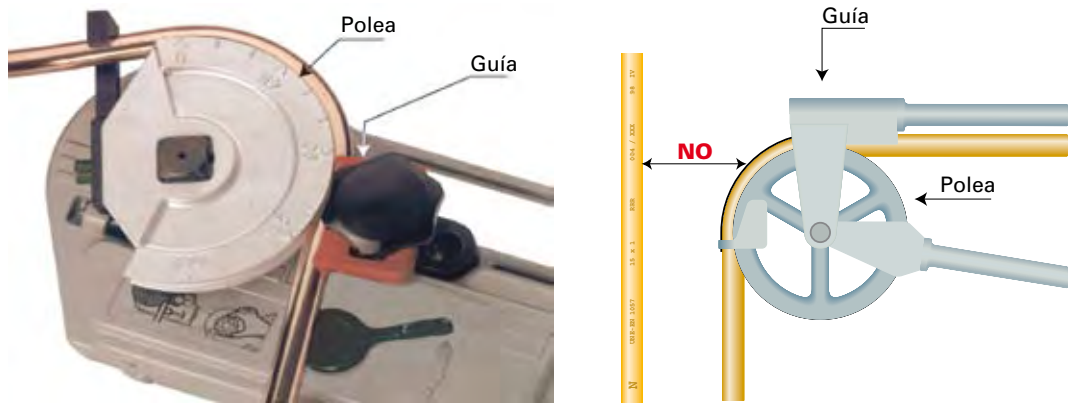


Figura 4.3. **Curvadora eléctrica**



Figura 4.4. **Curvadora manual**

Diferentes modelos de curvadoras existentes en el mercado (véase la figura 4.5).



Figura 4.5. **Diferentes modelos de curvadoras en el mercado**

A la hora de realizar el curvado es conveniente no hacer coincidir el marcado del tubo con la parte exterior de la curva. Dado que al curvar el tubo en esta zona de marcado pueden abrirse diminutas grietas (por donde se producirán fugas) por efecto entalla, esto es, por estiramiento de las hendiduras hechas en el troquelado.

Deben seguirse las instrucciones del fabricante de la herramienta para realizar una curva sin fallos, es decir, si la herramienta está identificada "para tubos recocidos", no será utilizada para curvar tubos en estado duro, de lo contrario se producirán arrugas en el tubo, pudiéndose agrietar antes de su puesta en servicio.

Conviene resaltar la importancia de mantener en buen estado la polea y guía de la curvadora, para evitar curvados defectuosos y posibles roturas que puedan inducir a confusión sobre la calidad del tubo.

a. Polea. Si la acanaladura está desgastada, sobre todo en máquinas con polea de plástico, se produce un aplastamiento del tubo en el inicio de la curva.

b. Guía. Si la superficie de deslizamiento de la guía tiene golpes o irregularidades, se produce un fuerte agarre entre el tubo y la guía, que llega a producir rotura transversal del tubo por tracción. Es aconsejable mantener engrasada la guía, con aceite ligero.

4.2. Dilataciones

Se entiende por dilatación el fenómeno por el cual se produce el aumento de volumen de un cuerpo, sin que por ello aumente su masa.

La dilatación térmica ha de tenerse muy en cuenta para el correcto montaje de las tuberías de cobre. El coeficiente de dilatación lineal del cobre es de 16,5 x 10–6 m/ºC, lo que significa que 1 m de tubo se alarga 1,65 mm cuando su temperatura aumenta en 100 ºC.

La dilatación térmica del cobre es una vez y media la del hierro; sin embargo, puede llegar a ser diez veces menor que la de algún tipo plástico (véase la tabla 4.2).

Tabla 4.2. **Dilatación térmica (en mm) en función de la temperatura**

Salto térmico (en ºC)	Longitud del tramo en metros										Salto térmico (en ºC)
	1 m	2 m	3 m	4 m	5 m	6 m	7 m	8 m	9 m	10 m	
10	0,165	0,330	0,495	0,660	0,825	0,990	1,155	1,320	1,485	1,650	10
20	0,330	0,660	0,990	1,320	1,650	1,980	2,310	2,640	2,970	3,300	20
30	0,495	0,990	1,485	1,980	2,475	2,970	3,465	3,960	4,455	4,950	30
40	0,660	1,320	1,980	2,640	3,300	3,960	4,620	5,280	5,940	6,600	40
50	0,825	1,650	2,475	3,300	4,125	4,950	5,775	6,600	7,425	8,250	50
60	0,990	1,980	2,970	3,960	4,950	5,940	6,930	7,920	8,910	9,900	60
70	1,155	2,310	3,465	4,620	5,775	6,930	8,085	9,240	10,395	11,550	70
80	1,320	2,640	3,960	5,280	6,600	7,920	9,240	10,560	11,880	13,200	80
90	1,485	2,970	4,455	5,940	7,425	8,910	10,395	11,880	13,365	14,850	90
100	1,650	3,330	4,950	6,600	8,250	9,900	11,550	13,200	14,850	16,500	100

Las variaciones de longitud se deducen de la siguiente fórmula:

$$\Delta L = 0{,}0165 \times L \times \Delta t$$

siendo:

ΔL : variación de longitud, en mm
L : longitud del tubo, en m
Δt : diferencia de temperatura, en ºC

Considerando que una instalación de agua caliente o calefacción circule a 80 ºC y que la temperatura ambiente sea inferior a 20 ºC (salto térmico de 60 ºC), se aplicará el siguiente concepto (véase la figura 4.6).

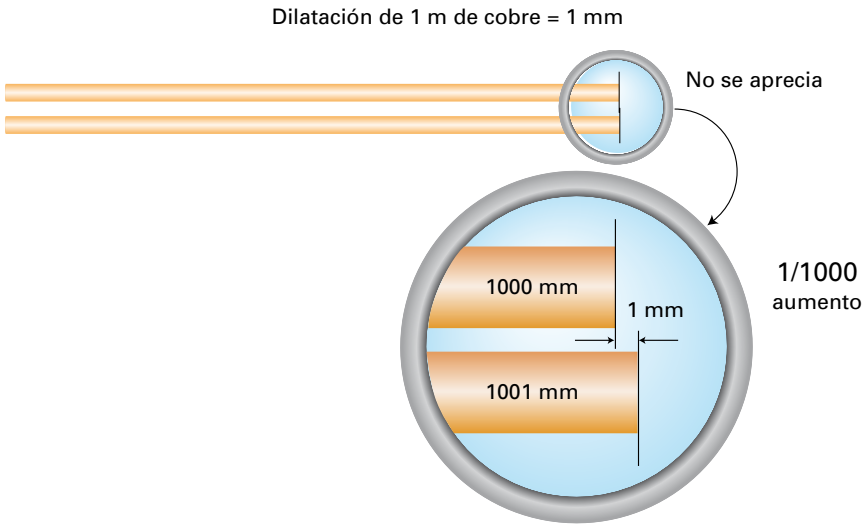


Figura 4.6. **Dilatación en 1 m de cobre**

Como las tuberías están expuestas a variaciones de temperatura, deben estar sujetas adecuadamente, de manera que se puedan dilatar y contraer con los cambios de temperatura. Esto se logra fijando las tuberías mediante abrazaderas, evitando los empotramientos rígidos.

Hasta ahora había sido práctica común en el circuito empotrado de agua caliente, el cubrir el tubo con plástico corrugado de los empleados por los electricistas para canalizar sus instalaciones, de modo que quedara una holgura entre el cobre y el plástico (con 2 mm en el diámetro era suficiente). De este modo, los tramos instalados en línea recta, al dilatar, sufren una pequeña adaptación que los convierte en pequeñas liras sucesivas con capacidad de absorber la dilatación lineal del metal (véase la figura 4.7).

No obstante, con la nueva reglamentación en el sector de la construcción (el CTE obligatorio desde marzo de 2006 y el RITE de obligado cumplimiento a partir del 29-02-2008), todas las instalaciones, tanto de agua caliente como de agua fría, y con independencia del material con que se hayan realizado, deberán aislarse, definiéndose las características del aislamiento térmico en función de su aplicación final.

Efecto lira (exagerado en la ilustración)
(Sección en planta de tabique de ladrillo hueco sencillo, revestido de azulejo a una cara, guarnecido y enlucido a otra)

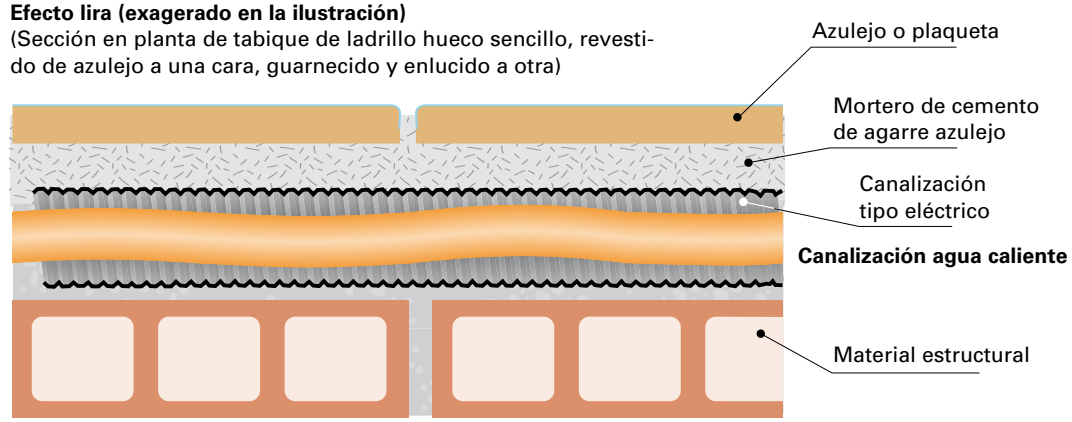


Figura 4.7. **Efecto lira exagerado**

El paso de tuberías a través de muros, forjados, tabiques y cielos rasos deberá hacerse de forma que la sujeción de éstos no sea rígida, a fin de que pueda deslizarse a través del orificio. Para ello, éste deberá ser 10 mm mayor que el diámetro de la tubería, rellenando el hueco con papel, cartón o masilla plástica (véase la figura 4.8).

Cuando los tramos rectos son superiores a 5 m, debemos formar una lira de dilatación en el punto medio aproximado del mismo, o bien en los ángulos donde cambia de sentido la instalación. Esta solución va referida a instalaciones no protegidas con plástico corrugado, debiendo alojar las liras en rozas, cubiertas con papel fuerte o plástico, de modo que no queden inmovilizadas por el mortero de recubrimiento.

Para el resto de la instalación, cuando el mortero se ha solidificado, se produce en ocasiones la contracción del mismo, creando con ello una holgura alrededor de la tubería que le permite los movimientos de contracción y dilatación.

Tubo atravesando ladrillo cerámico

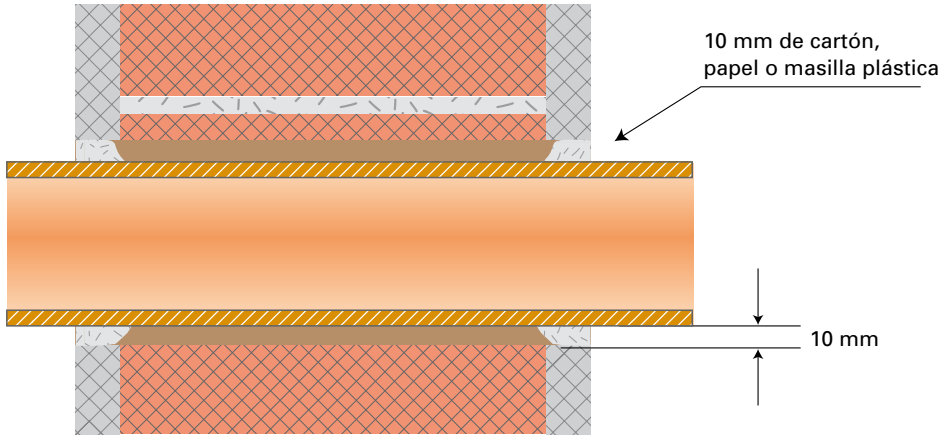


Figura 4.8. **Tubo atravesando ladrillo cerámico**

4.2.1. Ejemplos de diseño de instalaciones

Instalación para agua caliente realizada con tubo de cobre duro, no empotrado

(Véase la figura 4.9.)

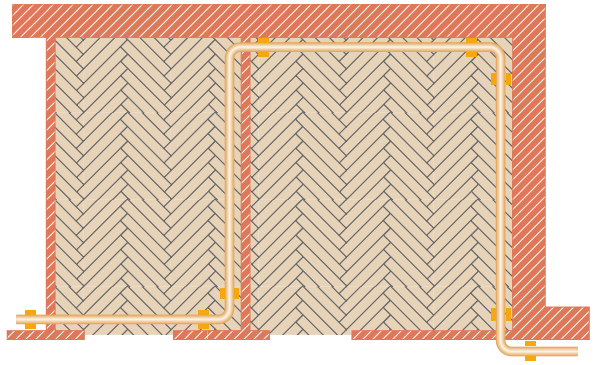
En el caso a) los puntos de fijación cerca de las esquinas evitan los movimientos de dilatación, pudiendo debilitar la soldadura.

En el caso b) la nueva situación de los puntos de fijación permite los movimientos de dilatación evitando posibles desperfectos.

En la práctica se encuentran piezas que fallan por fatiga (eventualmente acelerada por el sobrecalentamiento) causada por la alternancia de fuerzas tira-afloja frecuentemente asociadas a dilataciones y contracciones, solicitaciones mecánicas o vibraciones en servicio de la tubería.

Es importante compensar adecuadamente los movimientos anteriores mediante un diseño adecuado y/o el uso de compensadores de dilatación. Una buena práctica de carácter general consiste en dejar libres y sin fijaciones los tubos soldados a los extremos del accesorio en la longitud de 75 cm (en medidas de 12 mm a 18 mm) (véanse las figuras 4.10 y 4.11).

a) Mal, no permite dilatación:



b) Bien, permite dilatación:

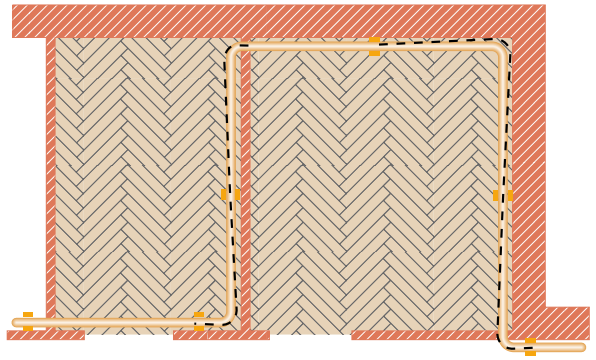


Figura 4.9. **Instalación de agua caliente, no empotrada**

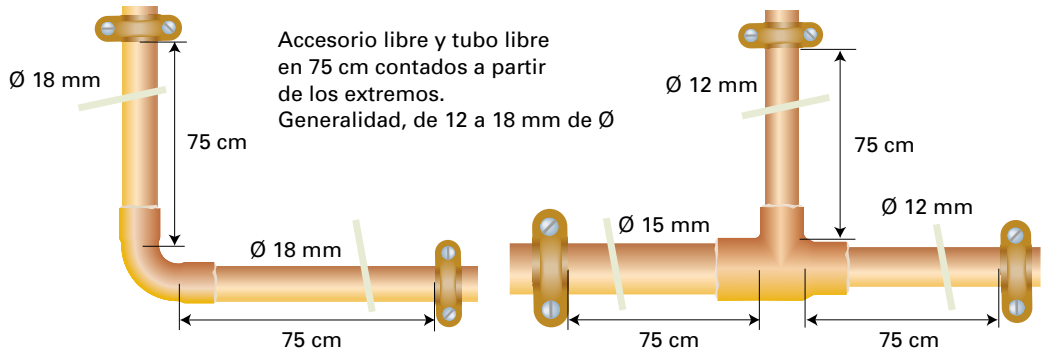


Figura 4.10. **Ubicación de los puntos de sujeción**

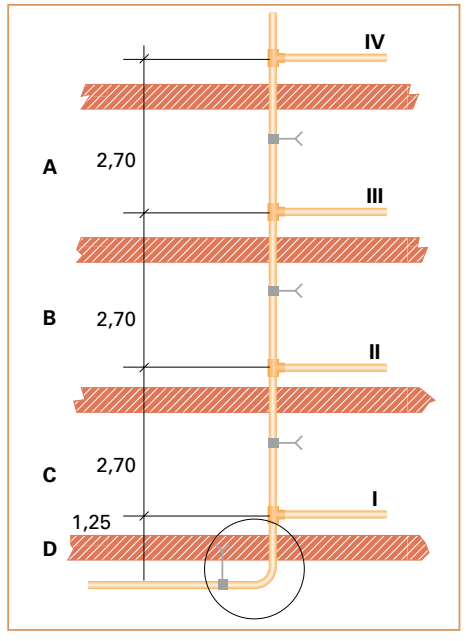


Figura A

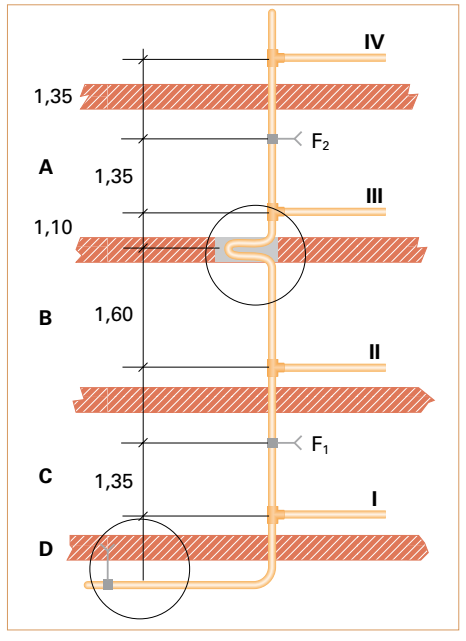


Figura B

Figura 4.11. **Columna ascendente para agua caliente en un edificio de cuatro pisos**

Consideramos una diferencia máxima de temperatura de 80 ºC.

Figura A. La ejecución del montaje es errónea: en efecto, la abrazadera de sujeción de la tubería en el sótano del edificio ha sido colocada demasiado cerca del codo y así impide su movimiento hacia abajo, verificándose la dilatación solamente hacia arriba.

La dilatación de los diferentes tramos se indica en la tabla 4.3.

Estas dilataciones son importantes y no pueden ser absorbidas de ningún modo.

Tabla 4.3. **Dilatación por tramos**

Derivación	Altura de las derivaciones respecto a la tubería del sótano	Dilataciones hacia arriba (mm)
IV	9,35*	12,3
III	6,65	8,8
II	3,95	5,2
I	1,25	1,6

* Se aplica la fórmula: **ΔL = 0,0165 x L x Δt** = 0,0165 x 9,35 x 80 = 12,34 mm, y así sucesivamente.

Figura B. Se presenta la solución correcta: se ha colocado una lira entre las derivaciones II y III, además de dos anclajes fijos F1 y F2, separados entre sí 5,40 m.

Dilatación de los diferentes tramos de esta instalación (véase la tabla 4.4).

Tabla 4.4. **Dilatación en diferentes tramos de la instalación**

Derivación	Distancias al punto fijo más cercano (m)	Dilataciones (mm)
IV	1,35	1,8
F2	0,00	0,0
III	1,35	1,8
II	1,35	1,8
F1	0,00	0,0
I	1,35	1,8
A	2,60	3,4

Se observa que las dilataciones en los tramos IV, III y II son ostensiblemente menores debido a la compensación de la lira de dilatación y a la correcta ubicación del soporte.

La dilatación absorbida por la lira para una diferencia de temperatura de 80º es:

5,40 x 0,0165 x 80 = 7,1 mm

4.2.2. Curvas de dilatación

Para compensar las dilataciones se dispondrán liras, dilatadores lineales o elementos análogos, o se utilizará el amplio margen que se tiene con los cambios de dirección, dando curvas con un radio superior a cinco veces el diámetro de la tubería.

Los elementos dilatadores irán colocados de forma que permitan a las tuberías dilatarse con movimientos en la dirección de su propio eje, sin que se originen esfuerzos transversales.

Se dispondrá del número de elementos de dilatación necesarios para que la posición de los aparatos que van conectados no se vea afectada, y que no estén sometidos a esfuerzos indebidos como consecuencia de los movimientos de dilatación de las tuberías.

Las curvas de dilatación pueden ser de distintas formas. En la figura 4.12 se representa el tipo que, a igualdad de espacio ocupado y de facilidad de ejecución, da el mejor resultado.

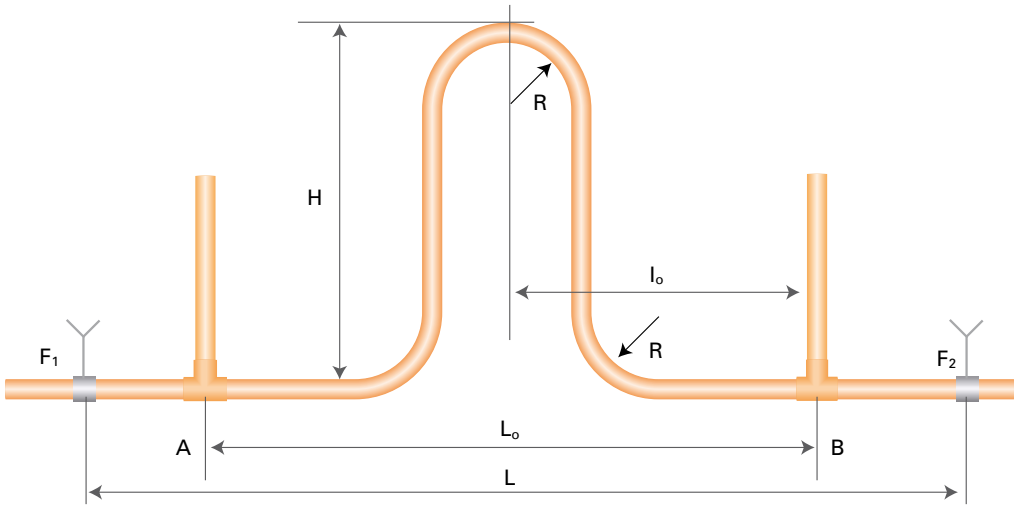


Figura 4.12. **Curva de dilatación**

Los valores mínimos de L_o y l_o en función del diámetro del tubo se indican en el siguiente cuadro. Se trata de valores informativos solamente válidos en condicionestales que la lira y todo el tramo A-B pueden moverse libremente en el sentido del tramo Lo (véase la tabla 4.5).

Tabla 4.5. **Valores mínimos de Lo, en función del diámetro del tubo, para las liras de dilatación**

Diámetro del tubo (mm)	12 x 1	15 x 1	18 x 1	22 x 1	28 x 1
L_o mínimo (cm)	100	120	140	160	180
l_o mínimo (cm)	25	30	35	40	45

Hay que hacer notar que la línea media de la lira debe estar situada a una distancia de la derivación más próxima, que sea como mínimo igual a l_o.

Se obtiene el mejor resultado cuando la línea media de la lira está equidistante de las derivaciones más próximas.

Cualquier obstáculo a la movilidad del tramo del tubo en U derivado, por ejemplo, de acanaladuras en la pared demasiado estrechas, o de abrazaderas demasiado estrechas, u otras mal situadas, producirá mayores esfuerzos en el tubo en los puntos de unión A y B y así, en un tiempo más breve, se producirán desperfectos.

El desarrollo de las liras se obtiene del diagrama de la siguiente figura. Si dos derivaciones estuvieran más próximas que el valor mínimo L_o, indicado en el cuadro, se deberá realizar una lira con mayor desarrollo que el valor H del diagrama. Como regla se puede tomar que: para un valor Lo inferior en un 25% al valor mínimo de la tabla hay que aumentar H en un 10%; y para una disminución Lo de 50% hay que aumentar H en un 40% aproximadamente (véase la figura 4.13).

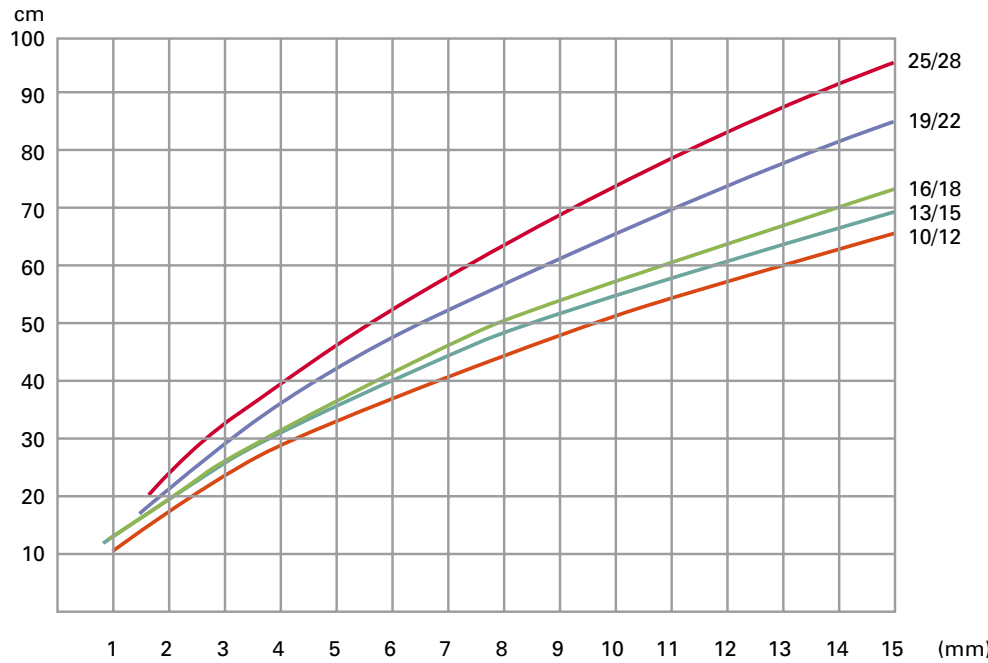


Figura 4.13. **Diagrama del desarrollo mínimo de las liras en función de la dilatación térmica a compensar**

4.2.3. Dilatadores

Los soportes no deben ponerse cerca de las curvas para permitir los movimientos de dilatación. Siempre que sea posible, es deseable que las tuberías se muevan libremente para su dilatación.

Si esto no es posible o si los tramos son tan largos que puedan producir esfuerzos que conduzcan a la rotura de las tuberías, es necesario recurrir a los compensadores de dilatación (véase la figura 4.14).

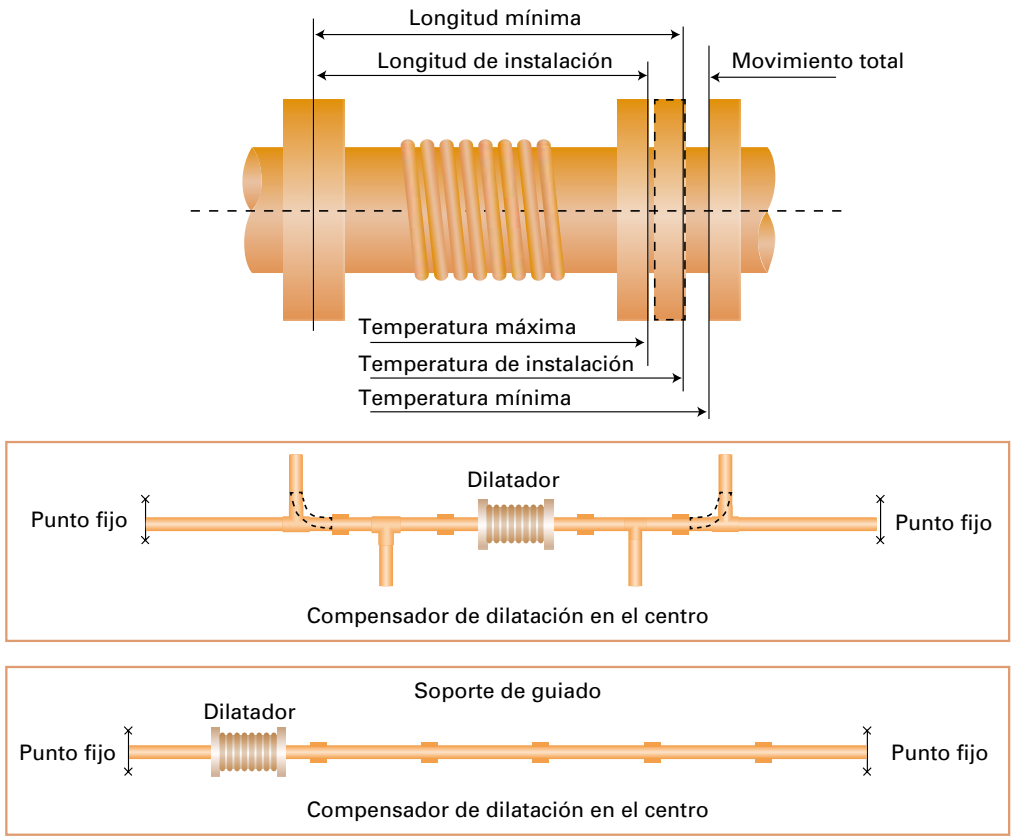


Figura 4.14. **Compensador de dilatación**

Los puntos fijos deben ser dimensionados para soportar las fuerzas y los momentos impuestos por los dos tramos de tuberías de un lado y otro.

El técnico no debe olvidar el aprovechar al máximo la flexibilidad natural del recorrido de las tuberías. Se deberá instalar entre soportes y tubería un material elástico para absorber las vibraciones residuales que, inevitablemente, la maquinaria en movimiento transmite a las tuberías. Los soportes en ningún caso podrán interrumpir el aislamiento térmico de la tubería.

Liras de dilatación y puentes, dos accesorios distintos

Las liras de dilatación y los puentes son dos tipos diferentes de accesorios de cobre que, a pesar de ser similares en apariencia, cumplen funciones claramente distintas.

La función de las **liras de dilatación** es absorber las contracciones y dilataciones que se produzcan en la línea de instalación, recomendándose colocar una lira de dilatación en el punto medio aproximado del tubo de cobre cuando haya tramos rectos de tubería superiores a 5 m. Los **puentes** son los accesorios que se emplean para salvar el cruce de una tubería de cobre con otra o con cualquier obstáculo que encuentre en su camino (véase la figura 4.15).

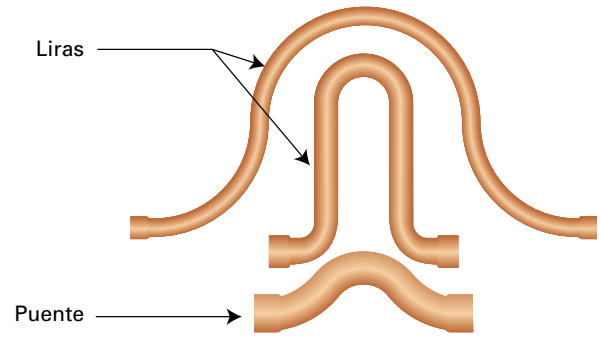


Figura 4.15. **Liras y puentes**

Recuerde: las tres reglas de oro a la hora de realizar una instalación son:

1. Conseguir uniones herméticas mediante el cuidado del proceso de soldadura o unión a presión.
2. Tomar las medidas necesarias para permitir la libre contracción y dilatación de los tubos con los cambios de temperatura.
3. Montar las tuberías de forma que el peso de los tubos recaiga sobre los soportes y nunca sobre las uniones.

4.3. Soportes

Los tubos de cobre se fijan a las paredes o se cuelgan del techo, según el tipo de instalación, mediante abrazaderas o soportes. Tanto las abrazaderas como los soportes pueden ser para un solo tubo o para varios. Los soportes o abrazaderas serán preferentemente de latón, cobre o plástico para evitar la oxidación.

Para el marcado, dimensionado y disposición de los soportes de tuberías, se seguirán las prescripciones marcadas en las normas UNE correspondientes al tipo de tubería.

Con el fin de reducir la posibilidad de transmisión de vibraciones, formación de condensaciones y corrosión, entre tuberías y soportes metálicos debe interponerse un material flexible no metálico, de dureza y espesor adecuados.

Para las tuberías preaisladas, en instalaciones aéreas o enterradas, se seguirán las instrucciones que al respecto dicte el fabricante de las mismas (véase la figura 4.16).

Soportes recomendados para tuberías horizontales

(Véase la tabla 4.6.)

Tabla 4.6. **Soportes recomendados para tuberías horizontales**

Diámetro exterior (en mm)	12	15	18	22	28	35	42	54	64	76,1	88,9	108	133	159
Distancia del soporte	1,25	1,25	1,50	2,00	2,25	2,75	3,00	3,50	4,00	4,25	4,75	5,00	5,00	5,00

En tuberías verticales se suele poner, como mínimo, un punto de sujeción por piso en diámetro de hasta 28 mm. Para diámetros superiores, como mínimo, dos puntos de sujeción por piso.

Soportes isofónicos



Soportes plásticos



Soportes para canalización de fontanería y gas



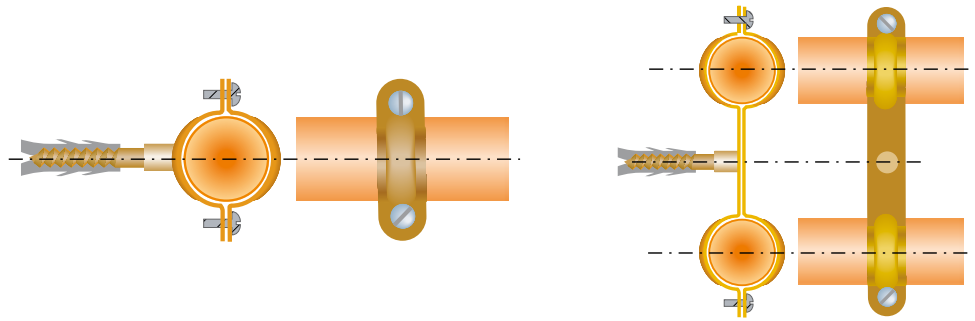


Figura 4.16. **Tipos de soportes**

4.4. Modalidades de ubicación de tuberías

Las tuberías podrán estar: vistas, alojadas en vainas o conductos, empotradas y enterradas (véase la figura 4.17). Acometida de gas a un edificio habitado, donde se dan todos los casos.

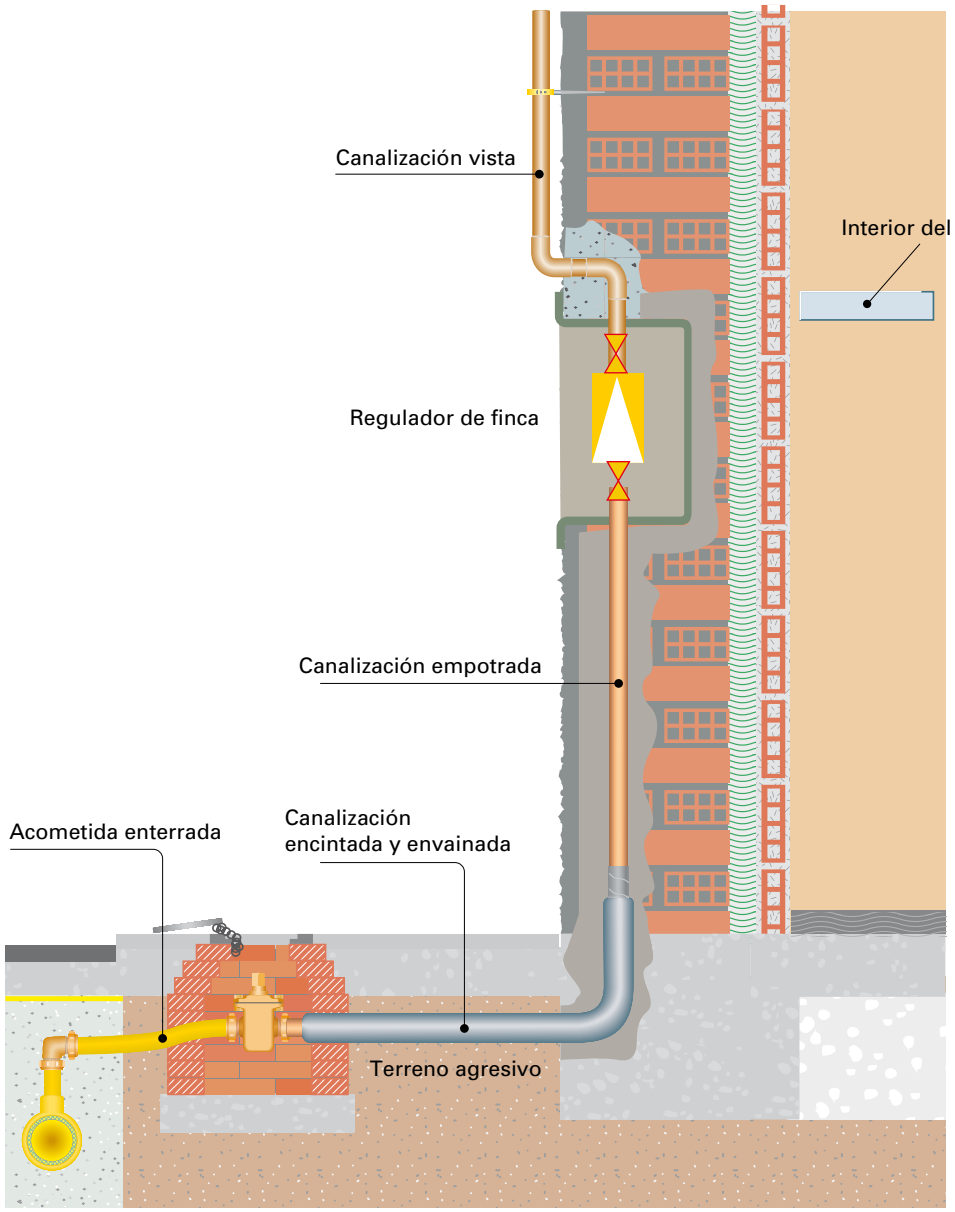


Figura 4.17. **Ubicaciones de tuberías de cobre en un edificio**

4.4.1. Tuberías vistas

Se dice que las tuberías son vistas cuando su trayecto es visible en todo su recorrido (véase la figura 4.18).

En instalaciones de grandes edificios o centros públicos, es normal dejar las instalaciones de distribución de agua y calefacción sin empotrar, sobre todo en los sótanos y salas de calderas. Este sistema facilita el mantenimiento y ahorra costes de montaje.

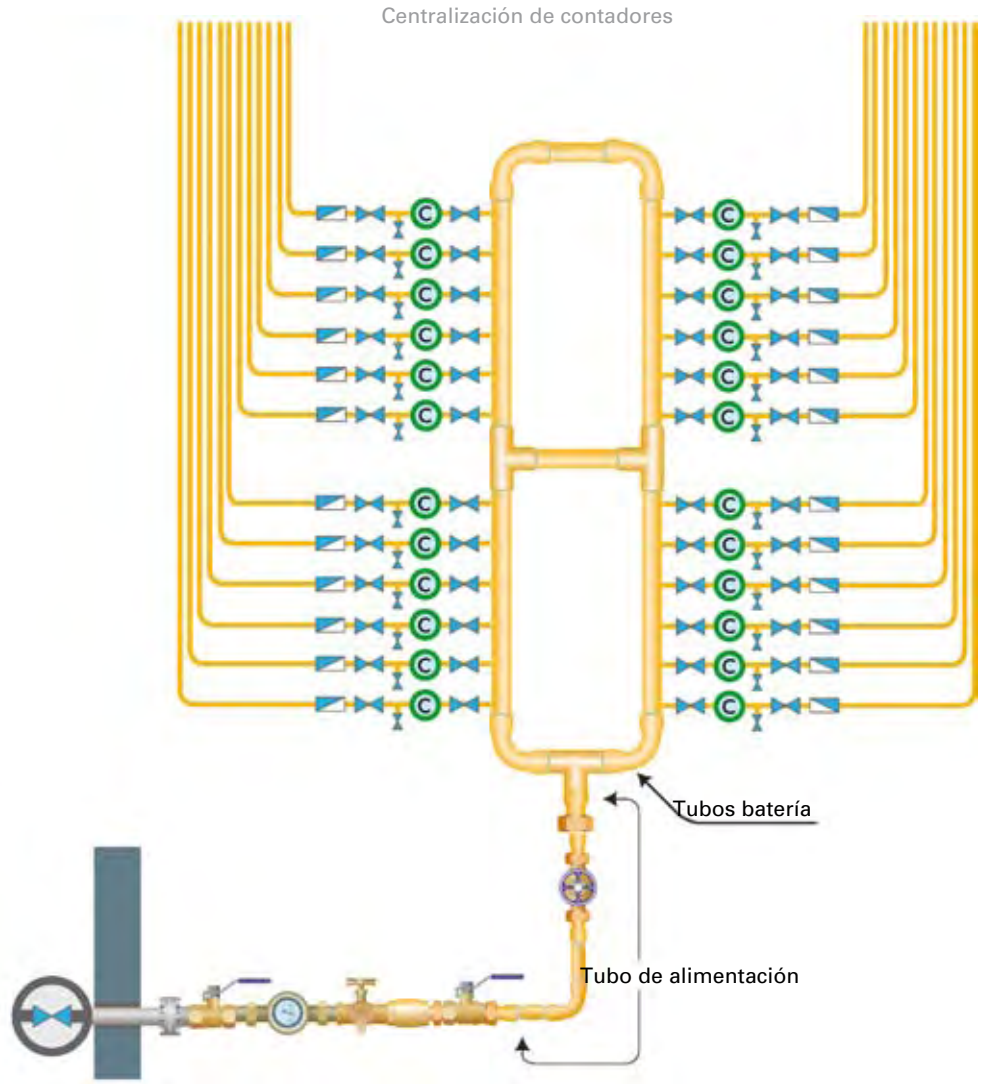


Figura 4.18. **Ejemplo de tubería vista**

Una vez realizado el montaje, se pueden dar diversos tratamientos de acabado:

- **Pintado:** la pintura se adhiere perfectamente al cobre y presenta una superficie final completamente lisa.
- **Cromado:** para ciertas aplicaciones como, por ejemplo, conducciones domésticas gas, cuartos de baño, etc., se utiliza tubo de cobre que previamente ha sido cromado.
- **Barnizado:** requiere un pulido previo, y posterior desengrase, antes de recubrirlas con un barnizado acrílico incoloro.
- **Sin tratamiento:** el cobre, por sí mismo, ofrece un acabado estético y duradero, ya que con la pequeña capa de óxido superficial que se origina, se autoprotege de la posterior oxidación y presenta un color uniforme.

4.4.2. Tuberías enterradas desnudas

A continuación, y a título informativo, se hace una breve descripción de la resistencia del cobre al contacto con diversos medios en la construcción, pero en la práctica, no se deben olvidar las restricciones que marca el RITE al respecto.

Se dice que las tuberías son enterradas cuando están alojadas directamente en el subsuelo.

Las excavaciones arqueológicas han descubierto gran cantidad de objetos de cobre de los tiempos más antiguos en excelente estado de conservación, a pesar del largo periodo de tiempo que habían pasado bajo tierra. El cobre resiste perfectamente la corrosión y puede ser utilizado, por consiguiente, en las tuberías enterradas. En efecto, las paredes exteriores de estas tuberías se revisten automáticamente con una envoltura protectora, constituida por una película de óxido muy adherente, que impide toda corrosión ulterior.

Las tuberías de cobre pueden ser enterradas en toda clase de terrenos de cualquier formación geológica (arcilla, arena, greda, yodo). En la práctica, en materia de corrosión por el suelo, el cobre no tiene más que dos enemigos: las escorias sulfurosas y los productos amoniacales. Por tanto será necesario evitar la colocación directa de tuberías enterradas cuando el terreno atravesado contenga escorias o esté situado en inmediata proximidad de depósitos de abonos, granjas de animales o escombros orgánicos.

En ambos casos los tubos se protegerán mediante el uso del aislamiento adecuado, bien empleando tubos aislados comerciales, o simplemente metiéndolos en una funda plástica.

En general, la gran elasticidad del tubo de cobre permite enterrar las tuberías desnudas directamente en el suelo. Hay que evitar simplemente el contacto con piedras, cantos o bloques duros que podrían provocar con el tiempo el deterioro de las tuberías.

Resumiendo, el tubo de cobre ofrece un conjunto de cualidades: flexibilidad, elasticidad, resistencia al choque, a la presión y a la corrosión, que lo hacen especialmente apto para las conducciones enterradas de agua o de gas.

Además, el tubo de cobre, suministrado en rollos estándar de 50 m, se puede desenrollar directamente en las zanjas, lo que aumenta, naturalmente, la velocidad de colocación.

El cobre puede estar en contacto permanente, sin ningún tipo de protección, con: yeso, mortero de cemento gris, hormigón de cemento gris, morteros de cal, arena de río, miga o mina (véase la figura 4.19).

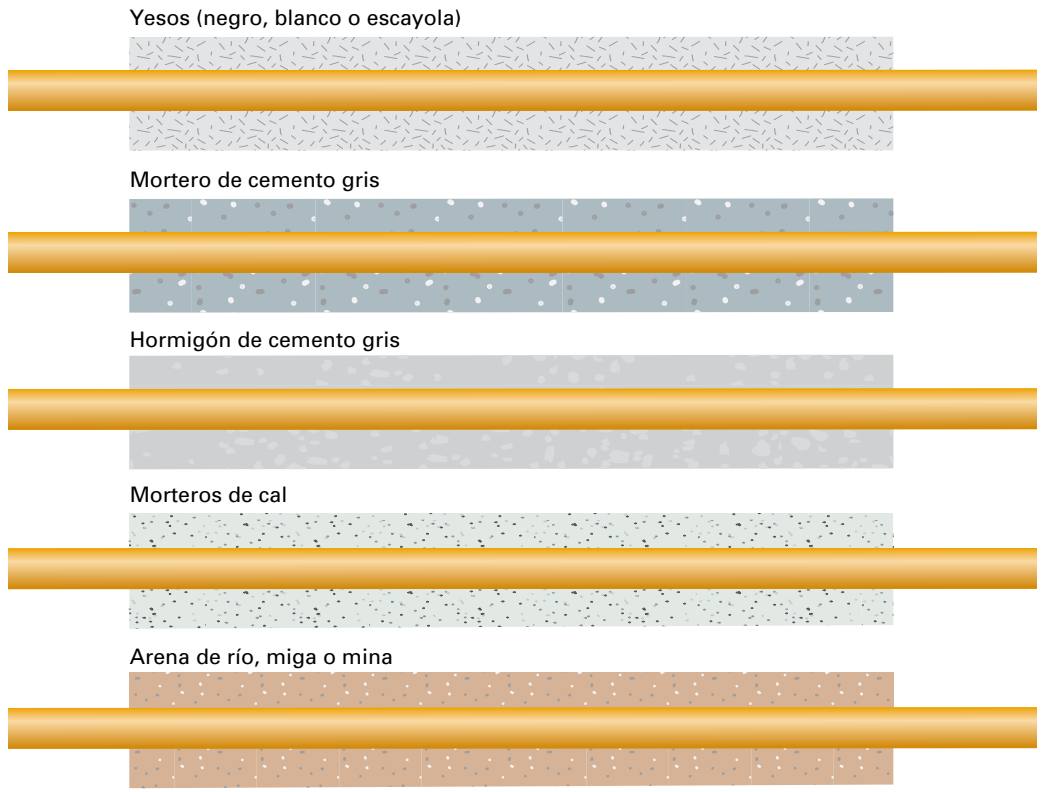


Figura 4.19. **Materiales de construcción en contacto permanente con el cobre**

4.4.3. Tuberías en vainas

Puede suceder que en algún punto de la instalación existan materiales, o ambientes, que puedan perjudicar al cobre. Entiéndase que son casos muy infrecuentes y basta con enfundar los tubos en una canalización eléctrica, disponible en todos los diámetros y varias gamas de espesor.

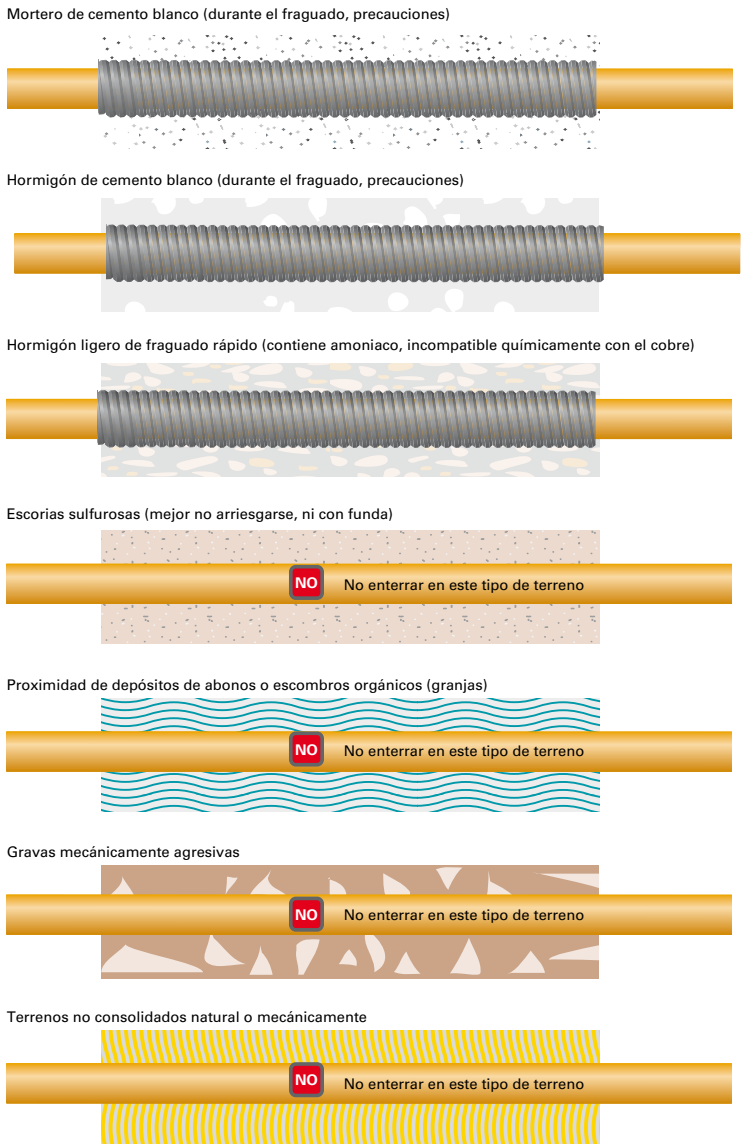


Figura 4.20. **Precauciones a tener en cuenta al realizar una instalación**

Los casos que se muestran con alerta son excepcionales; el instalador debe conocerlos para actuar en consecuencia. Conviene evitar siempre las vainas metálicas de acero o aluminio por el peligro de corrosión galvánica en presencia de electrolito (agua, por ejemplo) que podría deteriorarlas (véase la figura 4.20).

4.4.4. Vainas pasamuros

Una canalización, con el transcurso del tiempo, y dependiendo de las condiciones ambientales, se puede llegar a destruir en algún punto, por lo que debemos tomar las medidas necesarias.

La vaina es obligatoria para pasamuros. Las soluciones que podemos adoptar según el espacio que tengamos son (véase la figura 4.21):

- Vainas de cobre.
- Vaina de PVC.
- Canalización eléctrica.
- Cinta protectora tipo gas (o pintura bituminosa).

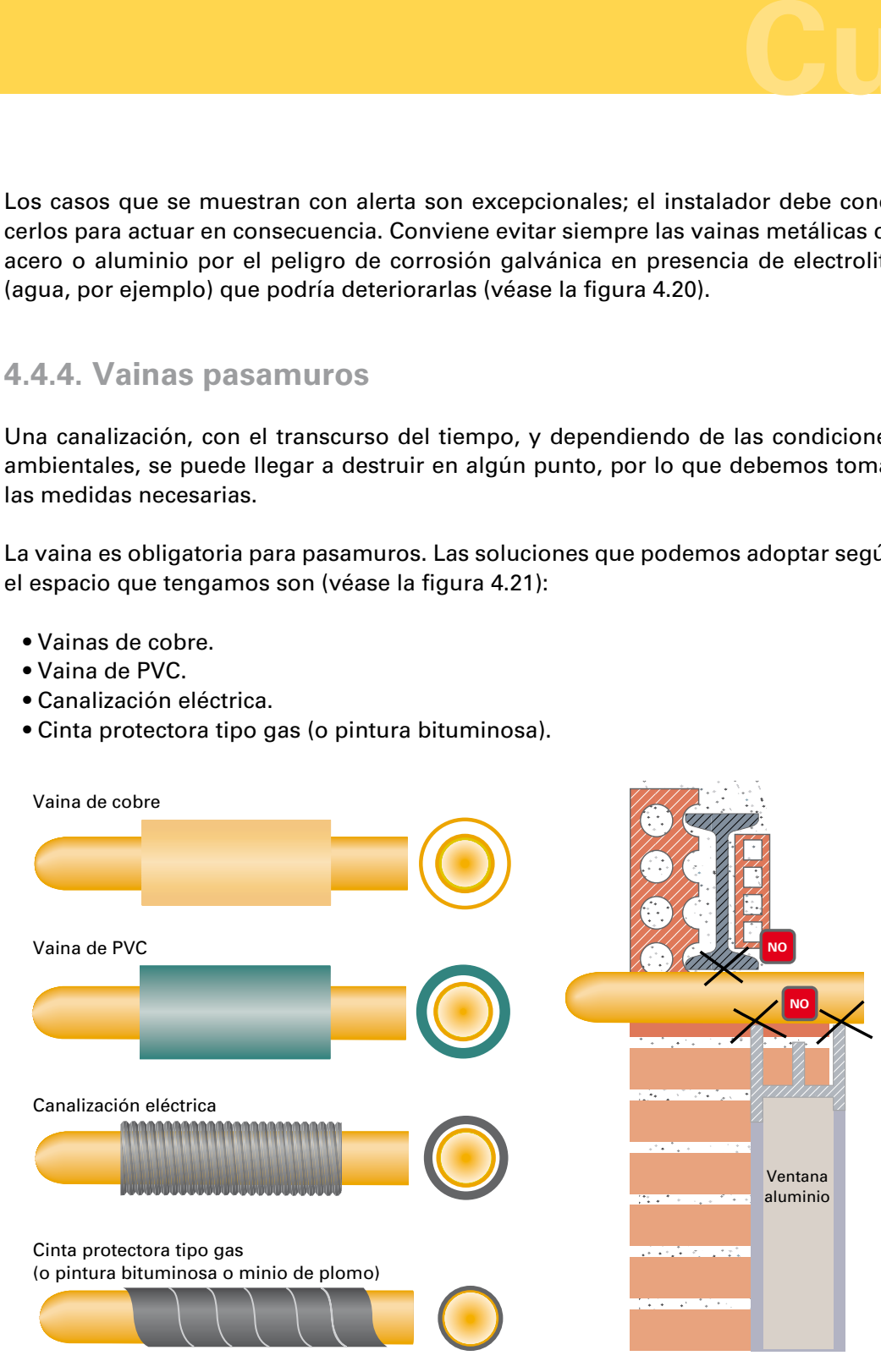


Figura 4.21. **Distintos tipos de vainas y/o protección**

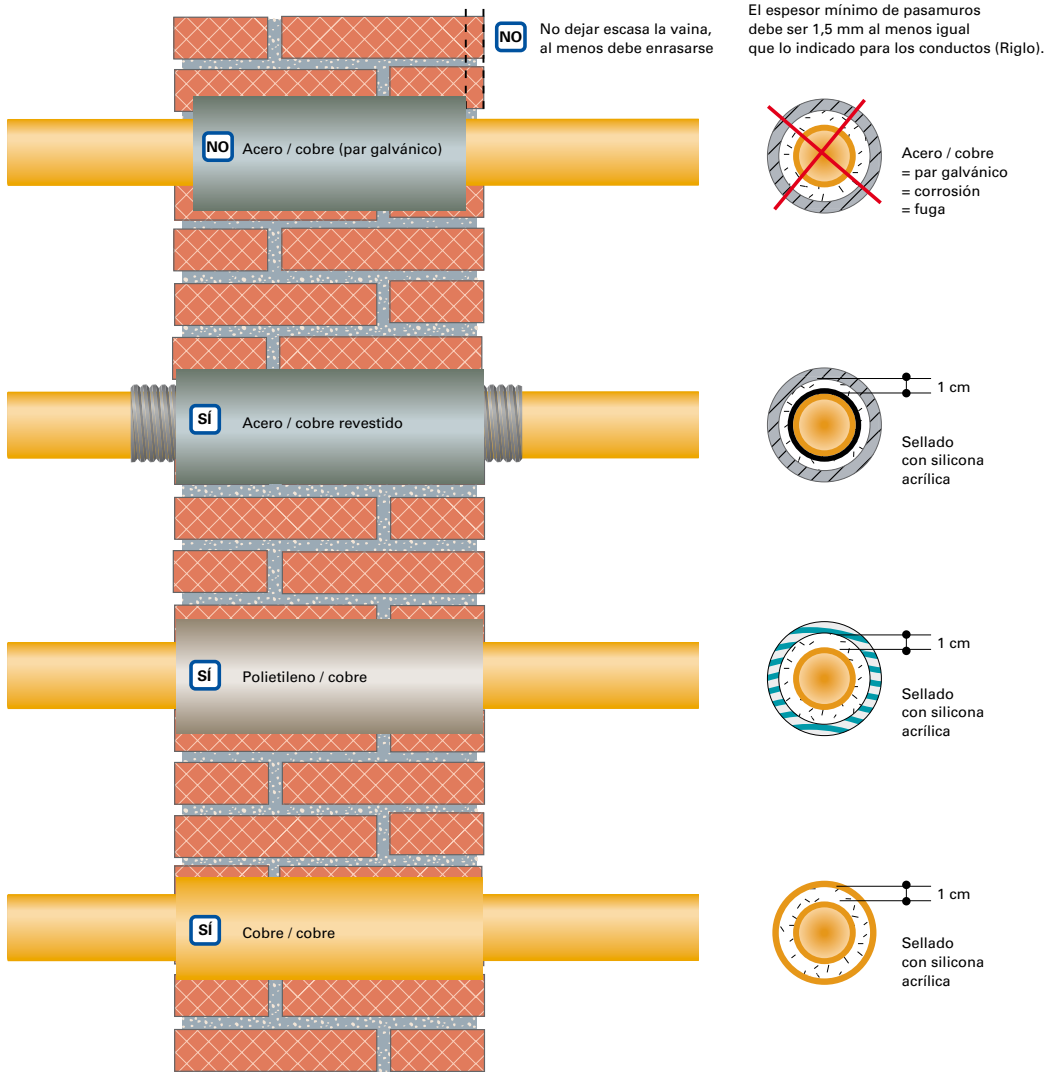


Figura 4.22. **Pasamuros para las GLP y gas natural**

4.4.5. Interrupción del servicio (DB HS Salubridad, apartados 7.1 y 7.2 del CTE)

En las instalaciones de agua que no se pongan en servicio después de cuatro semanas desde su terminación, o aquellas que permanezcan fuera de servicio más de seis meses, se cerrará su conexión y se procederá a su vaciado.

Las acometidas que no sean utilizadas inmediatamente tras su terminación o que estén paradas temporalmente, deben cerrarse en la conducción de abastecimiento.

Nueva puesta en servicio: las instalaciones de agua de consumo humano que hayan sido puestas fuera de servicio y vaciadas provisionalmente, deben ser lavadas a fondo para la nueva puesta en servicio.

4.4.6. Aislamiento térmico de redes de tuberías

Según el RD 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE) existen dos tipos de aislamiento para los tubos de cobre:

- **Aislamiento rígido:** el cual sólo proporciona protección mecánica, y cuyos requerimientos se contemplan en la Norma UNE-EN 13349.

- **Aislamiento flexible:** éste es el más habitual, y su finalidad es el ahorro energético. Existen en el mercado tubos de cobre aislados térmicamente, llamados también tubos preaislados. Estos tubos se utilizan principalmente para: canalizaciones de aire acondicionado y refrigeración, y conducciones de agua en aplicaciones sanitarias y de calefacción.

Actualmente, los aislamientos que se utilizan son de espuma elastomérica o de polietileno (véase la figura 4.23).

El montaje de las instalaciones con este tubo es exactamente igual que con el tubo desnudo: basta con descubrir unos centímetros los extremos de las partes a unir, procediendo después como una tubería ordinaria, teniendo la precaución de aislar manualmente los accesorios de las uniones, después de efectuada la soldadura.

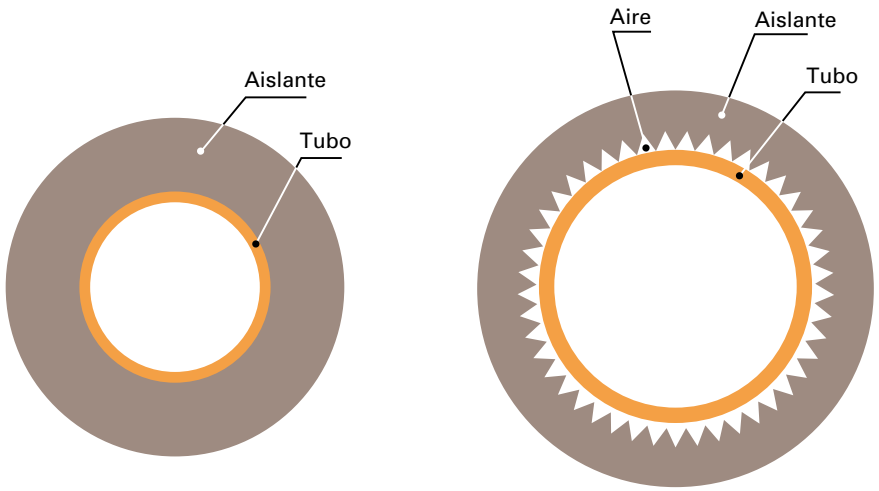


Figura 4.23. **Tipos de material aislante**

El RITE explicita los espesores de aislamiento a considerar para las instalaciones, en función de sus características y destino final.

Espesores mínimos

Todas las tuberías y accesorios, así como equipos, aparatos y depósitos de las instalaciones térmicas, dispondrán de un aislamiento térmico cuando contengan fluidos con:

a. Temperatura menor que la del ambiente del local por el que discurran.

b. Temperatura superior a 40 ºC cuando están instalados en locales no calefactados, entre los que se deben considerar pasillos, galerías, patinillos, aparcamientos, salas de máquinas, falsos techos y suelos técnicos, entendiendo excluidas las tuberías de torres de refrigeración y las tuberías de descarga de equipos frigoríficos.

Los componentes que vengan aislados de fábrica, tendrán el nivel de aislamiento marcado por la respectiva normativa o determinado por el fabricante.

Para el cálculo del espesor mínimo de aislamiento, se podrá optar por el procedimiento simplificado y por el alternativo cuando la potencia térmica a instalar en generación de calor o frío sea menor o igual que 70 kW. Para potencias superiores a 70 kW se deberá aplicar el procedimiento alternativo.

Procedimiento simplificado

En el procedimiento simplificado, los espesores mínimos de aislamiento térmicos, expresados en milímetros, en función del diámetro exterior de la tubería sin aislar y de la temperatura del fluido en la red, y para un material con conductividad térmica de referencia a 10 ºC de 0,040 W (m · K), deben ser los indicados en las tablas 4.7, 4.8, 4.9 y 4.10 para distintas temperaturas de fluidos.

Tabla 4.7. **Espesor mínimo de aislamiento (mm) de tuberías y accesorios que transportan fluidos calientes que discurren por el interior de edificios**

Diámetro exterior (mm)	Temperatura máxima del fluido (ºC)			
	40 … 60	> 60 … 100	>100 … 180	ACS*
D ≤ 35	25	25	30	30
35 < D ≤ 60	30	30	40	35
60 < D ≤ 90	30	30	40	35
90 < D ≤ 140	30	40	50	35
140 < D	35	40	50	40

*Aplicable a instalaciones con funcionamiento todo el año: ACS, sistemas de distrito, centrales individualizadas, etc.

Tabla 4.8. **Espesor mínimo de aislamiento (mm) de tuberías y accesorios que transportan fluidos calientes que discurren por el exterior de edificios**

Diámetro exterior (mm)	Temperatura máxima del fluido (ºC)			
	40 … 60	> 60 … 100	>100 … 180	ACS*
D ≤ 35	35	35	40	40
35 < D ≤ 60	40	40	50	45
60 < D ≤ 90	40	40	50	45
90 < D ≤ 140	40	50	60	45
140 < D	45	50	60	50

*Aplicable a instalaciones con funcionamiento todo el año: ACS, sistemas de distrito, centrales individualizadas, etc.

Tabla 4.9. **Espesor mínimo de aislamiento (mm) de tuberías y accesorios que transportan fluidos fríos que discurren por el interior de edificios**

Diámetro exterior (mm)	Temperatura máxima del fluido (ºC)		
	>–10 ... 0	>0 ... 10	>10
D ≤ 35	30	20	20
35 < D ≤ 60	40	30	20
60 < D ≤ 90	40	30	30
90 < D ≤ 140	50	40	30
140 < D	50	40	30

Tabla 4.10. **Espesor mínimo de aislamiento (mm) de tuberías y accesorios que transportan fluidos fríos que discurren por el exterior de edificios**

Diámetro exterior (mm)	Temperatura máxima del fluido (ºC)		
	>–10 ... 0	>0 ... 10	>10
D ≤ 35	50	40	40
35 < D ≤ 60	60	50	40
60 < D ≤ 90	60	50	50
90 < D ≤ 140	70	60	50
140 < D	70	60	50

• Los espesores mínimos de aislamiento de las redes de tuberías que tengan un funcionamiento continuo, como redes de agua caliente sanitaria, deben ser los indicados en las tablas anteriores aumentados en 5 mm.

• Los espesores mínimos de aislamiento de las redes de tuberías que conduzcan, alternativamente, fluidos calientes y fríos, serán los obtenidos para las condiciones de trabajo más exigentes.

• Los espesores mínimos de aislamiento de las redes de tuberías de retorno de agua serán los mismos que los de las redes de tuberías de impulsión.

• Los espesores mínimos de aislamiento de los accesorios de la red, como válvulas, filtros, etc., serán los mismos que los de la tubería en que estén instalados.

• El espesor mínimo de aislamiento de las tuberías de diámetro exterior menor o igual que 20 mm y de longitud menor que 5 m, contada a partir de la conexión a la red general de tuberías hasta la unidad terminal, y que estén empotradas en tabiques y suelos o instaladas en canaletas interiores, será de 10 mm, evitando, en cualquier caso, la formación de condensaciones.

• Cuando se utilicen materiales de conductividad térmica distinta a λ_{ref}= 0,04 W/(m · K) a 10 ºC, se considera válida la determinación del espesor mínimo aplicando las siguientes ecuaciones:

• Para superficies de sección circular:

$$d = \frac{D}{2}\left[EXP\left(\frac{\lambda}{\lambda_{ref}} \cdot \ln\frac{D+2\cdot d_{ref}}{D}\right) - 1\right]$$

donde:

λ_{ref} : conductividad térmica de referencia, igual a 0,04 W/(m · K) a 10 ºC
λ : conductividad térmica del material empleado, en W/(m · K)
d_{ref} : espesor mínimo de referencia, en mm
d : espesor mínimo de material empleado, en mm
D : diámetro interior del material aislante, coincidente con el diámetro exterior de la tubería, en mm
ln : logaritmo neperiano (base 2,7183...)
EXP : significa el número neperiano elevado a la expresión entre paréntesis

Nota: dado que todas las instalaciones están realizadas con tubería que supera con creces la conductividad térmica de referencia 0,04 W/(m · K) a 10 ºC , es prescripción reglamentaria el aislamiento de todos los tipos de tubos, bien sean de acero, cobre, plástico, etc.

4.4.7. Materiales aislantes térmicos

Todos los aislamientos térmicos deben cumplir las características de resistencia al fuego definidas en el CTE publicado en marzo de 2006 (RD 315/2006), según códigos de clasificación europeos “Euroclases” (RD 312/2005 y Norma UNEEN 13501-1). (Véase la tabla 4.11.)

Tabla 4.11. **Clases de reacción al fuego de los elementos constructivos**

Situación del elemento	Revestimientos [1]	
	De techos y paredes [2, 3]	De suelos [2]
Zonas ocupables [4]	C-s2,d0	E_{FL}
Aparcamientos	A2-s1,d0	$A2_{FL}$-s1
Pasillos y escaleras protegidos	B-s1,d0	C_{FL}-s1
Recintos de riesgo especial [5]	B-s1,d0	B_{FL}-s1
Espacios ocultos no estancos: patinillos, falsos techos, suelos elevados, etc.	B-s3,d0	$A2_{FL}$-s2[6]

[1] Siempre que superen el 5% de las superficies totales de conjunto de los techos o del conjunto de los suelos del recinto considerado.

[2] Incluye tuberías y conductos que transcurren por las zonas que se indican sin recubrimiento resistente al fuego. **Cuando se trata de tuberías con aislamiento térmico lineal, la clase de reacción al fuego será la que se indica pero incorporando el subíndice L.**

[3] Incluye aquellos materiales que constituyan una capa contenida en el interior del techo o pared y que no esté protegida.

[4] Incluye, tanto las de permanencia de personas, como las de circulación que no sean protegidas. Excluye el interior de viviendas. En uso hospitalario se aplicarán las mismas condiciones que en pasillos y escaleras protegidos.

[5] Integrados en edificios, se clasifican conforme los grados de riesgo bajo, riesgo medio y riesgo alto (no forman parte de este manual).

[6] Se refiere a la parte inferior de la cavidad. Por ejemplo, en la cámara de falsos techos se refiere al material situado en la cara superior de la membrana. En espacios con clara configuración vertical (por ejemplo, patinillos), esta condición no es aplicable.

Euroclases

Sistemas europeos de clasificación:

– Clase: A1 A2 B C D E F

→ MEJOR comportamiento PEOR

- **Humo:**
  - s1: velocidad y cantidad de emisión bajas.
  - s2: velocidad y cantidad de emisión medias.
  - s3: velocidad y cantidad de emisión elevadas.

- **Formación de gotas:**
  - d0: no se producen gotas ni partículas inflamadas.
  - d1: se producen gotas, pero su duración es inferior a 10 segundos.
  - d2: resto de los casos.

Definición de las características y escenarios de fuego contemplados en la Directiva Euroclases (RD 312/2005 y Norma UNE-EN 13501-1). (Véase la tabla 4.12.)

Tabla 4.12. **Definición y escenarios de fuego contemplados en la Directiva Euroclases**

Clase	Comportamiento al fuego	Escenario del fuego	Área afectada	Área afectada
A1	No existe contribución al fuego	Fuego totalmente desarrollado en una habitación	Mínimo 60 kW/m²	Cobre, piedra, ladrillos, cerámica, cristal, acero y otros metales
A2	Ídem	Ídem	Ídem	Productos similares a los de la clase A1
B	Contribución al fuego muy limitada	Inicio del fuego	40 kW/m² en un área limitada	Tableros con distintos revestimientos Algunos productos de madera
C	Contribución al fuego limitada	Ídem	Ídem	Algunas espumas fenólicas, tableros con distintos revestimiento (más gruesos que la clase B)
D	Baja contribución al fuego	Ídem	Ídem	Productos de madera con espesor >10 mm y densidad aprox. >400 kg/m³ (según el uso final)
E	Ídem	Llama reducida	Altura llama 20 mm	Tablero fibra baja densidad, plástico basado en productos aislamiento
F	Ningún requerimiento	Ídem	Ídem	Productos no ensayados (sin requerimientos)

Nota: conforme a la tabla 4.1 del apartado DB SI 1-4 del CTE, la clase de reacción exigible a los aislamientos lineales de tuberías existentes en el interior de espacios ocultos no estancos es **BL-s3,d0**. Debe aplicarse el subíndice "L", indicativo del método de clasificación de ensayo específico para los productos para aislamientos lineales.



Duradero

5.- Contacto del cobre con otros metales. Precauciones a adoptar

5.1. Circuitos mixtos cobre-hierro

Si se comparan los potenciales de oxidación-reducción del cobre y del hierro (con respecto al hidrógeno tomado como potencial 0), se encuentra +0,34 V para el cobre y –0,43 V para el hierro (véase la figura 5.1).

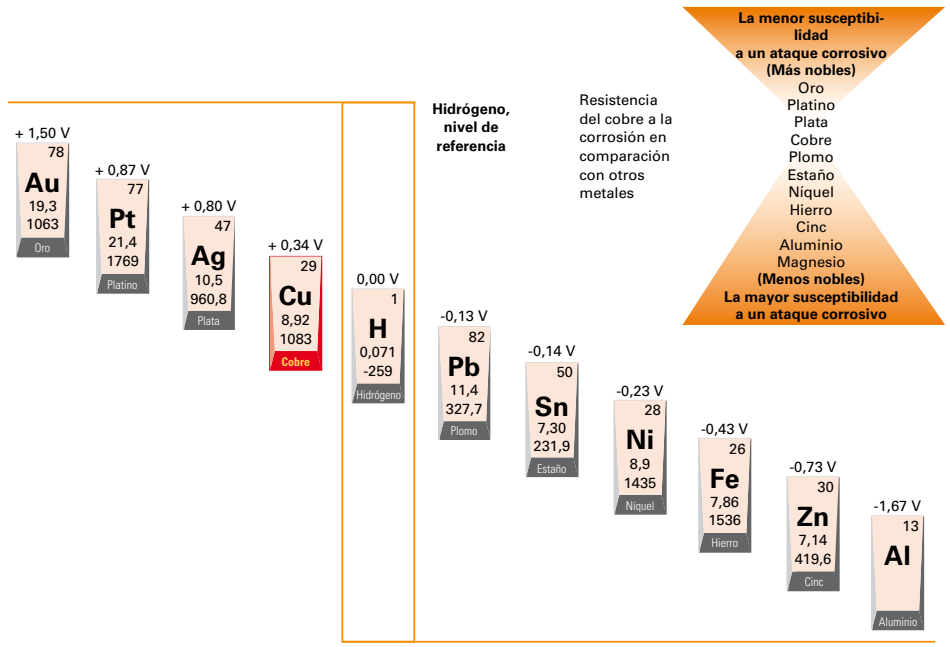


Figura 5.1. **Serie electroquímica de los metales**

Es decir, el cobre es un metal noble, mientras que el hierro es un metal relativamente corrosible. Por tanto, si en un mismo circuito se colocan piezas de hierro y de cobre en contacto, se crea una pila electroquímica en la que el hierro desempeña el papel de ánodo, el cobre, el de cátodo, y el agua, el de electrolito conductor.

El fenómeno de la corrosión no reside solamente en el contacto directo de dos metales. Si suponemos una instalación recorrida por agua, que primero encuentra una tubería de cobre y luego otra de acero, o acero galvanizado, las partículas de cobre, disueltas en forma de iones en el agua, tenderán a precipitarse sobre el tubo de hierro formando cobre de cementación, que disolverá el hierro hasta perforar el tubo.

El empleo de tubo galvanizado solamente retrasa el fenómeno, dado que el cinc, cuyo potencial es –0,73 V, es todavía menos noble que el hierro; por tanto, se corroerá primero y, después, el hierro desnudo será atacado. Para impedir este tipo de corrosión, basta con instalar el hierro aguas arriba (antes) del cobre, con relación al sentido de circulación del agua.

Aun respetando la regla de colocación, el hierro aguas arriba del cobre, se puede producir otro tipo de corrosión. En efecto, el hierro puede producir la suspensión en el agua de partículas de caída que serán arrastradas por la corriente y pueden depositarse en la superficie del cobre. De no evitarse este extremo con la colocación de filtros de malla adecuada, estos depósitos podrían provocar la corrosión por aireación diferencial, ya que las partes debajo de las partículas de óxido depositadas no están en contacto con agua fresca, rica en oxígeno, y presentan un potencial diferente. Entonces se puede producir la perforación del cobre.

Este tipo de corrosión es más probable en instalaciones con circulación de aguas muy agresivas y a baja velocidad. A pesar de los problemas que se puedan presentar en las instalaciones mixtas cobre-hierro, existen muchas razones técnicas, prácticas y económicas que justifican los circuitos mixtos.

5.1.1. Circuitos mixtos de calefacción central

Son frecuentes los circuitos de calefacción central con la caldera y los radiadores de fundición y las tuberías de cobre (véase la figura 5.2).

El agua circula en ellos por el hierro, luego por el cobre, de nuevo por el hierro, y así sucesivamente, por lo que parece que debe haber peligro de corrosión. En realidad, ésta no dura más que el tiempo, muy corto, necesario para que el oxígeno disuelto en el agua sea consumido en la formación de óxidos.

A partir de este momento la corrosión cesa, pues el agua ya no es agresiva. Si es necesario renovar eventualmente el agua del circuito, se producirá una pequeña corrosión suplementaria cada vez, pero las renovaciones o reposiciones parciales de agua son tan raras que no debe haber temor. Sin embargo, si se utiliza un depósito de expansión abierto, la superficie libre del mismo absorberá oxígeno del aire; por ello es preferible utilizar siempre depósitos de expansión cerrados bajo presión de nitrógeno.

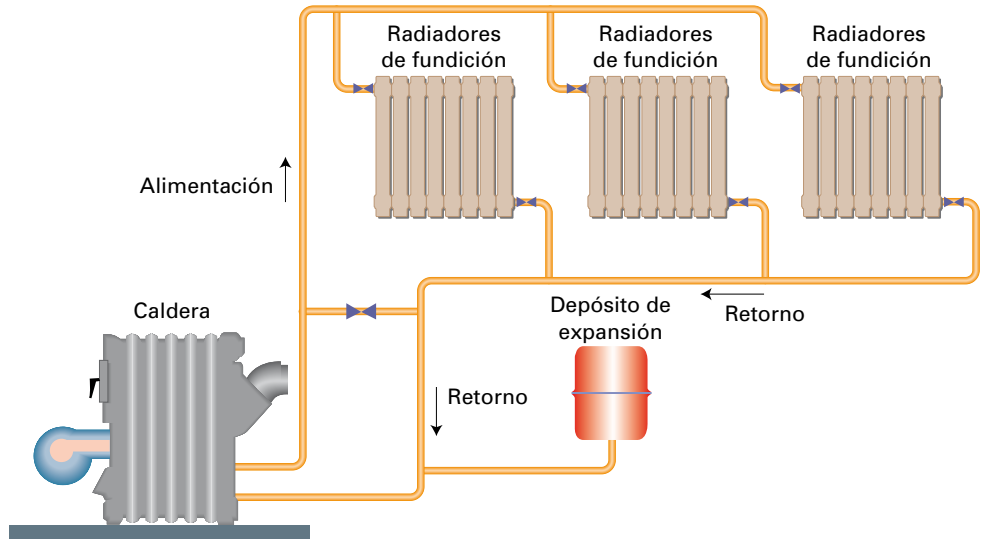


Figura 5.2. **Circuito mixto de calefacción central**

5.1.2. Circuitos de distribución de agua fría

Se impone la disposición de cobre después de hierro (véase la figura 5.3).

Las uniones entre los tubos de hierro y las de cobre se realizan por medio de manguitos de latón. Solamente en caso de aguas muy agresivas habría que temer la corrosión galvánica en las uniones entre tubos y habría que emplear piezas de unión aislantes, de plástico (manguitos dieléctricos).

5.1.3. Circuitos de distribución de agua caliente

Sin recirculación

Tal como se aprecia en el esquema, se pueden considerar dos circuitos independien-

tes: el primero, integrado por la caldera y las tuberías de ida y retorno del acumulador, es un circuito cerrado similar al de calefacción, por lo que la corrosión existirá el tiempo que tarda el oxígeno del agua en combinarse en la formación de óxidos. Normalmente este circuito es el mismo que el de calefacción.

El segundo circuito a considerar es el formado por la tubería de alimentación de agua fría, el depósito acumulador y las tuberías de distribución de agua caliente.

Si la tubería de alimentación es de cobre, y el depósito acumulador es de hierro, los iones de cobre se depositan en la pared del acumulador produciendo la corrosión de éste, así como las partículas de óxido de hierro se depositan en la tubería de salida de cobre, pudiendo producir corrosión del cobre por aireación diferencial.

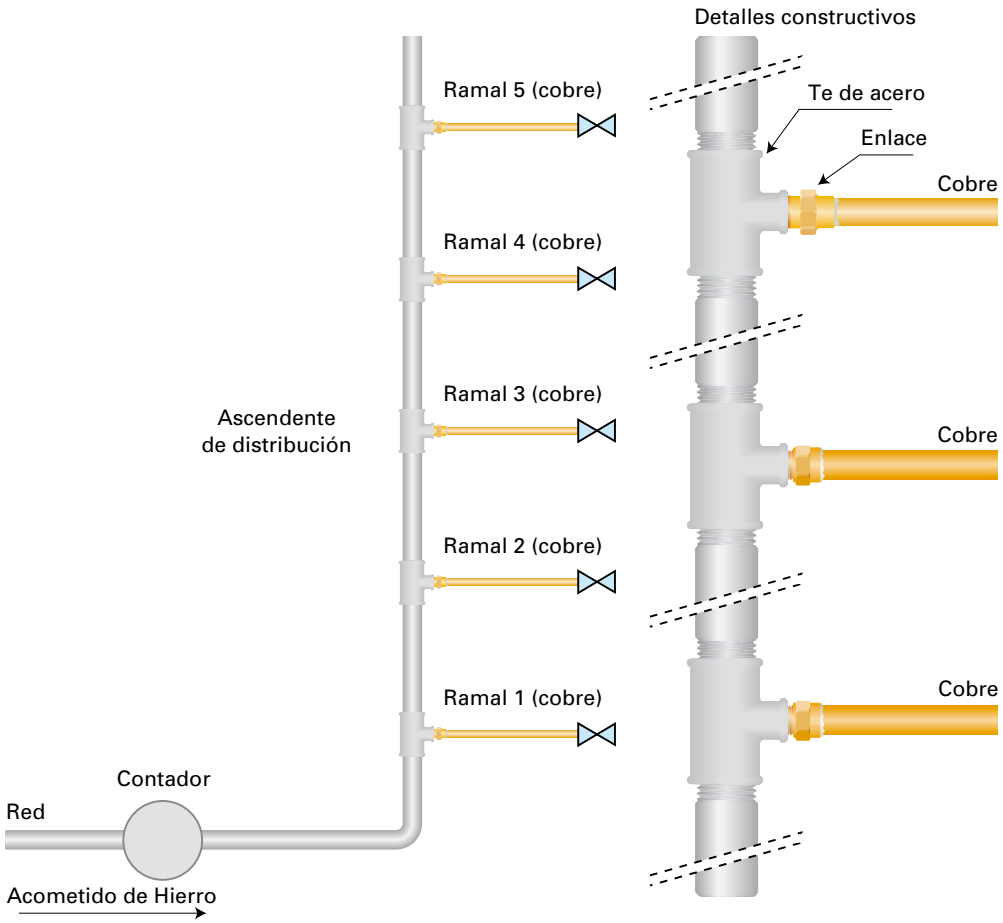


Figura 5.3. **Circuito mixto de distribución de agua fría**

Para evitar la corrosión, pueden usarse ánodos de sacrificio en los acumuladores, también es posible recubrirlos internamente, o incluso se emplea cobre para su fabricación (véase la figura 5.4).

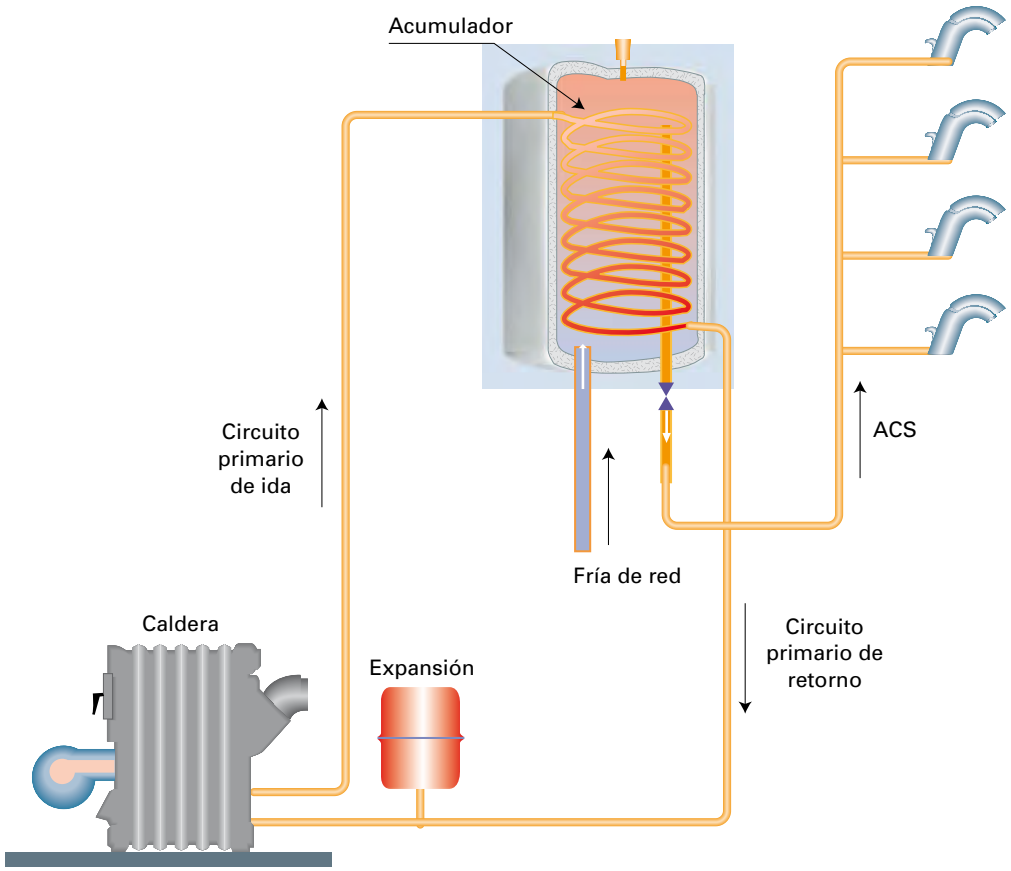


Figura 5.4. **Circuito de agua caliente sin recirculación**

Con recirculación

En este caso, el agua, después de recorrer el circuito de distribución de agua, vuelve al acumulador por una tubería de cobre (véase la figura 5.5).

Situación similar a la anterior, ya que, según se aprecia en el esquema, hay un circuito de calentamiento del intercambiador y calefacción y un circuito de consumo.

Dotando al acumulador de una protección interior, y realizando las uniones de tubo

de cobre con los elementos de hierro (caldera, radiador y depósito acumulador) con manguitos de bronce para soldar/roscar, se evita el problema de corrosión en el circuito.

Los modernos intercambiadores están fabricados, generalmente, de acero inoxidable o cobre, lo que elimina el fenómeno de corrosión.

Esquema de redes (con recirculación de ACS)

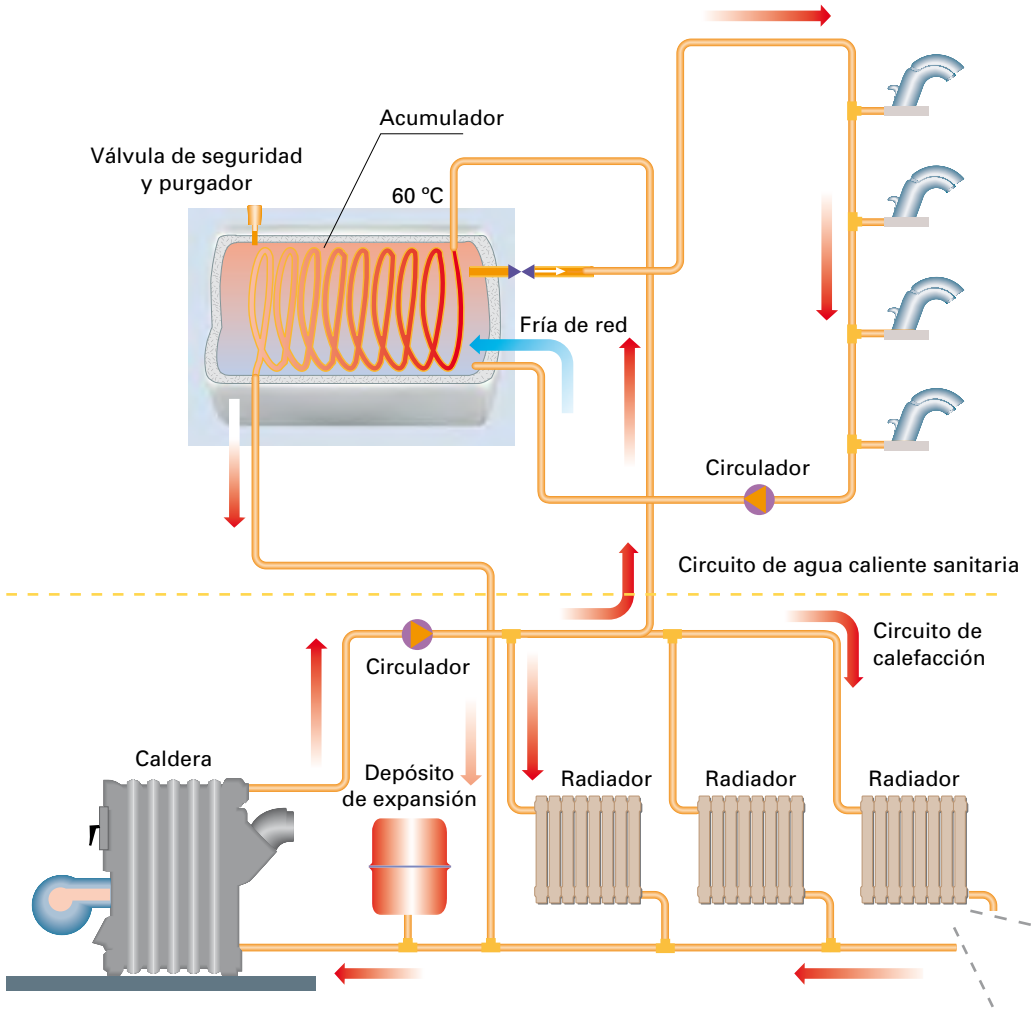
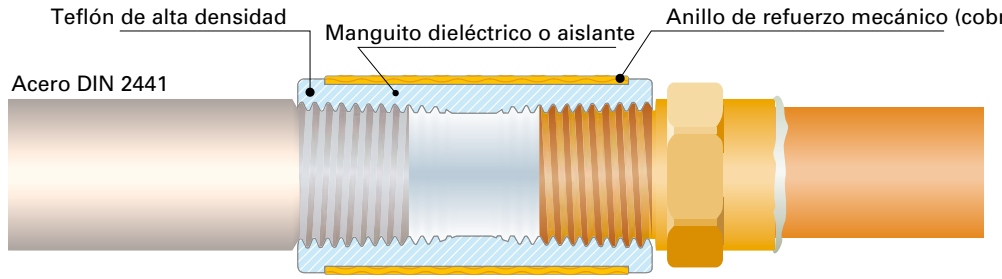


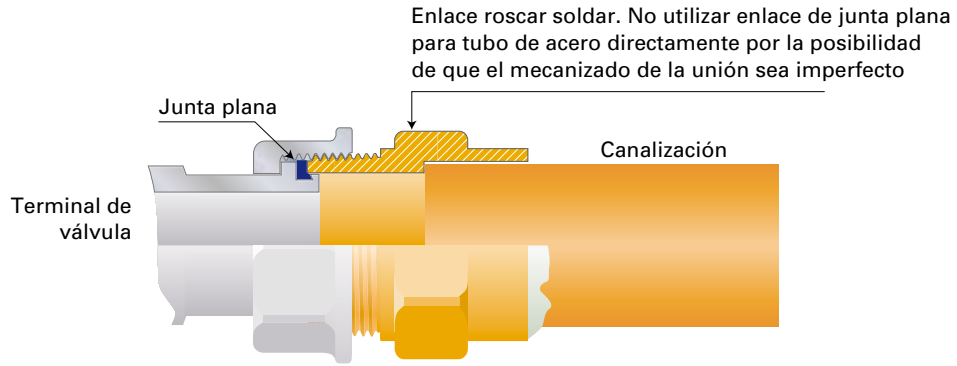
Figura 5.5. **Circuito de agua caliente**

5.2. Unión entre distintos metales

Para evitar pares galvánicos al cambiar el material en la canalización (de acero se pasa a cobre) se instala un manguito aislante (véase la figura 5.6).



Detalle de enlace con junta plana latón-acero



Ejemplo de cierre de vaina acero-cobre (desmontable y estanco)

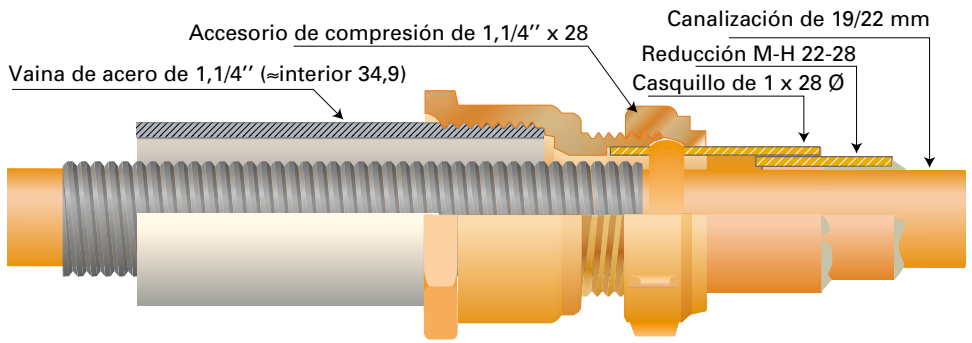


Figura 5.6. **Diversos tipos de unión entre distintos metales**

5.3. Tipos de corrosión en circuitos

5.3.1. Teoría de la corrosión

Según la Norma UNE 112076, la corrosión puede definirse como: "El ataque que experimentan los metales por acción del medio en que se utilizan: atmósfera, agua, suelo, etc., produciéndose en el proceso reacciones químicas o electroquímicas".

La corrosión de los metales o aleaciones implica el paso a la solución de iones metálicos en determinadas áreas de la superficie metálica (área anódica) y a la deposición de iones hidrógeno de la solución en áreas adyacentes (área catódica). La reacción catódica predominante es la reducción del oxígeno en forma de iones hidróxidos. De ello se deduce que la presencia de oxígeno u otro agente oxidante es esencial para causar la corrosión en estos metales.

En las áreas anódicas se producen fenómenos de corrosión (oxidación), y en las catódicas, fenómenos de protección.

La corrosión puede manifestarse en fenómenos puntuales, corrosión localizada, o bien ser de tipo uniforme.

Tipos de corrosión

Se citan a continuación los principales tipos de corrosión identificados en tuberías de cobre.

Corrosión galvánica

La corrosión que se origina cuando dos o más metales están en contacto y en presencia de un conductor electrolítico, se denomina corrosión galvánica.

Una guía aproximada para valorar el comportamiento de un par galvánico se puede obtener observando la serie electroquímica de los metales; esta serie ordena los metales de mayor a menor nobleza. Un metal puede reaccionar y destruir al situado en una posición inferior de la tabla, pero el metal inferior nunca podrá corroer al que está situado en un nivel más elevado.

Sin embargo, esta serie electroquímica no siempre indica cómo se comportarán dos metales que se encuentran juntos, sino que para que un metal se corroa o cause corrosión al otro, dependerá de muchos factores, tales como la conductividad eléctrica de la solución, la presencia de aire o agentes oxidantes, fenómenos de polarización de los metales y la tendencia del metal a disolverse en el medio ambiente.

En una solución química neutra la corrosión galvánica será insignificante frente a la corrosión que se produzca en una solución ácida.

La unión entre metales anódicos (como el hierro, el acero o el aluminio) y el cobre debe evitarse si la relación del área catódica (cobre) y el área anódica es grande. Por el contrario, si dicha relación es pequeña, entonces no se producen graves defectos de corrosión.

A veces la corrosión galvánica puede ser muy fuerte al inicio, originando productos de corrosión que inactivan el par galvánico, desplazando el potencial anódico a valores próximos al catódico, y viceversa.

Este fenómeno se denomina "de polarización" y es uno de los factores más importantes que controlan las reacciones de corrosión galvánica.

Ataque o corrosión por depósito

También conocido como "*pitting corrosion*", corrosión por picaduras, o por aireación diferencial.

El cobre reacciona con el oxígeno disuelto en el agua, generando una capa inicial adherente e insoluble de sales de cobre que autoprotegen al propio tubo pasivando su superficie interior, e impidiendo la corrosión interna. Una vez formada esta capa, difícilmente se producen fenómenos de corrosión en el interior de las tuberías.

Si antes de la formación de la capa de autoprotección se producen deposiciones en el interior de los tubos (decantación de sólidos o fangos en suspensión, o excesos de decapante de la operación de soldadura…), la consecuencia inmediata es que el área metálica debajo del residuo llega a ser anódica por su falta de oxígeno, frente al área metálica fuera del residuo que puede acceder más fácilmente al oxígeno disuelto en el agua. Es decir, la superficie del tubo en contacto con la solución, normalmente aireada, se comporta como cátodo, originando corrosión en el área del metal que está debajo del cuerpo extraño depositado. Esta corrosión puede acabar perforando la pared del tubo.

Factores que favorecen la aparición de este fenómeno:

- Aguas duras (>25 ºf).
- Conductividades elevadas (>650 µS/cm).
- CO2 contenidos superiores a 10 ppm favorecen la aparición de picaduras.
- Iones sulfato, a mayor concentración mayor probabilidad de aparición de picaduras.
- Sólidos en suspensión.
- Bajas velocidades de flujo.
- Llenado parcial de tuberías.
- Periodos de reposo prolongados en la instalación que favorecen el desarrollo de las reacciones electroquímicas.

Nota: oxígeno disuelto por debajo de 5 ppm. Las picaduras no suelen desarrollarse.

Este problema, denominado "*pitting 1*", suele presentarse mayoritariamente en conducciones horizontales de agua fría, y se caracteriza por el aspecto de las perforaciones en forma de **puntas de alfiler**.

Para prevenir este tipo de picaduras se recomienda:

- Conocer las características del agua de la zona, y tratarla en casos de: durezas, conductividades, contenidos en oxígeno y CO_2 elevados.
- Evitar el exceso de decapante al realizar las soldaduras.
- No sobredimensionar las instalaciones y evitar las bajas velocidades de flujo.
- Instalar filtros a la entrada de los circuitos y asegurar su correcto mantenimiento, preceptivo según CTE DB HS4 (Salubridad), instalándose a continuación de la llave de corte general. Filtro tipo Y de acero inoxidable y baño de plata para evitar la formación de bacterias y autolimpiable.
- Cuando se prevé un periodo de inactividad en la instalación, proceder según el apartado 7.1 del Documento Básico HS Salubridad del CTE (véase el capítulo 4, apartado 4.4.5).

El "*pitting 2*" del agua caliente, con generalmente altos concentrados de manganeso en agua blanda ácida, no es un fenómeno normal en España.

Corrosión-erosión

Este tipo de corrosión se produce a causa de una corriente de agua turbulenta que golpea la superficie interior del tubo. Los efectos de la corriente al chocar contra la pared del tubo originan casi siempre una huella similar a la forma de una "herradura" de caballo, con la punta de la pezuña en dirección contracorriente. Esta turbulencia interfiere la formación normal de la capa protectora sobre la superficie interior del tubo y erosiona la superficie del cobre en ese punto.

La dimensión del ataque es directamente proporcional a la velocidad del agua, y a su grado de turbulencia. En algunos casos el ataque se magnifica hacia abajo, y cuando las áreas con picaduras se extienden, éstas, a su vez, fomentan un incremento de turbulencia (véase la figura 5.7).

Una de las características de este tipo de ataque consiste en que la zona afectada no contiene ningún producto corrosivo, y el metal presenta un aspecto brillante e incluso con la estructura cristalina casi en evidencia.

Como aceleradores de esta erosión actúan burbujas de aire suficientemente grandes para ser rotas o deformadas a causa de cambios de presión en la superficie del metal.

Este tipo de corrosión se encuentra frecuentemente en tubos de condensadores e intercambiadores de calor, los cuales operan con aguas a recirculación, y con velocidades elevadas. El fenómeno se agrava en zonas de curvas o reducciones de la sección de paso.

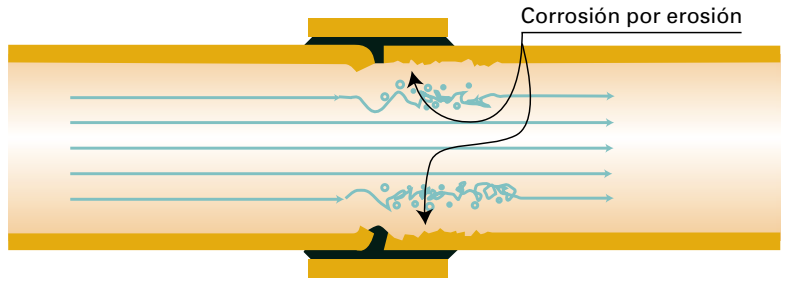


Figura 5.7. **Corrosión producida por corrientes turbulentas**

Corrosión por cavitación

Es un tipo especial de corrosión-erosión. En este caso las burbujas, constituidas por vapor de agua, al liberarse, provocan el ataque contra la superficie metálica. Este tipo de corrosión también es denominado "abrasión-erosión" ya que la acción mecánica prevalece frente a la acción electroquímica (por la presencia de O_2) predominante en la corrosión-erosión.

Sin embargo, la configuración del ataque en este caso está bien definida, conteniendo residuos metálicos y presentando un aspecto espinoso en la zona del tubo que ha sido atacada.

Una deficiente unión entre tubo y accesorio provoca que el régimen laminar se convierta en turbulento y que se produzca este tipo de corrosión. En un fitting, la fuerza centrífuga flotando alrededor de un radio de curva pequeño a alta velocidad, produce un incremento de presión en la parte exterior de la curva, resultando en una reducción de presión en la garganta. Un examen minucioso de la instalación, evitando causas que puedan perjudicar el flujo: curvas pronunciadas, vibraciones, estrangulamientos, etc., contribuye a la eliminación, si no totalmente, sí en parte de dicha corrosión.

Corrosión por tensiones

Este tipo de problema produce un agrietamiento espontáneo, intercristalino o transcristalino, sin deformación del metal adyacente. Estas fisuras pueden ocasionarse por la acción combinada de corrosiones localizadas y tensiones internas o aplicadas al metal.

Tensiones internas son aquellas que permanecen al ser deformado el metal en frío (*season cracking*); tensiones aplicadas son aquellas a que se somete el metal debido a una carga externa aplicada (*stress corrosion cracking*).

Este tipo de corrosión difícilmente se da en el tubo de cobre DHP, pero es conveniente colocar liras de dilatación para evitar las tensiones aplicadas como consecuencia de dilataciones no compensadas.

La presencia de amoniaco, sales amoniacales, mercurio y sus sales, puede favorecer la aparición de corrosiones localizadas que actúan de desencadenantes de la corrosión bajo tensiones.

Corrosión uniforme

Este fenómeno produce la disolución del metal en el agua. Las características del agua son determinantes para evitar la aparición de este problema. Factores a controlar son:

- PH; se recomiendan valores superiores a 7.
- Índice de Langelier positivo (según CTE).
- La Directiva del Agua (RD 140/2003, de 7 de febrero) establece un valor paramétrico para el índice de Langelier de ± 0,5.
- Dureza; se desaconsejan aguas con durezas inferiores a 10 ºf.
- Dióxido de carbono libre; su exceso provoca la formación de ácido carbónico, y en consecuencia la disminución del pH.

Ante aguas que incumplan estas recomendaciones, debe procederse a su tratamiento. El uso de materiales alternativos para la conducción, no hará sino desviar el problema a otros puntos de la instalación o consumo, atacando de forma localizada y **mucho más virulenta** otros metales, bien sea de uniones, grifos, lavadora, etc.

Incrustaciones y deposiciones calcáreas

Las aguas duras o muy duras, con elevados contenidos de calcio y magnesio asociados a bicarbonatos, producen incrustaciones/deposiciones calcáreas en todas las tuberías, con independencia del tipo de material por donde discurre el fluido. En el tubo de cobre la incrustación estará adherida a la superficie interior y en los termoplásticos, por su alto nivel de dilatación, discurrirá en forma de láminas para depositarse formando "bolas" en las curvas de los accesorios. Dichas incrustaciones/deposiciones pueden provocar la obstrucción de las conducciones y reducir el flujo del fluido en su interior. Los problemas suelen iniciarse en las zonas de mayor compromiso en cuanto al flujo: temperaturas elevadas, reducciones de paso, cambios de dirección, etc. Asimismo, los bicarbonatos aumentan la dureza del agua, se vuelven insolubles con la temperatura y se depositan en el interior del tubo originando la corrosión por aireación diferencial.

Los tratamientos recomendados para evitar las incrustaciones/deposiciones están basados en sistemas de descalcificación del agua mediante resinas de intercambio

iónico, y cuyo mantenimiento debe realizarse de forma adecuada.

Se está desestimando el uso de polifosfatos, muy utilizados hace algún tiempo, por tratarse de un buen nutriente, lo que resulta un problema en las aguas fecales.

Nota: el carácter incrustante o agresivo del agua depende no sólo de su dureza sino también de otros factores como la relación entre bicarbonatos y CO_2, la temperatura, la presión, el pH, etc. El carácter corrosivo del agua depende principalmente de su composición química y de la temperatura.

Corrientes vagabundas

Se conocen como corrientes vagabundas aquellas que circulan por el suelo y el agua fuera de los circuitos previstos. La intensidad de estas corrientes es con frecuencia variable y depende esencialmente de la naturaleza y funcionamiento de la fuente que las emite: ferrocarriles electrificados, tranvías, transporte urbano subterráneo, motores de corriente continua, fugas de bombas mal aisladas, instalaciones de protección catódica por corriente impresa, etc.

La corriente eléctrica busca siempre los recorridos de menor resistencia, por este motivo en las instalaciones enterradas puede existir riesgo de corrosión por corrientes vagabundas.

Las zonas anódicas, y por tanto la corrosión, se producen siempre en lugares por donde la corriente sale de la estructura que ha recorrido y pasa al electrolito.

5.4. Corrosión atmosférica (pátina verdosa)

Las precipitaciones acuosas (lluvia, nieve o niebla) y la condensación de humedad son los principales factores para la corrosión. Para que la velocidad de corrosión sea importante, la atmósfera debe estar, además de húmeda, contaminada. Contaminantes atmosféricos formados por ácido sulfúrico y nítrico regresan a la tierra como precipitación ácida lejos de la fuente emisora (lluvia ácida). En consecuencia, además de la corrosión atmosférica vinculada a la absorción de los gases corrosivos por la película de humedad sobre el metal, existe la corrosión producida por la acción directa del agua de lluvia que ha incorporado sustancias corrosivas antes de su contacto con el metal. El metal (el cobre en este caso) por efecto de este proceso, va modificando paulatinamente su color rojizo en distintas tonalidades hasta revestirse de una pátina verdosa muy común en los tejados o fachadas fabricados con chapas de cobre.

Este proceso, muy común en las placas de cobre en los tejados (*roofing*) o en las fachadas de los edificios y de alto nivel decorativo, **no tiene lugar en las instalaciones de fontanería**, dado que no se contemplan las condiciones anteriormente detalladas.

Explicaremos brevemente el proceso, tonalidad y composición de las **capas protectoras** (que no tienen nada que ver con el "cardenillo") que se forman en las instalaciones de fontanería y que, lejos de perjudicar, pasivan la superficie interior del tubo de cobre y como consecuencia lo protegen de posibles agresiones posteriores:

a. Superficie interior de un tubo de cobre, sin haber circulado agua por su interior (véase la figura 5.8).

b. Superficie interior de un tubo de cobre al inicio de su puesta en servicio. El cobre reacciona con el oxígeno disuelto en el agua generando una capa inicial adherente e insoluble de óxido cuproso de color marrón de una forma muy rápida que pasiva la superficie protegiéndola contra la corrosión (véase la figura 5.9).

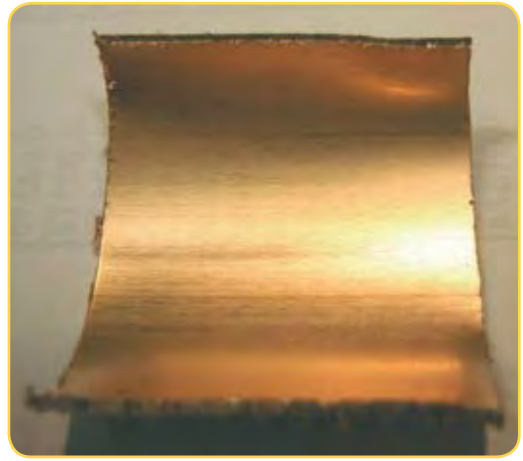


Figura 5.8. **Aspecto interior de un tubo antes de entrar en servicio**

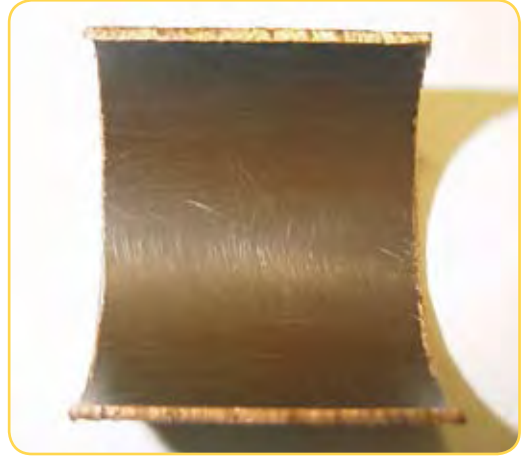


Figura 5.9. **Capa inicial de óxido cuproso que recubre y pasiva la superficie interior del tubo**

c. Superficie interior del tubo de cobre después de unos meses en servicio. Pasivación de la superficie por hidroxicarbonatos de color verde, que se formará si las condiciones del agua de la conducción lo permiten (véanse las figuras 5.10 y 5.11).



Figura 5.10. **Capa de hidroxicarbonatos que recubren y pasivan la superficie interior del tubo (su formación depende de las características del fluido circulante). Agua fría**

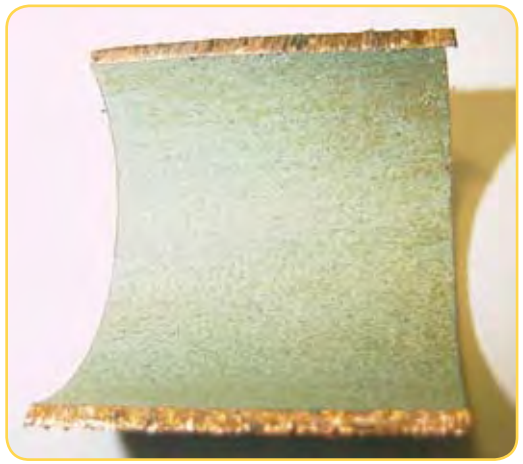


Figura 5.11. **Capa de hidroxicarbonatos que recubren y pasivan la superficie interior del tubo (su formación depende de las características del fluido circulante). Agua caliente**

5.5. Comportamiento del cobre en diferentes ambientes de trabajo (agentes químicos y atmósferas habituales)

(Véase la tabla 5.1.)

Tabla 5.1. **Agentes químicos y atmósferas habituales**

Comportamiento del cobre y de sus principales aleaciones frente a los agentes químicos y las atmósferas habituales

Agente agresivo	Resistencia a la corrosión																
	Cobre		Latones								Bronces		Cuproaluminios complejos	CuSi3Mn1	Cuproníqueles		Alpaca
	Cu-ETP	Cu-DHP	CuZn10	CuZn15	CuZn30	CuZn40Pb2	CuZn40	CuZn38Sn1	CuZn28Sn1	CuZn21Al12	CuSn5	CuSn10			CuNi10Fe1	CuNi30Fe	CuZn18Ni18
Acético, ácido	B	B	B	B	D	D	D	D	C	C	B	B	B	B	B	B	B
Acético, anhídrido	B	B	B	B	D	D	D	D	C	C	B	B	B	B	B	B	B
Acetileno	D	D	D	D	D	A	A	A	D	D	D	D	D	D	D	D	D

Tabla 5.1. **Agentes químicos y atmósferas habituales**
(continuación)

Agente agresivo	Resistencia a la corrosión																
	Cobre		Latones								Bronces		Cuproaluminios complejos	CuSi3Mn1	Cuproníqueles		Alpaca
	Cu-ETP	Cu-DHP	CuZn10	CuZn15	CuZn30	CuZn40Pb2	CuZn40	CuZn38Sn1	CuZn28Sn1	CuZn21Al12	CuSn5	CuSn10			CuNi10Fe1	CuNi30Fe	CuZn18Ni18
Acetona	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Agua de mar	B	B	B	B	C	C	C	B	A	A	B	A	A	B	A	A	A
Agua de mina	C	C	C	C	D	D	D	D	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Agua oxigenada	B	B	B	B	C	C	C	C	B	B	B	B	B	B	B	B	B
Agua potable	A	A	A	A	C	C	C	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Aguas sucias	A	A	A	A	C	C	C	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Aguas negras	C	C	C	C	D	D	D	D	D	C	C	C	C	C	C	B	C
Aguas salobres	B	B	B	B	D	D	D	C	B	B	B	A	B	B	A	A	A
Alcohol	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Aldehído furánico	A	A	A	A	C	C	C	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Alumbre	B	B	B	B	D	D	D	D	B	B	B	B	B	B	B	A	B
Alúmina	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Aluminio, cloruro	B	B	B	B	D	D	D	D	C	C	B	B	B	B	B	B	B
Aluminio, hidróxido	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Aluminio, sulfato	B	B	B	B	D	D	D	D	B	B	B	B	B	B	B	A	B
Alquitrán	A	A	A	A	B	B	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Amílico, acetato	A	A	A	A	B	B	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Amílico, alcohol	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Amoniaco (seco)	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Amoniaco (húmedo)	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	C	D
Amoniaco, cloruro	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	C	D
Amoniaco, hidróxido	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	C	D
Amoniaco, nitrato	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	C	D
Amoniaco, sulfato	C	C	C	C	D	D	D	D	D	D	C	C	C	C	C	B	C
Anilina	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C

Tabla 5.1. **Agentes químicos y atmósferas habituales**
(continuación)

Agente agresivo	Resistencia a la corrosión																
	Cobre		Latones								Bronces		Cuproaluminios complejos	CuSi3Mn1	Cuproní-queles		Alpaca
	Cu-ETP	Cu-DHP	CuZn10	CuZn15	CuZn30	CuZn40Pb2	CuZn40	CuZn38Sn1	CuZn28Sn1	CuZn21Al12	CuSn5	CuSn10			CuNi10Fe1	CuNi30Fe	CuZn18Ni18
Anilina, colorantes	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Asfalto	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Atmósfera industrial	A	A	A	A	B	B	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Atmósfera marina	A	A	A	A	B	B	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Atmósfera rural	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Azúcar de caña, jarabe	A	A	A	A	B	B	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Azúcar de remolacha, jarabe	A	A	A	A	B	B	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Azúcar, soluciones	A	A	A	A	B	B	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Azufre (fundido)	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
Azufre (seco)	B	B	B	B	A	A	A	A	A	B	B	B	B	B	B	A	B
Azufre cloruro (seco)	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Bario, carbonato	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Bario, cloruro	B	B	B	B	D	D	D	D	C	C	B	B	B	B	B	B	B
Bario, hidróxido	A	A	A	A	B	B	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Bario, sulfato	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Bario, sulfuro	C	C	C	C	B	B	B	B	B	B	C	C	C	C	C	B	B
Barnices	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Barnices, disolventes	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Bencina	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Benzol	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Benzólico, ácido	A	A	A	A	B	B	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Bórax	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Bordelés, caldo	A	A	A	A	B	B	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Bórico, ácido	A	A	A	A	B	B	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Bromo (seco)	A	A	A	A	B	B	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A

Tabla 5.1. **Agentes químicos y atmósferas habituales**
(continuación)

Agente agresivo	Resistencia a la corrosión																
	Cobre		Latones								Bronces		Cuproaluminios complejos	CuSi3Mn1	Cuproní-queles		Alpaca
	Cu-ETP	Cu-DHP	CuZn10	CuZn15	CuZn30	CuZn40Pb2	CuZn40	CuZn38Sn1	CuZn28Sn1	CuZn21Al12	CuSn5	CuSn10			CuNi10Fe1	CuNi30Fe	CuZn18Ni18
Bromo (húmedo)	B	B	B	B	D	D	D	D	C	C	B	B	B	B	B	B	B
Bromhídrico, ácido	C	C	C	C	D	D	D	D	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Butano	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Butílico, alcohol	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Butílico, ácido	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Café	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Cal, cloruro (húmedo)	B	B	B	B	D	D	D	D	C	C	B	B	B	B	B	B	B
Cal viva	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Calcio, bisulfuro	B	B	B	B	D	D	D	D	B	B	B	B	B	B	B	B	B
Calcio, cloruro	B	B	B	B	D	D	D	C	B	B	B	A	B	B	A	A	A
Calcio, hidróxido	A	A	A	A	B	B	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Calcio, hipocloruro	B	B	B	B	D	D	D	D	B	B	B	B	B	B	B	B	B
Calcio sulfuro (lime-sulfuro)	C	C	C	C	B	B	B	B	B	B	C	C	C	C	C	B	B
Carbónica, agua	B	B	B	B	C	C	C	C	B	B	B	B	B	B	B	B	B
Carbónicas, bebidas	B	B	B	B	C	C	C	C	B	B	B	B	B	B	B	B	B
Carbónico, ácido	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
Carbónico, anhídrido (seco)	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Carbono, sulfuro	B	B	B	B	A	A	A	A	A	A	B	B	B	B	B	B	B
Carbono, tetracloruro (seco)	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Carbono, tetracloruro (húmedo	B	B	B	B	D	D	D	D	B	B	B	B	B	B	B	A	B
Cerveza	A	A	A	A	B	B	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Cianhídrico, ácido	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
Cítrico, ácido	A	A	A	A	C	C	C	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Cloracético, ácido	B	B	B	B	D	D	D	D	C	C	B	B	B	B	B	B	B
Clorhídrico, ácido	C	C	C	C	D	D	D	D	C	C	C	C	C	C	C	C	C

Tabla 5.1. **Agentes químicos y atmósferas habituales**
(continuación)

Agente agresivo	Resistencia a la corrosión																
	Cobre		Latones								Bronces		Cuproaluminios complejos	CuSi3Mn1	Cuproní-queles		Alpaca
	Cu-ETP	Cu-DHP	CuZn10	CuZn15	CuZn30	CuZn40Pb2	CuZn40	CuZn38Sn1	CuZn28Sn1	CuZn21Al12	CuSn5	CuSn10			CuNi10Fe1	CuNi30Fe	CuZn18Ni18
Cloro (seco)	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Cloro (húmedo)	C	C	C	C	D	D	D	D	C	C	C	C	C	C	C	B	C
Cloroformo (seco)	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Cola	A	A	A	A	B	B	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Cobre, cloruro	C	C	C	C	D	D	D	D	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Cobre, nitrato	C	C	C	C	D	D	D	D	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Cobre, sulfato	B	B	B	B	D	D	D	D	C	C	B	B	B	B	B	B	B
Colofonia	A	A	A	A	B	B	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Creosota	A	A	A	A	B	B	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Crómico, ácido	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
Esteárico, ácido	B	B	B	B	C	C	C	C	B	B	B	B	B	B	B	B	B
Éter, ácido	A	A	A	A	B	B	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Éteres	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Etilénico, glicol	A	A	A	A	B	B	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Etilo, cloruro	B	B	B	B	C	C	C	C	B	B	B	B	B	B	B	B	B
Etílico, alcohol	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Férrico, cloruro	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
Férrico, sulfato	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
Ferroso, cloruro	B	B	B	B	D	D	D	D	B	B	B	B	B	B	B	B	B
Ferroso, sulfato	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
Fluorhídrico, ácido	C	C	C	C	D	D	D	D	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Formaldehído	A	A	A	A	C	C	C	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Fórmico, ácido	A	A	A	A	C	C	C	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Fosfórico, ácido	B	B	B	B	D	D	D	D	C	C	B	B	B	B	B	B	B
Freón	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A

Tabla 5.1. **Agentes químicos y atmósferas habituales**
(continuación)

Agente agresivo	Resistencia a la corrosión																
	Cobre		Latones								Bronces		Cuproaluminios complejos	CuSi3Mn1	Cuproní-queles		Alpaca
	Cu-ETP	Cu-DHP	CuZn10	CuZn15	CuZn30	CuZn40Pb2	CuZn40	CuZn38Sn1	CuZn28Sn1	CuZn21Al12	CuSn5	CuSn10			CuNi10Fe1	CuNi30Fe	CuZn18Ni18
Fruta, jugos	B	B	B	B	D	D	D	D	C	C	B	B	B	B	B	B	B
Gas natural	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Gelatina	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Glicerina	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Glucosa	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Hidrocarburos (puros)	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Hidrógeno	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Hidrógeno, sulfuro (seco)	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Hidrógeno, sulfuro (húmedo)	D	D	D	D	C	C	C	C	C	C	D	D	C	D	D	C	C
Jabón, solución	A	A	A	A	B	B	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Keroseno	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Láctico, ácido	A	A	A	A	C	C	C	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Leche	A	A	A	A	B	B	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Magnesio, cloruro	B	B	B	B	D	D	D	D	C	C	B	B	B	B	B	B	B
Magnesio, hidróxido	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Magnesio, sulfato	A	A	A	A	C	C	C	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Maíz, aceite	A	A	A	A	B	B	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Mercurio	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
Mercurio, sales	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
Metílico, alcohol	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Metilo, cloruro (seco)	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Nafta	A	A	A	A	B	B	B	B	A	A	A	A	B	B	B	A	B
Nítrico, ácido	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
Nitrógeno	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Oleico, ácido	A	A	A	A	C	C	C	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A

Tabla 5.1. **Agentes químicos y atmósferas habituales**
(continuación)

Agente agresivo	Resistencia a la corrosión																
	Cobre		Latones								Bronces		Cuproaluminios complejos	CuSi3Mn1	Cuproní-queles		Alpaca
	Cu-ETP	Cu-DHP	CuZn10	CuZn15	CuZn30	CuZn40Pb2	CuZn40	CuZn38Sn1	CuZn28Sn1	CuZn21Al12	CuSn5	CuSn10			CuNi10Fe1	CuNi30Fe	CuZn18Ni18
Oxálico, ácido	A	A	A	A	C	C	C	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Oxígeno	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Palmítico, ácido	B	B	B	B	C	C	C	C	B	B	B	B	B	B	B	B	B
Parafina	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Petróleo bruto	B	B	B	B	C	C	C	C	B	B	B	B	B	B	B	B	B
Plata, sales	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
Potasio, ácido bicromato	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
Potasio, carbonato	A	A	A	A	B	B	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Potasio, cianuro	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
Potasio, cloruro	B	B	B	B	D	D	D	C	B	B	B	A	B	B	A	A	A
Potasio, cromato	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Potasio, hidróxido	B	B	B	B	C	C	C	C	B	B	B	B	B	B	A	A	A
Potasio, sulfato	A	A	A	A	B	B	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Propano	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Ricino, aceite de	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Semilla de algodón, aceite de	A	A	A	A	B	B	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Semilla de lino, aceite de	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
Sidra	A	A	A	A	C	C	C	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Sodio, bicarbonato	B	B	B	B	C	C	C	C	B	B	B	B	B	B	A	A	A
Sodio, bicromato, ácido	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	B	D	D	D
Sodio, bisulfato	B	B	B	B	D	D	D	C	B	B	B	B	B	B	A	A	A
Sodio, bisulfito	B	B	B	B	D	D	D	C	B	B	B	B	B	B	A	A	A
Sodio, carbonato	A	A	A	A	B	B	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Sodio, cianuro	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
Sodio, cloruro	B	B	B	B	D	D	D	C	B	B	B	A	B	B	A	A	A

Tabla 5.1. **Agentes químicos y atmósferas habituales**
(continuación)

Agente agresivo	Resistencia a la corrosión																
	Cobre		Latones								Bronces		Cuproaluminios complejos	CuSi3Mn1	Cuproní-queles		Alpaca
	Cu-ETP	Cu-DHP	CuZn10	CuZn15	CuZn30	CuZn40Pb2	CuZn40	CuZn38Sn1	CuZn28Sn1	CuZn21Al12	CuSn5	CuSn10			CuNi10Fe1	CuNi30Fe	CuZn18Ni18
Sodio, cromato	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Sodio, fosfato	A	A	A	A	B	B	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Sodio, hidróxido	B	B	B	B	C	C	C	C	B	B	B	B	B	D	A	A	A
Sodio, hipoclórico	C	C	C	C	D	D	D	D	C	C	C	C	C	C	C	B	B
Sodio, hiposulfito	C	C	C	C	B	B	B	B	B	B	C	C	C	C	C	B	B
Sodio, nitrato	B	B	B	B	C	C	C	C	B	B	B	B	B	B	A	A	A
Sodio, peróxido	C	C	C	C	D	D	D	D	C	C	C	C	C	C	B	B	B
Sodio, silicato	A	A	A	A	B	B	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Sodio, sulfato	A	A	A	A	B	B	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Sodio, sulfito	B	B	B	B	D	D	D	C	B	B	B	B	B	B	B	B	B
Sodio, sulfuro	C	C	C	C	B	B	B	B	B	B	C	C	C	C	C	B	B
Sulfúrico, ácido	B	B	B	B	D	D	D	D	C	C	B	B	B	B	B	B	B
Sulfúrico, anhídrido (seco)	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Sulfuroso, ácido	B	B	B	B	D	D	D	D	B	B	B	B	B	B	C	C	C
Sulfuroso, anhídrido (seco	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Sulfuroso, anhídrido (húmedo)	B	B	B	B	D	D	D	D	B	B	B	B	B	B	C	C	C
Tánico, ácido	A	A	A	A	B	B	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Tantárico, ácido	A	A	A	A	C	C	C	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Tolueno	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Trementina	A	A	A	A	B	B	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Tricloroacético, ácido	B	B	B	B	D	D	D	D	C	C	B	B	B	B	B	B	B
Tricloroetileno (seco)	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Tricloroetileno (húmedo)	B	B	B	B	C	C	C	C	B	B	B	B	B	B	B	B	B
Vapor	A	A	A	A	C	C	C	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Vinagre	B	B	B	B	D	D	D	D	C	C	B	B	B	B	B	B	B

Tabla 5.1. **Agentes químicos y atmósferas habituales**
(continuación)

Agente agresivo	Resistencia a la corrosión																
	Cobre		Latones								Bronces		Cuproaluminios complejos	CuSi3Mn1	Cuproní-queles		Alpaca
	Cu-ETP	Cu-DHP	CuZn10	CuZn15	CuZn30	CuZn40Pb2	CuZn40	CuZn38Sn1	CuZn28Sn1	CuZn21Al12	CuSn5	CuSn10			CuNi10Fe1	CuNi30Fe	CuZn18Ni18
Zinc, cloruro	C	C	C	C	D	D	D	D	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Zinc, sulfato	B	B	B	B	D	D	D	D	B	B	B	B	B	B	B	B	B

(1) Esta tabla sólo se puede utilizar como guía aproximada para elección inicial del material. El comportamiento a la corrosión está influido por muchos factores, tales como pequeñas variaciones de la composición de la aleación, condiciones de servicio, temperatura, velocidad de los fluidos, grado de turbulencia, etc. Estos parámetros sólo se pueden establecer mediante pruebas minuciosas en condiciones similares a las de servicio. Para más información, se debe consultar al suministrador del material y los tratados habituales sobre corrosión.

(2) A = La aleación resiste perfectamente a la corrosión en presencia del agente considerado.
B = La aleación resiste bien en presencia del agente considerado.
C = La aleación resiste, pero sufre una corrosión lenta; puede ser empleada en ciertos casos, por motivos económicos.
D = La aleación no es recomendable en presencia del agente considerado.

6.- Tubería de cobre en instalaciones de gas

6.1. Marco normativo/reglamentación vigente

Real Decreto 919/2006, de 28 de julio, por el que se aprueba el Reglamento Técnico de Distribución y Utilización de Combustibles Gaseosos y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC (ICG 01 a 11), resultando de su aplicación la derogación del antiguo RIGLO.

6.2. Estructura del Reglamento

- **Real Decreto**, enmarcando el Reglamento dentro de la actual legislación.

- **Texto Reglamentario**, donde se establecen los principios generales, responsabilidades, inspección, sanciones, etc.

- **Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC)**, con las condiciones particulares por cada tipo de instalación, su aplicación y prescripciones.

6.3. Aspectos regulatorios

- Requisitos técnicos de diseño de las instalaciones.

- Equipos y materiales que se deben utilizar.

- Pruebas que se deben realizar para la puesta en marcha de la instalación y su documentación correspondiente.

• Información que se facilitará al usuario.

• Criterios de inspección y revisión de las instalaciones.

• Requisitos exigibles a las empresas instaladoras y conocimientos acreditados de los instaladores.

6.4. Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC)

• ITC-ICG 01 Instalaciones de Distribución de Combustibles gaseosos por Canalización.

• ITC-ICG 02 Centros de Almacenamiento y Distribución de Envase de Gases Licuados del Petróleo (GLP).

• ITC-ICG 03 Instalaciones de Almacenamiento de Gases Licuados del Petróleo (GLP) en depósitos fijos.

• ITC-ICG 04 Plantas Satélite de Gas Natural Licuado (GNL).

• ITC-ICG 05 Estaciones de Servicio para Vehículos a Gas.

• ITC-ICG 06 Instalaciones de envase de Gases Licuados del Petróleo (GLP) para uso propio.

• ITC-ICG 07 Instalaciones Receptoras de Combustibles Gaseosos + Anexos.

• ITC-ICG 08 Aparatos de gas + Anexos.

• ITC-ICG 09 Instaladores y empresas instaladoras de gas + Anexos (conocimientos exigibles).

• ITC-ICG 10 Instalaciones de gases licuados del petróleo(GLP) de uso doméstico en caravanas y autocaravanas.

• ITC-ICG 11 Relación de normas UNE de referencia:

– UNE 60601:2006 *Salas de máquinas y equipos autónomos de generación de calor o frío o para cogeneración, que utilizan combustibles gaseosos.*

– UNE 60670-1:2005 I*nstalaciones receptoras de gas suministradas a una presión máxima de operación (MOP) inferior o igual a 5 bar. Parte 1: Generalidades.*

– UNE 60670-2:2005 *Instalaciones receptoras de gas suministradas a una presión máxima de operación (MOP) inferior o igual a 5 bar. Parte 2: Terminología.*

– UNE 60670-3: 2005 *Instalaciones receptoras de gas suministradas a una presión máxima de operación (MOP) inferior o igual a 5 bar. Parte 3: Tuberías, elementos, accesorios y sus uniones.*

• UNE-EN 1057:2007 *Cobre y aleaciones de cobre. Tubos redondos de cobre, sin soldadura, para agua y gas en aplicaciones sanitarias y de calefacción.*

• UNE-EN 1254-1:1999 Cobre y aleaciones de cobre. Accesorios. Parte 1: Accesorios para soldeo o soldeo fuerte por capilaridad para tuberías de cobre.

– UNE 60670-4:2005 *Instalaciones receptoras de gas suministradas a una presión máxima de operación (MOP) inferior o igual a 5 bar. Parte 4: Diseño y construcción.*

– UNE 60670-5:2005 *Instalaciones receptoras de gas suministradas a una presión máxima de operación (MOP) inferior o igual a 5 bar. Parte 5: Recintos destinados a la instalación de contadores de gas.*

– UNE 60670-6:2005 *Instalaciones receptoras de gas suministradas a una presión máxima de operación (MOP) inferior o igual a 5 bar. Parte 6: Requisitos de configuración, ventilación y evacuación de los productos de la combustión en los locales destinados a contener los aparatos a gas.*

– UNE 60670-7:2005 *Instalaciones receptoras de gas suministradas a una presión máxima de operación (MOP) inferior o igual a 5 bar. Parte 7: Requisitos de instalación y conexión de los aparatos a gas.*

– UNE 60670-8:2005 *Instalaciones receptoras de gas suministradas a una presión máxima de operación inferior o igual a 5 bar. Parte 8: Pruebas de estanquidad para la entrega de la instalación receptora.*

– UNE 60670-9:2005 *Instalaciones receptoras de gas suministradas a una presión máxima de operación (MOP) inferior o igual a 5 bar. Parte 9: Pruebas previas al suministro y puesta en servicio.*

– UNE 60670-10:2005 *Instalaciones receptoras de gas suministradas a una presión*

máxima de operación (MOP) inferior o igual a 5 bar. Parte 10: Verificación del mantenimiento de las condiciones de seguridad de los aparatos en su instalación.

– UNE 60670-11:2005 *Instalaciones receptoras de gas suministradas a una presión máxima de operación (MOP) inferior o igual a 5 bar. Parte 11: Operaciones en instalaciones receptoras en servicio.*

– UNE 60670-12: 2005 *Instalaciones receptoras de gas suministradas a una presión máxima de operación (MOP) inferior o igual a 5 bar. Parte 12: Criterios técnicos básicos para el control periódico de las instalaciones receptoras en servicio.*

– UNE 60670-13:2005 *Instalaciones receptoras de gas suministradas a una presión máxima de operación (MOP) inferior o igual a 5 bar. Parte 13: Criterios técnicos básicos para el control periódico de los aparatos a gas de las instalaciones receptoras en servicio.*

– UNE-EN 1949:2003/A1:2005 *Especificaciones de las instalaciones de sistemas de GLP para usos domésticos en los vehículos habitables de recreo y otros vehículos.*

6.5. Ventajas de las aplicaciones del tubo de cobre en instalaciones de gas

Por su alta resistencia a la corrosión y su impermeabilidad, que impide el paso del oxígeno y de los rayos ultravioleta, es idóneo para montajes en el exterior (véase la figura 6.1).

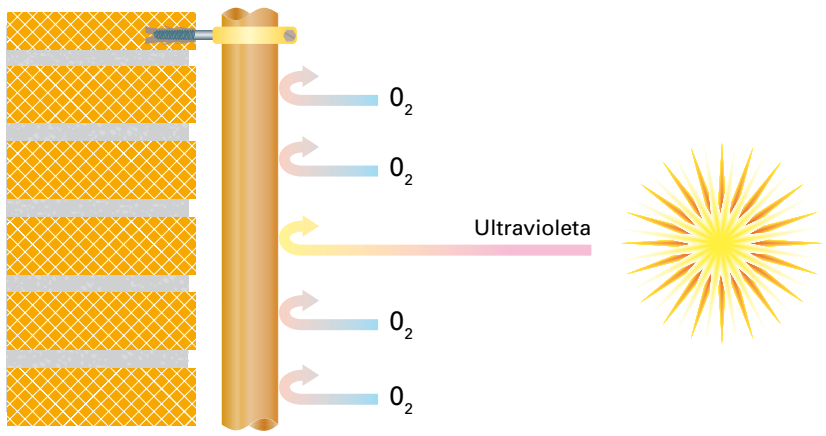


Figura 6.1. **Impermeabilidad en las instalaciones vistas**

Por su alta resistencia al ataque de los materiales empleados en la construcción (cemento, yeso, escayola, etc.) y a la mayoría de los agentes químicos del suelo es adecuado en ciertos tramos de tubería empotrada y enterrada. Se recuerda que no puede estar en contacto con cementos rápidos que contengan derivados amoniacales, escorias y escombros con residuos orgánicos (véase la figura 6.2).

Es inalterable al paso del tiempo, pues mantiene sus propiedades físico-químicas, lo que lo hace indicado para el transporte de gas.

Por su sencillez de instalación –mediante soldadura y uniones en frío– y su versatilidad, permite el empleo de los mismos materiales y herramientas que en las instalaciones de agua, paralelas o próximas a las de servicio de gas, unificando así trazados.

El tubo de cobre es inmune al ataque del gas manufacturado, el gas licuado y el gas natural, por lo que es el material idóneo para este tipo de instalaciones.

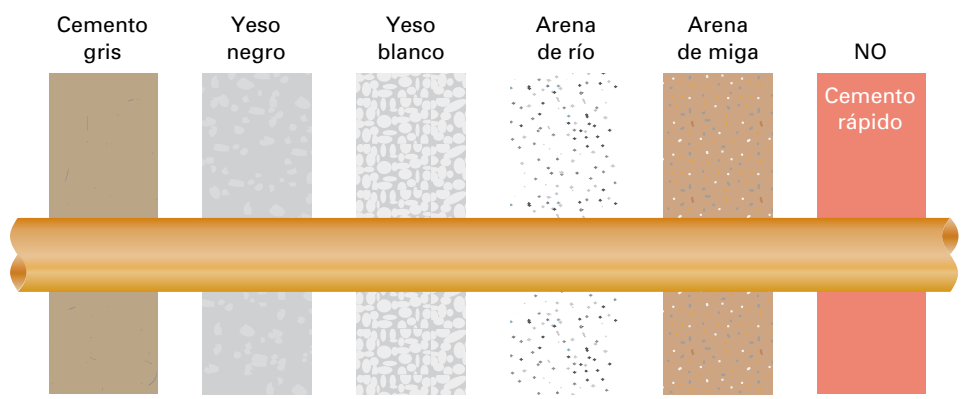


Figura 6.2. **Comportamiento en contacto con los materiales de construcción**

La resistencia del tubo de cobre a las altas temperaturas (véase la figura 6.3), dado su alto punto de fusión (1 083 ºC), lo hace indicado para el transporte de gas, siendo un material incombustible que en caso de incendio mantiene encerrado el fluido que transporta, no emite gases tóxicos y evita la propagación del incendio (clasificación A1 en el Código Europeo Euroclases).

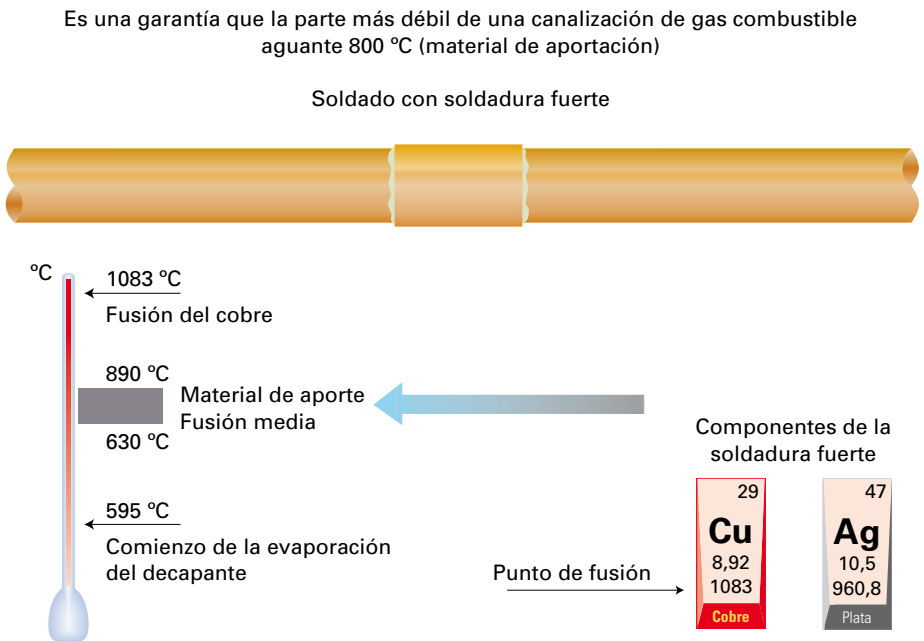


Figura 6.3. **Intervalos de fusión en la soldadura fuerte**

• La gran hermeticidad conseguida con las uniones de soldadura hace que el tubo de cobre sea ideal para el transporte de gas.

• La resistencia del cobre permite usar –para igual diámetro exterior– un espesor más bajo; esto unido a su reducido peso por metro lineal abarata y hace más sencillo el transporte y la manipulación, y lo hace ideal para la prefabricación en serie de instalaciones tipo.

• Su elasticidad y resistencia ante presiones interiores considerables permite su empleo hasta un rango de presiones medias en aplicaciones de transporte de gas.

• Al tratarse de un material metálico, es inmune al ataque de roedores, por lo que reduce el riesgo de fugas de gas.

• El tubo de cobre debe ser redondo de precisión, estirado en frío sin soldadura, del tipo denominado Cu-DHP de acuerdo con la Norma UNE-EN 1057 según UNE 60670-3 del Reglamento técnico de distribución y utilización de combutibles gaseosos.

• Las características mecánicas de los tubos de cobre, así como sus medidas y tolerancias, deben ser las determinadas en la Norma UNE-EN 1057. Se debe utilizar tubo en estado duro, con un espesor mínimo de 1 mm, para tuberías vistas, pudiéndose utilizar el tubo en estado recocido y en rollos para la conexión de aparatos y para tuberías enterradas.

Para tuberías enterradas, el espesor mínimo será de 1,5 mm (teniendo en cuenta que la dimensión máxima en rollos que el mercado ofrece es de 22 mm, cuando se precisen diámetros superiores se utilizarán en tiras).

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

• Las medidas y tolerancias de los accesorios de cobre o de aleación de cobre deben ser conformes a la Norma UNE-EN 1254-1.

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

Datos a considerar para obtener un resultado óptimo de la instalación (con independencia de las prescripciones normativas que deben ser observadas): el tubo de cobre debe ser protegido con tubo de PVC corrugado como aislante en tramos empotrados donde podría sufrir el ataque de disolventes amoniacales empleados en la construcción y revestido con cinta de polietileno en tramos enterrados donde podría sufrir el ataque de escorias y escombros de residuos orgánicos (véase la figura 6.4).

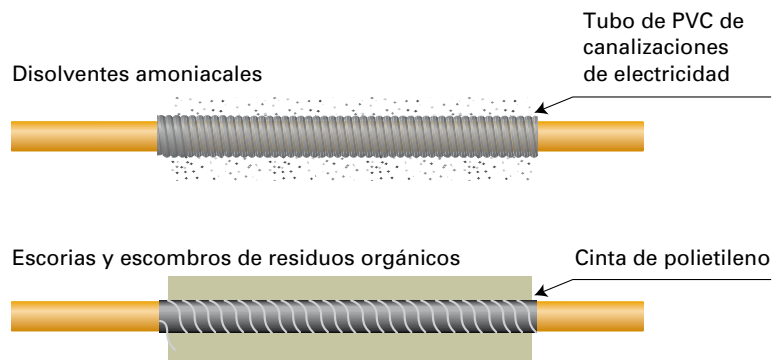


Figura 6.4. **Precauciones en canalizaciones enterradas**

6.6. Terminología en instalaciones de gas

6.6.1. Índice de Wobbe según el Reglamento de gas (RD 919/2006, de 28 de julio de 2006, UNE 60002)

El índice de Wobbe es el cociente entre el PCS (Poder Calorífico Superior) del gas y la raíz cuadrada de su densidad relativa respecto al aire (p).

$$W = PCS / \text{raíz cuadrada de } p$$

Dos gases que tengan el mismo índice de Wobbe, proporcionan el mismo caudal calorífico y por tanto son intercambiables.

$$W_1 = W_2 \qquad PCS_1 / \text{raíz cuadrada } p_1 = PCS_2 / \text{raíz cuadrada } p_2$$

6.6.2. Unidades

- Megajulio por metro cúbico de gas seco tomado en las condiciones de referencia (MJ/m³), o
- Megajulio por kilogramo de gas seco (MJ/kg).

6.6.3. Densidad

Relación entre las masas de volúmenes iguales de gas y aire secos tomadas en las mismas condiciones de temperatura y presión: 15 ºC (o 0 ºC) y 1 013,25 mbar.

El gas natural es más ligero que el aire, a diferencia de los GLP como son el butano y el propano comercial y sus mezclas.

6.6.4. Condiciones de referencia

Condiciones normales

- Presión absoluta: 1,01325 bar (0 bar efectivos).
- Temperatura absoluta: 273,15 K (0 ºC).

Las condiciones normales se expresan colocando (n) después de la unidad de volumen. Ejemplo: j · m3 (n)/h

Condiciones estándar

- Presión absoluta: 1,01325 bar (0 bar efectivos).
- Temperatura absoluta: 288,15 K (15 ºC).

Las condiciones estándar se expresan colocando (s) después de la unidad de volumen. Ejemplo: m³ (s)/h

6.6.5. Poder calorífico superior (PCS)

La cantidad de calor expresado en kcal/kg o kcal/m³ de gas liberado en el proceso de combustión completa de éste cuando los productos de la combustión son enfriados hasta el punto que resulte condensado el vapor de agua que contiene. Se mide en un calorímetro, en el laboratorio. Este valor varía en función de la composición química de cada gas. Es un dato muy importante en la definición de las propiedades de un gas y lo facilita el suministrador del mismo.

6.6.6. Poder calorífico inferior (PCI)

La cantidad de calor expresada en kcal/kg o kcal/m³ de gas liberado en el proceso de combustión completa de éste, que tiene lugar en la caldera, donde no debe condensarse el vapor de agua de los productos de la combustión, porque provocaría corrosión en la caldera y la destrucción de ésta (excepción hecha de las calderas de condensación con tecnología avanzada para la recuperación del calor de condensación).

6.6.7. Unidades de presión

Se utiliza principalmente el milibar (mbar) aunque también se utiliza el milímetro de columna de agua (mm cda). (Véase la tabla 6.1.)

	atm	Bar	mbar	kg/cm²	mm cda
atm	1	1,01325	1.013,25	1,0333	10.333

Tabla 6.1. **Equivalencia entre unidades de presión**

6.6.8. Unidades de potencia

Las unidades de potencia normalmente utilizadas son las mostradas en la tabla 6.2.

Tabla 6.2. **Equivalencia entre unidades de potencia**

	kW	kcal/h	te/h
kW	1	860	0,86
kcal/h	$1{,}163 \times 10^{-3}$	1	10^{-3}
te/h	1,163	10^{3}	1

6.6.9. Unidades de energía

Las unidades de energía normalmente utilizadas son las que se pueden observar en la tabla 6.3.

Tabla 6.3. **Equivalencia entre unidades de energía**

	MJ	te	kcal	kWh
MJ	1	0,2389	238,9	0,2778
te	4,186	1	10^{3}	1,163
kcal	$4{,}186 \times 10^{-3}$	10^{-3}	1	$1{,}163 \times 10^{3}$
kWh	3,6	0,85	850	1

6.6.10. Aparato a gas de tipo A (de evacuación no conducida)

Aparato de circuito abierto concebido para no ser conectado a un conducto de evacuación.

6.6.11. Aparato a gas tipo B (de evacuación conducida)

Aparato de circuito abierto concebido para ser conectado a un conducto de evacuación. Puede ser de tipo natural o de tiro forzado.

6.6.12. Aparato a gas tipo C (de circuito estanco)

Aparato en el que el circuito de combustión (entrada de aire, cámara de combustión y evacuación de los productos de la combustión) no tiene comunicación alguna con la atmósfera del local en el que se encuentra instalado.

6.6.13. Presión de operación (OP)

Presión de trabajo de una instalación de distribución de gas en un momento determinado.

6.6.14. Presión máxima de operación (MOP)

Máxima presión a la que la instalación puede ser sometida en continuo en condiciones de operación normales.

6.7. Familia de gases

6.7.1. Clasificación de los combustibles gaseosos en familias (según la Norma UNE 60002 o UNE-EN 437)

Según la Norma UNE 60002 *Clasificación de los combustibles gaseosos en familias*, se distinguen tres familias de gases, según su índice de Wobbe: la primera familia para el gas manufacturado, la segunda para el gas natural y la tercera la de los gases licuados del petróleo GLP (véase la tabla 6.4).

Tabla 6.4. **Clasificación de los gases**

Familia	
1.ª Bajo índice de Wobbe	Manufacturado W = PCS /√p= 4 200 /√0,51= 5 882 kcal/m³
2.ª Indíce grado medio de Wobbe	Natural = 9 500 /√0,62 = 12 071 kcal/m³
3.ª Alto índice de Wobbe	Propano = 24 600 /√1,62 = 19 339 kcal/m³
	Butano = 31138 /√2,02 = 21 912 kcal/m³

El gas natural es más ligero que el aire, siempre inferior a 1, diferenciándole de los gases licuados del petróleo (GLP) como son el butano, propano comercial y sus mezclas.

6.8. Rango de presiones según la Norma UNE 60670-1

Rango de presiones según el Reglamento técnico de distribución y utilización de combustibles gaseosos (RD 919/2006, de 28 de julio).

Para instalaciones receptoras de gas cuya **presión máxima de operación (MOP)** sea inferior o igual a 5 bar (véase la tabla 6.5).

Tabla 6.5. **Rango de presiones**

Antes, en reglamento anterior (Riglo)	MOP (bar) (presión máxima de operación) Ahora
0,4 < MPB ≤ 4 bar	2<MOP ≤ 5
0,05< MPA ≤ 0,4 bar	0,1 < MOP ≤ 2
BP ≤ 0,05 bar	MOP ≤ 0,1

6.8.1. Presión mínima de gas en la llave del aparato

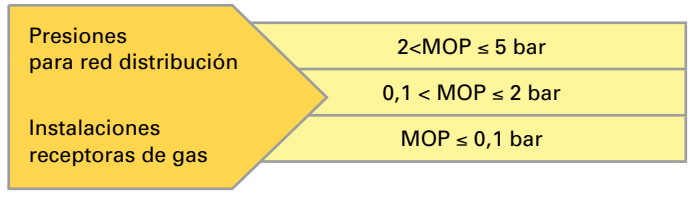
(Véase la tabla 6.6.)

Tabla 6.6. **Presión mínima de gas en la llave del aparato**

Familia y denominación del gas		Presión mínima de gas en la llave de aparato (mbar)
Familia 1ª	Gas manufacturado	6
Familia 1c	Aire propanado	6
Familia 1e	Aire metanado	6
Familia 2H	Gas natural	17
Familia 2E	Aire propanado de alto poder calorífico	17
Familia 3B	Gas butano	20
Familia 3P (50)	Gas propano	42,5
Familia 3P (37)	Gas propano	25
Familia 3B/P	Gas butano/propano	25

Según UNE 60670-4

6.8.2. Presiones en instalaciones receptoras



6.9. Símbolos

6.9.1. Instalación receptora común

IRC ≤ 5 bar

6.9.2. Instalación receptora individual

IRI = 22 mbar

6.10. Velocidad del gas

Como norma general debe considerarse que la **velocidad del gas en el interior de una tubería no debe superar los 20 m/s**.

6.11. Instaladores y empresas instaladoras de gas

Según ITC-ICG 09 del Reglamento técnico de distribución y utilización de combustibles gaseosos.

6.11.1. Instalador autorizado de gas

Es la persona física que en virtud de sus conocimientos teórico-prácticos de la tecnología de la industria del gas y de su normativa, está autorizado para realizar y supervisar las operaciones **correspondientes a su categoría**, por medio de un **carné de instalador de gas** expedido por una Comunidad Autónoma (véase la tabla 6.7). Ejercerán su profesión en el marco de una empresa instaladora de gas.

Los carnés **IG-I – IG-II – IG-IV** con validez a la entrada en vigor de este reglamento, se considerarán equivalentes a los **C**, **B** y **A** respectivamente. **IG-III** se considerará equivalente al **B**.

El certificado de cualificación individual reconoce a una persona física la capacidad personal para desempeñar alguna de las actividades correspondientes a las categorías más arriba indicadas.

El carné (certificado de cualificación individual como instalador de gas) será solicitado y extendido (previo examen) por la Comunidad Autónoma pertinente, indicando en el mismo los datos correspondientes de la empresa instaladora a la que pertenece. Tendrá validez en todo el territorio nacional y podrá renovarse por periodos sucesivos de 5 años. Para su renovación es necesario que, tres meses antes de su caducidad, se realice alguna de las siguientes acciones:

a. Se presente ante la comunidad autónoma justificación de haber realizado como mínimo dos instalaciones al año, o bien quince instalaciones durante el periodo de vigencia del certificado que se desea renovar.

b. Se superen unas pruebas teórico-practicas, adecuadas a la categoría. De no ser así, el certificado se consideraría cancelado y para volver a obtenerlo debería procederse como si se tratase de un nuevo certificado.

Tabla 6.7. **Instaladores autorizados de gas. Categorías y funciones**

Instaladores categoría A (IG-IV) Operaciones	Instaladores categoría B (IG-III – IG-II con limitaciones) Operaciones	Instaladores categoría C (IG-I) Operaciones
En instalaciones: Montaje, modificación/ampliación, revisión, mantenimiento y reparación de: • IR, incluidas ERM, acometidas interiores enterradas y partes enterradas que discurran por el exterior de la edificación. NUNCA la soldadura de PE (ITC -ICG 01 y 07). • Instalaciones de almacenamiento de GLP en depósitos fijos (ITC-ICG 03). • Instalaciones de envases de GLP para uso propio (ITC-ICG 06). • Instalaciones de gas en estaciones de servicio para vehículos (ITC-ICG 05). • Instalaciones de GLP en caravanas y autocaravanas (ITC-ICG 10). Verificación y pruebas de las instalaciones ejecutadas. Puesta en servicio de instalaciones sin contrato de suministro domiciliario. Inspecciones contratadas por el suministrador y las revisiones según ITCs. En aparatos de gas: • Conexión de la instalación de gas y montaje. • Puesta en marcha, mantenimiento y reparación. • Se necesita acreditación especial en el caso de: – Aparatos conducidos de Pn > 24,4 kW. – Vitrocerámicas (fuegos cubiertos), – Adecuación de aparatos por cambio de familia de gas*.	En instalaciones: Montaje, modificación o ampliación, revisión, mantenimiento y reparación de: • IR con MOP hasta 5 bar, con exclusión de las AI enterradas y las partes enterradas que discurran por el exterior de la edificación. • Instalaciones de envases de GLP para uso propio (ITC-ICG 06). • Instalaciones de GLP en caravanas y autocaravanas (ITC-ICG 10). • Verificación y pruebas de las instalaciones ejecutadas. • Puesta en servicio de las instalaciones que no precisen contrato de suministro domiciliario. • Inspecciones contratadas por el distribuidor y las revisiones según las ITC. En aparatos de gas: • Conexión a la instalación de gas y montaje. • Puesta en marcha, mantenimiento y reparación de aparatos (aparatos no conducidos, nunca las vitrocerámicas y aparatos conducidos de Pn ≤ 24,4 kW), siempre que estén adaptados al tipo de gas. • Se necesita acreditación especial en el caso de: – Aparatos conducidos de Pn > 24,4 kW. – Vitrocerámicas (de fuegos cubiertos). • No pueden hacer adecuación de aparatos en ningún caso **.	En instalaciones: Montaje, modificación o ampliación, revisión, mantenimiento y reparación de: • IRI (interiores de vivienda) sin proyecto ni cambio de familia de gas con MOP hasta 0,4 bar. • Verificación y pruebas de las instalaciones ejecutadas. • Puesta en servicio de instalaciones sin contrato de suministro domiciliario. • Inspecciones contratas por el suministrador y las revisiones según ITCs. En aparatos de gas: • Las mismas operaciones que el instalador con categoría B. • No pueden hacer adecuación de aparatos en ningún caso **.

Nota: cuando la conexión al aparato de gas se haga a través de un tubo flexible elastomérico con abrazadera, podrá ser realizada por el propio usuario.

Requisitos adicionales de los instaladores para la puesta en marcha, mantenimiento, reparación y adecuación de aparatos:

* Instaladores categoría A que pretendan adecuar aparatos por cambio de familia de gas, deberán poseer una acreditación del fabricante de acuerdo a lo indicado en el punto anterior donde figure explícitamente el reconocimiento de tal capacidad o una certificación de acuerdo al punto b anterior sobre la base del contenido global de esta ITC.

** Los instaladores que desean realizar operaciones de puesta en marcha, mantenimiento y reparaciones de aparatos a gas conducidos (tipo B y C) de más de 24,4 kW de potencia útil o vitrocerámicas a gas de fuegos cubiertos, deberán adicionalmente:

a) poseer acreditación del fabricantes a tal fin; o
b) poseer certificación de una entidad acreditada para la certificación de personas según lo establecido en el RD 2200/1995.

6.11.2. Empresa instaladora

Persona física o jurídica, que ejerciendo las actividades de montaje, reparación, man-

tenimiento y control periódico de instalaciones de gas y cumpliendo los requisitos de la ITC-ICG 09, se encuentre acreditada mediante el correspondiente certificado de empresa instaladora de gas emitido por el órgano competente de la comunidad autónoma, hallándose inscrita en el Registro de Establecimiento Industriales, artículo 13.3 de la Ley 21/1992 de Industria, RD 697/1995, de 28 de abril. Las empresas instaladoras tendrán ámbito estatal.

- **Empresas de categoría A:**

  – Disponer de un instalador de gas de categoría A, a jornada completa, incluido en su plantilla.

  – Relación entre el número total de obreros especialistas e instaladores de categorías C y B y el de instaladores autorizados de categoría A no superior a 7.

  – Póliza de seguro de 900 000 euros, que se actualizará según IPC.

  – Disponer de un local y de los medios técnicos para el desarrollo de sus actividades.

- **Empresas de categoría B:**

  – Disponer de un instalador de gas de categoría B, a jornada completa, incluido en su plantilla.

  – Relación entre el número total de obreros especialistas e instaladores de categoría C y el de instaladores autorizados de categoría B no superior a 5.

  – Póliza de seguro de 600 000 euros, que se actualizará según IPC.

  – Disponer de los medios técnicos para el desarrollo de sus actividades.

- **Empresas de categoría C:**

  – Disponer de un instalador de gas de categoría C, a jornada completa, incluido en su plantilla.

  – Relación entre el número total de obreros especialistas e instaladores de categoría C no superior a 3.

  – Póliza de seguro de 300 000 euros, que se actualizará según IPC.

  – Disponer de los medios técnicos para el desarrollo de sus actividades.

Nota: ya no es necesario el técnico en plantilla para ninguna de las tres categorías.

El certificado de empresa instaladora, otorgado por las Comunidades Autónomas, tendrá validez en todo el territorio nacional, por un periodo de cinco años, prorrogable por periodos iguales sucesivos, siempre que se mantengan las condiciones básicas por las que se concedió el certificado.

El incumplimiento de las condiciones básicas que dieron lugar a su concesión, será motivo de la cancelación del certificado.

El Ministerio de Industria, Turismo y Comercio ha considerado que los titulares de carnés otorgados al amparo de la Orden 17-12-1985, mediante la cual se les concedieron las competencias a las categorías IG-I a IG-IV podrán seguir ejerciendo dichas competencias hasta el 04-03-2009 salvo que antes tuvieran que convalidar el carné, en cuyo caso, entonces, se procederá según lo estipulado en el RD 919/2006 para las correspondientes nuevas categorías A, B o C.

6.11.3. Puesta en servicio

Actividades requeridas para llenar de gas la tubería, las estaciones, los equipos y sus ensamblajes, y ponerlo en marcha.

La puesta en servicio de las instalaciones contempladas en este reglamento, corresponden al artículo 12.3 de la Ley 21/1992, de 16 de julio. Los requisitos para cada tipo de instalación se determinarán en las ITC correspondientes.

Pruebas de estanquidad que serán realizadas al finalizar la instalación y antes de la puesta en servicio, según la Norma UNE 60670-8 (véase la tabla 6.8).

Finalizadas las pruebas de comprobación sobre la correcta ejecución y funcionamiento de la instalación, la empresa responsable de la ejecución emitirá un certificado de instalación y, en su caso, de las pruebas realizadas, en el que hará constar que la misma se ha realizado de conformidad con lo establecido en el reglamento y sus ITC y de acuerdo con la documentación técnica. Cuando el proyecto requiera un proyecto, el director de obra emitirá el certificado haciendo constar las pruebas exigidas y realizadas según las ITC de aplicación.

Si la ITC lo requiere, el organismo de control que realice la inspección emitirá el certificado con el detalle de pruebas requerido y satisfecho.

La responsabilidad sobre la instalación y sobre la realización de las pruebas recaerá en la empresa instaladora.

La conexión de los aparatos de gas a instalaciones receptoras se realizará según el procedimiento indicado en la Norma UNE 60670-7 por un instalador autorizado, si se hiciera a través de un tubo flexible elastomérico con abrazadera sería competencia del usuario final.

Tabla 6.8. **Pruebas de estanquidad de la instalación receptora**

Presión de operación MOP (bar)	Presión de prueba (bar)	Tiempo de prueba (minutos)
2<MOP ≤ 5	>1,40 MOP[1]	60[1]
0,1 < MOP ≤ 2	>1,75 MOP[2]	30
MOP ≤ 0,1	>2,5 MOP[3]	15[3]

[1] La prueba debe ser verificada con un manómetro de rango 0 a 10 bar, clase 1, diámetro 100 mm o un manómetro electrónico o digital o manotermógrafo del mismo rango y características. El tiempo de prueba se puede reducir a 30 min en tramos inferiores a 20 m en instalaciones individuales.

[2] La prueba debe ser verificada con un manómetro de rango 0 bar a 6 bar, clase 1, diámetro 100 mm o un manómetro electrónico o digital o manotermógrafo del mismo rango y características.

[3] La prueba debe ser verificada con un manómetro de rango 0 bar a 1 bar, clase 1, diámetro 100 mm o un manómetro electrónico o digital o manotermógrafo del mismo rango y características. Cuando la prueba se realice con una presión de hasta 0,05 bar, ésta se debe verificar con un manómetro de columna de agua en forma de U con escala ±500 mca como mínimo, o con cualquier otro dispositivo, con escala adecuada, que cumpla el mismo fin. El tiempo de prueba puede ser de 10 min si la longitud del tramo a probar es inferior a 10 m.

La puesta en marcha de aparatos de gas, mantenimiento y reparación la realizará el servicio técnico de asistencia del fabricante bajo sistema de calidad certificado o un instalador de gas que cumpla los requisitos del capítulo 4 de la ITC ICG 09 para aparatos de gas conducidos (tipos B y C) de >24,4 kW de potencia útil o de vitrocerámicas a gas de fuegos cubiertos.

El agente que realice la puesta en marcha deberá emitir y entregar al usuario un certificado de puesta en marcha.

El titular de la instalación será responsable de presentar la documentación en el órgano competente de la comunidad autónoma, antes de que transcurran 30 días desde la puesta en servicio.

6.12. Instalaciones de gas

Conjunto de elementos (almacenamiento, conducciones y aparatos) para el consumo del gas. Incluye el caso más general, el emisor de gas, la acometida, la red de distribución, la instalación receptora y los aparatos. Su montaje ha de ser realizado por una empresa instaladora.

6.12.1. Definición de instalación receptora de gas

A efectos de la Norma UNE 60670-1, se consideran instalaciones receptoras de gas aquellas en las que concurran las siguientes circunstancias:

a. Que utilicen un combustible gaseoso incluido en alguna de las tres familias mencionadas bajo especificación de la Norma UNE 60002 y en las condiciones de suministro establecidas en la Norma UNE-EN 437.

b. Que la presión máxima de operación (MOP) sea inferior o igual a 5 bar.

c. Que estén destinadas a la conexión de aparatos de gas cualquiera que sea la tipología, tecnología y aplicación de los mismos (cocción, calefacción por aire, agua, o radiación, cogeneración doméstica, refrigeración, producción de ACS, etc.).

Diseño tipo para armario de regulación situado en fachada

(Véase la figura 6.5.)

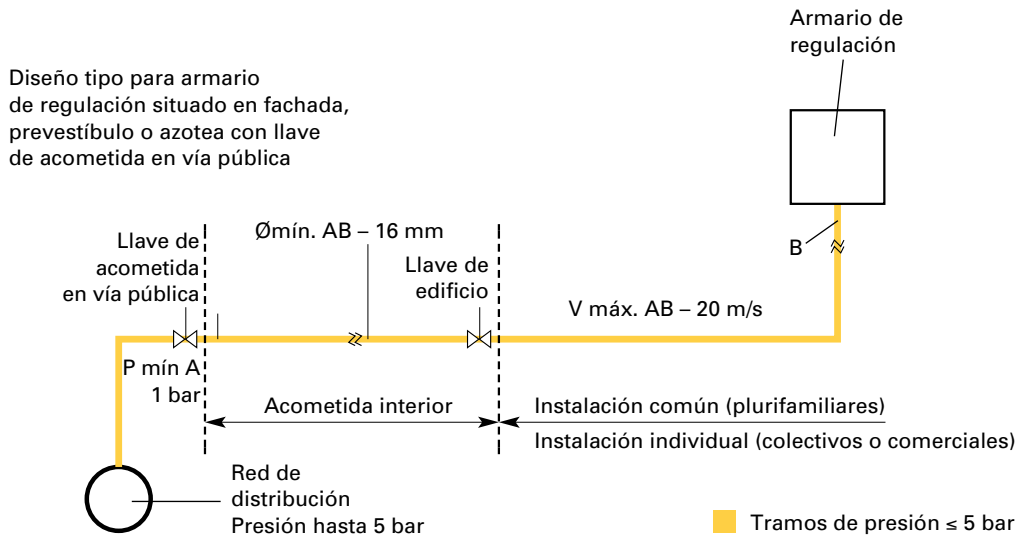


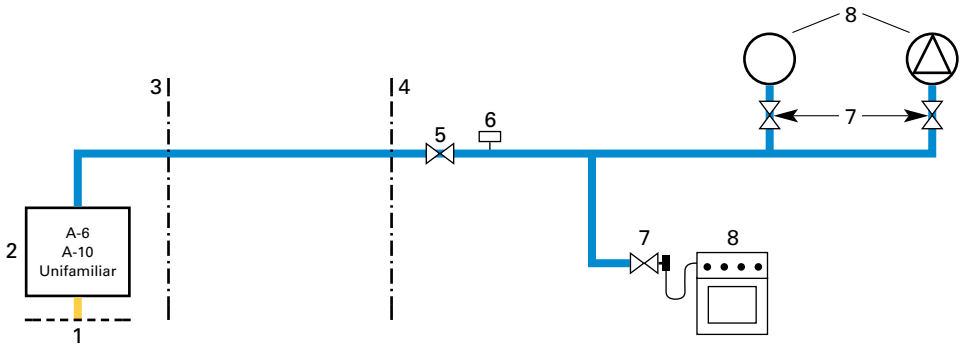
Figura 6.5. **Diseño tipo para armario de regulación en fachada**

Instalaciones receptoras en viviendas unifamiliares

(Véase la figura 6.6.)

Existen tres tipos de instalaciones para GLP con muchos elementos en común:

- Gas propano canalizado procedente de botellas o depósito.
- Gas natural o manufacturado procedente de suministradora.
- Butano de botella doméstica para instalación individual.



1. Conexión del armario de regulación con el tramo en media presión B.
2. Armario de regulación A-6, o A-10 unifamiliar, de modelo aceptado por el Grupo Gas Natural.
3. Límite de la propiedad.
4. Límite de edificio.
5. Llave de vivienda. Puede estar situada en el exterior de la vivienda, pero ha de ser accesible desde el interior de la misma.
6. Toma de presión en vivienda. La empresa suministradora informará sobre la necesidad de su instalación.
7. Llave de conexión de aparato.
8. Aparato de utilización.

0,05 bar < MOP ≤ 5 bar

5 bar MOP ≤ 0,05 bar

Figura 6.6. **Instalación receptora en vivienda unifamiliar**

Gas propano canalizado procedente de botellas o depósitos

(Véase la figura 6.7)

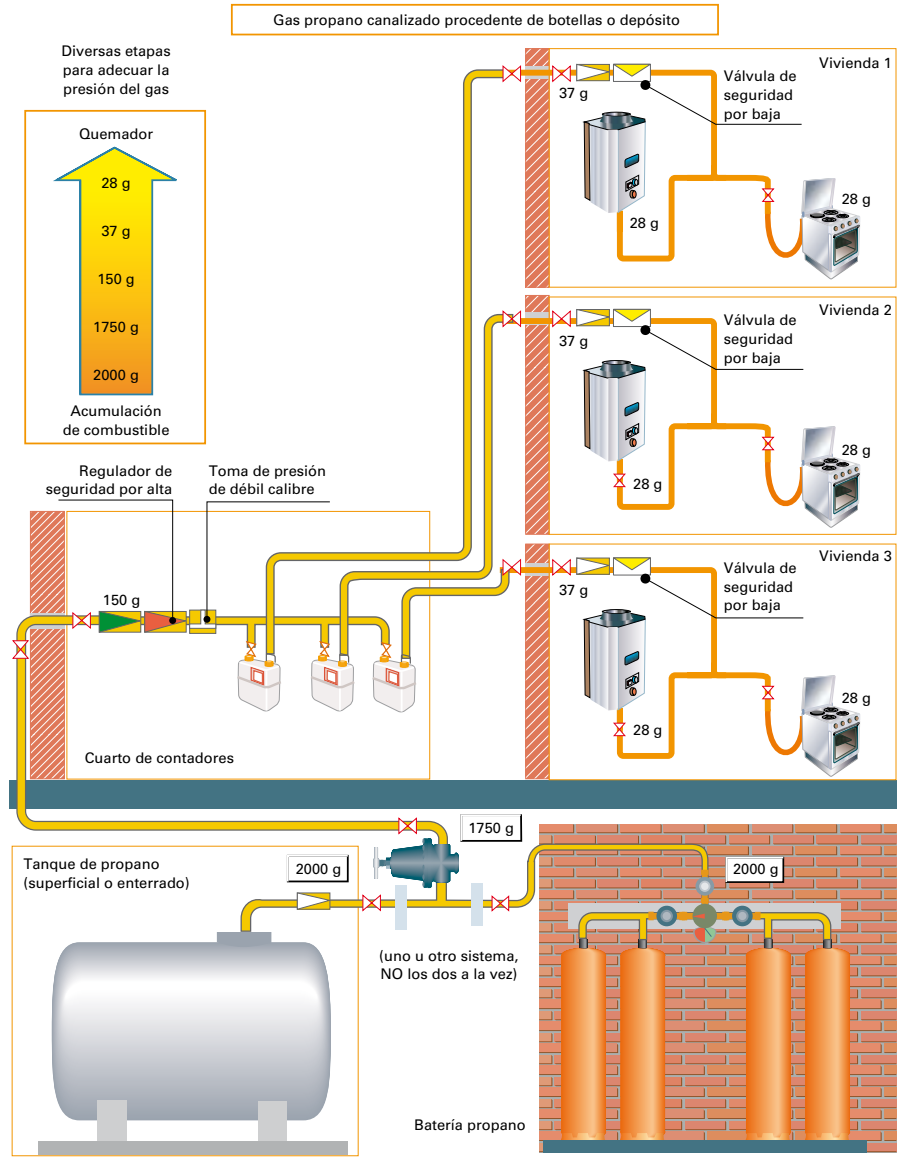


Figura 6.7. **Gas propano canalizado procedente de botellas o depósito**

Gas natural o manufacturado procedente de suministradora

Instalación receptora de gas

(Norma UNE 60670-2, apartado 3.55.)

Es el conjunto de conducciones y accesorios comprendidos entre la llave de acometida, excluida ésta, y las llaves de conexión al aparato, incluidas éstas, quedando excluidos los tramos de conexión de los aparatos y los propios aparatos. Puede suministrar a varios edificios siempre que estén ubicados en terrenos de una misma propiedad (véase la figura 6.8).

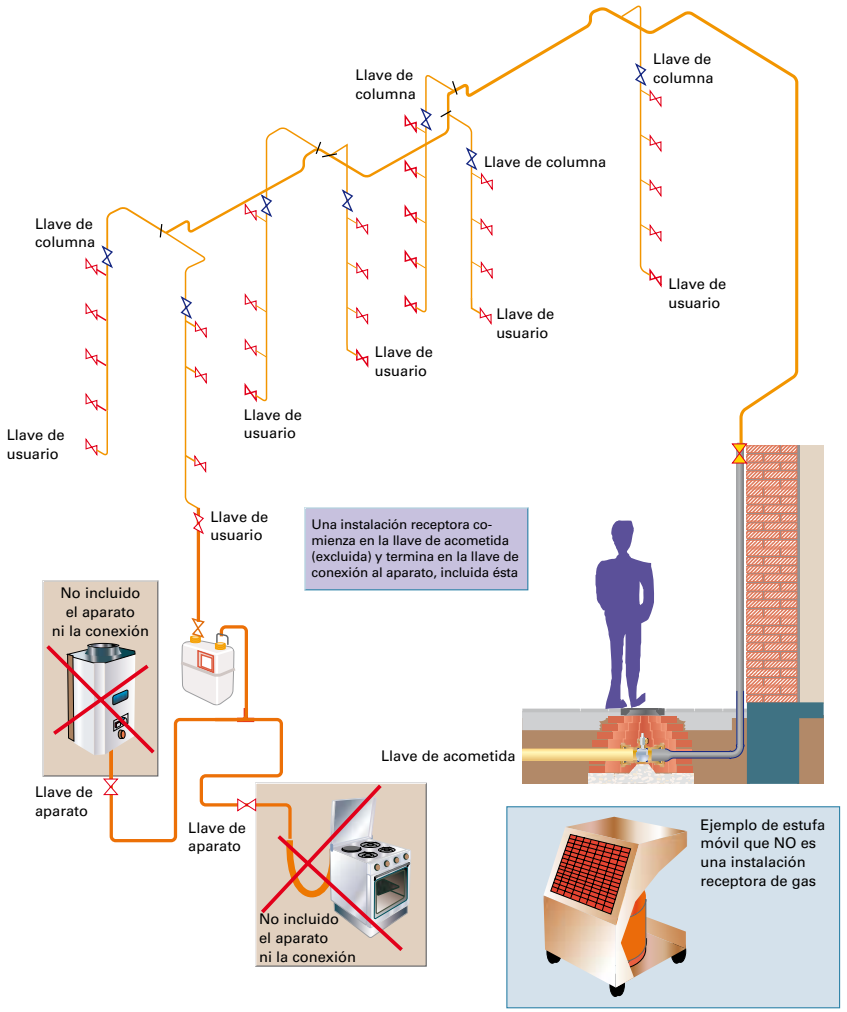
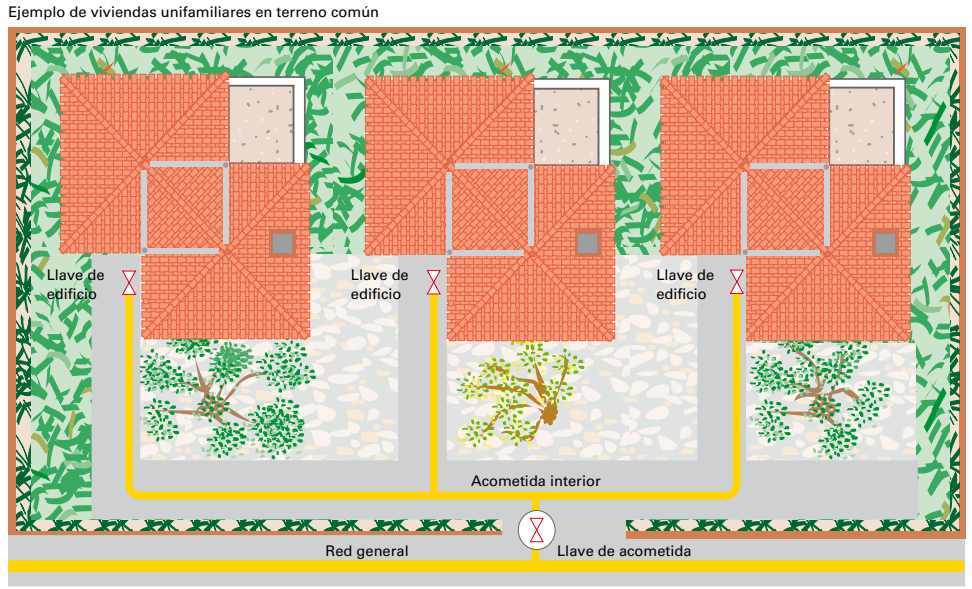


Figura 6.8. **Gas natural o manufacturado procedente de suministradora**

Una instalación receptora puede suministrar a varios edificios, siempre que estén ubicados en terrenos de una misma propiedad (véase la figura 6.9).



En el caso más general una instalación receptora:

Instalación receptora de gas = Acometida interior + Instalación/es comunes + Instalación/es individuales

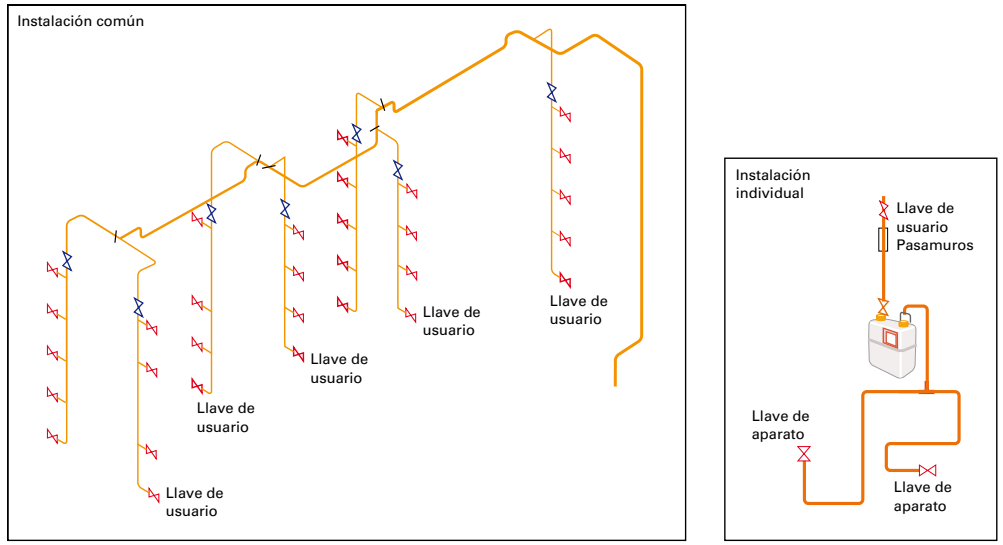


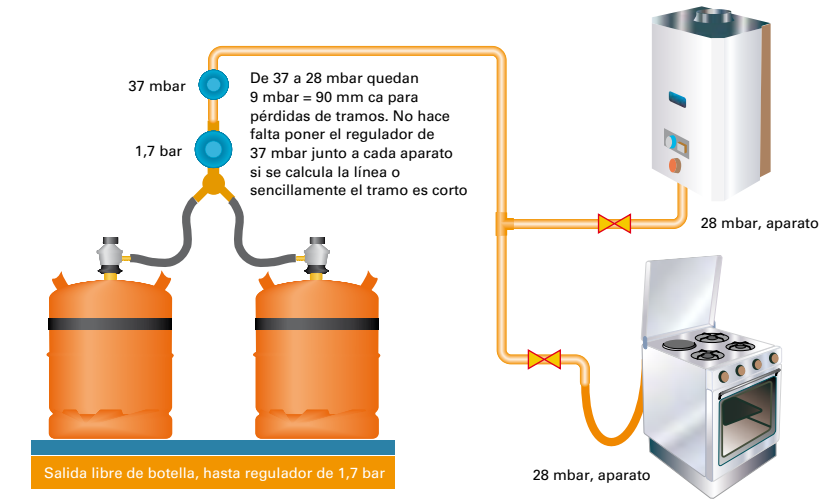
Figura 6.9. **Ejemplo de viviendas unifamiliares e instalación receptora**

Instalaciones individuales alimentadas por gases de la 3.ª familia (butano-propano)

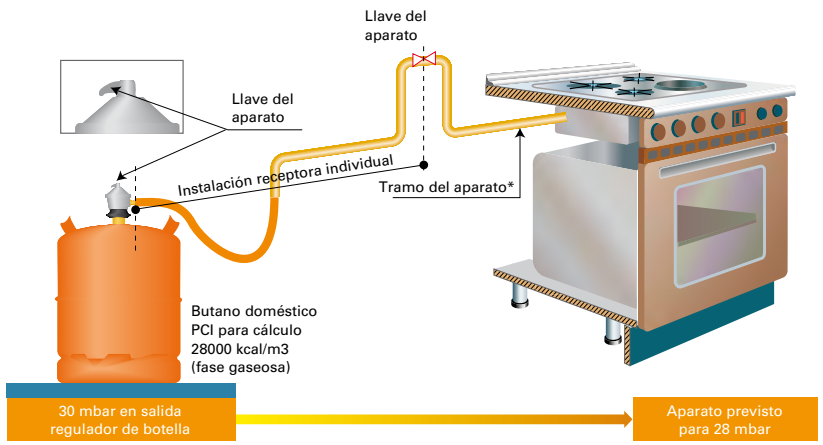
Estos tipos de instalaciones son muy frecuentes a nivel nacional (véase la figura 6.10).

Los pesos netos de las botella de butano y propano doméstico son los siguientes: botella doméstica de butano de 12,5 kg y propano doméstico de 11 kg.

La salida del propano desde una batería de dos botellas alternativas tiene la primera tapa de 1,70 kg, hasta 37 mb y de este regulador al interno de aparato que es de 28 mb, quedan pues 90 mm cda para el tramo que se deje entre el último regulador y aparato, más que suficiente para un pequeño diámetro de 10/12 sin abusar de distancias.



Las pérdidas de carga están marcadas por la diferencia de presiones entre el regulador de salida y el de entrada (del aparato). El regulador de botella de butano da una salida de 30 mb y los aparatos están normalizados para 28 mb ±1; quedan, por tanto, 2 mb = 20 mm cda para los cálculos de IRI.



* El tramo desde la llave del aparato al mismo no está contemplado en ninguna norma ni recomendación (para ningún gas) dado que la instalación individual termina en la llave del aparato. Se sugiere poner

Figura 6.10. **Instalaciones alimentadas por gases butano-propano**

6.13. Instalaciones de gas con tubería de cobre

6.13.1. Dimensiones

Aplicación del Reglamento técnico de distribución y utilización de combustibles gaseosos (RD 919/2006, de 28 de julio).

Calibres autorizados, para gases de la 1.ª, 2.ª y 3.ª familias. Según la Norma UNEEN 1057, recocido y duro (recomendaciones de las suministradoras). (Véase la figura 6.11.)

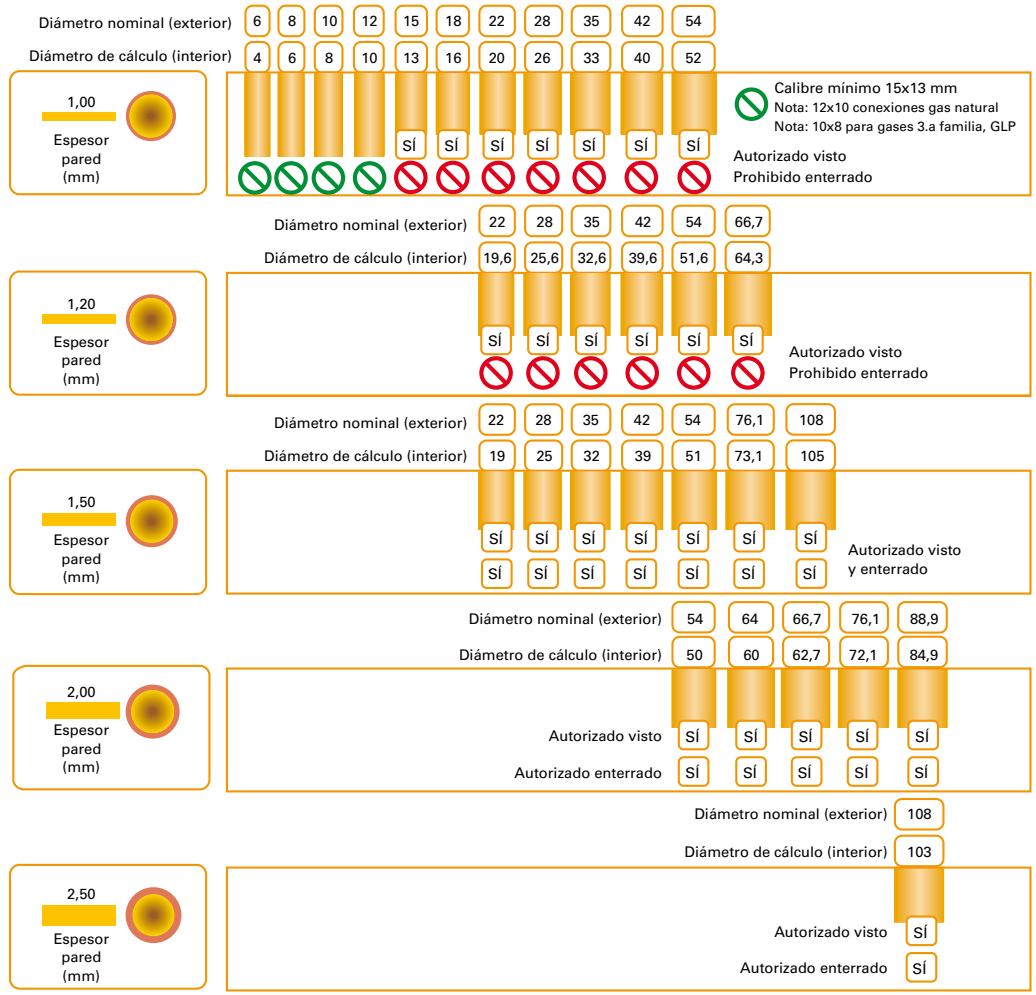


Figura 6.11. **Dimensiones de tubos de cobre para gas**

6.13.2. Tipos de uniones para tuberías, elementos y accesorios

Aplicación del Reglamento técnico de distribución y utilización de combustibles gaseosos, según Norma UNE 60670-3. Las uniones de los tubos entre sí, y de éstos con los accesorios y elementos de las instalaciones receptoras, se deben realizar de forma que el sistema utilizado asegure la estanquidad, sin que ésta se pueda ver afectada ni por los distintos tipos y presiones de gas que se prevea suministrar ni por el medio exterior con el que estén en contacto.

Uniones mediante soldadura

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

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

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

Las uniones de los tubos de cobre se deben realizar mediante soldadura por capilaridad, a través de accesorios adecuados de cobre o de aleación de cobre y utilizando materiales de aportación que estén de acuerdo a la Norma UNE-EN 1044 *Soldeo fuerte. Metales de aportación*, Norma UNE-EN 1045 *Soldeo fuerte. Fundentes para soldeo fuerte. Clasificación y condiciones técnicas de suministro*, Norma UNE-EN ISO 9453 *Materiales de aportación para soldeo blando. Composiciones químicas y formas* y Norma UNE EN 29454 *Fundentes para soldeo blando. Clasificación y requisitos* (véanse los capítulos 2 y 3).

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

Las uniones mediante soldadura blanda sólo se pueden utilizar en las tuberías con:

- MOP inferior o igual a 0,05 bar de instalaciones que suministren a locales destinados a usos domésticos.

Las uniones soldadas deben ser siempre por soldadura fuerte en los tramos con:

- MOP superior o igual a 0,05 e inferior o igual a 5 bar, así como en los tramos que discurran por garajes o aparcamientos.

No se debe utilizar aleación de Sn-Pb como material de aportación, ni el abocardado del tubo de cobre para soldar por capilaridad, excepto en la construcción de baterías de contadores centralizados, siempre que, una vez realizada la unión soldada, el espesor resultante sea como mínimo el espesor del tubo.

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

Unión cobre-cobre, o aleación de cobre

(Véase la figura 6.12.)

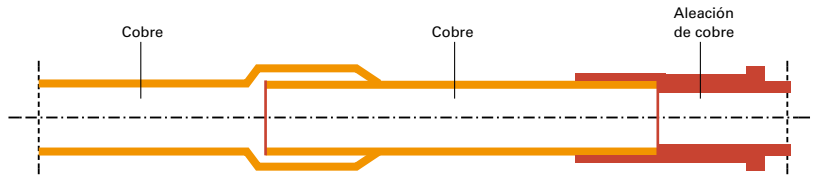


Figura 6.12. **Unión cobre-cobre**

Unión de cobre, o aleación de cobre-acero/acero inoxidable

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

La unión de dicho accesorio de aleación de cobre con un tubo o accesorio de acero, se debe realizar con soldadura fuerte a tope, con material de aportación de aleación de cobre (véase la figura 6.13).

Uniones en frío (*press-fitting*)

Se aceptan las uniones realizadas en frío tipo *press-fitting* para ser utilizadas en instalaciones exteriores (véase la figura 6.14).

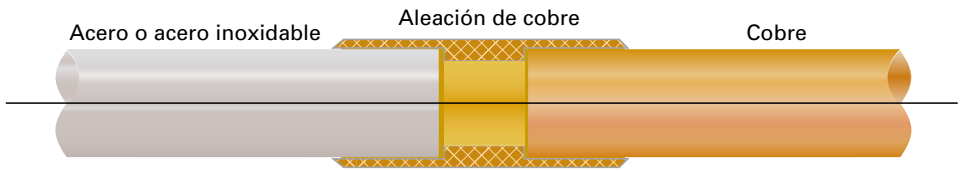


Figura 6.13. Unión cobre-acero (acero inoxidable)



Figura 6.14. Unión en frío (*press-fitting*)

Uniones desmontables

Las uniones desmontables son las uniones metal-metal, unión por junta plana y la unión por bridas.

Uniones metal-metal

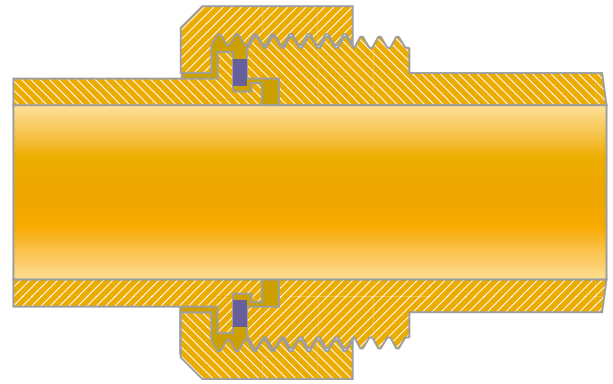
Deben ser del tipo esfera-cono por compresión, de anillos cortantes o similar. Su uso está limitado a las conexiones en conjuntos de regulación y a la conexión de accesorios para MOP inferior o igual a 0,05 bar. En cualquier caso, estas uniones no deben estar sujetas a movimiento.

Unión por junta plana

El enlace mecánico y la junta plan deberán estar de acuerdo con la Norma UNE 60719. Puede ser de elastómero conforme a la Norma UNE-EN 549 en cuanto al material, o bien de otro material adecuado para esta aplicación.

Sirve para conectar las tuberías a los accesorios desmontables pertenecientes a la instalación receptora (dispositivos de corte, contadores, reguladores, válvulas de seguridad por mínima presión, etc.) y en las conexiones rígidas de aparatos a gas fijos (véase la figura 6.15).

Racor de junta plana, genérico



Racores o enlaces de junta plana, utilizados en las instalaciones

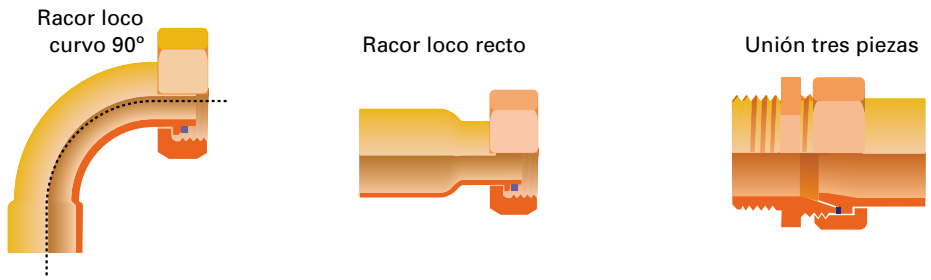


Figura 6.15. **Racores de junta plana**

También se puede utilizar la unión con juntas planas en las uniones mediante las conexiones flexibles de elastómero, tal como se indica en la Norma UNE 60670-7.

Uniones por bridas

Este tipo de unión se puede utilizar exclusivamente en accesorios desmontables pertenecientes a la instalación receptora (dispositivo de corte, contadores, líneas de regulación, etc.) y en los tramos de conexión rígida de aparatos y quemadores a gas fijos. Según las Normas UNE-EN 1092-1 y UNE-EN 1092-2, intercalando entre ellas una junta.

La junta puede ser de elastómero conforme a las características de la Norma UNE-EN 682, en cuanto al material, o bien de otro material adecuado a esta aplicación.

Este tipo de unión se puede utilizar exclusivamente en accesorios desmontables pertenecientes a la instalación receptora (dispositivo de corte, contadores, líneas de regulación, etc.) y en los tramos de conexión rígida de aparatos y quemadores a gas fijos). (Véase la figura 6.16.)

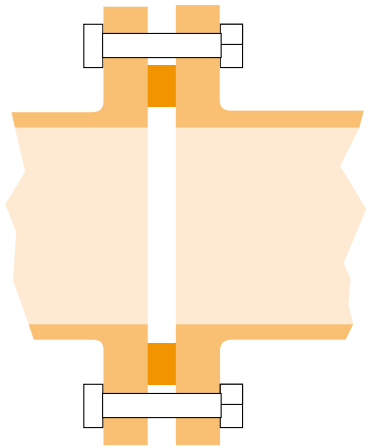
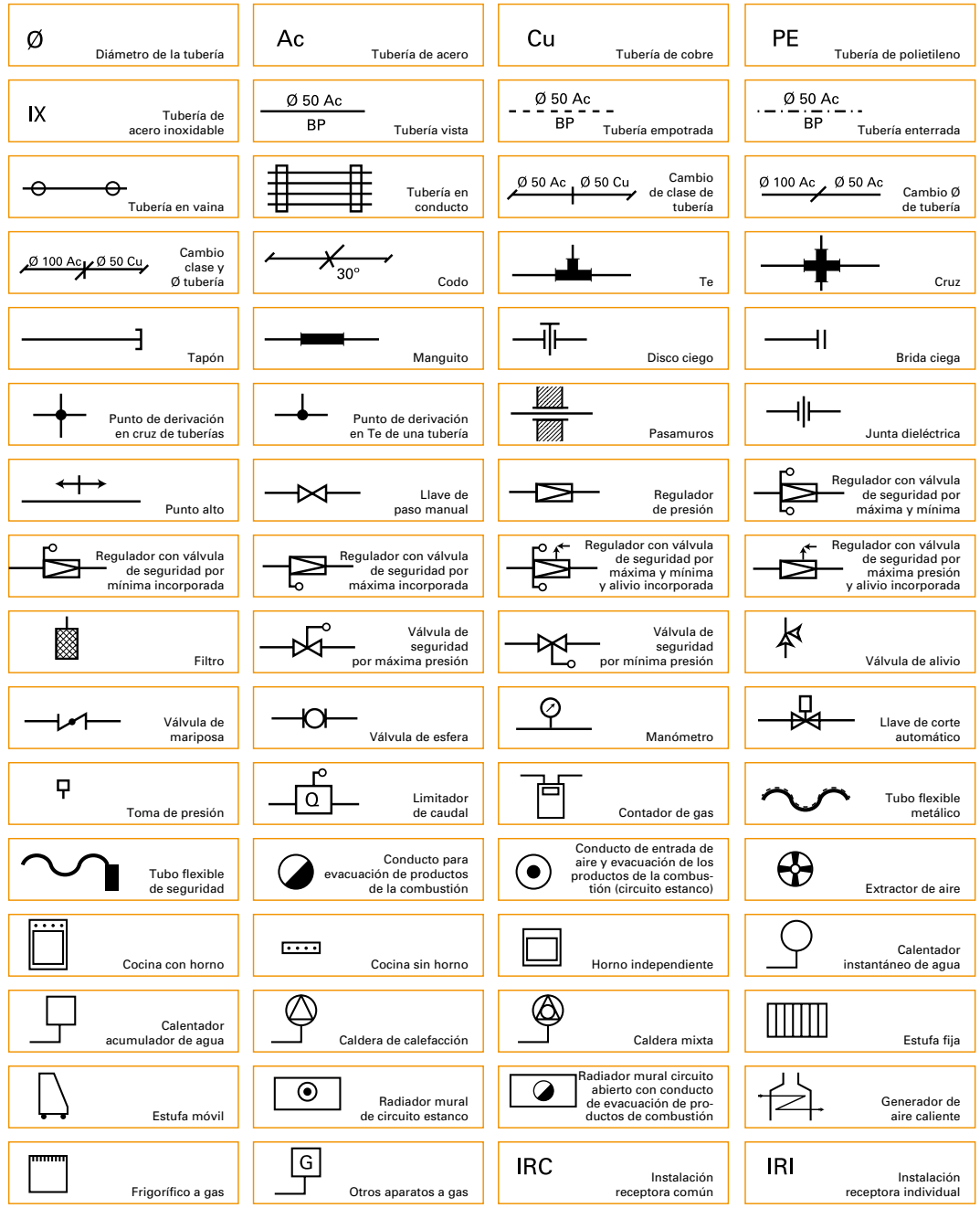


Figura 6.16. **Enlace por bridas**

6.14. Simbología para instalaciones receptoras



Ac Tubería de acero



Cu Tubería de cobre



PE Tubería de polietileno

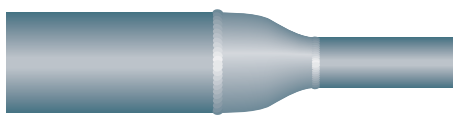
Tubería en vaina



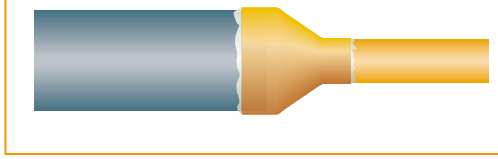
Ø 50 Ac Ø 50 Cu Cambio y clase de tubería



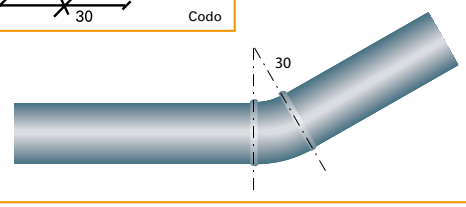
Ø 100 Ac Ø 50 Ac Cambio Ø de tubería



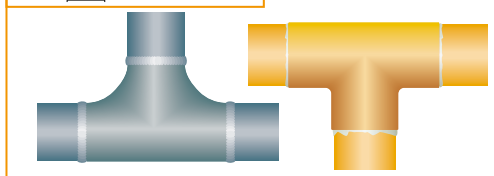
Ø 100 Ac Ø 50 Cu Cambio Ø y clase de tubería



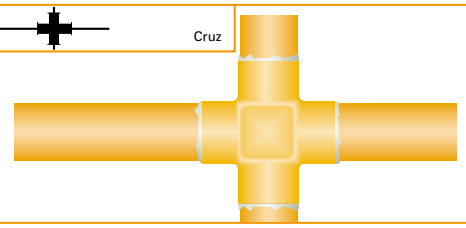
30 Codo



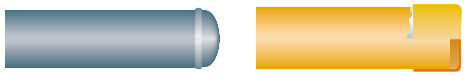
Tes



Cruz



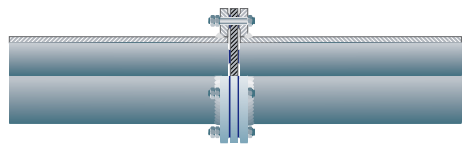
Tapón



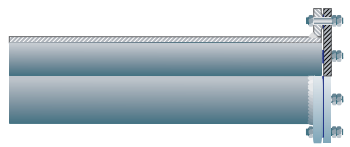
Manguito



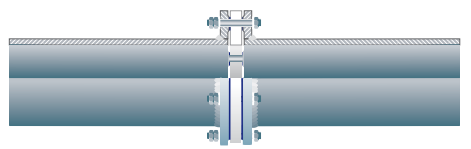
Disco ciego



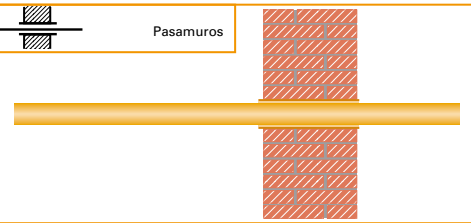
Brida ciega



Junta dieléctrica

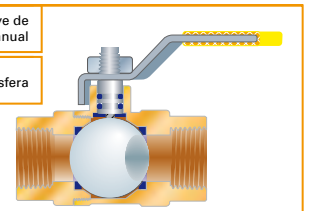


Pasamuros

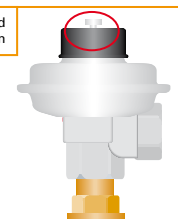


Llave de paso manual

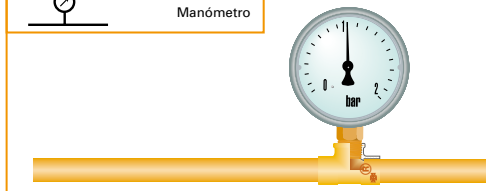
Válvula de esfera



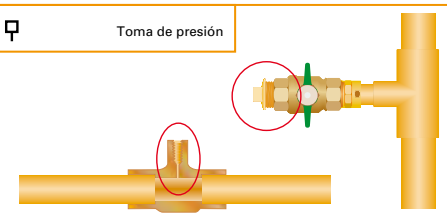
Válvula de seguridad por mínima presión



Manómetro



Toma de presión

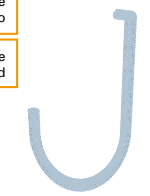


Contador de gas



Tubo flexible metálico

Tubo flexible de seguridad

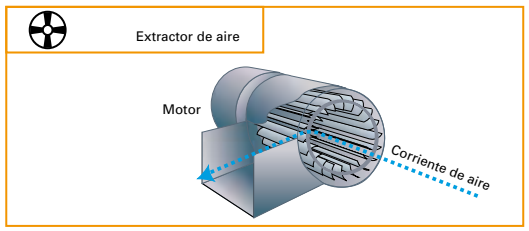


Conducto de evacuación de productos de combustión

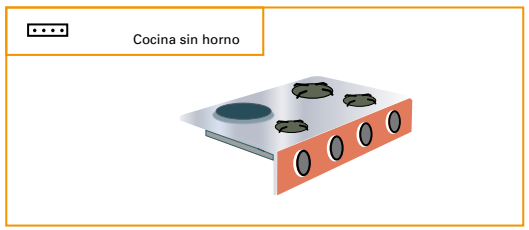


Conducto de entrada de aire y evacuación (circuito estanco)



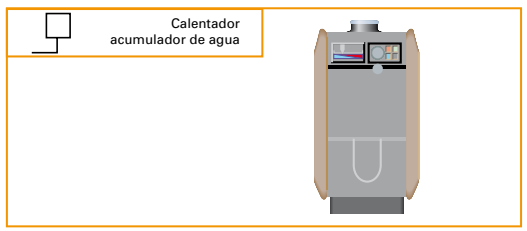




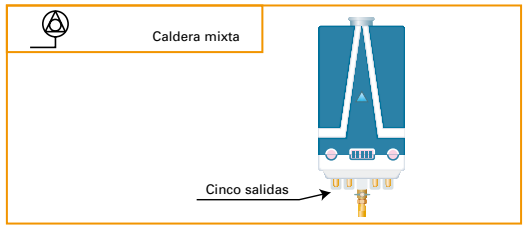






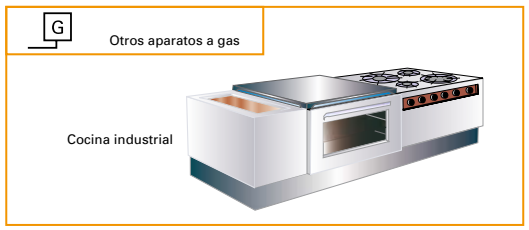


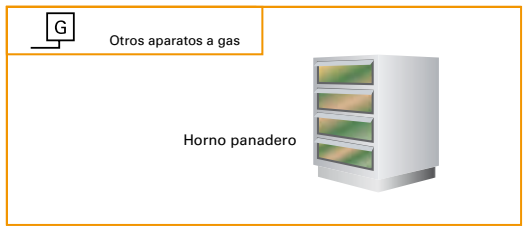












6.15. Instalaciones GLP (depósitos fijos)

6.15.1. Instalaciones fijas

Se consideran instalaciones fijas las realizadas por medio de canalizaciones rígidas de cobre o acero sin soldadura, y cuyos empalmes están efectuados por soldadura fuerte, o bien por racores estancos tipo “ermeto”.

6.15.2. Aplicaciones con gases licuados del petróleo

Las instalaciones de almacenamiento de GLP en depósitos fijos se clasificarán en función de la suma de los volúmenes geométricos nominales de todos sus depósitos en las categorías recogidas en la Norma UNE 60250.

Incluye el conjunto de la instalación y equipos comprendidos entre la boca de carga y la(s) válvula(s) de salida, incluida(s) ésta(s). Estas válvulas se consideran parte de la instalación de GLP.

El conjunto de la instalación y equipos comprende, aunque no sea precisa la instalación de todos ellos:

- Boca de carga.
- Depósito(s) con sus accesorios.
- Canalizaciones existentes entre la boca de carga y la(s) válvula(s) de salida, incluida(s) ésta(s).
- Equipos de trasvase, de vaporización, de regulación, de medida.

En este apartado la definición “gas” hace referencia al gas licuado del petróleo (GLP), como combustible gaseoso de la tercera familia según la Norma UNE 60002.

6.15.3. Materiales y elementos deberán asimismo cumplir con la Norma UNE 60250

Las tuberías de conexión en superficie entre el depósito y sus equipos complementarios de regulación se deben regir en cuanto a materiales por la Norma UNE-EN

10208-2 para el acero o la Norma UNE-EN 1057 para el cobre. En este último caso, todo el tramo de la tubería debe estar ubicado dentro de la referencia 1, y se debe utilizar cobre de 1,5 mm de espesor, su diámetro no debe ser superior a DN 20. Los accesorios, según Norma UNE-EN 1254-1, se unirán a la tubería mediante soldadura de punto de fusión superior a 450 ºC.

6.15.4. Canalizaciones (UNE 60250)

Las tuberías para las canalizaciones de GLP pueden ser aéreas o enterradas, pero no pueden ser empotradas. Si se sitúan en canaletas, éstas deben ser, en toda su longitud, ventiladas y registrables.

Las tuberías de conexión entre depósitos de superficies y equipos complementarios de la estación, o de ellos entre sí, deben ser aéreas y sólo en casos justificados se autoriza su enterramiento.

Canalizaciones aéreas

La distancia mínima del punto inferior de la pared de las canalizaciones aéreas al suelo debe ser de 5 cm.

Cuando discurran por un muro, deben estar separadas de éste, como mínimo, 2 cm. Las tuberías deben estar protegidas contra la corrosión externa por medio de pintura u otro sistema apropiado.

Las destinadas a la fase líquida, se deben pintar en color rojo y las destinadas a la fase gas, en color amarillo.

Cuando las conducciones hayan de atravesar paramentos o forjados, lo deben hacer por medio de pasamuros. El diámetro del pasamuros debe ser, como mínimo, 10 mm mayor que el diámetro exterior de la tubería.

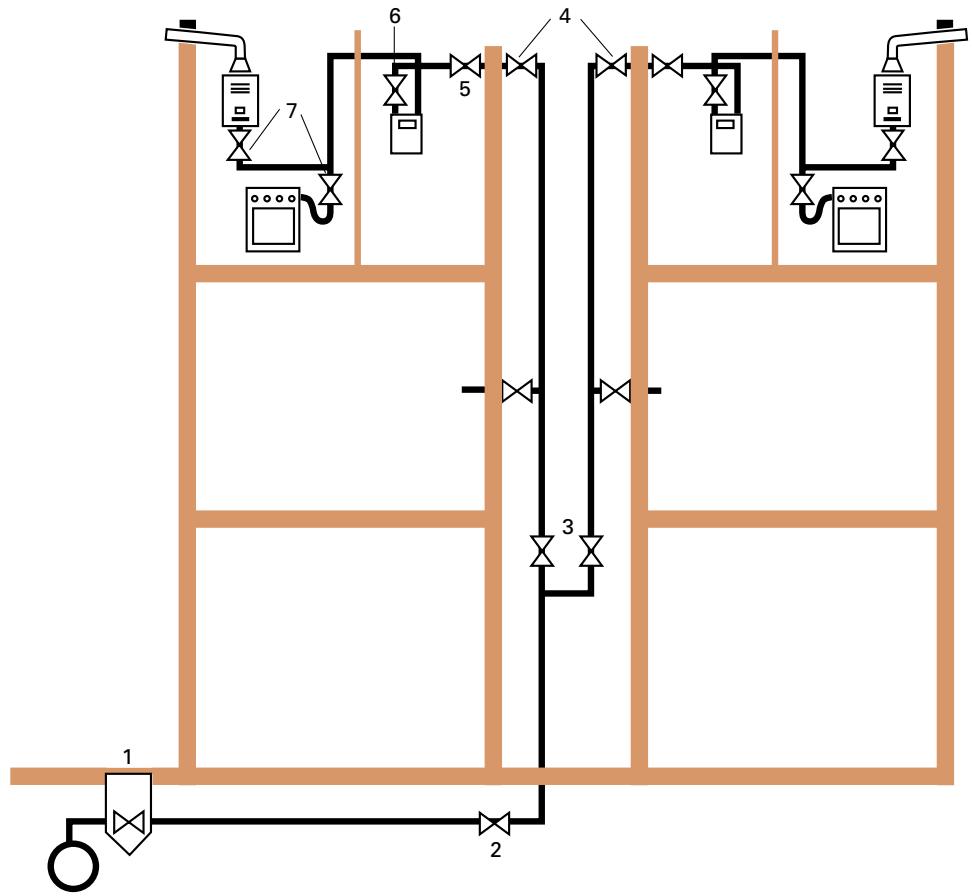
Los tramos de tubería que no estén en servicio, deben quedar aislados con un cierre estanco roscado, disco ciego o brida ciega.

Las uniones entre tuberías que puedan formar pares galvánicos, se deben efectuar mediante juntas aislantes debidamente dimensionadas.

Los tramos de tuberías destinadas a la fase líquida que puedan quedar aislados entre válvulas de corte, deben disponer de una válvula de seguridad (alivio térmico) o de by-pass de funcionamiento automático, que libere cualquier sobrepresión interior.

6.16. Elementos de una instalación

(Véase la figura 6.17.)



Denominación de elementos:

1. Llave de acometida
2. Llave de edificio
3. Llave de montante colectivo
4. Llave de abonado
5. Llave de vivienda o local privado
6. Llave de contador
7. Llave de conexión de aparato

Figura 6.17. **Ubicación de elementos de una instalación**

6.16.1. Denominación de elementos

Definiciones según la Norma UNE 60670-2

1. Llave de acometida

Es el dispositivo de corte más próximo o en el mismo límite de propiedad, accesible desde el exterior de la propiedad e identificable, que puede interrumpir el paso de gas a la instalación receptora (véase la figura 6.18).

En las instalaciones con depósitos de almacenamiento de GLP fijos o móviles la llave de acometida la desempeña la llave de salida en fase gaseosa desde la instalación de almacenamiento o batería de botellas, según el caso.

En instalaciones con depósitos de almacenamiento de gases de producción propia o de subproductos de otras producciones, se entenderá como llave de acometida la válvula o llave de salida de la instalación de almacenamiento.

La acometida no forma parte de la instalación receptora.

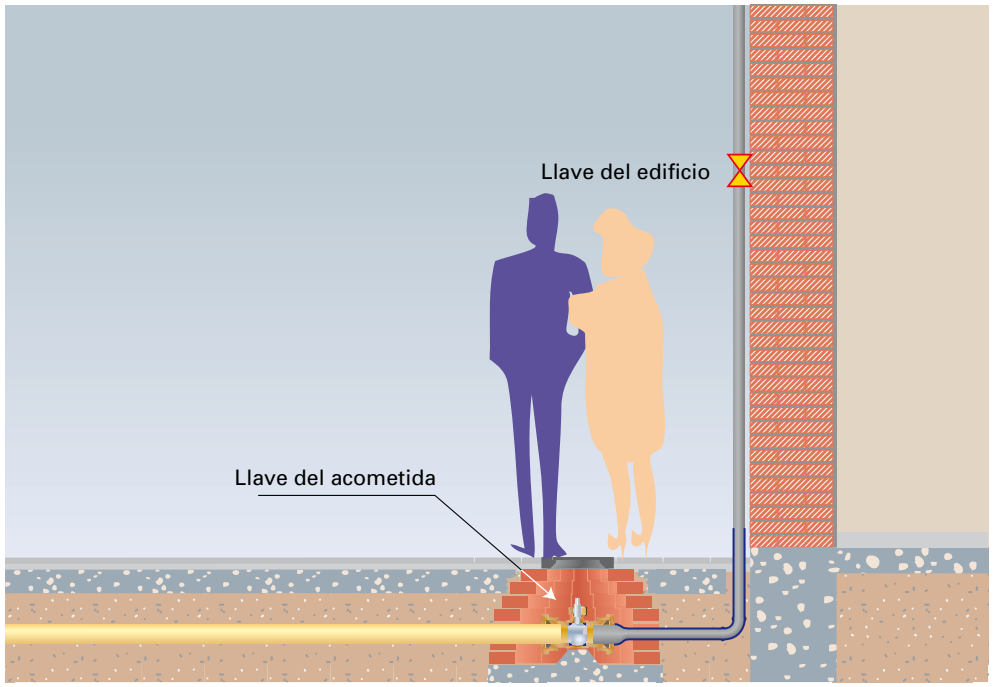
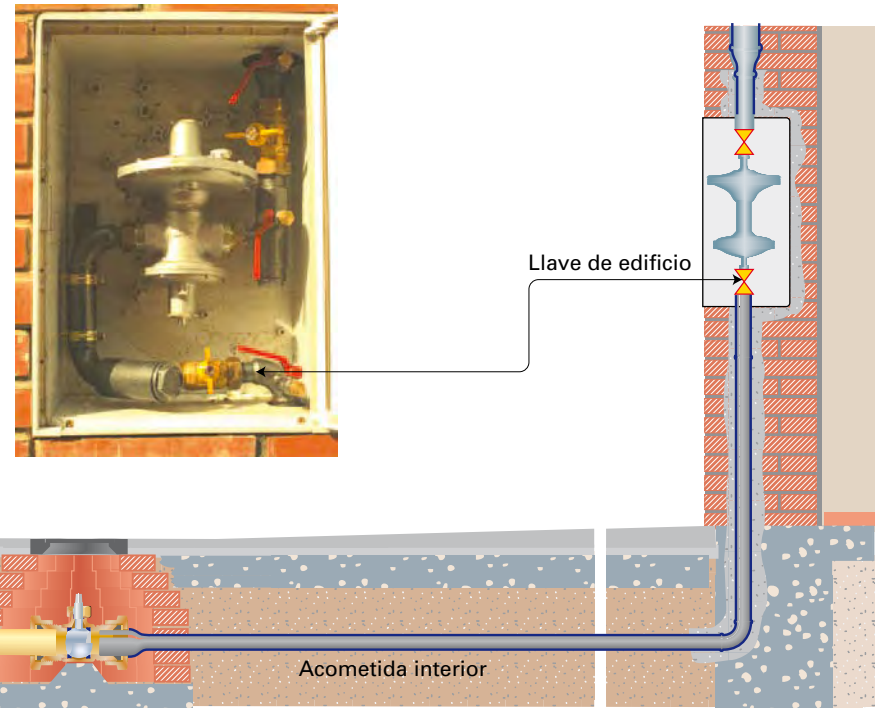


Figura 6.18. **Ubicación de la llave de acometida**

2. Llave de edificio

Dispositivo de corte más próximo al edificio o situado en el muro de cerramiento del edificio, accionable desde el exterior del mismo, que puede interrumpir el paso del gas a la instalación que suministra (véase la figura 6.19).



En caso de tener la acometida interior menor de 10 m enterrada o 25 m aérea, no es necesaria la llave de edificio

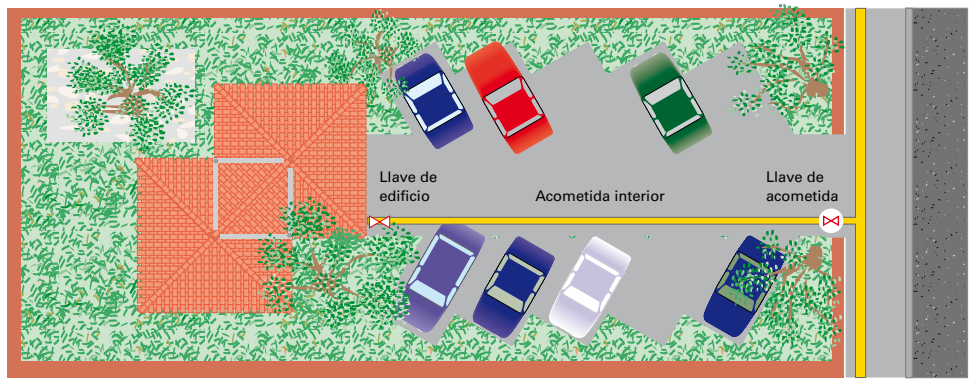
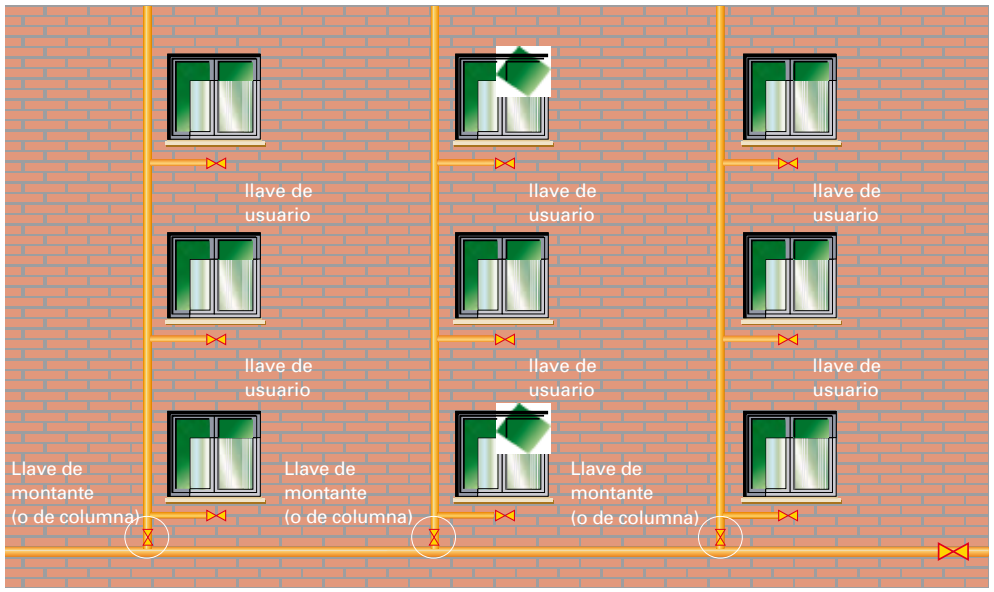


Figura 6.19. **Llave de edificio**

En las instalaciones que dispongan de estación de regulación y/o medida, las funciones de llave de edificio las podrá desempeñar el dispositivo de corte situado lo más próximo posible a la entrada de dicha estación, accionable desde el exterior del recinto que delimita la estación, y que puede interrumpir el paso del gas a la citada estación de regulación y/o medida.

3. Llave de montante colectivo

Es aquella que permite cortar el paso de gas al tramo de instalación común que suministra el gas a varios abonados situados en un mismo sector o ala de un edificio (véase la figura 6.19).



igura 6.20. **Llave de montante colectivo**

4. Llave de usuario

Llave de usuario o llave de inicio de la instalación individual es el dispositivo de corte que, perteneciendo a la instalación común, establece el límite entre ésta y la instalación individual y que puede interrumpir el paso de gas a una sola instalación individual (véase la figura 6.21).

En instalaciones individuales suministradas desde depósitos de GLP fijos o móviles, la llave de abonado coincide con la llave de acometida.

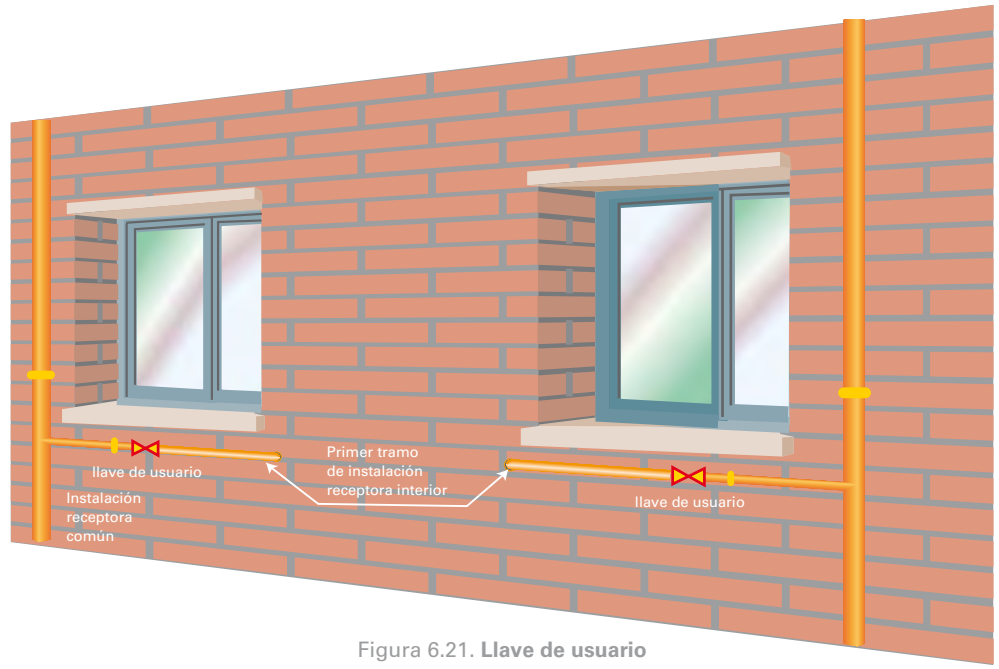


Figura 6.21. **Llave de usuario**

5. Llave de vivienda o local privado

Es aquella con la cual el usuario, desde el interior de su vivienda o local, puede cortar el paso del gas al resto de su instalación. Será accesible para el usuario (véase la figura 6.22).

En el caso de instalaciones suministradas desde depósitos de GLP móviles de carga unitaria inferior a 15 kg, situados en el interior del local, es la llave incorporada al propio regulador o reguladores acoplados a cada envase o botella.

6. Llave de contador

Aquella que está colocada inmediatamente a la entrada del contador o del regulador de abonado cuando ésta se acople directamente al contador (véase la figura 6.23).

Una llave integrante de una instalación común o individual puede ejercer dos funciones o más si reúne los requisitos exigidos a cada una de las llaves (por ejemplo, la llave de abonado puede ejercer la función de llave de contador o de la llave de vivienda cuando el contador se sitúe en el interior de la vivienda y sea accesible desde su interior).

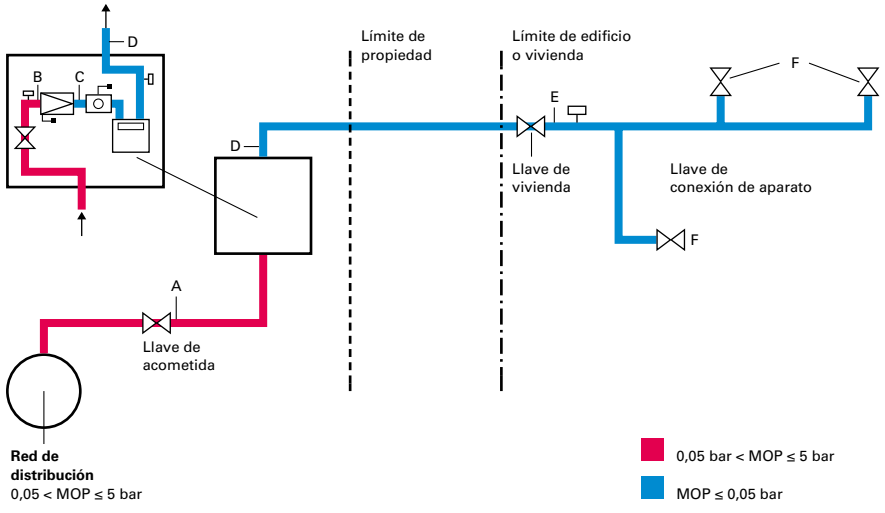


Figura 6.22. **Llave de usuario**



Figura 6.23. **Llave de contador**

7. Llave de conexión de aparato

Es el dispositivo de corte que, formando parte de la instalación individual, está situado lo más próximo posible a la conexión con cada aparato a gas y que puede interrumpir el paso del gas al mismo.

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

La llave de conexión debe existir en todos los casos, salvo que se trate de instalaciones individuales en las que se utilice un depósito móvil de GLP de contenido inferior a 15 kg, equipado con un regulador con dispositivo de corte incorporado y acoplado a un solo aparato situado en el mismo local que el depósito.

6.17. Gas natural

Se denomina gas natural a la mezcla de gases combustibles, hidrocarburados o no, que se encuentran en el subsuelo donde, en ocasiones, se hallan asociados con petróleo líquido. El principal constituyente del gas natural es siempre el metano (en proporción superior al 80%).

La composición química de los suministros en España se aproxima a los valores mostrados en la tabla 6.9.

Tabla 6.9. **Composición del gas**

Composición	Tipo 1	Tipo 2
Metano (CH_4)	85,2%	91,4%
Etano (C_2H_6)	13,6%	7,2%
Hidrocarburos superiores	0,4%	0,8%
Nitrógeno (N2)	0,8%	0,6%

Para su canalización, se permite el empleo de tubería de cobre hasta el rango de MOP ≤ 5 bar.

La tubería de cobre, muy adecuada por su resistencia a la corrosion y agentes externos, debe cumplir la Norma UNE-EN 1057.

6.18. Gas manufacturado

Las presiones máximas del gas en el interior de los edificios habitados podrá llegar hasta los 5 bar si se utiliza exclusivamente tubo de acero con uniones soldadas o tubo de cobre con soldadura fuerte por capilaridad (material de aporte con temperatura de fusión superior a 450 ºC, según la Norma UNE-EN 1057).

6.19. Instalación de gas canalizado tipo industrial y comercial

En las líneas interiores de las instalaciones industriales que trabajen a una presión igual o inferior a 5 bar, el material del tubo y su diseño e instalación se realizarán de acuerdo a lo establecido en la Norma UNE 60670 partes 2 y 3.

La tubería dispondrá de toma de tierra independiente y la enterrada estará a una profundidad de entre 0,6 y 0,8 m bajo vías de tráfico rodado a menos que se instale con placas de hormigón.

6.20. Diseño y características de la instalación según la Norma UNE 60670-4

Según las modalidades de ubicación, las tuberías podrán estar:

- Vistas, cuando es visible su recorrido.
- Alojadas en vainas o conductos, cuando están alojadas dentro de una vaina o conducto.
- Empotradas, cuando están alojadas directamente en el interior de un muro o pared.
- Enterradas, cuando están alojadas en el subsuelo.

6.20.1. Tubería vista

Las instalaciones con cobre serán preferentemente vistas, para poder reparalas o sustituirlas en caso de producirse alguna avería. Las tuberías deben fijarse a elementos sólidos de la construcción mediante accesorios de sujeción, para soportar el peso de los tramos y asegurar la estabilidad y alineación de la tubería. Los elementos de sujeción deben ser desmontables, quedar convenientemente aislados de la conducción y permitir las posibles dilataciones de las tuberías.

Nota: para las tuberías vistas no se puede utilizar polietileno según la Norma UNE 60670-4, apartado 4.3.

- A título orientativo. Separación máxima entre los elementos de sujeción de las tuberías en función del diámetro (véase la tabla 6.10).

Tabla 6.10. **Separación máxima entre los elementos de sujeción de las tuberías**

Diámetro nominal de la tubería		Separación máxima entre elementos de sujeción (m)	
Si D_N en mm	Si D_N en pulgadas	Tramo horizontal	Tramo vertical
$D_N \leq 15$	$D_N \leq 1/2''$	1,0	1,5
$15 < D_N \leq 28$	$1/2'' < D_N \leq 1''$	1,5	2,0
$28 < D_N \leq 42$	$1'' < D_N \leq 1\,1/2''$	2,5	3,0
$D_N > 42$	$D_N > 1\,1/2''$	3,0	3,5 (al menos una sujeción por planta)

- Distancias mínimas de separación de una tubería vista a conducciones de otros servicios (véanse las figuras 6.24 y 6.25).

Estas distancias se miden entre las paredes exteriores de los elementos considerados (conducciones o mecanismos). No debe haber contacto entre tuberías, ni de una tubería de gas con estructuras metálicas del edificio.

- Cerca de la llave de montante y al menos una vez en zona comunitaria, se debe señalizar con la palabra “gas” o con una franja amarilla situada en una zona visible.

Las distancias mínimas estipuladas en la Norma UNE 60670-4, en su apartado 4.3, se muestran en la tabla 6.11.

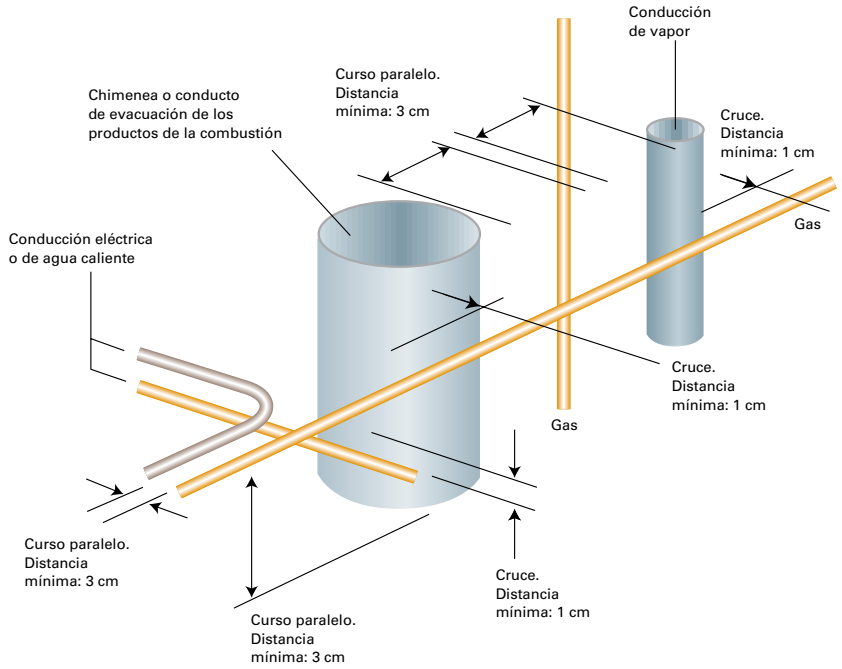


Figura 6.24. **Distancias mínimas de separación de una tubería vista a conducciones de otros servicios**

Tabla 6.11. **Distancias indicadas en la Norma UNE 60670-4**

	Curso paralelo	Cruce
Conducción de agua caliente	3 cm	1 cm
Conducción eléctrica *	3 cm	1 cm
Conducción de vapor	3 cm	1 cm
Chimeneas	3 cm	1 cm
Suelo	3 cm	—

* No se consideran como tales los cables de telefonía, antenas de televisión, telecontrol, etc.

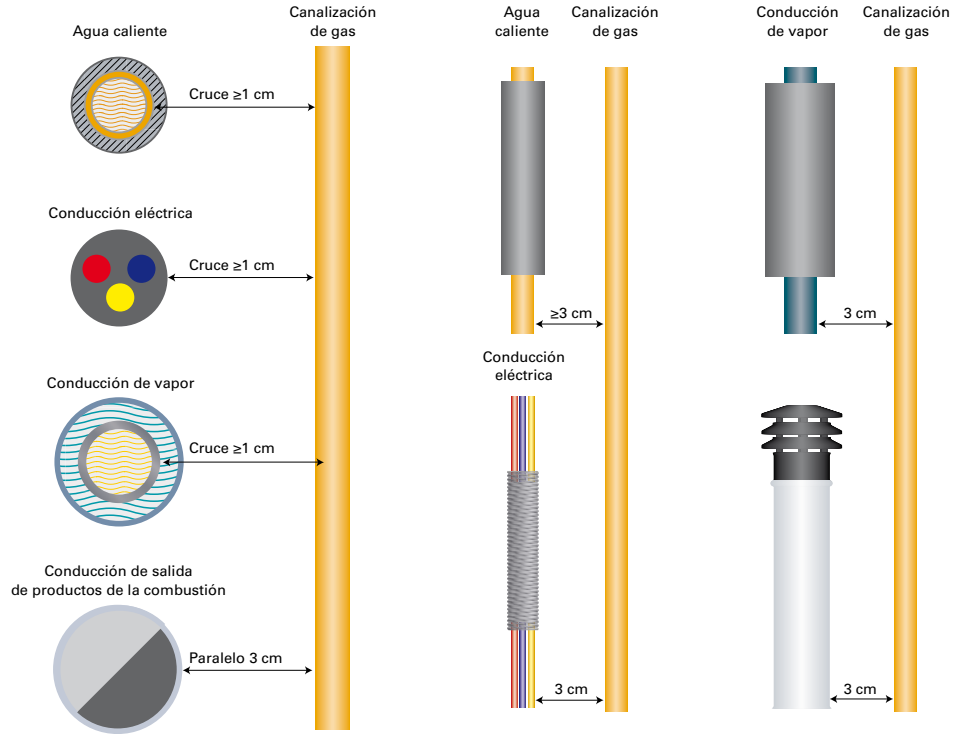


Figura 6.25. **Distancias mínimas de separación de una tubería vista a otras tuberías, conductos o suelos**

6.20.2. Tuberías alojadas en vainas o conductos

Las tuberías alojadas en el interior de vainas o conductos deben ser continuas o bien estar unidas mediante soldaduras, y no pueden disponer de órganos de maniobra en todo su recorrido por la vaina o conductos.

A continuación se describe su utilización.

Para protección mecánica

- Protegiendo la tubería de golpes fortuitos, o cuando deban discurrir por zonas de circulación y/o estacionamiento de vehículos susceptibles de recibir impactos o choque de éstos.

- Cuando las tuberías sean de cobre y discurran por fachadas exteriores, se deben proteger mecánicamente con vainas o conductos hasta una altura mínima de 1,80 m con respecto al nivel del suelo.

• Además de vainas y conductos, para la protección mecánica de la tubería se pueden utilizar estructuras o perfiles metálicos adecuados a tal fin.

Para ventilación de tuberías

• Un primer sótano con excepción en el caso de tuberías con MOP igual o inferior a 50 mbar de gases menos densos que el aire que discurran por sótanos suficientemente ventilados.

• Cavidades o huecos de la edificación (altillos, falsos techos, cámaras sanitarias o similares). (Véase la figura 6.26.)

• El interior de los locales o viviendas a las que no suministran.

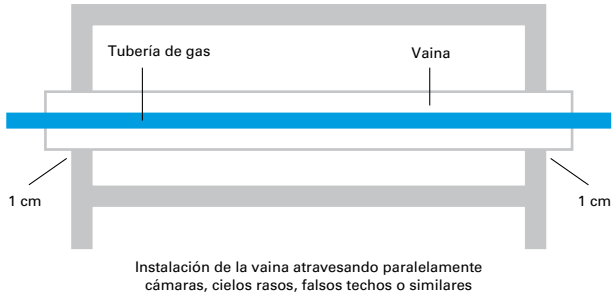


Figura 6.26. **Ventilación de tuberías**

Para tuberías que suministran a armarios empotrados de regulación y/o de contadores

Cuando los armarios que contienen los reguladores o conjuntos de regulación y/o los contadores de gas se instalen empotrados en muros de fachada o límites de propiedad y la tubería de entrada al armario se realice en polietileno.

Para tuberías situadas en el suelo o subsuelo

Cuando se alojen (si no hubiera otra alternativa) entre el pavimento y el nivel superior del forjado de locales interiores del edificio; o en el subsuelo exterior, cuando exista un local debajo de ellas cuyo nivel superior del forjado esté próximo a la tubería.

Materiales de las vainas y conductos según su función

(Véase la tabla 6.12.)

Tabla 6.12. **Materiales de las vainas y conductos**

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

*En estos casos, el material debe asegurar la estanquidad.

Requisitos de las vainas

Las vainas deben ser continuas en todo su recorrido.

Cuando la vaina sea metálica, no puede estar en contacto con las estructuras metálicas del edificio ni con otras tuberías, y debe ser compatible con el material de la tubería, a efectos de evitar la corrosión.

Cuando su función sea la ventilación de tuberías, los dos extremos de la vaina deben comunicar con el exterior del recinto, zona o cámara que atraviesa (o bien uno sólo, debiendo estar entonces el otro sellado a la tubería).

Requisitos de los conductos

Los conductos deben ser continuos en todo su recorrido, si bien pueden disponer de registros para el mantenimiento de las tuberías. Estos registros deben ser estancos con accesibilidad.

6.20.3. Tuberías enterradas. Tallos

No se deben instalar tuberías enterradas directamente en el suelo de las viviendas o locales destinados a usos no domésticos.

Los tramos enterrados de las instalaciones receptoras se deben llevar a cabo según los métodos constructivos y de protección de tuberías fijados por la reglamentación vigente.

La tubería llevará una banda por encima, de señalización, que indique la presencia del servicio de gas (véase la figura 6.27).

El espesor mínimo del tubo enterrado será de 1,5 mm.

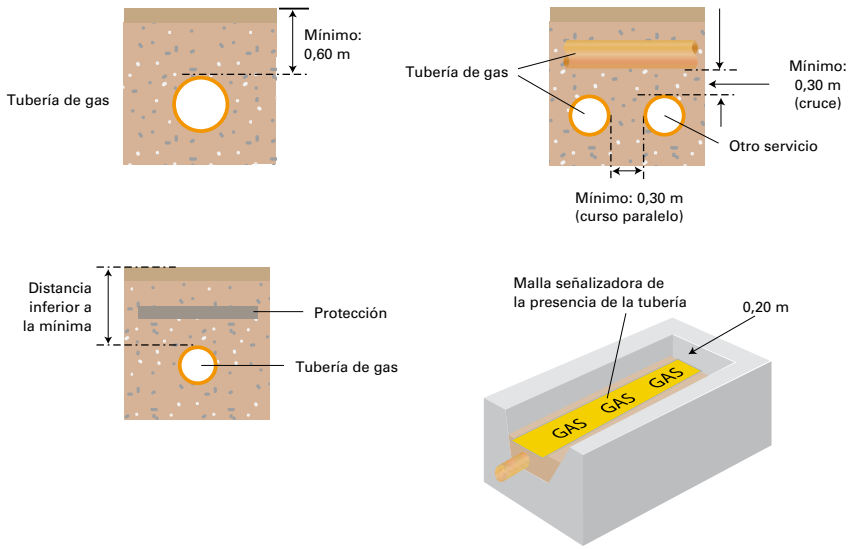


Figura 6.27. **Distancias en tuberías enterradas**

6.20.4. Tuberías empotradas

Esta ubicación está limitada al interior de un muro o pared, y tan sólo se puede utilizar en los casos en que se deban rodear obstáculos o conectar dispositivos alojados en armarios o cajetines. Si la pared alrededor del tubo contiene huecos, éstos se deben obturar; para ello se debe utilizar tubo de acero o bien tubo de cobre con una longitud máxima de empotramiento de 0,40 m, pero en estos tramos de tubería no puede existir ninguna unión.

Excepcionalmente, en el caso de tuberías que suministren a un conjunto de regulación y/o contadores, la longitud de empotramiento de tuberías puede estar comprendida entre 0,40 y 2,50 m (véase la figura 6.28).

Cuando una tubería se instale empotrada, de forma previa a su instalación se debe limpiar de todo óxido o suciedad, aplicar una capa de imprimación y protegerla mediante la aplicación de una doble capa de cinta protectora anticorrosión adecuada (al 50% de solape).

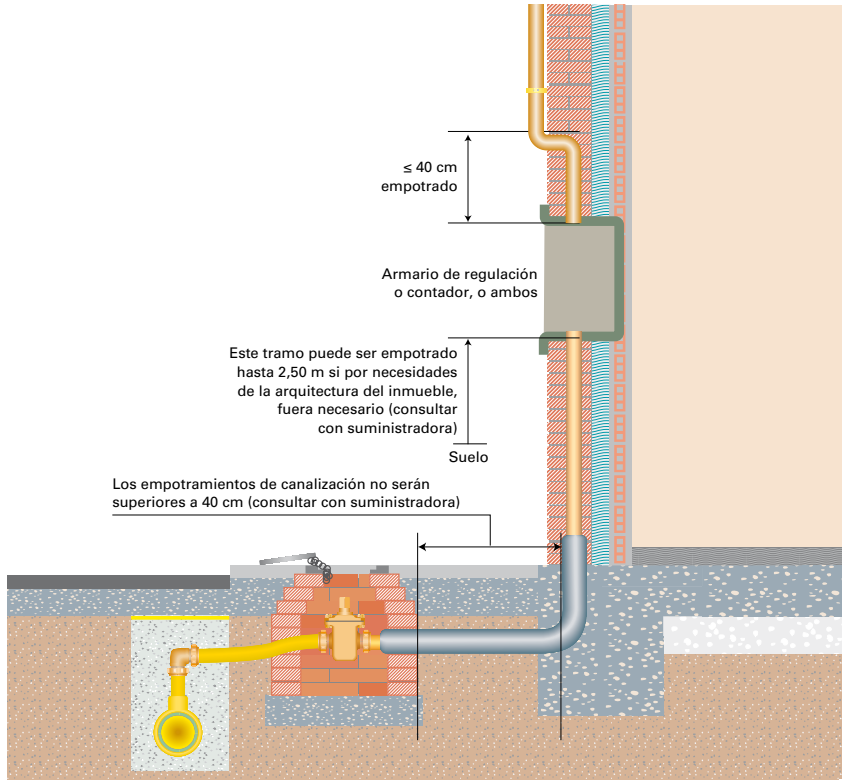


Figura 6.28. **Tubería empotrada. Armario de regulación**

Tallo

Se denomina tallo la parte de la instalación receptora que realiza la transición de la parte enterrada de la misma a la parte vista o empotrada en muros (véase la figura 6.29).

Estos tallos deberán estar compuestos por dos materiales distintos unidos por un enlace fijo o *monoblock*.

Un caso frecuente de tallo es el de polietileno para la parte enterrada y de cobre para la parte vista o empotrada en el muro.

Estos tallos incorporan una vaina de acero inoxidable en el tramo exterior para dar protección mecánica hasta una altura de 2 m protegida por un tapón de elastómero para evitar la entrada de agua.

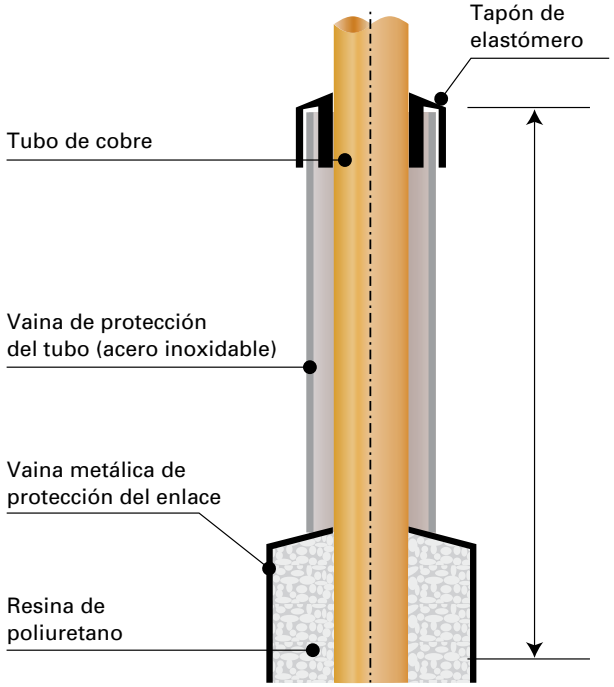


Figura 6.29. **Tallo**

6.21. Prohibición de paso de tuberías

No se permite el paso de tuberías por el interior de:

a. Huecos de ascensores o montacargas.

b. Locales que contengan transformadores eléctricos de potencia.

c. Locales que contengan recipientes de combustible líquido (a estos efectos, los vehículos a motor o un depósito nodriza no tienen la consideración de recipientes de combustible líquido).

d. Conductos de evacuación de basuras o productos residuales.

e. Chimeneas o conductos de productos de la combustión.

f. Conductos o bocas de aireación o ventilación, a excepción de aquellos que sirvan para la ventilación de locales con instalaciones y/o equipos que utilicen el propio gas suministrado.

No se deben colocar las tuberías dentro de los forjados que constituyan el suelo o techo de las viviendas o locales.

6.22. Dimensionado de las instalaciones receptoras de gas

Para la determinación del diámetro de la canalización se emplea la fórmula de Renouard lineal.

a. Fórmula de Renouard lineal (P≤100 mbar):

$$\Delta P = 23\,200 \times d_r \times L_E \times Q^{1,82} \times D^{-4,82}$$

siendo:

ΔP : diferencia de presión entre el inicio y el final de un tramo de instalación, en mbar
d_r : densidad relativa del gas (0,54 para el gas manufacturado, 0,62 para el gas natural, 1,54 para el propano, 2,0 para el butano)
L_E : longitud equivalente del tramo, igual a la longitud real más un 20% para compensar la pérdida de carga

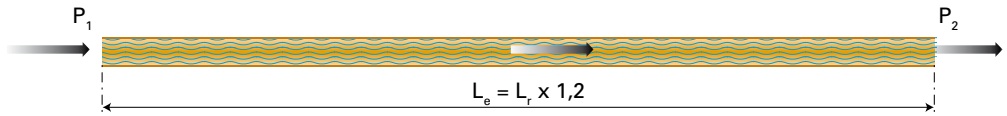
Q : caudal (m^3 N/h), m^3/h medido en condiciones normales
D : diámetro interior del tubo, en mm

b. Fórmula de Renouard cuadrática (P>100 mbar):

$$P_1^{\,2} - P_2^{\,2} = 48{,}6 \times d_r \times L_E \times Q^{1{,}82} \times D^{-4{,}82}$$

siendo:

P_1, P_2 : presiones absolutas (manométrica más atmosférica) inicial y final del tramo (bar)
d_r : densidad relativa del gas (0,54 para el gas manufacturado, 0,62 para el gas natural, 1,54 para el propano, 2,0 para el butano)
L_E : longitud equivalente del tramo, igual a la longitud real más un 20% para compensar la pérdida de carga
Q : caudal (m^3 N/h), m^3/h medido en condiciones normales
D : diámetro interior del tubo



Equivalencias: 1 mbar = 10 mm cda = 1g/cm^3.

6.22.1. Diámetro de la tubería a instalar

El diámetro de la tubería a instalar dependerá de :

- La densidad característica del gas.
- La caída de presión admisible dependerá de la presión de trabajo y del caudal.
- La velocidad del gas.

El procedimiento a seguir es escoger un diámetro determinado por tanteo o con la ayuda de unas tablas, calcular la pérdida de carga y la velocidad resultante, y comprobar si los resultados son válidos.

6.23. Grado de gasificación. Potencia de diseño de la instalación (PCS, Poder Calorífico Superior del gas)

- Grado 1: potencia instalación individual hasta 30 kW (25 800 kcal/h).
- Grado 2: potencia instalación individual mayor de 30 kW y hasta 70 kW (25 800 a 60 200 kcal/h).
- Grado 3: potencia instalación individual mayor de 70 kW (>60 200 kcal/h).

Determinación del caudal de gas

En primer lugar se trata de determinar las características del gas que se va a emplear en la instalación. Este dato lo facilita la suministradora. Es decir, el Poder Calorífico Superior del gas (PCS).

El caudal nominal de cada aparato a gas de una instalación receptora viene determinado por la expresión:

$$\mathbf{Q_n = GC / PCS}$$

Q_n : caudal nominal de aparato a gas (m^3 N/h)
GC : gasto calorífico del aparato a gas (kW) o (kcal/h)
PCS : poder calorífico superior del gas (kW h/m^3 N) o (kcal/m^3 N)

Para gas natural con PCS de 10 000 kcal/m^3 N, se obtienen los Q_n que aparecen en la figura 6.30.

Si se trata de determinar el diámetro de alimentación de gas a un aparato de éstos, bastaría con entrar en la fórmula a) de suministro hasta ≤100 mbar y con una caída de presión baja, de 0,5 mbar, por ejemplo, y conocida la longitud de la tubería se despejaría el diámetro teórico, y a continuación se elegiría el diámetro comercial inmediatamente superior al resultado teórico obtenido.

$$0{,}5 \text{ mbar} = \frac{23\,300 \times d_r \times L_E \times Q^{1{,}82}}{D^{\,4{,}82}}$$

$$D^{\,4{,}82} = \frac{23\,300 \times d_r \times L_E \times Q^{1{,}82}}{0{,}5 \text{ mbar}}$$

6.24. Dimensionado de las instalaciones receptoras de gas

6.24.1. Potencia y caudal de diseño de la instalación individual:

$$P_{iv} = \left(A+B+ \frac{C+D}{2} \right) \cdot 1{,}10$$

$$Q_{si} = \frac{P_i}{H_s}$$

donde:

P_{iv}: potencia de diseño de la instalación individual de la vivienda
A, B: consumos caloríficos (referidos al H_i) de los dos aparatos de mayor consumo
C, D: consumos caloríficos (referidos al H_i) del resto de aparatos
1,10: coeficiente corrector medio, función del H_s y del H_i del gas suministrado
Q_{si}: caudal de diseño de la instalación individual de la vivienda
H_s: poder calorífico superior del gas suministrado

Si el consumo calorífico del aparato a gas viene referido al poder calorífico superior, no debe aplicarse el coeficiente corrector medio 1,1.

Se debe asignar, como mínimo, la potencia de diseño correspondiente al grado 1 de gasificación (30 kW o 25 800 kcal/h).

En instalaciones de gas para locales destinados a usos no domésticos, la potencia de diseño de la instalación se determina mediante la siguiente expresión:

$$P_{il} = (A+B+C+D+...) \cdot 1{,}10$$

donde:

P_{il} : potencia de diseño de la instalación individual del local de uso no doméstico

A, B, C, D... : consumos caloríficos de los aparatos de consumo

En el caso de utilizar un coeficiente de simultaneidad, se debe justificar debidamente.

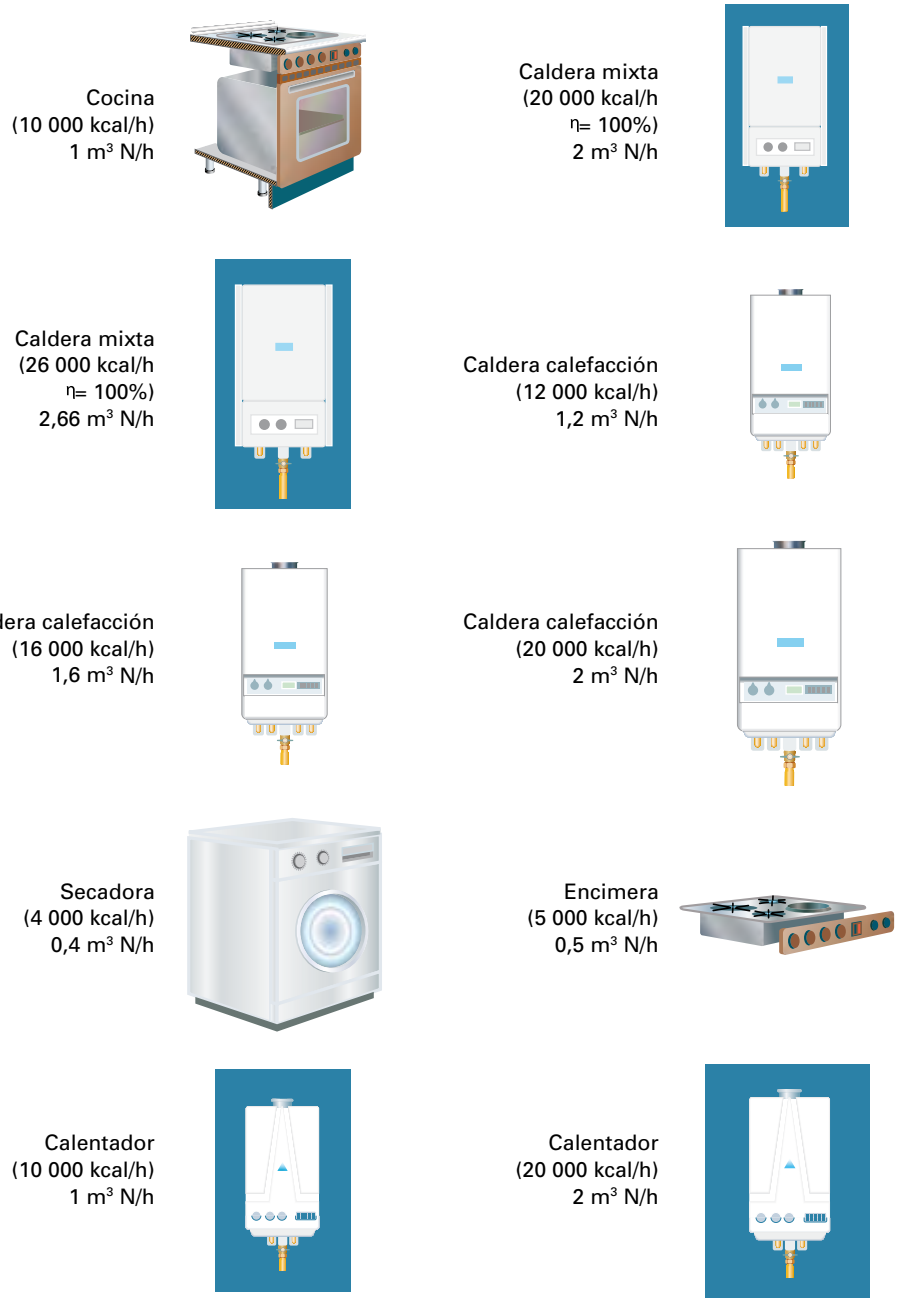
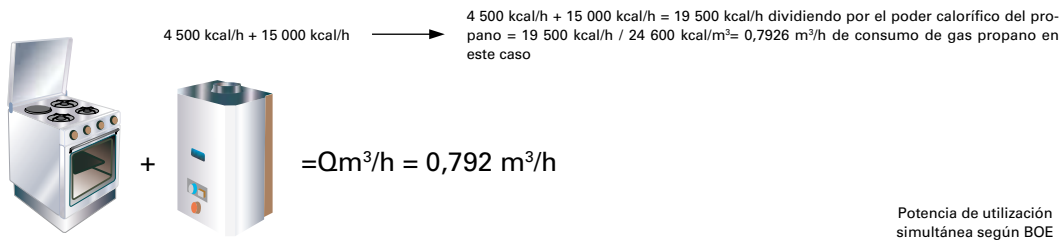


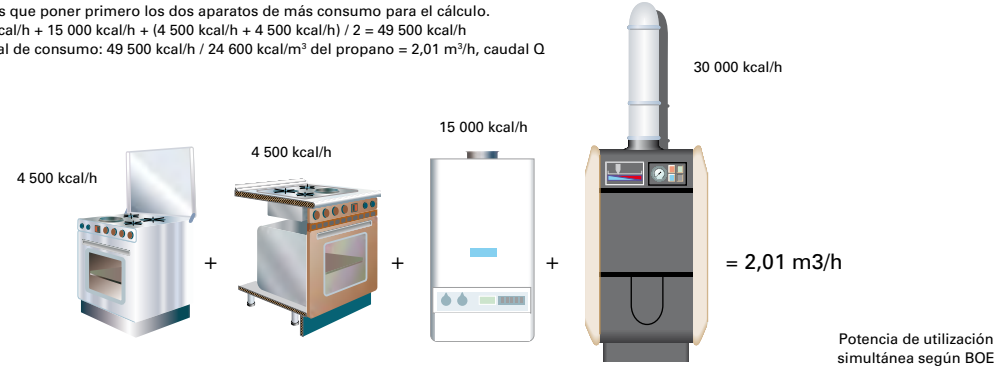
Figura 6.30. **Qn de gas natural con PCS de 10 000 kcal/m³N**

Ejemplo 1 Vivienda "normal"



Ejemplo 2 Vivienda unifamiliar con varios aparatos

Tenemos que poner primero los dos aparatos de más consumo para el cálculo.
30 000 kcal/h + 15 000 kcal/h + (4 500 kcal/h + 4 500 kcal/h) / 2 = 49 500 kcal/h
En caudal de consumo: 49 500 kcal/h / 24 600 kcal/m³ del propano = 2,01 m³/h, caudal Q



Ejemplo 3 Vivienda unifamiliar grande

60 000 kcal/h + 20 000 kcal/h + (4 500 kcal/h + 4 500 kcal/h + 3 000 kcal/h + 15 000 kcal/h) / 2 = 93 500 kcal/h
Dividimos por el poder calorífico del propano: 93 500 kcal/h / 24 600 kcal/m³= 3,80 m³/h de consumo simultáneo en propano

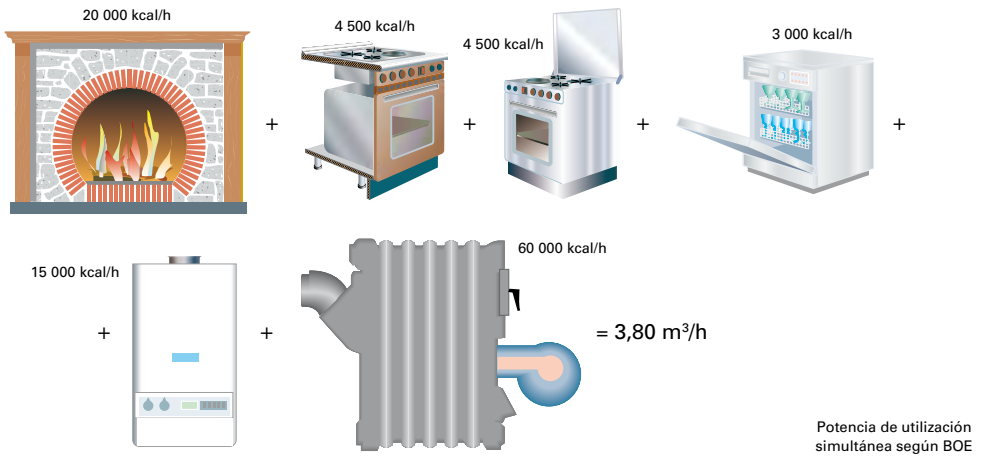


Figura 6.31. **Ejemplos varios de potencia de utilización simultánea**

6.25. Potencia de diseño y factor de simultaneidad de la instalación común

(Según la Norma UNE 60670-4.)

La potencia de diseño de la acometida interior, o de la instalación común, se determina mediante la suma de las potencias de diseño de las instalaciones individuales de cada una de las viviendas domésticas y locales de uso no doméstico existentes en el edificio, susceptibles de suministrarse con la misma acometida interior o con la misma instalación común, según el caso (incluidas aquellas cuya conexión a la instalación común no esté prevista por no existir aún instalación individual), asignándoles como mínimo la correspondiente al grado 1 de gasificación, y multiplicando el resultado por un coeficiente o factor de simultaneidad, de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$P_c = \Sigma P_{iv} \times S_n + \Sigma P_{il}$$

donde:

P_c : potencia de diseño de la acometida interior o de la instalación común
P_{iv} : potencia de diseño de las instalaciones individuales de las viviendas
P_{il} : potencia de diseño de las instalaciones individuales de los locales de uso no doméstico
S_n : factor de simultaneidad (véase la tabla 6.13)

Tabla 6.13. **Factor de simultaneidad en función del número de viviendas**

N.º de vivienda	S_1	S_2
1	1,00	1,00
2	0,70	0,88
3	0,55	0,79
4	0,46	0,72
5	0,40	0,67
6	0,36	0,63
7	0,33	0,59
8	0,30	0,56
9	0,28	0,54

Tabla 6.13. **Factor de simultaneidad en función del número de viviendas**
(continuación)

N.º de vivienda	S_1	S_2
10	0,26	0,52
11	0,25	0,50
12	0,24	0,48
13	0,23	0,47
14	0,22	0,46
15	0,21	0,45
16	0,21	0,44
17	0,20	0,43
18	0,19	0,42
19	0,19	0,41
20	0,19	0,41
21	0,18	0,40
22	0,18	0,39
23	0,18	0,39
24	0,17	0,38
25	0,17	0,38
26	0,17	0,38
27	0,16	0,37
28	0,16	0,37
29	0,16	0,36
30	0,16	0,36
Más de 30	0,15	0,35

S_1 : factor de simultaneidad cuando no exista calefacción individual.
S_2 : factor de simultaneidad cuando exista calefacción individual.

Los coeficientes S_1 y S_2 se obtienen, de forma general, mediante aplicación de las siguientes fórmulas:

$$S_1 = (19+N) / 10 \cdot (N+1) \; ; \; S_2 = (19+N) / 4 \cdot (N+4)$$

donde N es el número de viviendas.

La potencia nominal de utilización simultánea de la instalación común viene dada por:

$$P_{nsc} = Q_{sc} \times PCS$$

Recordando que para la determinación del diámetro de la canalización se emplea la fórmula de Renouard:

a. Hasta ≤100 mbar:

$$P_1 - P_2 = 23\,200 \times d_r \times L_E \times Q^{1,82} \times D^{-4,82}$$

siendo:

P_1, P_2: presiones inicial y final del tramo (mbar)
d_r: densidad relativa del gas (0,54 para el gas manufacturado, 0,62 para el gas natural, 1,54 para el propano, 2,0 para el butano)
L_E: es la longitud equivalente del tramo, igual a la longitud real más un 20% para compensar la pérdida de carga
Q: caudal (m^3 N/h), m^3/h medido en condiciones normales
D: diámetro interior del tubo

b. P >100 mbar:

$$P_1^2 - P_2^2 = 48,6 \times d_r \times L_E \times Q^{1,82} \times D^{-4,82}$$

siendo:

P_1, P_2 : presiones absolutas (manométrica más atmosférica) inicial y final del tramo (bar)
d_r : densidad relativa del gas (0,54 para el gas manufacturado, 0,62 para el gas natural, 1,54 para el propano, 2,0 para el butano)
L_E : es la longitud equivalente del tramo, igual a la longitud real más un 20% para compensar la pérdida de carga
Q : caudal (m^3 N/h), m^3/h medido en condiciones normales
D : diámetro interior del tubo (mm)

6.25.1. Gasificación de instalaciones con calefacción central. Sin calefacción individual. Coeficiente S_1

(Véase la tabla 6.14.)

Tabla 6.14. **Gasificación de instalaciones con calefacción central. Sin calefacción individual. Coeficiente S_1**

Número de llaves de abonado	Índice de simultaneidad S_1 (SIN caldera de calefacción	m³ en tramo propano 24 600 kcal/m³ para cálculo instalaciones	m³ en tramo gas natural 9 500 kcal/m³ para cálculo instalaciones	m³ en tramo manufacturado 4 200 kcal/m³ para cálculo instalaciones	kW Grado 1º de gasificación (30 kW) potencia útil	kW Grado 1º de gasificación (30 kW) potencia simultánea	kcal/h (0,86 x kW) potencia útil	kcal/h (0,86 x kW) potencia simultánea
1	1	1,049	2,716	6,143	30	30	25,8	25,80
2	0,7	1,469	3,802	8,600	60	42	51,6	36,12
3	0,55	1,731	4,481	10,136	90	50	77,4	42,57
4	0,46	1,930	4,997	11,303	120	55	103,2	47,47
5	0,4	2,098	5,432	12,286	150	60	129,0	51,60
6	0,36	2,266	5,867	13,269	180	65	154,8	55,73
7	0,33	2,423	6,274	14,190	210	69	180,6	59,60
8	0,3	2,518	6,518	14,743	240	72	206,4	61,92
9	0,28	2,643	6,844	15,480	270	76	232,2	65,02
10	0,26	2,727	7,062	15,972	300	78	258,0	67,08
11	0,25	2,885	7,469	16,893	330	83	283,8	70,95
12	0,24	3,021	7,822	17,692	360	86	309,6	74,30
13	0,23	3,137	8,121	18,368	390	90	335,4	77,14
14	0,22	3,231	8,365	18,920	420	92	361,2	79,46
15	0,21	3,304	8,555	19,350	450	95	387,0	81,27
16	0,21	3,525	9,126	20,640	480	101	412,8	86,69
17	0,2	3,567	9,234	20,886	510	102	438,6	87,72
18	0,19	3,588	9,289	21,009	540	103	464,4	88,24
19	0,19	3,787	9,805	22,176	570	108	490,2	93,14
20	0,19	3,986	10,321	23,343	600	114	516,0	98,04
21	0,18	3,965	10,266	23,221	630	113	541,8	97,52
22	0,18	4,154	10,755	24,326	660	119	567,6	102,17
23	0,18	4,343	11,244	25,432	690	124	593,4	106,81
24	0,17	4,280	11,081	25,063	720	122	619,2	105,26
25	0,17	4,458	11,543	26,108	750	128	645,0	109,65
26	0,17	4,637	12,005	27,152	780	133	670,8	114,04
27	0,16	4,532	11,733	26,538	810	130	696,6	111,46
28	0,16	4,700	12,168	27,521	840	134	722,4	115,58
29	0,16	4,867	12,602	28,504	870	139	748,2	119,71
30	0,16	5,035	13,037	29,486	900	144	774,0	123,84

Tabla 6.14. **Gasificación de instalaciones con calefacción central. Sin calefacción individual. Coeficiente S_1 (continuación)**

Número de llaves de abonado	Índice de simultaneidad S_1 (SIN caldera de calefacción	m³ en tramo propano 24 600 kcal/m³ para cálculo instalaciones	m³ en tramo gas natural 9 500 kcal/m³ para cálculo instalaciones	m³ en tramo manufacturado 4 200 kcal/m³ para cálculo instalaciones	kW Grado 1º de gasificación (30 kW) potencia útil	kW Grado 1º de gasificación (30 kW) potencia simultánea	kcal/h (0,86 x kW) potencia útil	kcal/h (0,86 x kW) potencia simultánea
31	0,15	4,878	12,629	28,565	930	140	799,8	119,97
32	0,15	5,035	13,037	29,486	960	144	825,6	123,84
33	0,15	5,193	13,444	30,408	990	149	851,4	127,71
34	0,15	5,350	13,852	31,329	1 020	153	877,2	131,58
35	0,15	5,507	14,259	32,251	1 050	158	903,0	135,45
36	0,15	5,665	14,666	33,172	1 080	162	928,8	139,32
37	0,15	5,822	15,074	34,094	1 110	167	954,6	143,19
38	0,15	5,979	15,481	35,015	1 140	171	980,4	147,06
39	0,15	6,137	15,889	35,937	1 170	176	1 006,2	150,93
40	0,15	6,294	16,296	36,858	1 200	180	1 032,0	154,80
41	0,15	6,451	16,703	37,779	1 230	185	1 057,8	158,67
42	0,15	6,609	17,111	38,701	1 260	189	1 083,6	162,54
43	0,15	6,766	17,518	39,622	1 290	194	1 109,4	166,41
44	0,15	6,923	17,926	40,544	1 320	198	1 135,2	170,28
45	0,15	7,081	18,333	41,465	1 350	203	1 161,0	174,15
46	0,15	7,238	18,740	42,387	1 380	207	1 186,8	178,02
47	0,15	7,395	19,148	43,308	1 410	212	1 212,6	181,89
48	0,15	7,553	19,555	44,230	1 440	216	1 238,4	185,76
49	0,15	7,710	19,963	45,151	1 470	221	1 264,2	189,63
50	0,15	7,868	20,370	46,073	1 500	225	1 290,0	193,50

6.25.2. Gasificación de instalaciones con calefacción individual. Coeficiente S_2

(Véase la tabla 6.15.)

Tabla 6.15. **Gasificación de instalaciones con calefacción central. Coeficiente S_2**

Número de llaves de abonado	Índice de simultaneidad S_1 (SIN caldera de calefacción	m³ en tramo propano 24 600 kcal/m³ para cálculo instalaciones	m³ en tramo gas natural 9 500 kcal/m³ para cálculo instalaciones	m³ en tramo manufacturado 4 200 kcal/m³ para cálculo instalaciones	kW Grado 1° de gasificación (30 kW) potencia útil	kW Grado 1° de gasificación (30 kW) potencia simultánea	kcal/h (0,86 x kW) potencia útil	kcal/h (0,86 x kW) potencia simultánea
1	1	1,049	2,716	6,143	30	30	25,8	25,80
2	0,88	1,846	4,780	10,812	60	53	51,6	45,41
3	0,79	2,486	6,437	14,559	90	71	77,4	61,15
4	0,72	3,021	7,822	17,692	120	86	103,2	74,30
5	0,67	3,514	9,099	20,579	150	101	129,0	86,43
6	0,63	3,965	10,266	23,221	180	113	154,8	97,52
7	0,59	4,332	11,217	25,371	210	124	180,6	106,55
8	0,56	4,700	12,168	27,521	240	134	206,4	115,58
9	0,54	5,098	13,200	29,855	270	146	232,2	125,39
10	0,52	5,455	14,123	31,944	300	156	258,0	134,16
11	0,50	5,770	14,938	33,787	330	165	283,8	141,90
12	0,48	6,042	15,644	35,384	360	173	309,6	148,61
13	0,47	6,409	16,595	37,534	390	183	335,4	157,64
14	0,46	6,756	17,491	39,561	420	193	361,2	166,15
15	0,45	7,081	18,333	41,465	450	203	387,0	174,15
16	0,44	7,385	19,121	43,247	480	211	412,8	181,63
17	0,43	7,668	19,854	44,905	510	219	438,6	188,60
18	0,42	7,930	20,533	46,441	540	227	464,4	195,05
19	0,41	8,172	21,158	47,854	570	234	490,2	200,98
20	0,41	8,602	22,271	50,373	600	246	516,0	211,56
21	0,4	8,812	22,814	51,601	630	252	541,8	216,72
22	0,39	9,000	23,303	52,707	660	257	567,6	221,36
23	0,39	9,410	24,363	55,103	690	269	593,4	231,43
24	0,38	9,567	24,770	56,024	720	274	619,2	235,30
25	0,38	9,966	25,802	58,359	750	285	645,0	245,10
26	0,38	10,364	26,834	60,693	780	296	670,8	254,90
27	0,37	10,480	27,133	61,369	810	300	696,6	257,74
28	0,37	10,868	28,138	63,641	840	311	722,4	267,29
29	0,36	10,952	28,355	64,133	870	313	748,2	269,35
30	0,36	11,329	29,333	66,344	900	324	774,0	278,64

Tabla 6.14. **Gasificación de instalaciones con calefacción central. Sin calefacción individual. Coeficiente S_2** (continuación)

Número de llaves de abonado	Índice de simultaneidad S_1 (SIN caldera de calefacción	m³ en tramo propano 24 600 kcal/m³ para cálculo instalaciones	m³ en tramo gas natural 9 500 kcal/m³ para cálculo instalaciones	m³ en tramo manufacturado 4 200 kcal/m³ para cálculo instalaciones	kW Grado 1° de gasificación (30 kW) potencia útil	kW Grado 1° de gasificación (30 kW) potencia simultánea	kcal/h (0,86 x kW) potencia útil	kcal/h (0,86 x kW) potencia simultánea
31	0,36	11,707	30,311	68,556	930	335	799,8	287,93
32	0,36	12,084	31,288	70,767	960	346	825,6	297,22
33	0,36	12,462	32,266	72,979	990	356	851,4	306,50
34	0,36	12,840	33,244	75,190	1 020	367	877,2	315,79
35	0,36	13,217	34,222	77,402	1 050	378	903,0	325,08
36	0,36	13,595	35,199	79,613	1 080	389	928,8	334,37
37	0,36	13,973	36,177	81,825	1 110	400	954,6	343,66
38	0,36	14,350	37,155	84,036	1 140	410	980,4	352,94
39	0,36	14,728	38,133	86,248	1 170	421	1 006,2	362,23
40	0,36	15,106	39,110	88,459	1 200	432	1 032,0	371,52
41	0,36	15,483	40,088	90,671	1 230	443	1 057,8	380,81
42	0,36	15,861	41,066	92,882	1 260	454	1 083,6	390,10
43	0,36	16,239	42,044	95,094	1 290	464	1 109,4	399,38
44	0,36	16,616	43,021	97,305	1 320	475	1 135,2	408,67
45	0,36	16,994	43,999	99,517	1 350	486	1 161,0	417,96
46	0,36	17,371	44,977	101,728	1 380	497	1 186,8	427,25
47	0,36	17,749	45,955	103,940	1 410	508	1 212,6	436,54
48	0,36	18,127	46,932	106,151	1 440	518	1 238,4	445,82
49	0,36	18,504	47,910	108,363	1 470	529	1 264,2	455,11
50	0,36	18,882	48,888	110,574	1 500	540	1 290,0	464,40

6.26. Cálculo de una instalación tipo

6.26.1. Determinación del caudal nominal de un aparato a gas

$$Q_n = \frac{GC}{PCS}$$

donde:

Q_n : caudal nominal del aparato a gas, expresado en m_3 (s)/h
GC : gasto calorífico del aparato a gas referido al PCS, expresado en kW
PCS : poder calorífico superior del gas, expresado en kWh/m_3 (s)

Para el cálculo de la instalación receptora de gas, se deben tener en cuenta los siguientes criterios:

- La velocidad del gas en el interior de una tubería no debe superar los 20 m/s.
- La presión mínima en llave de aparato, que depende de la familia del gas (véase la tabla 6.6).

6.26.2. Caudal de diseño de instalaciones individuales

$$Q_{si} = A + B + \frac{C+D+\ldots+N}{2}$$

donde:

Q_{si} : caudal de diseño, en m^3 (s)/h
A y B : caudal de los dos aparatos de mayor consumo, en m^3 (s)/h
C, D, …, N : caudal del resto de aparatos, en m^3 (s)/h

Si un caudal de diseño de una instalación individual es inferior al Grado 1 de gasificación, es decir, que la potencia simultánea máxima individual sea inferior a 30 kW (25800 kcal/h), deberá tomarse como mínimo este caudal, expresado en m^3 (s)/h, como valor del caudal de diseño de la instalación individual.

Para instalaciones individuales en locales destinados a usos colectivos o comerciales, al igual que en el Grado 3 de gasificación, se deberá determinar en cada caso concreto el caudal de diseño, en función de los aparatos a gas instalados o previstos y de la previsión de uso de los mismos, recomendándose que se tienda, en caso de duda, a la suma de caudales nominales de los aparatos a gas instalados o previstos.

6.26.3. Caudal de diseño de la instalación común

$$Q_{sc} = \Sigma Q_{si} \times S_n$$

donde:

Q_{sc}: caudal de diseño de la acometida interior o de la instalación común, en m^3 (s)/h
Q_{si}: caudal de diseño de cada vivienda o local, en m^3 (s)/h
S_n: factor de simultaneidad, en función del número de viviendas que alimenta la instalación común y de que están instaladas o no calderas de calefacción

En zonas frías, se recomienda utilizar siempre el factor S_2, a no ser que la caldera de calefacción sea colectiva.

6.26.4. Potencia nominal de utilización simultánea

La potencia nominal de utilización simultánea de una acometida interior o de una instalación común sería:

$$P_{nsc} = Q_{sc} \times PCS$$

donde:

P_{nsc}: potencia nominal de utilización simultánea de la acometida interior o de la instalación común, según el caso, expresada en kW (kcal/h)
Q_{sc}: caudal de diseño de la acometida interior o de la instalación común, según el caso, expresado en m^3 (s)/h
PCS: poder calorífico superior del gas distribuido, expresado en kWh/m^3 (s), [kcal/m^3 (s)]

Y la potencia nominal de utilización simultánea de una instalación individual sería:

$$P_{nsi} = Q_{si} \times PCS$$

donde:

P_{nsi}: potencia nominal de utilización simultánea de la instalación individual, expresado en kW (kcal/h)
Q_{si}: caudal de diseño de la instalación individual, expresado en m^3 (s)/h La potencia nominal de utilización simultánea es un dato que se solicita en los certificados de instalación de gas.

6.26.5. Longitud equivalente de la instalación

Al circular un gas por una conducción se produce una disminución de su presión, llamada pérdida de carga, que es debida en primer lugar al roce del gas con las paredes de la canalización y en segundo lugar por el roce en los diversos accesorios de la misma, como son codos, válvulas, derivaciones, etc.

Para compensar este segundo efecto de pérdida de carga y simplificar los cálculos, se toma como longitud del tramo de la instalación la longitud real (L_R) incrementada en un 20%, denominándose longitud equivalente (L_E) ($L_E=L_R \cdot 1,2$).

6.26.6. Método de cálculo de la pérdida de carga

Para la pérdida de carga en un tramo de instalación se utiliza la siguiente fórmula de Renouard:

$$\Delta P=23\,200 \times d_r \times L_E \times Q^{1,82} \times D^{-4,82}$$

donde:

ΔP: es la diferencia de presión entre el inicio y el final de un tramo de instalación, en mbar
d_r: es la densidad relativa del gas
L_E: es la longitud equivalente del tramo, en m ($L_E=L_R \cdot 1,2$)
Q: es el caudal, en m^3 (s)/h
D: es el diámetro interior de la conducción, en mm

Nota: la velocidad del gas deberá ser <20 m/s (velocidad exigida por Reglamento).

Para calcular la velocidad máxima del gas dentro de un tramo de la conducción se aplicará la siguiente fórmula:

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

donde:

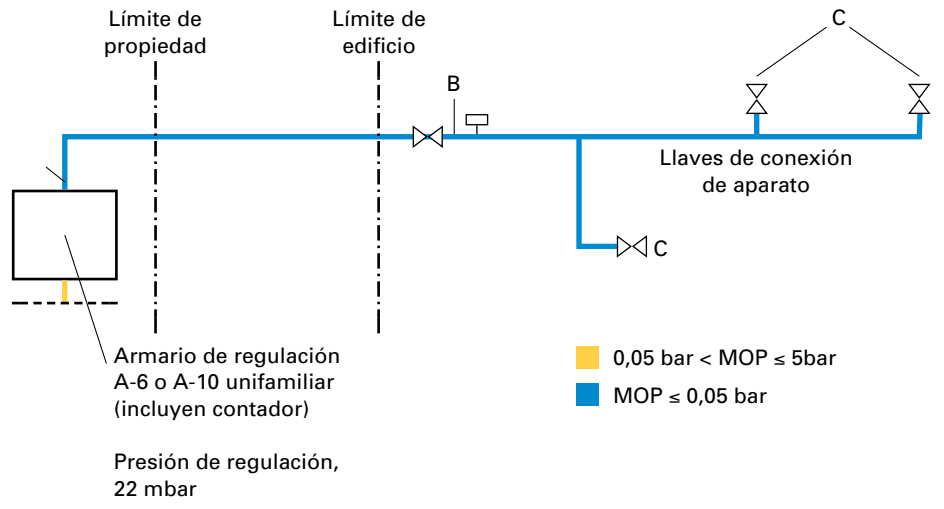
V: es la velocidad del gas, en m/s
Q: es el caudal, en m^3 (s)/h
P: es la presión más desfavorable al final del tramo, en bar
D: es el diámetro interior de la conducción, en mm

6.26.7. Pérdida de carga admitida

La pérdida de carga admitida en una instalación variará en función de la presión de garantía de que se disponga en la salida de la llave de acometida, ya que en la llave de conexión del aparato siempre debe disponerse de una presión mínima requerida para el correcto funcionamiento de los aparatos a gas (véase la tabla 6.6).

Criterios de pérdida de carga admitida y reparto de la pérdida de carga por tramos, según el tipo de edificio que alimenten

(Véanse las figuras 6.32, 6.33 y 6.34.)



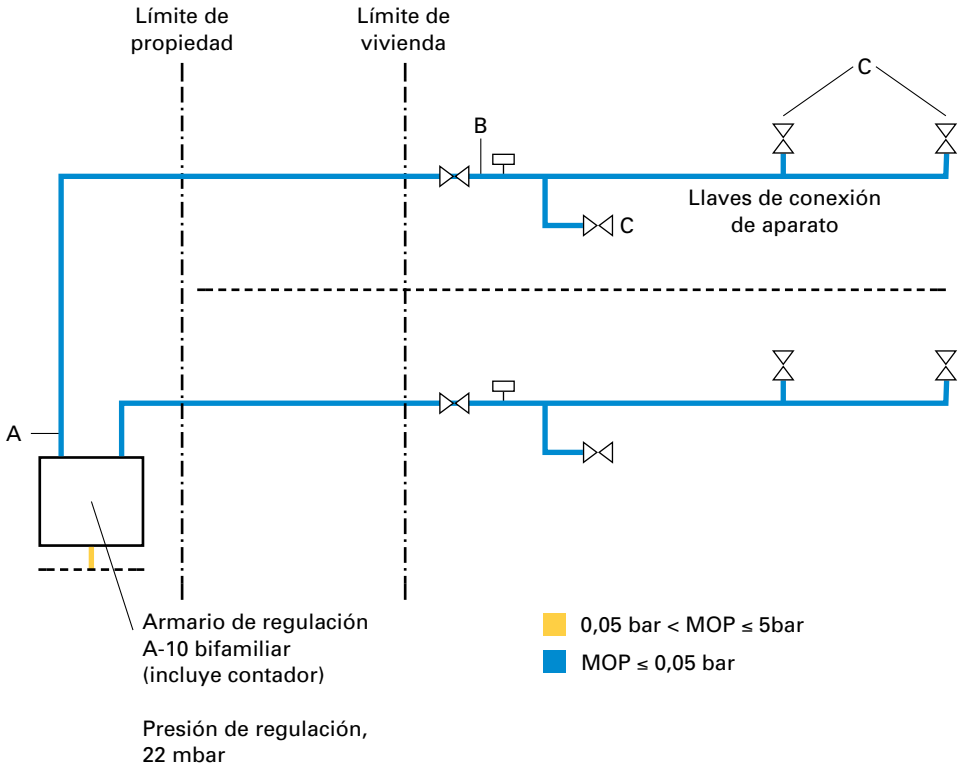
Armarios de regulación A-6

Punto/tramo	A	A-B	B	B-C	C
P. mín. (mbar)	19,3		16,8		16,3
Δ. máx. (mbar)		2,5		0,5	
Ø mín. (mm)		16		10	

Armarios de regulación A-10 unifamiliar

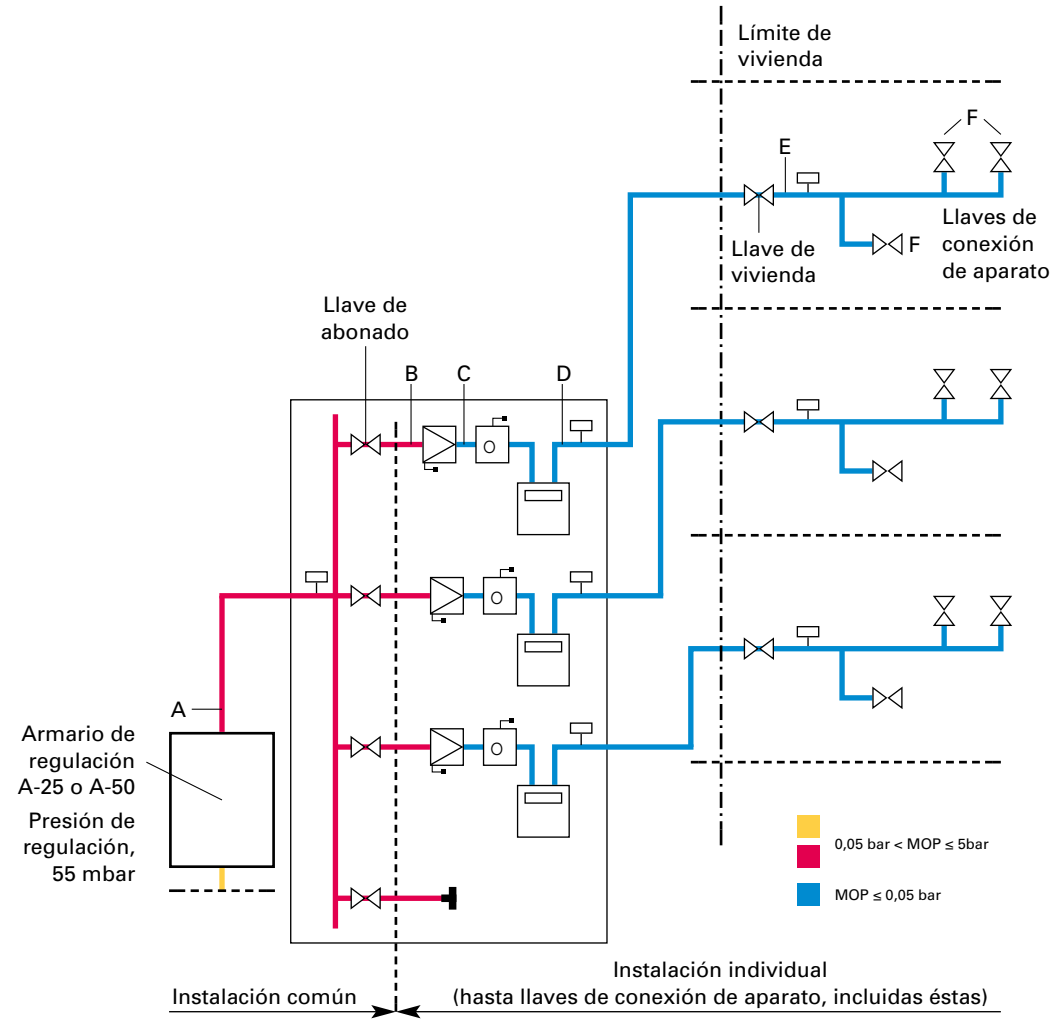
Punto/tramo	A	A-B	B	B-C	C
P. mín. (mbar)	19,3		16,8		16,3
Δ. máx. (mbar)		2,5		0,5	
Ø mín. (mm)		20		10	

Figura 6.32. **Instalaciones receptoras en viviendas unifamiliares aisladas o adosadas conectadas a redes 0,05 bar < MOP ≤ 5 bar**



Punto/tramo	A	A-B	B	B-C	C
P. mín. (mbar)	19,3		16,8		16,3
Δ. máx. (mbar)		2,5		0,5	
Ø mín. (mm)		16		10	

Figura 6.33. **Instalaciones receptoras en fincas bifamiliares o en viviendas unifamiliares adosadas, compartiendo armario de regulación conectadas a redes 0,05 bar < MOP ≤ 5 bar**



Punto/tramo	A	A-B	B	B-C	C	C-D	D	D-E	E	E-F	F
				Reg. abon.		Conta-dor					
P. mín. (mbar)	50,4		25,4	22*	20,5		19,3		16,8		16,3
ΔP máx. (mbar)		25,0				1,2		2,5		0,5	
Ø mín. (mm)		13						16		10	

* Presión de regulación.

Figura 6.34. **Instalaciones receptoras en fincas plurifamiliares con contadores centralizados conectadas a redes 0,05 bar < MOP ≤ 5 bar**

6.26.8. Proceso de cálculo a seguir

1. Conocer las características del gas, indicado por la empresa suministradora.

2. Realizar el trazado de la instalación receptora según las características de la edificación.

3. Definición del material a emplear, cobre para instalaciones vistas.

4. Determinar los caudales nominales de cada aparato previsto en cada instalación.

5. Determinar el caudal de diseño de cada vivienda del edificio. De ser inferior al Grado 1 de gasificación o alguna vivienda no se conecta a la instalación común, se le asignará como mínimo el caudal de simultaneidad correspondiente a dicho Grado 1 de gasificación.

6. Determinar el caudal de diseño de la acometida interior, si existe, y de la instalación común, considerando los caudales máximos de simultaneidad de todas las viviendas, estén conectadas a la instalación común o no.

7. Determinar la longitud equivalente del conjunto de tramos que constituye el tramo más desfavorable de la instalación receptora.

8. Conocer la distribución de la pérdida de carga y el diámetro mínimo en cada tramo de la instalación receptora.

En aquellos casos en los que se haya asignado una pérdida de carga a una parte de la instalación que contenga más de un tramo, se procederá a determinar la pérdida de carga de cada tramo utilizando el concepto de pérdida de carga por metro lineal, como sigue:

$$\Delta P_I = \Delta P_{TOTAL} \times \frac{L_I}{L_{TOTAL}}$$

$$L_{TOTAL} = \Sigma L_I$$

siendo I el número de tramos.

9. Iniciar el proceso de cálculo determinado el diámetro teórico mínimo del primer tramo, utilizando la fórmula de Renouard (véase el apartado 6.22), en la que L_E es la longitud equivalente del tramo, ΔP la pérdida de carga determinada en el paso h, Q el caudal de diseño que circulará por el tramo en condiciones de referencia y d_r la densidad relativa del gas respecto del aire.

10. Elegir el diámetro comercial del tubo igual o superior respecto al teórico obtenido mediante el cálculo anterior, teniendo en cuenta los criterios mínimos determinados en el paso 8.

11. Determinar la pérdida de carga real del tramo mediante la fórmula de Renouard, tomando ahora como diámetro el correspondiente al interior del tubo comercial elegido en el paso 10, la longitud equivalente del tramo, el caudal de circulación del mismo y la densidad relativa del gas.

12. Determinar la nueva pérdida de carga a utilizar en el tramo siguiente (i+1) utilizando para ello la siguiente fórmula :

$$\Delta P_{i+1} = (\Delta P_{TOTAL} - \Sigma \Delta P_i^{*} \times \frac{L_{i+1}}{L_{TOTA} L - \Sigma \Delta L_i}$$

* Debe utilizarse la pérdida de carga real calculada en el punto 11.

13. Repetir el proceso descrito entre los puntos 9 al 12 hasta llegar al tramo final de la arteria principal.

14. Seleccionar una arteria secundaria y adoptar como pérdida de carga máxima admisible la correspondiente al nudo donde enlaza con la arteria principal.

15. Repetir el proceso descrito en los puntos 9 al 12.

Una vez determinados los diámetros comerciales de todos los tramos de la instalación receptora, se realiza un cuadro resumen del diseño de la instalación receptora por tramos, en los que se incluirá, como mínimo, lo siguiente:

- Longitud real del tramo.
- Material de la conducción del tramo.
- Diámetro comercial del tramo.
- Pérdida de carga real del tramo.
- Caudal máximo del tramo.
- Presión inicial y final del tramo.
- Velocidad del gas en el tramo.

6.27. Ejemplo práctico

Cálculo de una instalación receptora de gas natural conectada a una red de distribución MOP ≤5 bar para una finca plurifamiliar con contadores centralizados

- Es una finca de nueva construcción.
- Existen 15 viviendas en la finca.
- Es una finca de cinco plantas con tres viviendas por planta.
- Cada vivienda está equipada con:

  – Cocina-horno 11,6 kW (10 000 kcal/h). Caudal nominal 1,1 [m³(s)/h].
  – Calentador instantáneo de 10 L/min, 23,2 kW (20 000 kcal/h). Caudal nominal 2,1 [m³(s)/h].
  – Caldera de calefacción pequeña, 14 kW (12 000 kcal/h). Caudal nominal 1,3 [m³(s)/h].

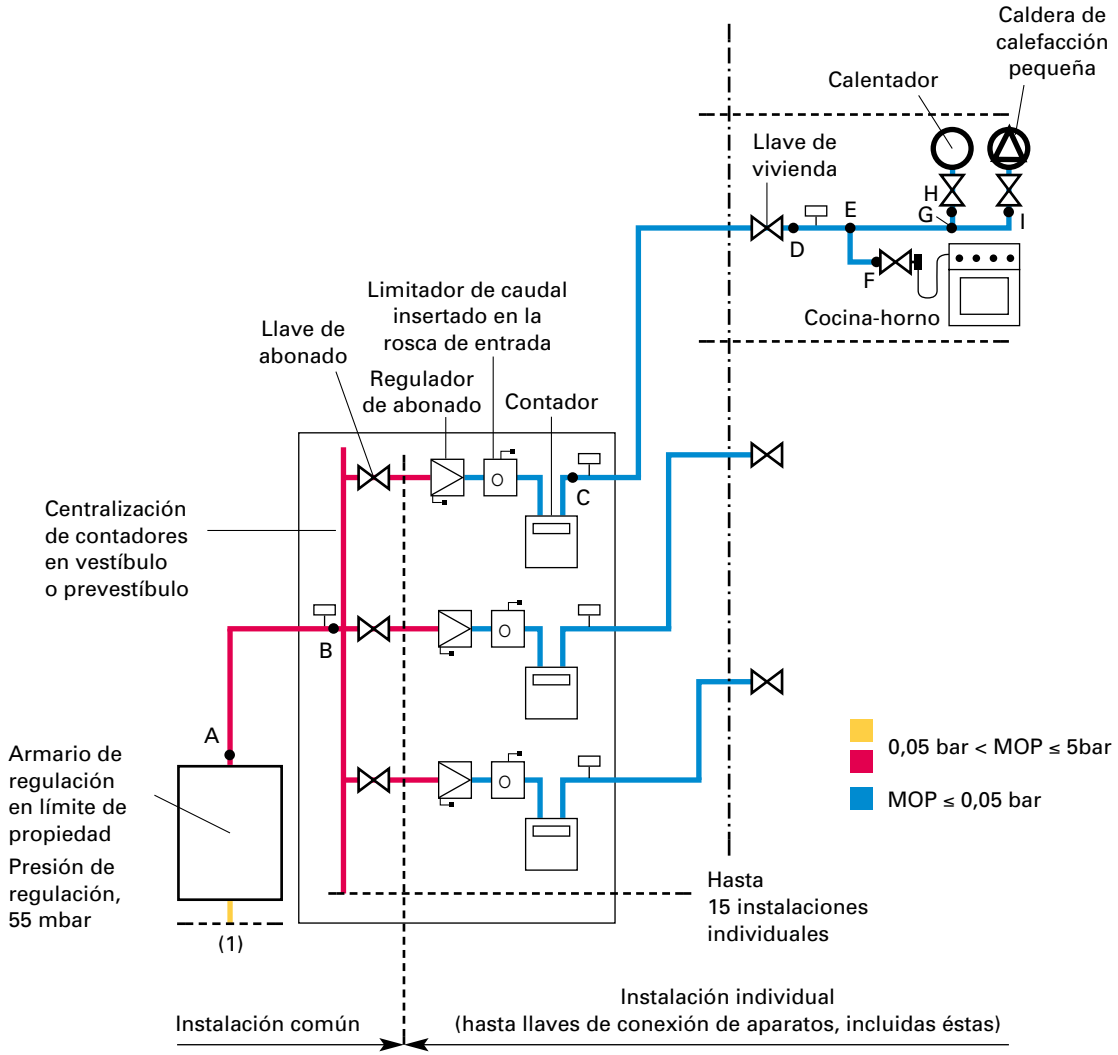
La empresa suministradora nos indica:

- El gas distribuido es gas natural (2.ª familia).
- El poder calorífico superior del gas es:
  PCS = 11,8 kWh/m³(s) [10 130 kcal/m³(s)].
- La densidad relativa del gas natural es de 0,62.
- El índice de Wobbe es de 14 kWh/m³(s).
- Es un gas seco.
- La distribución se realiza en MOP igual o menor a 5 bar, por lo que la empresa suministradora garantiza 1 bar en la llave de acometida.

(Véase la figura 6.35.)

6.27.1. Material de las conducciones

Para el diseño de la instalación receptora propuesta, se escoge tubo de cobre de 1 mm de espesor como material de las conducciones para los tramos de instalación receptora a partir del armario de regulación.



Tramo	A-B	C-D	D-E	E-G	G-I	E-F	G-H
Longitud real (m)	5	Variable (2)	2	2	2	4	1

(1) La conexión del conjunto de regulación se realizará siguiendo los criterios establecidos en el módulo 2 del presente manual para el tramo en media presión B, teniendo en cuenta que se instalará en el límite de propiedad.

(2) La longitud del tramo C-D es variable, ya que depende de la planta en que se encuentre cada una de las instalaciones interiores. Supondremos, para el cálculo, que la longitud del tubo entre plantas de la finca es de 3 m, por lo que al tener cinco plantas, la longitud del tramo C-D en el caso más desfavorable será de 15 m (5.° piso) y en el caso más favorable será de 3 m (1.er piso).

Figura 6.35. **Trazado de la instalación receptora y longitudes de los tramos**

6.27.2. Determinación del caudal nominal de cada tipo de aparato a gas

Para la determinación del caudal nominal de los aparatos a gas, debemos conocer el gasto calorífico de cada uno de ellos y el poder calorífico superior del gas suministrado, realizando el cociente entre ambos (véase el apartado 6.22.1).

Para los aparatos de que dispone cada instalación individual (véase el apartado 6.23), por lo que aplicando los valores facilitados por la empresa suministradora del poder calorífico del gas natural es de 1 kWh/m^3(s) 9 500 kcal/m^3(s) resultaría:

- Cocina-horno:
Q_{co}= 11,6 kW / 11 kWh/m^3(s) = 1,1 m^3(s)/h

- Calentador de agua de 10 L/min:
Q_{ci}= 23,2 kW / 11 kWh/m^3(s) = 2,1 m^3(s)/h

- Caldera calefacción pequeña:
Q_{cr}= 14 kW / 11 kWh/m^3(s) = 1,3 m^3(s)/h

6.27.3. Determinación del caudal de diseño de las viviendas

Debido a que la edificación es de nueva construcción, todas las viviendas disponen de los mismos aparatos a gas, por lo que el caudal de simultaneidad será el mismo para todas las instalaciones individuales.

El cálculo del caudal de simultaneidad de las instalaciones individuales se realizará de acuerdo con el siguiente criterio:

$$Q_{si}=A+B+\frac{C+D+\ldots+N}{2}$$

Q_{si}: caudal de diseño, en m^3 (s)/h
A y B: caudal de los dos aparatos de mayor consumo, en m^3 (s)/h
C, D, …, N: caudal del resto de aparatos, en m^3 (s)/h

Por lo tanto, conociendo el caudal nominal de los aparatos a gas de que disponen las viviendas, el caudal de simultaneidad de cada instalación individual será el siguiente:

$$Q_{si}= 2,1 + 1,3 + 1,1/2\ m^3\ (s)/h = 3,9\ m^3\ (s)/h$$

6.27.4. Determinación del caudal de diseño de la instalación común

El cálculo del caudal de simultaneidad de la instalación común se realizará de acuerdo con los criterios expuestos, teniendo en cuenta que todas las viviendas tienen el mismo caudal de diseño:

$$Q_{sc}= n.^o\ viv. \times Q_{si} \times S_n$$

Q_{sc}: caudal de diseño de la instalación común, en m^3 (s)/h
Q_{si}: caudal de diseño de cada vivienda o local, en m^3 (s)/h
S_n: factor de simultaneidad, en función del número de viviendas que alimenta la instalación común y de que estén instaladas o no calderas de calefacción

Debido a que se trata de una instalación común que alimenta a viviendas que tienen calefacción, deberemos escoger el factor de simultaneidad S_2 de la tabla 6.15.

El factor de simultaneidad también depende del número de instalaciones a las que alimente la instalación común. Existiendo 15 viviendas en la finca, el factor de simultaneidad S_2 es igual a 0,45.

El caudal de diseño de la instalación común será:

$$Q_{sc}=15 \times 3,9\ m^3\ (s)/h \times 0,45 = 26,3\ m^3\ (s)/h$$

Para un caudal inferior a 25 m^3 (s)/h, se utilizarán conjuntos de regulación A-25.

6.27.5. Determinación de la longitud equivalente de cada tramo de instalación receptora

El cálculo de la longitud equivalente de un tramo de instalación receptora se realizará incrementando un 20% la longitud real del tramo.

A continuación, las longitudes reales y las longitudes equivalentes de la arteria principal de la instalación receptora, objeto del cálculo (véase la tabla 6.16).

Tabla 6.16. **Longitudes reales y equivalentes de la instalación receptora**

Tramo	A-B	C-D	D-E	E-F	E-G	G-H	G-I
Longitud real (m)	5	15(1)	2	4	2	1	2
		3(2)					
Longitud	6	18(1)	2,4	4,8	2,4	1,2	2,4
		3,6(2)					

(1) Caso más desfavorable.
(2) Caso más favorable.

6.27.6. Distribución de la pérdida de carga y diámetro mínimo en cada tramo de instalación receptora

Para realizar la distribución de la pérdida de carga en cada tramo de la instalación receptora, así como para asignar el diámetro mínimo de cada tramo, se tendrán en cuenta los criterios de la empresa suministradora.

Para el gas natural, se tendrán en cuenta los criterios expuestos en el apartado 6.22.6 sobre pérdida de carga admisible y diámetros mínimos en instalaciones receptoras en fincas plurifamiliares con contadores centralizados, alimentados desde redes MOP igual o menor a 5 bar y que, aplicados a la instalación receptora objeto del cálculo, son los indicados en la tabla 6.17.

Tabla 6.17. **Distribución de la pérdida de carga y diámetros mínimos exigidos**

Punto/ tramo	A	A-B	B	Reg. abon. / P. reg.	Salida reg. abon.	Cont.	Salida cont. C	C-D	D	D-F D-I D-H	F I H
P. mín. (mbar)	50,4		25,4	22	20,5		19,4		17,9		17
ΔP máx. (mbar)		25,0				1,1		1,5		0,9	
Ø mín. (mm)		13						16		10	

6.27.7. Determinación del diámetro de cálculo y del diámetro comercial de cada tramo. Cálculo de la pérdida de carga real en cada tramo

Utilizar la fórmula de Renouard.

Como la presión efectiva a partir del conjunto de regulación es inferior a 100 mbar, se utilizará la fórmula de Renouard lineal:

$$\Delta P = 23\,200 \times d_r \times L_E \times Q^{1,82} \times D^{-4,82}$$

La densidad del gas suministrado es de 0,62.

6.27.8. Desarrollo por tramos

Tramo A-B

Espacio comprendido entre la salida del conjunto de regulación y la entrada de la batería de contadores, y que corresponde a la instalación común de la instalación receptora.

Datos básicos de cálculo:

- Longitud real: 5 m.
- Longitud equivalente: 6 m.
- Presión en inicio tramo: 50,4 mbar.
- Pérdida de carga admisible: 25 mbar*.
- Caudal: 24,64 m^3 (s)/h.

*Tal como se indica en la tabla resumen de pérdidas de carga admisibles para el tramo A-B.

Para calcular el diámetro teórico mínimo:

$$D = [(23\,200 \times d_r \times L_E \times Q^{1,82})/\Delta P]^{1/4,82}$$

Sustituyendo los valores en la fórmula, resulta un diámetro teórico de 18,18 mm. Una vez calculado el diámetro teórico, se ha de determinar el diámetro comercial por exceso, según prescripción de materiales, calculando la pérdida de carga real en el tramo con este diámetro aplicando la fórmula de Renouard:

$$\Delta P_{real}=23\ 200 \times d_r \times L_E \times Q^{1,82} \times D_{com.}^{-4,82}$$

teniendo en cuenta que deberá cumplirse:

$$V < 20\ m/s$$

En la instalación receptora realizada en cobre, el primer diámetro comercial por exceso superior a 18,18 mm, es el de 20 mm (Cu 22 x 20), y la pérdida de carga real resultante es de 15,77.

Como la presión mínima admisible en el punto de inicio del tramo (A) es de 50,4 mbar, la presión en el punto final del tramo (B) será la diferencia entre la presión inicial y la pérdida de carga real, es decir, 34,63 mbar.

Para el cálculo de la velocidad del gas en el tramo se necesita conocer la presión absoluta del gas al final del tramo, en bar, que será la suma de la presión efectiva, expresada en bar, más la de referencia (1,01325 bar), resultando:

$$P_{abs}= 34,63 / 1\ 000 + 1,01325 = 1,04788$$

La velocidad del gas será:

$$V = 354 \times Q \times P_{abs}^{-1} \times D^{-2} > 20\ m/s$$

Por ser una velocidad superior a los 20 m/s permitidos, se recalculará con el diámetro inmediato superior.

Características del tramo:

- Longitud real del tramo: 5 m.
- Longitud equivalente del tramo: 6 m.
- Caudal: 24,64 m^3 (s)/h (caudal de simultaneidad de la instalación común).
- Pérdida de carga máxima admisible: 25 mbar.
- Diámetro mínimo de cálculo: 18,18.
- Diámetro comercial del tramo (Cu 28 x 26 mm), por ser la velocidad >20 m/s.
- Presión en el inicio del tramo: 50,4 mbar.
- Pérdida de carga real: 4,45 mbar.
- Presión final tramo: 45,95 mbar.
- Velocidad del gas: 12,18 m/s (corresponde a 28 x 26 mm).

Regulador de abonado

El regulador de abonado ha de estar situado a la entrada del contador y la presión mínima que se garantiza en la salida del mismo es de 20,5 mbar.

Contador

El contador tiene una pérdida de carga máxima admisible de 1,1 mbar.

Al disponer de una presión mínima a la salida del regulador de abonado de 20,5 mbar, y teniendo una pérdida de carga de 1,1 mbar, la presión mínima de que se dispondrá a la salida del contador, es decir, en el punto C, será de 19,4 mbar.

A partir de la salida del contador, en este caso el punto C, puesto que cada instalación individual dispone de más de un tramo, se utilizará como método de reparto de la pérdida de carga el procedimiento descrito en el apartado 6.26.8 de este capítulo, basado en el concepto de reparto de la pérdida de carga por metro lineal de instalación.

Tramo C-D

Pertenece a la instalación individual de la arteria principal, y es el tramo que va desde la batería de contadores hasta la entrada de la vivienda.

Como ya se ha mencionado anteriormente, se calculará el tramo C-D para el caso más desfavorable, es decir, con una longitud de 15 m.

Datos básicos de cálculo:

- Longitud real: 15 m.
- Longitud equivalente: 18 m.
- Presión en inicio tramo: 19,4 mbar.
- Pérdida de carga admisible: 1,5 mbar*.
- Caudal: 3,65 m^3 (s)/h (caudal de simultaneidad instalación individual).

*Tal como se indica en la tabla resumen de pérdidas de carga admisibles para el tramo C-D.

Realizando el mismo proceso que para el tramo A-B, se obtienen los siguientes valores para el tramo C-D:

- Longitud real del tramo: 15 m.
- Longitud equivalente del tramo: 18 m.
- Caudal: 3,65 m^3 (s)/h (caudal de simultaneidad instalación individual).
- Pérdida de carga máxima admisible: 1,5 mbar.
- Diámetro mínimo de cálculo: 19,9.
- Diámetro comercial del tramo: 20 mm (Cu 22 x 20 mm).
- Presión en el inicio del tramo: 19 mbar.
- Pérdida de carga real: 1,46 mbar.
- Presión final tramo: 17,94 mbar.
- Velocidad del gas: 3,13 m/s.
- Pérdida de carga sobrante: 0,94 mbar.

A partir del punto D, se tomará como tramo principal el tramo D-I, por ser el de mayor longitud y caudal, por lo que la pérdida de carga máxima admisible será la suma de la pérdida de carga admisible indicada en la tabla resumen para el tramo D-I más la pérdida de carga sobrante del tramo anterior:

$$\Delta P_{máx.\ D\text{-}I} = 0,04 + 0,90 = 0,94 \text{ mbar}$$

Tramo D-E

Corresponde al tramo comprendido entre la llave de vivienda y la ramificación de la instalación que va a la cocina.

Datos básicos de cálculo:

- Longitud real: 2 m.
- Longitud equivalente: 2,4 m.
- Presión en inicio tramo: 17,94 mbar.
- Pérdida de carga admisible: 0,94 x 2 / 6 = 0,31 mbar*.
- Caudal: 3,65 m^3 (s)/h (caudal de simultaneidad instalación individual).

*Se ha calculado la pérdida de carga máxima admisible por metro, tomando como tramo principal el D-I, que es el de mayor longitud y caudal.

Realizando el mismo proceso que para el tramo A-B, se obtiene para el tramo D-E:

- Longitud real del tramo: 2 m.
- Longitud equivalente del tramo: 2,4 m.
- Caudal: 3,65 m^3 (s)/h (caudal de simultaneidad instalación individual).
- Pérdida de carga máxima admisible: 0,31 mbar.
- Diámetro mínimo de cálculo: 18,17.
- Diámetro comercial del tramo: 20 mm (Cu 22 x 20 mm).
- Presión en el inicio del tramo: 17,94 mbar.
- Pérdida de carga real: 0,2 mbar.
- Presión final tramo: 17,74 mbar.
- Velocidad del gas: 3,13 m/s.

Tramo E-G

Corresponde al tramo comprendido entre la ramificación de la cocina y la del calentador.

Datos básicos de cálculo:

- Longitud real: 2 m.
- Longitud equivalente: 2,4 m.
- Presión en inicio tramo: 17,74 mbar.
- Pérdida de carga máxima admisible: 0,74 x 2 / (6 – 2) = 0,37 mbar*.
- Caudal: 3,16 m^3 (s)/h (caudal calentador más caldera de calefacción).

*Se ha calculado la pérdida de carga máxima admisible por metro, tomando como tramo principal el E-I, descontando la pérdida de carga real calculada hasta el tramo anterior.

Realizando el mismo proceso que para el tramo A-B, se obtiene para el tramo E-G:

- Longitud real del tramo: 2 m.
- Longitud equivalente del tramo: 2,4 m.
- Caudal: 3,16 m^3 (s)/h (caudal del calentador más caldera de calefacción).
- Pérdida de carga máxima admisible: 0,37 mbar.
- Diámetro mínimo de cálculo: 16,59.

- Diámetro comercial del tramo: 16 mm (Cu 18 x 16 mm).
- Presión en el inicio del tramo: 17,74 mbar.
- Pérdida de carga real: 0,44 mbar.
- Presión final tramo: 17,3 mbar.
- Velocidad del gas: 4,24 m/s.

Tramo G-I

Corresponde al tramo de instalación que alimenta a la caldera de calefacción.

Datos básicos de cálculo:

- Longitud real: 2 m.
- Longitud equivalente: 2,4 m.
- Presión en inicio tramo: 17,3 mbar.
- Pérdida de carga máxima admisible: 0,3 mbar*.
- Caudal: 1,19 m^3 (s)/h (caudal nominal de la caldera de calefacción).

*La pérdida de carga máxima admisible en el tramo, por ser un tramo final, está calculada como diferencia de la admitida total y la real calculada hasta el punto de inicio.

Realizando el mismo proceso que para el tramo A-B, se obtiene para el tramo G-I:

- Longitud real del tramo: 2 m.
- Longitud equivalente del tramo: 2,4 m.
- Caudal: 1,19 m^3 (s)/h (caudal del calentador más caldera de calefacción).
- Pérdida de carga máxima admisible: 0,3 mbar.
- Diámetro mínimo de cálculo: 11,98.
- Diámetro comercial del tramo: 13 mm (Cu 15 x 13 mm).
- Presión en el inicio del tramo: 17,3 mbar.
- Pérdida de carga real: 0,2 mbar.
- Presión final tramo: 17,1 mbar.
- Velocidad del gas: 2,42 m/s.

Tramo E-F

Es la ramificación de la instalación que alimenta a la cocina.

Datos básicos de cálculo:

- Longitud real: 4 m.
- Longitud equivalente: 4,8 m.
- Presión en inicio tramo: 17,94 mbar.
- Pérdida de carga máxima admisible: 0,94 mbar*.
- Caudal: 0,98 m^3 (s)/h (caudal nominal de la cocina).

*La pérdida de carga máxima admisible en el tramo, por ser un tramo final, está calculada como diferencia de la admitida total y la real calculada hasta el punto de inicio.

Realizando el mismo proceso que para el tramo A-B, se obtiene para el tramo E-F:

- Longitud real del tramo: 4 m.
- Longitud equivalente del tramo: 4,84 m.
- Caudal: 0,98 m^3 (s)/h (caudal de la cocina).
- Pérdida de carga máxima admisible: 0,94 mbar.
- Diámetro mínimo de cálculo: 10,14.
- Diámetro comercial del tramo: 10 mm (Cu 13 x 15 mm).
- Presión en el inicio del tramo: 17,94 mbar.
- Pérdida de carga real: 0,28 mbar.
- Presión final tramo: 17,66 mbar.
- Velocidad del gas: 1,99 m/s.

Tramo G-H

Es el tramo de instalación que alimenta al calentador.

Datos básicos de cálculo:

- Longitud real: 1 m.
- Longitud equivalente: 1,2 m.
- Presión en inicio tramo: 17,30 mbar.

- Pérdida de carga máxima admisible: 0,30 mbar*.
- Caudal: 1,97 m³ (s)/h (caudal del calentador).

* La pérdida de carga máxima admisible en el tramo, por ser un tramo final, está calculada como diferencia de la admitida total y la real calculada hasta el punto de inicio.

Realizando el mismo proceso que para el tramo A-B, se obtiene para el tramo G-H:

- Longitud real del tramo: 1 m.
- Longitud equivalente del tramo: 1,2 m.
- Caudal: 1,97 m³ (s)/h (caudal del calentador).
- Pérdida de carga máxima admisible: 0,30 mbar.
- Diámetro mínimo de cálculo: 12,55.
- Diámetro comercial del tramo: 13 mm (Cu 15 x 13 mm).
- Presión en el inicio del tramo: 17,30 mbar.
- Pérdida de carga real: 0,25 mbar.
- Presión final tramo: 17,05 mbar.
- Velocidad del gas: 4,00 m/s.

A continuación, mostramos la tabla 6.18 con los resultados obtenidos en el cálculo de cada tramo de la instalación receptora para el caso más desfavorable, es decir, el tramo C-D de 15 m de longitud, así como para el caso más favorable de 3 m de longitud y el trazado de la instalación receptora indicando los diámetros comerciales de cada tramo.

Tabla 6.18. **Resumen instalación receptora de gas natural conectada a una red MOP igual o menor a 5 bar, en finca plurifamiliar con contadores centralizados**

Tramo	L. real m	L. equi. m	Caudal m³ (s)/h	P. ini. mbar	Dp. adm. mbar	D. calc. mm	D. com. mm	Dp. real. mbar	P. fin. mbar	V<20 m/s
A-B	5	6	24,64	50,4	25,00	18,18	26	4,45	45,95	12,18
									20,5	
				20,5				1,10	19,4	

Caso más desfavorable: tramo C-D = 15 m

Tramo	L. real m	L. equi. m	Caudal m³ (s)/h	P. ini. mbar	Dp. adm. mbar	D. calc. mm	D. com. mm	Dp. real. mbar	P. fin. mbar	V<20 m/s
C-D	15	18	3,65	19,4	1,50	19,9	20	1,46	17,94	3,13
D-E	2	2,4	3,65	17,94	0,31	18,17	20	0,2	17,74	3,13
E-G	2	2,4	3,16	17,74	0,37	16,59	16	0,44	17,3	4,24
G-I	2	2,4	1,19	17,3	0,3	11,98	13	0,2	17,1	2,42
E-F	4	4,8	0,98	17,94	0,94	10,14	13	0,28	17,66	1,99
G-H	1	1,2	1,97	17,3	0,3	12,55	13	0,25	17,05	4,0

Falta una nota explicativa que va debajo de esta tabla y también falta la tabla "Caso más favorable: tramo C-D = 3 m".

6.28. Clasificación de anomalías

(Véanse las tablas 6.19 y 6.20.)

Tabla 6.19. **Relación de anomalías en instalaciones comunes de gas**

Clasificación de las anomalías:

AP: anomalía principal. Se subsanará en el mismo momento de su detección.
AS: anomalía secundaria. No es preciso cortar el suministro. Plazo de reparación máximo de 6 meses, con excepción de la falta de estanquidad con un plazo de reparación máximo de 15 días.

Relación de anomalías en instalaciones comunes de gas			
A	Tuberías y accesorios	AP	AS
a.1	Fuga de gas en tramo enterrado o en interior de edificio	X	
a.2	Fuga de gas en tramo aéreo exterior con caudal superior a 5 l/h o con riesgo inminente	X	
a.3	Fugas de gas en tramo aéreo exterior (ligera y que no aboque a riesgo inmediato)		X
a.4	Materiales de tuberías, soportes o uniones no autorizadas o con deficiencias		X
a.5	Resultan afectadas otras canalizaciones (eléctricas, agua, comunicaciones o instalaciones de enchufes, puntos calientes, etc.)		X
a.6	Condiciones no reglamentarias al atravesar falsos techos, cámaras, sótanos		X
a.7	Llaves de corte en malas condiciones, faltan o no son accesibles		X

Tabla 6.19. **Relación de anomalías en instalaciones comunes de gas** (continuación)

B	Regulación	AP	AS
b.1	Ubicado en el interior del edificio, en armario no estanco o que no ventile al exterior		X
b.2	No dispone o falla la válvula de seguridad de mínima (si no hubiera en la instalación individual)		X
b.3	Existencia de aparellaje eléctrico sin estar en armario estanco y ventilado al exterior		X
b.4	Sin protección adecuada		X
C	Contadores	AP	AS
c.1	Identificación incorrecta de los usuarios		X
c.2	Ventilación inexistente o inadecuada		X
c.3	Instalación eléctrica deficiente en el recinto de contadores		X
c.4	Existencia de instalaciones ajenas		X
c.5	Puerta o cerradura incorrecta en armario de regulación o en recinto de contadores		X
D	Cuarto de máquinas	AP	AS
d.1	Incumplimiento de los requisitos de ventilación o evacuación de los productos de la combustión	X	X
d.2	Puerta o cerradura incorrectas		X
d.3	Rótulos inexistentes		X
d.4	Falta libro de mantenimiento o no consta haber realizado la última revisión (en las instalaciones que sea necesario)		X

Tabla 6.20. **Relación de anomalías en instalaciones individuales de gas**

Clasificación de las anomalías:

AP: anomalía principal. Se subsanará en el mismo momento de su detección.
AS: anomalía secundaria. No es preciso cortar el suministro. Plazo de reparación máximo de 6 meses, con excepción de la falta de estanquidad con un plazo de reparación máximo de 15 días.

Relación de anomalías en instalaciones comunes de gas			
A	Tuberías y accesorios	AP	AS
a.1	Fuga de gas (en caso de medición del caudal, si es mayor de 5 l/h)	X	
a.2	Fuga ligera de gas (caudal de fuga entre 1 y 5 l/h)		X
a.3	Material de tuberías, soportes o uniones en mal estado o con fallos		X

Tabla 6.20. **Relación de anomalías en instalaciones individuales de gas** (continuación)

a.3	Material de tuberías, soportes o uniones en mal estado o con fallos		X
a.4	Llave de corte en malas condiciones, falta o no es accesible (llave general y llaves de aparatos si existieran)		X
a.5	Fallo por contacto con otras canalizaciones (eléctrica, agua, comunicaciones, etc.)		X
a.6	Incumplimiento normativo al atravesar falsos techos, cámaras, sótanos (UNE 60670-4)		X
a.7	Inexistencia o difícil accesibilidad de la válvula general de usuario (inst. indiv. potencia >70 kW)		X
a.8	Funcionamiento defectuoso del regulador y/o válvula de seguridad		X
a.9	Llaves de aparato sin conectar que no están cerradas o taponadas		X
B	Flexible	AP	AS
b.1	Grietas, fisuras o deterioro en tubo flexible (con o sin armadura)	X	
b.2	Tubo flexible de elastómero “en contacto” con partes calientes de un horno u otros aparatos de cocción	X	
b.3	Caducado (si así se define en el flexible)		X
b.4	Longitud incorrecta (incumplimiento de norma)		X
b.5	Boquillas, abrazaderas o conexiones inadecuadas		X
b.6	Sometido a calor excesivo (cruza el horno) excepto en metálicos sin elastómero		X
C	Aparatos	AP	AS
c.1	Aparatos de circuito abierto instalado en dormitorio, en local de ducha, baño o aseo	X	
c.2	Combustión peligrosa al detectarse en el local concentraciones de monóxido de carbono superior a 50 ppm, así como emisiones del aparato superiores a 1 000 ppm	X	
c.3	Inexistencia o funcionamiento incorrecto de los dispositivos de seguridad por extinción o detección de llama en los aparatos de gas que deban disponer de ellos		X
c.4	Aparato tipo A, no conducido y sin dispositivo de control de contaminación de la atmósfera, instalado en local de $V \leq 8\ m^3$ y que carece de ventilación	X	
c.5	Mala combustión que provoca en el local concentraciones de monóxido de carbono entre 15 y 50 ppm, así como emisiones del aparato entre 400 y 1 000 ppm (será grave si además tiene el defecto e.1)	(X)	X
c.6	Combustión no higiénica de aparatos a gas	X	
c.7	Interferencia de la campana extractora en el funcionamiento de un aparato a gas	X	

Tabla 6.20. **Relación de anomalías en instalaciones individuales de gas** (continuación)

c.8	Inexistencia de dispositivo de control de contaminación de la atmósfera en aquellos aparatos que reglamentariamente lo requieran	X	
c.9	No realización del mantenimiento del aparato		X
D	Evacuación de gases	AP	AS
d.1	Revoco de gases al local o concentración de CO ambiente >50 ppm	X	
	Revoco de gases al local o concentración de CO ambiente entre 15-50 ppm		X
d.2	No existe conducto, siendo necesario para algún aparato	X	
d.3	Campana extractora de cocina o extractor mecánico conectado a la misma chimenea donde también tienen salidas los productos de la combustión de un aparato a gas de tiro natural (propio o ajeno)	X	
d.4	Deficiencias apreciables en los conductos de evacuación de los productos de la combustión	X	
d.5	Conducto no estanco (con aparatos de extracción forzada) resultando afectado el propio local		X
d.6	Aparato de tiro forzado conectado a conducto no adecuado		X
E	Local	AP	AS
e.1	Falta orificio para entrada de aire (excepto para aparatos estancos)		X
e.2	Orificio de entrada de aire insuficiente, obstruido, fácil de obstruir o a una altura inadecuada para GLP		X
e.3	Falta orificio para salida de gases de combustión (grave si también tuviera el defecto e.5)	(X)	X
e.4	Salida de gases insuficiente, obstruida o a una altura inadecuada		X
e.5	Local con volumen insuficiente cuando el consumo calorífico total de los aparatos de cocción instalados en el mismo sea >16 kW		X
e.6	Ausencia de ventilación rápida siendo necesaria		X
e.7	Distancia inadecuada entre cocina y caldera		X
e.8	Falla el sistema de detección y corte de gas, incumpliendo lo especificado en la Norma UNE 60670-6		X
e.9	Falta el Libro de Mantenimiento o no se acredita la realización del mantenimiento obligatorio del aparato en las salas de máquinas con una potencia instalada >70 kW		X
e.10	Almacenamiento de botellas no adecuado (ventilación y distancias)		X

Aparatos a gas (clasificación):

- Aparatos de circuito abierto:
  - Evacuación no conducida (aparatos tipo A).
  - Evacuación conducida (aparatos tipo B).
- Aparatos de tiro natural:
  - Con dispositivo seguridad antirrevoco (B.S.).
  - Sin dispositivo seguridad antirrevoco.
- Aparatos de tiro forzado.
- Aparatos de circuito estanco (aparatos tipo C).

6.29. Modelos de impresos

6.29.1. IRG-1 Certificado de acometida interior de gas

(Véase la figura 6.36.)

6.29.2. IRG-2 Certificado de instalación común de gas

(Véase la figura 6.37.)

6.29.3. IRG-3 Certificado de instalación individual de gas

(Véase la figura 6.38.)

Modelo IRG-1
CERTIFICADO DE ACOMETIDA INTERIOR DE GAS

Empresa instaladora o empresa contratista

Nombre _____ CIF _____

Dirección _____ Teléfono de atención _____

Categoría _____ Número de Registro _____ , expedido por _____

Instalador autorizado o soldador de polietileno

Nombre _____

DNI o NIF _____ (o, en su defecto, número de pasaporte) _____

Categoría de instalador _____ Número de carné _____ , expedido por _____

DECLARA: Haber ❑ realizado / ❑ modificado / ❑ ampliado la acometida interior siguiente:

Dirección: Calle _____ , número _____

Población _____

Potencia de diseño de la instalación _____

Número de instalaciones comunes que alimenta _____

Tipo de trazado: ❑ Aéreo ❑ Enterrado

Que la misma ha sido efectuada de acuerdo con la normativa vigente que le es de aplicación, que se han realizado con resultado satisfactorio las pruebas de estanquidad que la misma prevé, y que los dispositivos de maniobra funcionan correctamente.

Y acompaña la siguiente documentación (indicar la que proceda):

- ❑ Croquis de la acometida interior
- ❑ Plano con detalle de la situación de la acometida interior en planta y alzado
- ❑ Derecho de servidumbre de paso permanente de la acometida interior enterrada en favor del suministrador

La empresa firmante de este documento garantiza, por un periodo de cuatro años contados a partir de la fecha abajo indicada, contra cualquier deficiencia de la instalación realizada atribuible a una mala ejecución, así como contra toda consecuencia que de ello se derive.

Fecha Firma del instalador autorizado Sello de la empresa instaladora

Figura 6.36. **Modelo IRG-1**

Modelo IRG-2
CERTIFICADO DE INSTALACIÓN COMÚN DE GAS

Empresa instaladora

Nombre _____ CIF _____

Dirección _____ Teléfono de atención _____

Categoría _____ Número de Registro _____ , expedido por _____

Instalador autorizado

Nombre _____

DNI o NIF _____ (o, en su defecto, número de pasaporte) _____

Categoría de instalador _____ Número de carné _____ , expedido por _____

DECLARA: Haber ❑ realizado / ❑ modificado / ❑ ampliado la instalación siguiente:

Dirección: Calle _____ , número _____ , piso _____

Población _____

Potencia de diseño de la instalación común _____

Número de instalaciones individuales a las que alimenta _____

Que la misma ha sido efectuada y cumple con todas las disposiciones y normativas de la legislación vigente que le sean de aplicación, tanto en materiales como en ventilaciones, que se han realizado con resultado satisfactorio las pruebas de estanquidad que las mismas prevén, y que los dispositivos de maniobra funcionan correctamente.

Y acompaña la siguiente documentación (indicar la que proceda):

- ❑ Croquis de la instalación común
- ❑ Otros (indicar)

La empresa firmante de este documento garantiza, por un periodo de cuatro años contados a partir de la fecha abajo indicada, contra cualquier deficiencia de la instalación realizada atribuible a una mala ejecución, así como contra toda consecuencia que de ello se derive.

Fecha Firma del instalador autorizado Sello de la empresa instaladora

Figura 6.37. **Modelo IRG-2**



Modelo IRG-3
CERTIFICADO DE INSTALACIÓN INDIVIDUAL DE GAS

Empresa instaladora

Nombre _____ CIF _____

Dirección _____ Teléfono de atención _____

Categoría _____ Número de Registro _____, expedido por _____

Instalador autorizado

Nombre _____

DNI o NIF _____ (o, en su defecto, número de pasaporte) _____

Categoría de instalador _____ Número de carné _____, expedido por _____

DECLARA: Haber ☐ realizado / ☐ modificado / ☐ ampliado la instalación siguiente:

Dirección: Calle _____, número _____,
escalera _____, piso _____, puerta _____

Población _____

Potencia nominal de la instalación _____

Que la misma ha sido efectuada y cumple con todas las disposiciones y normativas de la legislación vigente que le sean de aplicación, tanto en materiales como en ventilaciones, que se han realizado con resultado satisfactorio las pruebas de estanquidad que las mismas prevén, y que los dispositivos de maniobra funcionan correctamente.

Y acompaña la siguiente documentación (indicar la que proceda):

☐ Croquis de la instalación común
☐ Relación de aparatos instalados o previstos

Uso:

☐ Doméstico individual ☐ Comercial
☐ Doméstico colectivo ☐ Industrial

Aparatos de gas instalados o previstos

Tipo de aparato instalado o previsto	Potencia nominal (kW)

La empresa firmante de este documento garantiza, por un periodo de cuatro años contados a partir de la fecha abajo indicada, contra cualquier deficiencia de la instalación realizada atribuible a una mala ejecución, así como contra toda consecuencia que de ello se derive.

Fecha Firma del instalador autorizado Sello de la empresa instaladora

Figura 6.38. **Modelo IRG-3**

7.- Instalaciones de extinción de incendios

7.1. Marco normativo y legislación vigente

- CTE (Real Decreto 314/2006, de marzo de 2006). Artículo 11.

- Real Decreto 2267/2004, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales. BOE número 55, de 5 de marzo de 2005.

- UNE-EN 12845 *Sistemas fijos de lucha contra incendios. Sistemas de rociadores automáticos. Diseño, instalación y mantenimiento.*

  – UNE-EN 1057 *Cobre y aleaciones de cobre. Tubos redondos de cobre, sin soldadura, para agua y gas en aplicaciones sanitarias y de calefacción.*

  – UNE-EN 1254 *Cobre y aleaciones de cobre. Accesorios.*

- DB SI. Sección SI 4.

- Real Decreto 1942/1993, de 5 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones de Protección contra Incendios. BOE número 298, de 14 de diciembre de 1993.

7.2. Rociadores automáticos

Los rociadores automáticos, más conocidos como ***sprinklers***, son dispositivos diseñados para descargar agua sobre el punto incendiado, en cantidad suficiente para extinguirlo totalmente o impedir su propagación. Constan de un sensor y un aspersor de agua acoplados al mismo aparato, fijado sobre el techo. Unas varillas soldadas actúan como fusible térmico. Al subir la temperatura liberan el agua, que cae sobre el difusor. El agua llega a los rociadores por un sistema de tuberías generalmente aéreas, suspendidas en el techo, y el incendio es atacado antes de ser detectado, incluso, por los ocupantes del edificio. Estos sistemas se alimentan de unos aljibes específicos y no precisan de alimentación eléctrica (véase la figura 7.1).



Figura 7.1. **Rociadores automáticos**

Los sistemas de rociadores automáticos están equipados con alarmas visuales y audibles, que se activan cuando una corriente de agua fluye en la conducción.

Según la IFSA (*International Fire Sprinkler Association*), el crecimiento del mercado de los rociadores automáticos fue de un 14% en 2006

España instala sólo un 8% de los rociadores que se instalan en Europa. Hasta ahora el marco normativo no había sido exigente en este ámbito, pero actualmente establece las exigencias que han de cumplir los edificios en relación con los requisitos básicos de seguridad y habitabilidad.

El nuevo marco normativo enfatiza la utilización de cobre como material adecuado para los equipos rociadores en instalaciones mojadas, caracterizadas por estar permanentemente cargadas con agua presurizada.

En sistemas "mojados" está aceptado el uso de tuberías de cobre para RL, RO1, RO2 y RO3, según la Norma UNE-EN 12845. El tubo de cobre debe colocarse aguas abajo (después) de las tuberías de acero (si las hay), a efectos de prevenir la corrosión galvánica. Los tubos deben unirse por juntas mecánicas, por soldadura dura con accesorios de acuerdo con la Norma UNE-EN 1254.

El cobre es el material idóneo para las instalaciones de rociadores automáticos contra incendios (véase la figura 7.2).



Figura 7.2. **Instalación de rociadores con tubo de cobre**

Características que acreditan su idoneidad para tales aplicaciones:

Seguridad

- Mantiene el caudal el mayor tiempo posible, evitando la pérdida de servicio en una situación de emergencia.

- El cobre tiene un punto de fusión de 1 083º, y su clasificación como A1 en la UNE-EN 13501 (Euroclases) en su ensayo de reacción al fuego, lo identifica como material idóneo para su empleo en equipos de rociadores.

• Incombustible (clasificación A1), no emite humo ni partículas tóxicas y no desprende gotas incandescentes que ayuden a propagar el incendio en las viviendas, escuelas, hospitales y en cualquier tipo de edificio.

Confianza

• El tubo de cobre es fácil de instalar. Existen sistemas de unión tradicionales o bien a presión que facilitan y garantizan el sistema completo.
• Uniones limpias y duraderas.
• Resistencia a la corrosión externa e interna.
• Se puede pintar.
• Dúctil. Los tubos pueden ser fácilmente conformados para adecuarlos al lugar donde han de ser instalados.
• Menores pérdidas de carga.
• Capaz de soportar presiones elevadas.
• Ahorro de espacio. Su trabajo se puede realizar ocupando un mínimo espacio. Las uniones y los accesorios son de menor tamaño cuando se utiliza cobre.

Resultados

Consolidados a través de su instalación en diferentes mercados:

• Relación precio-versatilidad inmejorable.
• El tubo de cobre en instalaciones de rociadores ha sido ampliamente utilizado en los Estados Unidos y en Canadá, demostrando a través de los años su adecuación al sistema.
• Amplio conocimiento del material por parte de los fabricantes y los instaladores.

Ejemplo de instalación

Según la Norma UNE-EN 12845 (véase la figura 7.3).

7.3. Desarrollo resumido del marco normativo

7.3.1. Dimensionado de tubería

Para determinar la medida necesaria, es necesario conocer el caudal y la presión del sistema. La norma UNE-EN 12845 incluye detalles pormenorizados de la instalación, suministro de agua, válvulas, bombas, instalación y mantenimiento.

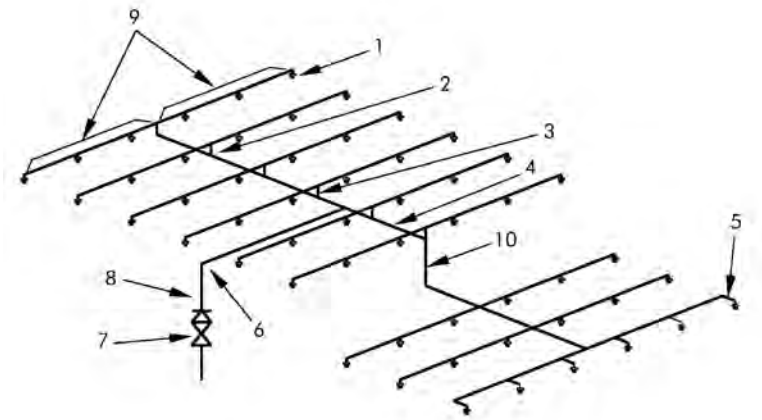


Figura 7.3. **Instalación rociadores**

A título de ayuda, incluimos (véase el apartado 7.5) un resumen de sistema de cálculo.

El diámetro de los tubos debe determinarse por uno de los siguientes métodos:

• Sistemas precalculados, donde una parte de los diámetros se especifica en tablas y el resto se calcula.
• Sistemas calculados, donde todos los diámetros se determinan por cálculo hidráulico.

7.3.2. Cálculo de pérdidas de carga en tubería

Pérdida por fricción

La pérdida de carga por fricción en tubos no debe ser inferior a la determinada usando la siguiente fórmula (Hazen-Williams):

$$p = \frac{6{,}05 \times 10^5}{C^{1{,}85} \times D^{4{,}87}} \times L \times Q^{1{,}85}$$

donde:

p : pérdida de carga en el tubo (bar)
Q : caudal que pasa por el tubo (L/m)
D : diámetro interior medio del tubo (mm)

C: constante para el tipo y condición del tubo. Valor aplicable al tubo de cobre = 140
L: longitud equivalente de tubo y accesorios (m)

7.3.3. Los edificios y sus contenidos están definidos y catalogados en la normativa, según su nivel de riesgo

Clases de riesgo

Los edificios y sus contenidos están definidos y catalogados en la normativa, según su nivel de riesgo (véase la tabla 7.1).

Tabla 7.1. **Densidad y área operativa según clase de riesgo**

Clase de riego	Densidad de diseño (mm/min)	Área de operación (m^2)
Riesgo Ligero (RL): incluye usos con bajo poder de combustión. Instituciones educacionales, escuelas, prisiones, ciertas áreas en oficinas, etc.	2,25	84
RO1 (Riesgo Ordinario Grupo 1): fábricas de cementos, metal, hospitales, hoteles, librerías, restaurantes, escuelas y oficinas	5,–	72
RO2 (Riesgo Ordinario Grupo 2): laboratorios fotográficos, talleres de automóviles, panaderías, museos, cerveceras	5,–	144
RO3 (Riesgo Ordinario Grupo 3): procesos industriales y edificaciones con una alta carga de mate	5,–	216
RO4 (Riesgo Ordinario Grupo 4): ídem	5,–	360

Nota: Riesgo Ordinario (RO) y Riesgo Ligero (RL).

7.3.4. Instalaciones mojadas

La Red Húmeda se compone de un puesto de control, una válvula de seccionamiento, los *sprinklers* automáticos y la red de tuberías de conducción de agua.

Las instalaciones mojadas deben ser consideradas para edificios donde la temperatura ambiente no supere los 95 ºC y no se permitirán daños por congelación, admitiéndose a tal efecto el calentamiento para su protección contra daños potenciales por congelación.

7.3.5. Instalaciones susceptibles a heladas

Las secciones de instalaciones susceptibles a heladas pueden protegerse con líquido anticongelante.

7.3.6. Sistemas que requieran anticongelante

Los sistemas que requieran anticongelante deben incluir dispositivos de prevención de retroflujo para impedir la contaminación del agua.

7.3.7. Suministro de agua

El suministro de agua cumplirá con los caudales exigidos para el sistema y la suficiente capacidad para asegurar que los rociadores permanecen operativos durante los periodos estipulados en la Norma, estableciéndose periodos desde 30 min para RL hasta 60 min para RO.

7.3.8. Diseño hidráulico

La tabla 7.2 indica la densidad de diseño y área de operación de los rociadores.

Tabla 7.2. **Clasificación de la densidad de diseño y área de operación en función de la clase de riesgo**

Clase de riego	Densidad de diseño (mm/min)	Área de operación (m^2)
RL	2,25	84
RO1	5,–	72
RO2	5,–	144
RO3	5,–	216
RO4	5,–	360

El diseño hidráulico de un sistema clasificado RL debe ser de 2,25 mm/min de descarga sobre un área de 84 m^2. Constará de más de un rociador.

7.3.9. Temperatura de funcionamiento

Se deben utilizar rociadores con una temperatura de funcionamiento ligeramente superior a 30 ºC por encima de la temperatura ambiente más alta prevista.

En espacios ocultos sin ventilar, así como bajo tragaluces, techos de cristal, etc., puede ser necesario instalar rociadores con una temperatura de funcionamiento superior, de hasta 93 ºC o 100 ºC. Se debe tener especial cuidado a la hora de justificar la temperatura de los rociadores a instalar, su ubicación con respecto a hornos de secado, equipos de calefacción y cualquier otro equipo que pueda radiar calor.

7.3.10. Velocidad

La velocidad de equilibrio no debe superar los valores siguientes: 6 m/s en cualquier válvula o dispositivo de control de caudal y 10 m/s en cualquier otro punto del sistema. La Norma UNE-EN 12845 estipula también longitudes equivalentes para accesorios y válvulas.

7.3.11. Puesta en servicio

Toda la tubería será probada hidrostáticamente durante al menos dos horas a una presión no inferior a 15 bar, ni a 1,5 veces la presión máxima a la que se someterá el sistema. Si durante el ensayo de presión se detectara algún fallo, como deformaciones permanentes, roturas o fugas, éste debe ser corregido, repitiéndose la prueba.

7.3.12. Ubicación de los rociadores

Los rociadores deberán ser instalados siguiendo las instrucciones del suministrador, las cuales especificarán el área que cubrirá un solo rociador. Es importante colocar el rociador lejos de obstrucciones y a cierta distancia entre el nivel del techo y las paredes. También se mantendrá una distancia mínima entre los rociadores, que generalmente será de 2 m.

Los rociadores no deben instalarse a más de 0,3 m bajo la parte inferior de falso techo ni a más de 0,45 m bajo los techos de Euroclases A1 o A2 (cobre clasificado A1).

Para rociadores colgantes, con descargas hacia abajo, el máximo de área de cobertura será de 21 m^2 para el Riesgo Ligero (RL) y 12 m^2 para los catalogados bajo denominación de Riesgo Ordinario (RO).

7.4. Soportes de la tubería

Los soportes se fijarán a la estructura. No deben utilizarse para soportar otros equipos, se ajustarán para equilibrar la carga y serán resistentes.

Ningún componente debe estar fabricado con material combustible y no se usarán clavos.

7.4.1. Distribución de los soportes

El soporte de la tubería de cobre debe instalarse con una separación no superior a 2 m. Si el diámetro fuera superior a 50 mm, la separación puede aumentarse un 50% si existen dos soportes independientes fijados directamente a la estructura o si se emplea un soporte capaz de resistir un esfuerzo superior al 50% de los perímetros de diseño para soportes (véase el apartado 17.2.3, tabla 40, de la Norma UNE-EN 12845).

Nota: también puede utilizarse tubo de cobre en distribuciones de agua para alimentar Bocas de Incendio Equipadas (BIE).

7.5. Resumen fórmulas de cálculo

(Véase la tabla 7.3.)

Tabla 7.3. **Fórmulas de cálculo**

Clase de riego	Riesgo ligero	Riesgo ordinario
Cobertura máxima rociador (m^2)	20	12
Presión rociador (bar)	0,7	0,35
Factor k según diámetro nominal del orificio del rociador (mm)	57	80

Caudal inicial (Q_1)

Q_1= Cobertura máxima x densidad de diseño

Número de rociadores (n.º)

N.º = Área operación (véase la tabla 7.2) / Cobertura (véase el apartado 7.3.12)

Caudal en el rociador (Q)

$$Q=k\sqrt{P}$$

donde:

P: presión de ese tramo
k: factor según diámetro nominal y tipo de riesgo

Presión inicial (P_i)

$$P_i=Q_1^2/k^2$$

Pérdida de carga

(Véase el apartado 7.3.2.)

Ajuste de caudales entre dos tramos 1 y 2

$$Q_2=Q_1(\sqrt{P_2/P_1})$$

Presión de la bomba (P_b)

$$P_b=P_e+P_F$$

donde:

P_e: h / 10,192 (siendo h la altura total que ha de vencer la bomba)
P_F: presión final (en cuadro operativo)

Curva característica

$$Q_2=Q_1\sqrt{(P_2-P_e\ P_1-P_e)}$$

Cambio de unidades

- Para pasar de mca a kg/cm², se divide por 10,192.
- Para pasar de L/min a m³/h se multiplica por 0,06.

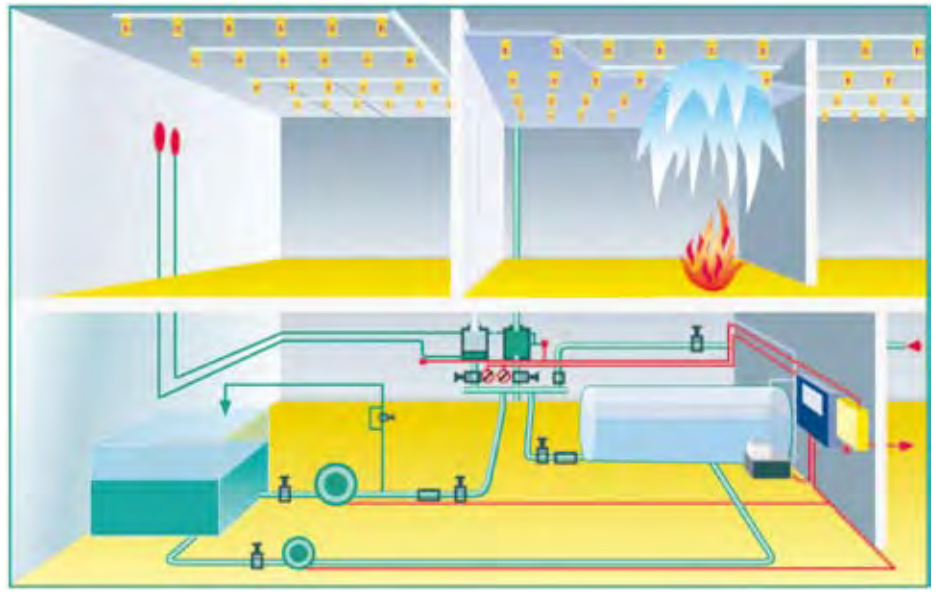


Figura 7.4. **Seguridad con el sistema de rociadores automáticos**



Rentable

8.- Código Técnico de la Edificación

El CTE (RD 314/2006, de 17 de marzo) se aplicará a las obras de edificación de nueva construcción, excepto a aquellas construcciones de sencillez técnica y de escasa entidad constructiva, que no tengan carácter residencial o público, ya sea de forma eventual o permanente, que se desarrollen en una sola planta y no afecten a la seguridad de las personas.

Igualmente el CTE se aplicará a las obras de ampliación, modificación, reforma o rehabilitación que se realicen en edificios existentes, siempre y cuando dichas obras sean compatibles con la naturaleza de la intervención y, en su caso, con el grado de protección que puedan tener los edificios aceptados.

El CTE tiene dos características fundamentales, su obligatoriedad en todo el territorio español, por su derivación de la LOE y su consideración de prescripción básica, o de mínimos, que puede hacerse más estricta por reglamentaciones autonómicas.

8.1. Desglose de la parte I del CTE

- Capítulo 1. Disposiciones generales. Completa y precisa las definiciones de los requisitos básicos de la LOE.
- Capítulo 2. Condiciones técnicas y administrativas.
- Capítulo 3. Exigencias básicas:

  – Seguridad.
  – Habitabilidad.
  – Accesibilidad.

- Anejo I. Contenido del proyecto.
- Anejo II. Documentación del seguimiento de la obra.
- Anejo III. Terminología.

8.2. Desglose de la parte II del CTE

Documentos básicos (DB):

- DB HR Protección contra el ruido (RD 1367/2007).
- DB HE Ahorro de energía.
- DB HS Salubridad.
- DB SE Seguridad estructural.
- DB SE-A Seguridad estructural. Acero.
- DB SE-AE Seguridad estructural. Acciones en la edificación.
- DB SE-C Seguridad estructural. Cimientos.
- DB SE-F Seguridad estructural. Fábrica.
- DB SE-M Seguridad estructural. Madera.
- DB SU Seguridad de utilización.
- DB SI Seguridad en caso de incendio.

Dado que el contenido de este manual está desarrollado en base a aquellas instalaciones de fontanería donde se utiliza el tubo de cobre, sólo nos centraremos en las siguientes partes del CTE que le son de aplicación:

- DB HE Ahorro de energía.
  – DB HE 4 Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria.

- DB HS Salubridad.
  – DB HS 4 Suministro de agua (ya desarrollado en los capítulos 1 al 5 de fontanería) y anexos correspondientes.

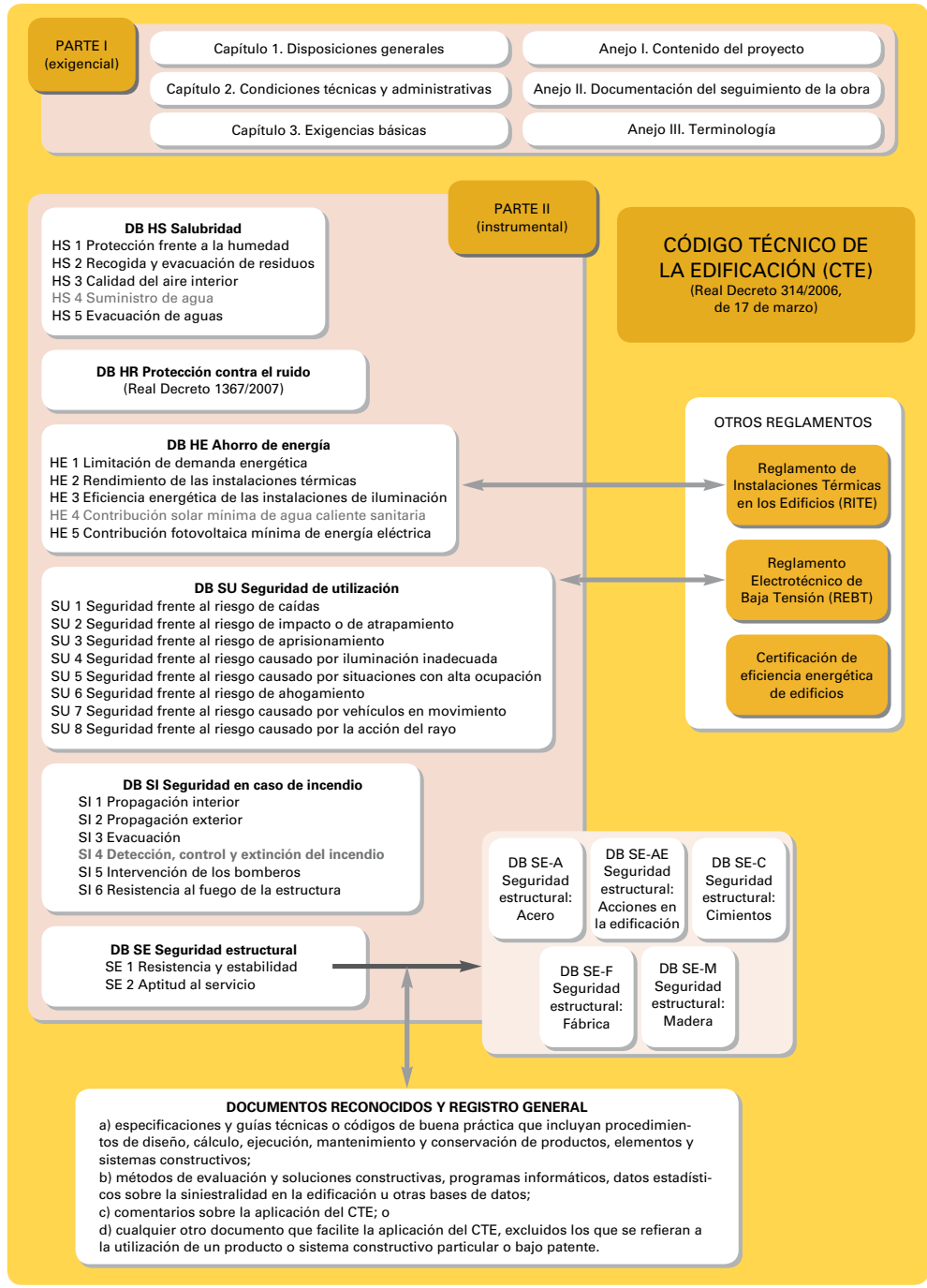


Figura 8.1. **Estructura del CTE**

- DB SI Seguridad en caso de incendio.

- DB SI Seguridad en caso de incendio.
  - DB SI 4 Detección, control y extinción de incendio (véase el capítulo 7 de este libro). Marco de aplicación de la Directiva DPC 89/106/CEE sobre la reacción al fuego de productos de la construcción (Euroclases) (véase el apartado 4.4.7 del capítulo 4 de este libro).

8.3. DB HE 4 Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria

Las contribuciones solares que se recogen a continuación tienen el carácter de mínimos pudiendo ser ampliadas voluntariamente por el promotor o como consecuencia de disposiciones dictadas por las administraciones competentes y que contribuyan a la sostenibilidad, atendiendo a las características propias de su localización y ámbito territorial.

Principales aplicaciones:

- Agua caliente sanitaria en el sector residencial y servicios.

- Calefacción por suelo radiante, fan-coils o elementos radiantes en los sectores residencial, servicios o industrial.

- Climatización de piscinas.

- Refrigeración.

- Procesos industriales en los que se utilice agua caliente u otro fluido caliente.

En las tablas 8.1 y 8.2 se indican, para cada zona climática y diferentes niveles de demanda de agua caliente sanitaria (ACS) a una temperatura de referencia de 60 ºC, la contribución solar mínima anual, considerándose los siguientes casos:

a. General: suponiendo que la fuente energética de apoyo sea gasóleo, propano, gas natural, u otras.

b. Efecto Joule: suponiendo que la fuente energética de apoyo sea electricidad mediante efecto Joule.

Tabla 8.1. **Contribución solar mínima en %. Caso general**

Demanda total de ACS del edificio (l/d)	Zona climática				
	I	II	III	IV	V
50 - 5 000	30	30	50	60	70
5 000 - 6 000	30	30	55	65	70
6 000 - 7 000	30	35	61	70	70
7 000 - 8 000	30	45	63	70	70
8 000 - 9 000	30	52	65	70	70
9 000 - 10 000	30	55	70	70	70
10 000 - 12 500	30	65	70	70	70
12 500 - 15 000	30	70	70	70	70
15 000 - 17 500	35	70	70	70	70
17 500 - 20 000	45	70	70	70	70
>20 000	52	70	70	70	70

Tabla 8.2. **Contribución solar mínima en %. Caso efecto Joule**

Demanda total de ACS del edificio (l/d)	Zona climática				
	I	II	III	IV	V
50 - 1 000	50	60	70	70	70
1 000 - 2 000	50	63	70	70	70
2 000 - 3 000	50	66	70	70	70
3 000 - 4 000	51	69	70	70	70
4 000 - 5 000	58	70	70	70	70
5 000 - 6 000	62	70	70	70	70
>6 000	70	70	70	70	70

En la tabla 8.3 se indica, para cada zona climática la contribución solar mínima anual para el caso de la aplicación con climatización de piscinas cubiertas.

Tabla 8.2. **Contribución solar mínima en %. Caso efecto Joule**

Piscinas cubiertas	Zona climática				
	I	II	III	IV	V
50 - 1 000	30	30	50	60	70

La orientación e inclinación del sistema generador y las posibles sombras sobre el mismo serán tales que las pérdidas sean inferiores a los límites de la tabla 8.4.

Tabla 8.4. **Pérdidas límite**

Caso	Orientación e inclinación	Sombras	Total
General	10%	10%	15%
Superposición	20%	15%	30%
Integración arquitectónica	40%	20%	50%

8.3.1. Zonas climáticas

Las zonas se han definido en función de la Radiación Solar Global media diaria anual sobre superficie horizontal. En la figura 8.2 y en las tablas 8.5 y 8.6 se marcan las zonas a efectos de exigencia energética.

Tabla 8.5. **Radiación solar global**

Zona climática	MJ/m²	kWh/m²
I	H < 13,7	H < 3,8
II	13,7 ≤ H < 15,1	3,8 ≤ H < 4,2
III	15,1 ≤ H < 16,6	4,2 ≤ H < 4,6
IV	16,6 ≤ H < 18,0	4,6 ≤ H < 5,0
V	H ≥ 18,0	H ≥ 5,0

(1 kWh = 3,6 MJ)

Figura 8.2. **Zonas climáticas**



Tabla 8.6. **Zonas climáticas**

A CORUÑA	Arteixo	I
	Carballo	I
	A Coruña	I
	Ferrol	I
	Narón	I
	Oleiros	I
	Riveira	I
	Santiago de Compostela	I
ÁLAVA	Vitoria-Gasteiz	I
ALBACETE	Albacete	V
	Almansa	V
	Hellín	V
	Villarrobledo	IV
ALICANTE	Alcoy	IV
	Alicante	V
	Benidorm	IV
	Crevillent	V
	Castrillón	IV
	Dénia	V
	Elche	IV
	Elda	IV
	Ibi	IV
	Javea	IV
	Novelda	IV
	Orihuela	IV
	Petrer	V
	San Vicente del Raspeig	V
	Torrevieja	IV
	Villajoyosa	IV
	Villena	
ALMERÍA	Adra	V
	Almería	V
	El Ejido	V
	Roquetas de Mar	V

ASTURIAS	Avilés	I
	Castrillón	I
	Gijón	I
	Langreo	I
	Mieres	I
	Oviedo	I
	San Martín del Rey Aurelio	I
	Siero	I
ÁVILA	Ávila	IV
BADAJOZ	Almendralejo	V
	Badajoz	V
	Don Benito	V
	Mérida	V
	Villanueva de la Serena	V
BARCELONA	Badalona	II
	Barberà del Vallès	II
	Barcelona	II
	Castelldefels	II
	Cerdanyola del Vallès	II
	Cornellà de Llobregat	II
	Gavà	II
	Granollers	III
	L'Hospitalet de Llobregat	II
	Igualada	III
	Manresa	III
	El Masnou	II
	Mataró	II
	Mollet del Vallès	II
	Montcada i Reixac	II
	El Prat de Llobregat	II
	Premià de Mar	II
	Ripollet	II
	Rubí	II
	Sabadell	III
	Sant Adrià de Besòs	II

Tabla 8.6. **Zonas climáticas** (continuación)

BARCELONA	Sant Boi de Llobregat	II
	Sant Cugat del Vallès	II
	Sant Feliu de Llobregat	II
	Sant Joan Despí	II
	Sant Pere de Ribes	II
	Sant Vicenç dels Horts	II
	Santa Coloma de Gramenet	II
	Terrassa	III
	Vic	III
	Viladecans	II
	Vilafranca del Penedès	II
	Vilanova i la Geltrú	II
BURGOS	Aranda de Duero	II
	Burgos	II
	Miranda de Ebro	II
CÁCERES	Cáceres	V
	Plasencia	V
CÁDIZ	Algeciras	IV
	Arcos de la Frontera	V
	Barbate	IV
	Cádiz	IV
	Chiclana de la Frontera	IV
	Jerez de la Frontera	V
	La Línea de la Concepción	IV
	El Puerto de Santa María	IV
	Puerto Real	IV
	Rota	V
	San Fernando	IV
	San Roque	IV
	Sanlúcar de Barrameda	V
CANTABRIA	Camargo	I
	Santander	I
	Torrelavega	I
CASTELLÓN	Burriana	IV
	Castellón de la Plana	IV
	La Vall d'Uixó	IV
	Vila-Real	IV
	Vinaroz	IV
CEUTA	Ceuta	V
CIUDAD REAL	Alcázar de San Juan	IV
	Ciudad Real	IV
	Puertollano	IV
	Tomelloso	IV
	Valdepeñas	IV
CÓRDOBA	Baena	V
	Cabra	V
	Córdoba	IV
	Lucena	V
	Montilla	V
	Priego de Córdoba	V
	Puente Genil	V
CUENCA	Cuenca	III
GIRONA	Blanes	III
	Figueres	III
	Girona	III
	Olot	III
	Salt	III
GRANADA	Almuñécar	IV
	Baza	V
GRANADA	Granada	IV
	Guadix	IV
	Loja	IV
	Motril	V
GUADALAJARA	Guadalajara	IV
GUIPÚZCOA	Arrasate o Mondragón	I
	Donostia-San Sebastián	I
	Eibar	I
	Errenteria	I
	Irún	I
HUELVA	Huelva	V
HUESCA	Huesca	III
ILLES BALEARS	Calviá	IV
	Ciutadella de Menorca	IV
	Eivissa	IV
	Inca	IV
	Llucmajor	IV
	Mahón	IV
	Manacor	IV
	Palma de Mallorca	IV
	Santa Eulalia del Río	IV
JAÉN	Alcalá la Real	IV
	Andújar	V
	Jaén	IV
	Linares	V
	Martos	IV
	Úbeda	V
LA RIOJA	Logroño	II
LAS PALMAS	Arrecife	V
	Arucas	V
	Gáldar	V
	Ingenio	V
	Las Palmas de Gran Canaria	V
	San Bartolomé de Tirajana	V
	Santa Lucía	V
	Telde	V
LEÓN	León	III
	Ponferrada	II
	San Andres del Rabanedo	III
LUGO	Lugo	II
LLEIDA	Lleida	III
MADRID	Alcalá de Henares	IV
	Alcobendas	IV
	Alcorcón	IV
	Aranjuez	IV
	Arganda del Rey	IV
	Colmenar Viejo	IV
	Collado Villalba	IV
	Coslada	IV
	Fuenlabrada	IV
	Getafe	IV
	Leganés	IV
	Madrid	IV
	Majadahonda	IV
	Móstoles	IV
	Parla	IV
	Pinto	IV
	Pozuelo de Alarcón	IV

Tabla 8.6. **Zonas climáticas** (continuación)

MADRID	Rivas-Vaciamadrid	IV
	Las Rozas de Madrid	IV
	San Fernando de Henares	IV
	San Sebastián de los Reyes	IV
	Torrejón de Ardoz	IV
	Tres Cantos	IV
	Valdemoro	IV
MÁLAGA	Antequera	IV
	Benalmádena	IV
	Estepona	IV
	Fuengirola	IV
	Málaga	IV
	Marbella	IV
	Mijas	IV
	Rincón de la Victoria	IV
	Ronda	IV
	Torremolinos	IV
	Vélez-Málaga	IV
MELILLA	Melilla	V
MURCIA	Águilas	V
	Alcantarilla	IV
	Caravaca de la Cruz	V
	Cartagena	IV
	Cieza	V
	Jumilla	V
	Lorca	V
	Molina de Segura	V
	Murcia	IV
	Torre-Pacheco	IV
	Totana	V
	Yecla	V
NAVARRA	Barañáin	II
	Pamplona	II
	Tudela	III
OURENSE	Ourense	II
PALENCIA	Palencia	II
PONTEVEDRA	Cangas	I
	A Estrada	I
	Lalín	I
	Marín	I
	Pontevedra	I
	Redondela	I
	Vigo	I
	Vilagarcía de Arousa	I
SALAMANCA	Salamanca	III
SANTA CRUZ DE TENERIFE	Arona	V
	Icod de los Vinos	V
	La Orotava	V
	Puerto de la Cruz	V
	Los Realejos	V
	San Cristobal de La Laguna	V
	Santa Cruz de Tenerife	V
	Tacoronte	V
SEGOVIA	Segovia	III
SEVILLA	Alcalá de Guadaira	V
SEVILLA	Camas	V
	Carmona	V
	Coria del Río	V
	Dos Hermanas	V
	Écija	V
	Lebrija	V
	Mairena del Aljarafe	V
	Morón de la Frontera	V
	Los Palacios y Villafranca	V
	La Rinconada	V
	San Juan de Aznalfarache	V
	Sevilla	V
	Utrera	V
SORIA	Soria	III
TARRAGONA	Reus	IV
	Tarragona	III
	Tortosa	IV
	Valls	IV
	El Vendrell	III
TERUEL	Teruel	III
TOLEDO	Talavera de la Reina	IV
	Toledo	IV
VALENCIA	Alaquas	IV
	Aldaia	IV
	Algemesí	IV
	Alzira	IV
	Burjassot	IV
	Carcaixent	IV
	Catarroja	IV
	Cullera	IV
	Gandía	IV
	Manises	IV
	Mislata	IV
	Oliva	IV
	Ontinyent	IV
	Paterna	IV
	Quart de Poblet	IV
	Sagunto	IV
	Sueca	IV
	Torrent	IV
	Valencia	IV
	Xàtiva	IV
	Xirivella	IV
VALLADOLID	Medina del Campo	III
	Valladolid	II
VIZCAYA	Barakaldo	I
	Basauri	I
	Bilbao	I
	Durango	I
	Erandio	I
	Galdakao	I
	Getxo	I
	Leioa	I
	Portugalete	I
	Santurtzi	I
	Sestao	I
ZAMORA	Zamora	III
ZARAGOZA	Zaragoza	IV

8.3.2. Definición de instalación solar térmica

La sección HE 4 del DB HE del CTE en su apartado 3.2.1 indica que una instalación solar térmica es aquella que está constituida por un conjunto de componentes encargados de realizar las funciones de captar la radiación solar, transformarla directamente en energía térmica cediéndola a un fluido de trabajo y, por último, almacenar dicha energía térmica de forma eficiente, bien en el mismo fluido de trabajo de los captadores, o bien transferirla a otro, para poder utilizarla en los puntos de consumo. Dicho sistema se complementa con una producción de energía térmica por sistema convencional auxiliar que puede o no estar integrado dentro de la misma instalación.

También en ese mismo apartado del CTE se enumeran los sistemas que conforman la instalación térmica sanitaria:

a. Un sistema de captación formado por los captadores solares, encargado de transformar la radiación solar incidente en energía térmica de forma que se calienta el fluido de trabajo que circula por ellos.

b. Un sistema de acumulación constituido por uno o varios depósitos que almacenan el agua caliente hasta que se precise su uso.

c. Un circuito hidráulico constituido por tuberías, bombas, válvulas, etc., que se encarga de establecer el movimiento del fluido caliente hasta el sistema de acumulación.

d. Un sistema de intercambio que realiza la transferencia de energía térmica captada desde el circuito de captadores, o circuito primario, al agua caliente que se consume.

e. Sistema de regulación y control que se encarga por un lado de asegurar el correcto funcionamiento del equipo para proporcionar la máxima energía solar térmica posible y, por otro, actúa como protección frente a la acción de múltiples factores como sobrecalentamientos del sistema, riesgos de congelaciones, etc.

f. Adicionalmente, se dispone de un equipo de energía convencional auxiliar que se utiliza para complementar la contribución solar suministrando la energía necesaria para cubrir la demanda prevista, garantizando la continuidad del suministro de agua caliente en los casos de escasa radiación solar o demanda superior al previsto.

Existen tres componentes especiales en una instalación solar térmica, el conjunto de captador que recoge la energía de la radiación solar, el conjunto de intercambio y acumulación que permite almacenar la energía captada, y el equipo convencional de apoyo que proporciona la energía complementaria cuando sea necesario (véanse las figuras 8.3 y 8.4). Los restantes sistemas sirven para regular los anteriores constituyendo de esta manera un sistema eficaz.

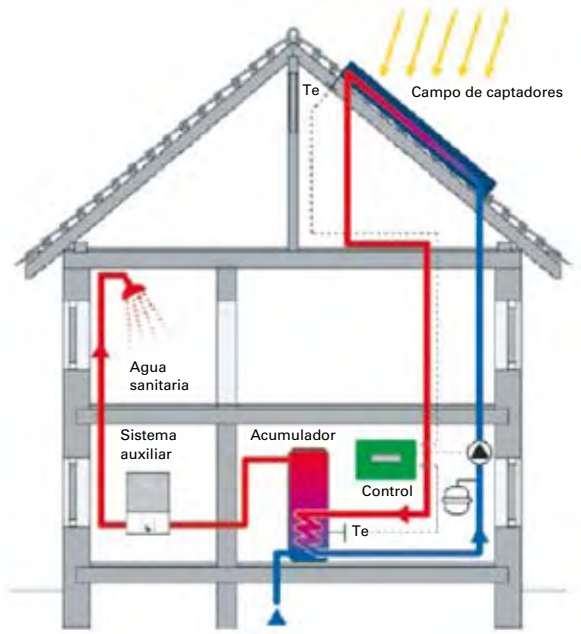


Figura 8.3. **Instalación solar típica con los componentes principales. Circulación forzada**

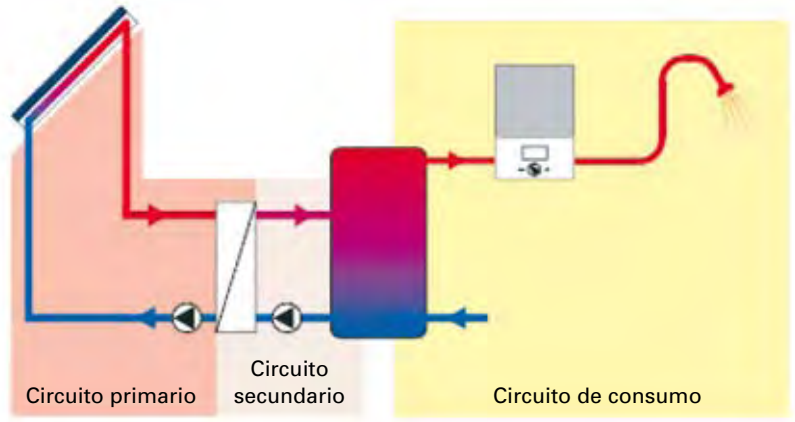


Figura 8.4. **Circulación**

8.3.3. Condiciones generales

En la sección HE 4 del DB HE del CTE en su apartado 3.2.2 se establecen las condiciones que debe cumplir toda instalación solar:

1. El objetivo básico del sistema solar es suministrar al usuario una instalación solar que:

a. Optimice el ahorro energético global de la instalación en combinación con el resto de equipos térmicos del edificio.

b. Garantice una durabilidad y calidad suficientes.

c. Garantice un uso seguro de la instalación.

2. Las instalaciones se realizarán con un circuito primario y un circuito secundario independientes, con producto químico anticongelante, evitándose cualquier tipo de mezcla de los distintos fluidos que pueden operar en la instalación.

3. En instalaciones que cuenten con más de 10 m^2 de captación correspondiendo a un solo circuito primario, éste será de circulación forzada.

4. Si la instalación debe permitir que el agua alcance una temperatura de 60 ºC, no se admitirá la presencia de componentes de acero galvanizado.

5. La salinidad del agua del circuito primario no excederá de 500 mg/l total de sales solubles. Si no se tuviera este valor, se tomará el de conductividad como variable limitante, no sobrepasando los 650 µS/cm.

6. El límite de dióxido de carbono libre contenido en el agua no excederá de 50 mg/l.

7. Respecto a la protección contra descargas eléctricas, las instalaciones deben cumplir con lo fijado en la reglamentación vigente y en las normas específicas que la regulen.

8. Se instalarán manguitos electrolíticos entre elementos de diferentes materiales para evitar el par galvánico.

9. El captador llevará, preferentemente, un orificio de ventilación de diámetro no inferior a 4 mm, situado en la parte inferior de forma que puedan eliminarse acumulaciones de agua en el captador. El orificio se realizará a fin de que el agua pueda drenarse en su totalidad sin afectar al aislamiento.

8.3.4. Protección contra heladas

1. El fabricante, suministrador final, instalador o diseñador del sistema deberá fijar la mínima temperatura permitida en el sistema. Todas las partes del sistema que estén expuestas al exterior deben ser capaces de soportar la temperatura especificada sin daños permanentes en el sistema.

2. Cualquier componente que vaya a ser instalado en el interior de un recinto donde la temperatura pueda caer por debajo de los 0 °C deberá estar protegido contra las heladas.

3. La instalación estará protegida, con un producto químico no tóxico cuyo calor específico no será inferior a 3 kJ/kg K, en 5 ºC por debajo de la mínima histórica registrada con objeto de no producir daños en el circuito primario de captadores por heladas. Adicionalmente, este producto químico mantendrá todas sus propiedades físicas y químicas dentro de los intervalos mínimo y máximo de temperatura permitida por todos los componentes y materiales de la instalación.

4. Se podrá utilizar otro sistema de protección contra heladas que, alcanzando los mismos niveles de protección, sea aprobado por la administración competente.

5. Las instalaciones que requieran anticongelante deben incluir un sistema que permita el relleno manual del mismo.

8.4. Materiales

8.4.1. Tuberías

La sección HE 4 del DB HE del CTE en su apartado 3.4.5 establece el uso de tubos de **cobre y acero inoxidable** en el circuito primario, con uniones roscadas, soldadas o embridadas y protección exterior con pintura anticorrosiva.

En el circuito secundario o de servicio de agua caliente sanitaria, podrá utilizarse cobre (tubos de cobre según la Norma UNE-EN 1057, se recomienda utilizar las tubería de cobre con marca de calidad AENOR, véase la figura 8.5) y acero inoxidable.

La sección HS4 del DB HS del CTE establece que el aislamiento de las tuberías de intemperie deberá llevar una protección externa que asegure la durabilidad de la instalación frente a las acciones climatológicas, ajustándose a las condiciones establecidas en el RITE en su apartado IT 1.2.4.2. El aislamiento no dejará zonas visibles de tuberías o accesorios, quedando únicamente al exterior los elementos que sean necesarios para el buen funcionamiento y operación de los componentes.

Asimismo, en la sección HS 4 del DB se indica que el ACS para consumo humano no debe contener instalaciones de aluminio o plomo. Tampoco podrán emplearse materiales que excedan los límites establecidos en el RD 140/2003, de 7 de febrero.

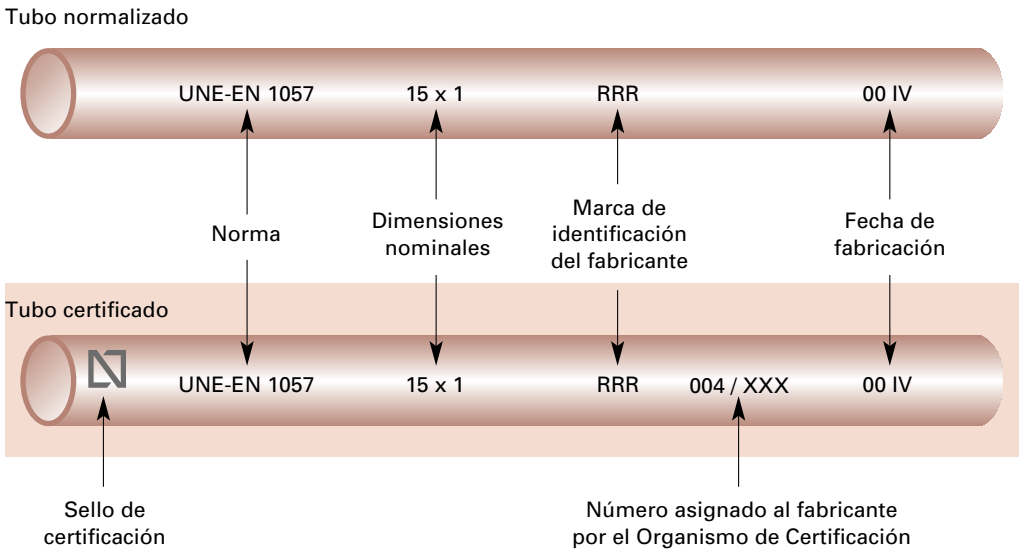


Figura 8.5. **Tuberías certificadas con sello de calidad de marca AENOR**

8.5. Cálculo de pérdidas

8.5.1. Pérdidas por orientación

Véase en la figura 8.6 el ángulo de acimut.

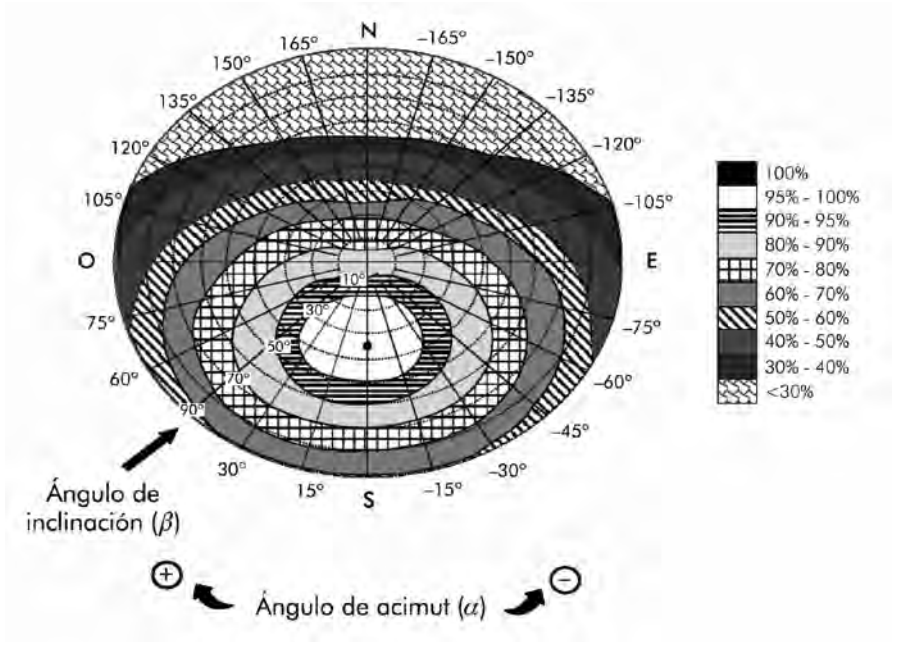


Figura 8.6. **Porcentaje de energía respecto al máximo como consecuencia de las pérdidas por orientación e inclinación**

8.5.2. Pérdidas por orientación e inclinación

Las pérdidas se calcularán en función de:

1. Ángulo de inclinación (β): definido como el ángulo que forma la superficie de los módulos con el plano horizontal. Su valor es 0 para módulos horizontales y 90° para verticales.

2. Ángulo de acimut (α): definido como el ángulo de proyección sobre el plano horizontal de la normal a la superficie del módulo y el meridiano del lugar.

Valores típicos son:

- 0º para módulos orientados al sur.
- –90º para módulos orientados al este.
- –90º para módulos orientados al oeste.

(Véase la figura 8.7.)

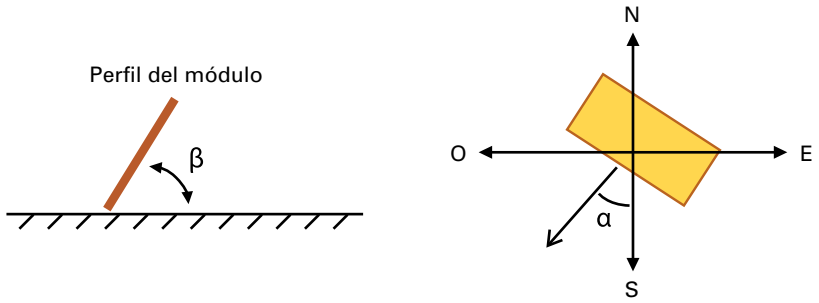


Figura 8.7. **Orientación e inclinación de los módulos**

8.6. Aislamiento térmico

En la elección de los materiales aislantes a emplear en las instalaciones solares, especialmente en los acumuladores y en las tuberías hay que tener en cuenta:

- Soportarán temperaturas elevadas (125 ºC mucho tiempo y >180 ºC en periodos más cortos).

- Deben ser resistentes a los efectos de la intemperie (radiación ultravioleta, corrosión por agentes externos) y a roedores y pájaros.

- Deben cumplir los requisitos del espesor y conductividad establecidos en el RITE (IT 1.2.4.2.1) (véase el capítulo 4, apartado 4.4.6, de este libro).

Bajo estas condiciones habrá que aislar tanto el circuito primario como el secundario, dependiendo de las características específicas de cada instalación.



Figura 8.8. **Tubo de cobre preaislado**

8.7. Cálculo de la demanda de agua caliente

Para valorar las demandas se tomarán los valores unitarios que aparecen en la tabla 8.7 (demanda de referencia a 60 ºC).

Tabla 8.7. **Demanda de referencia a 60 ºC**[1]

Criterio de demanda	Litros ACS/día a 60 ºC	
Viviendas unifamiliares	30	por persona
Viviendas multifamiliares	22	por persona
Hospitales y clínicas	55	por cama
Hotel ****	70	por cama
Hotel ***	55	por cama
Hotel/Hostal **	40	por cama
Camping	40	por emplazamiento
Hostal/Pensión *	35	por cama
Residencia (ancianos, estudiantes, etc.)	55	por cama
Vestuarios/Duchas colectivas	15	por servicio
Escuelas	3	por alumno
Cuarteles	20	por persona
Fábricas y talleres	15	por persona
Administrativos	3	por persona
Gimnasios	20 a 25	por usuario
Lavanderías	3 a 5	por kilo de ropa
Restaurantes	5 a 10	por comida
Cafeterías	1	por almuerzo

[1] Los litros de ACS/día a 60 ºC de la tabla se han calculado a partir de la tabla 1 (Consumo unitario diario medio) de la Norma UNE 94002:2005 Instalaciones solares térmicas para producción de agua caliente sanitaria. Cálculo de la demanda de energía térmica.

Para el cálculo se ha utilizado la ecuación (8.1) con los valores de Ti= 12º constante y T = 45 ºC.

Para el caso de que se elija una temperatura en el acumulador final diferente a 60 ºC, se deberá alcanzar la contribución solar mínima correspondiente a la demanda obtenida con las demandas de referencia a 60 ºC. No obstante, la demanda a considerar

a efectos de cálculo, segun la temperatura elegida, será la que se obtenga de la siguiente expresión:

$$D(T)=\sum_{t}^{12} D_i(T) \qquad D_i(T) = D_i\,(60ºC)x\left(\frac{60-T_i}{T-T_i}\right)$$

siendo:

D(T): demanda de agua caliente sanitaria anual a la temperatura elegida
D_i(T): demanda de agua caliente sanitaria para el mes i a la temperatura elegida
D_i(60 ºC) : demanda de agua caliente sanitaria para el mes i a la temperatura de 60 ºC
T: temperatura del acumulador final
T_i: temperatura media del agua fría en el mes i

Para otros usos se tomarán valores contrastados por la experiencia o recogidos por fuentes de reconocida solvencia.

En el uso residencial de la vivienda, el cálculo del número de personas por vivienda deberá hacerse utilizando como valores mínimos los que se relacionan a continuación:

8.7.1. Cálculo del número de personas por vivienda

(Véase la tabla 8.8.)

Tabla 8.8. **Cálculo del número de personas por vivienda**

Número de dormitorios	1	2	3	4	5	6	7	Más de 7
Número de personas	1,5	3	4	6	7	8	9	Número de dormitorios

8.7.2. Cálculo de la demanda de agua caliente mensual

La demanda energética será la necesaria para elevar la masa de agua resultante de los consumos requeridos desde la temperatura de suministro a la de referencia (en valores mensuales). La unidad física empleada es la caloría, cantidad de energía necesaria para incrementar la temperatura del agua de 14,5 ºC a 15,5 ºC, cuya equivalencia mecánica resulta de la aplicación del método Joule:

1 cal = 4,186 J
0,24 cal = 1 J

Para cada mes del año, la demanda calculada en kWh/mes sería:

$$DE_{mes}=Q_{día} \times N \times (T_{ACS}- T_{AF}) \times 1{,}16 \times 10{-}3$$

donde:

DE_{mes}: demanda energética, en KWh/mes
$Q_{día}$: consumo diario de agua caliente sanitaria a la temperatura de referencia T_{ACS} (l/día)
N: número de días del mes considerado, días/mes, no necesariamente meses completos en periodos estacionales
T_{ACS}: temperatura de referencia utilizada para la cuantificación del consumo de agua caliente, 60 ºC
T_{AF} : temperatura del agua fría de la red en grados centígrados
1,16 x 10^{-3} : equivalencia entre kcal y kWh
(1 kcal = 1 000 x 4,186 j h / 3 600 s= 1,16 x 10^{-3} kWh)

A título de ejemplo: criterios del CTE para la demanda de una vivienda multifamiliar:

- Consumo por persona: 22 l ACS/d a 60 ºC.
- Para 3 dormitorios: considerar 4 personas/vivienda.
- La demanda resultante de ACS es: 22 x 4 = 88 litros/día a 60 ºC.

8.8. Sistema de acumulación solar

El sistema solar se debe concebir en función de la energía que aporta a lo largo del día y no en función de la potencia del generador (captador solar). Por tanto, se debe prever una acumulación acorde con la demanda al no ser ésta simultánea con la generación.

La acumulación permite seleccionar límites, considerando que un volumen muy pequeño no permite que el captador transfiera calor para hacer efectivo su funcionamiento en las horas de mayor emisión solar, y que un volumen excesivamente grande reduce la productividad.

En la sección HE 4 del DB HE del CTE en su apartado 3.3.3.1 explica que el área de total de los captadores debe ser:

$$50 < (V/A) < 180$$

donde:

A: la suma de las áreas de los captadores (metros cuadrados)
V: el volumen del depósito de acumulación solar (litros)

Completándose la fórmula en el apartado 3.3.3 “Sistema de acumulación solar” de la misma sección.



Figura 8.9. **Panel solar**

8.9. Caudal del circuito primario

El caudal del circuito primario se calcula a partir del caudal unitario por metro cuadrado del captador, de su superficie y del número de ellos.

La sección HE 4 del DB HE del CTE en su apartado 3.3.5.1 indica que el caudal del fluido portador se determinará según las especificaciones del fabricante.

Fórmula para cálculo del caudal:

$$Q=Q_{captador} \times A \times N$$

donde:

Q: caudal total del circuito primario (l / h)
$Q_{captador}$: caudal unitario del captador [l (h · m²)] (especificado en el catálogo del fabricante)

A: superficie de un captador solar (m²)
N: número de captadores en paralelo, entendiendo que el caudal de una serie equivale a un único captador

Ejemplo

Un gimnasio de Badalona, donde hay 40 personas, tiene una necesidad de ACS/día a 60 °C de 20-25 litros.

40 x 25 litros = 1 000 litros

Elegimos un captador cuyo fabricante indica que su capacidad es de 85 litros/día.

1 000 litros / 85 litros = 12 captadores

Volumen de acumulación:

12 captadores x 150 litros = 1 800 litros de acumulación

8.10. Dimensionado de las tuberías

Para el dimensionado del sector primario se aplicará el sistema de cualquier circuito hidráulico, según la ley de dinámica de fluidos.

En el diseño de los tramos se evitará, en la medida de lo posible, los codos y pérdidas de carga en general.

Las tres variables del cálculo de una tubería son: el caudal en el tramo, la pérdida de carga por rozamiento y la altura piezométrica o presión en el conducto. En los circuitos de las instalaciones de energía solar térmica, la altura piezométrica se considera en principio igual a cero, debiendo la bomba de circulación proporcionar la necesaria para el movimiento del fluido.

La ecuación de continuidad establece la relación entre el caudal Q, la velocidad v y la sección S en la tubería de sección constante de la siguiente manera:

$$Q=vx\ S = v \times (\varpi \times D^2/ 4)$$

donde:

Q: Caudal (m^3/s)
v: velocidad (m/s)
S: sección interior de la tubería (m^2)
D: diámetro interior de la tubería (m)

Utilizando unidades habituales, y considerando que 1 l/h = 278 x 10–7 m^3/s, y simplificando la fórmula se despeja la velocidad:

$$v = 0{,}354 \times (Q/D^2)$$

donde:

v: velocidad (m/s)
Q: caudal (l/h)
D: diámetro interior de la tubería (mm)

Partiendo de un caudal, la elección de una velocidad idónea es un factor que debe tenerse en cuenta por los ruidos que puedan derivarse, superior a 1,5 m/s la instalación sería muy ruidosa, y por otra parte, inferior a 0,5 m/s se producirían incrustaciones.

En este sentido y al margen del CTE, se recomienda:

- No superar 1 m/s en derivaciones interiores.

Una vez conocida la velocidad se puede calcular la sección de la tubería: al hacer el proyecto debemos tener en cuenta que el **CTE considera el cobre y el acero inoxidable como únicos materiales en el circuito primario**.

8.10.1. Pérdida de carga lineal en las tuberías

Para que el fluido discurra entre dos puntos a lo largo de una línea de flujo, debe existir una diferencia de energía entre estos dos puntos. Esta diferencia corresponderá exactamente a las pérdidas por rozamiento, que son consecuencia de:

a) La rugosidad del conducto.
b) La viscosidad del fluido.
c) El régimen de funcionamiento (laminar o turbulento).
d) El caudal circulante (a mayor velocidad más pérdidas).

(Véanse las figuras 8.10 y 8.11.)

Esta pérdida de altura piezométrica o de presión en el circuito hay que compensarla mediante el impulso de una bomba, dado que la presión inicial en el caso de estos circuitos es cero.

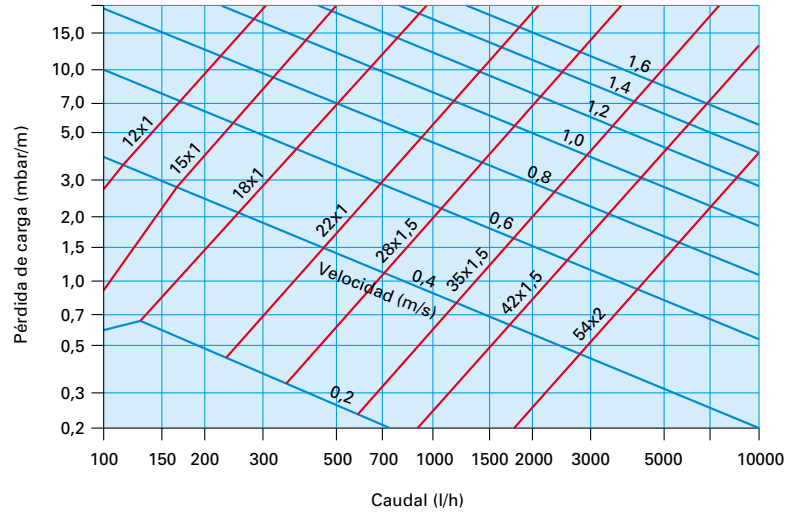


Figura 8.10. **Pérdida de carga en las tuberías de cobre** (válido para tubos de cobre y una mezcla de anticongelante de 65% de agua y 35% de glicol a 50 ºC)

Una vez obtenido el caudal, consultamos la tabla para obtener la pérdida de carga en función de los diámetros y velocidad del fluido.

El glicol tiene una mayor pérdida de carga (apróximadamente, multiplicar por 1,3).

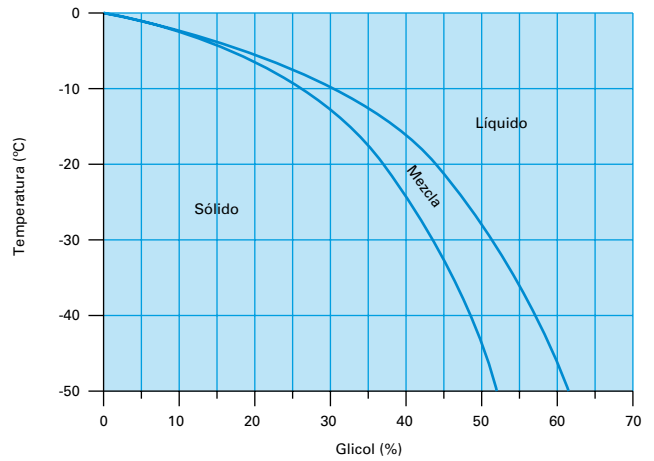


Figura 8.11. **Características del líquido anticongelante**

El cálculo de caudales se fundamenta en el Principio de Bernouilli:

$$\frac{v^2}{2g} + h + \frac{P}{\rho g} = \text{constante}$$

donde:

v: velocidad del fluido en la sección considerada
g: aceleración de la gravedad
h: altura geométrica en la dirección de la gravedad
P: presión a lo largo de la línea de corriente
ρ: peso específico del fluido

Considerando el rozamiento entre dos puntos, 1 y 2:

$$h_1 + (v_1^2/ 2g + P1 / \rho) = h_2 + (v_2^2/ 2g + P_2 / \rho) + \text{pérdidas (1,2)}$$

resultando:

$$(h_1 - h_2) + [(v_1^2 - v_2^2) / 2g)] + (P_1 - P_2) / \rho = \text{pérdidas (1,2)}$$

donde la pérdida (1,2) es la pérdida de energía (o de altura) que sufre el fluido por rozamiento al circular entre los puntos 1 y 2.

Si llamamos L a la distancia entre los puntos 1 y 2 medidos a lo largo de la conducción, el cociente pérdidas (1-2) / L representa la pérdida de altura por unidad de longitud de conducción. A este valor se le denomina pendiente de la línea de energía y se le denomina J en hidráulica, aunque la forma más habitual en fontanería es: $Pdc_{unitaria}$.

En las tuberías de sección circular constante, el agua se traslada en un conducto a sección llena y velocidad constante, por lo que por el principio de conservación de la energía, se indicaría:

$$mgH + (1/2)\, m\, v^2 = 0 + (1/2)\, m\, v^2 + R$$

Esto es:

$$mgH = R$$

R representa la pérdida de energía producida por el rozamiento diferencial, que será por tanto directamente proporcional a la longitud L recorrida, a la altura geométrica H, correspondiente a dicho recorrido lineal, cuyo valor es $H = v^2/ 2g$, cuando la altura piezométrica es nula, e inversamente proporcional al diámetro D del tubo, resultando la siguiente expresión, con un coeficiente proporcionalidad γ

$$mgH = \gamma\, (v^2/ 2g) \times L \times (1 / D)$$

mg representa el peso unitario, siendo equivalente en el caso del agua a:

$$mg = \pi\, (v^2/ 4) \times \Delta l$$

que en el caso del agua sería:

$$\pi\, (D^2 / 4)\, \Delta l\, H = \gamma\, (v^2/ 2g) \times (L / D)$$

La pérdida unitaria J $Pdc_{unitaria}$ es la relación entre H y L por lo que, sustituyendo y despejando, resulta la fórmula general de pérdidas de carga, por unidad de longitud, de los conductos circulares:

$$Pdc_{unitaria} = \lambda\, (v^2/ 2g\, D)$$

$Pdc_{unitaria}$: pérdida de carga o altura en metro de columna de agua por metro lineal de tubería (mca/m)
v: velocidad media circulante, en m/s
g: aceleración de la gravedad, en m/s^2
D: diámetro interior de la tubería, en m
λ: coeficiente de rozamiento del material del tubo, adimensional ($\lambda = 4\, \gamma / \Delta l$)

Fórmula de Flamant para las pérdidas de carga, para tuberías de menos de 50 mm de diámetro, que es la más empleada para las conducciones de agua en instalaciones interiores:

$$J = V^{1,75} \cdot L \cdot F \cdot D^{1,25}$$

donde:

J: pérdida de carga, en mcda
V: velocidad, en m/s
L: longitud de la tubería, en m
D: diámetro interior de la tubería, en m
F: rugosidad de la superficie interior del conducto (para cobre se aplicará el valor 560×10^{-6})

En ocasiones se opta para la fórmula de Flamant, un coeficiente de rugosidad único, dado que pasado un tiempo en su utilización, la rugosidad relativa no es la del metal de origen, sino la resultante del material depositado por el agua en la pared interior de la tubería. En el caso de que el líquido caloportador no sea agua, sino que se utilice una mezcla de agua y anticongelante a base de glicol, la pérdida de carga unitaria obtenida por la fórmula anterior, deberá multiplicarse por 1,3 debido a la mayor viscosidad del fluido.

Se aconseja, para evitar el que las tuberías produzcan ruido, que la pérdida de carga sea inferior a 40 mmca/m, pero el tener limitada la velocidad por reglamento impide superar el límite de pérdidas indicado. Véase la tabla 8.9 para el cálculo de diámetros en una conducción, el diámetro de tubería seleccionado será el que nos proporcione una velocidad y una pérdida de carga inferior a la máxima admisible o recomendable.

Tabla 8.9. **Determinación para el cálculo de tuberías**

Tramo	Q (l/h)	DN (mm)	D (mm)	v (m/s)	$Pdc_{unitaria}$ (mca/m)
AB					
BC					
CD					
EF					
FG					
GH					
HI					

Si hubiera que relacionar el diámetro con el caudal en lugar de relacionarlo con la velocidad, se emplearía (entre otras) la fórmula de Flamant para tuberías lisas de cobre para agua caliente.

$$Pdc_{unitaria} = 378 \times (Q^{1,75}) / D^{4,75}$$

donde:

$Pdc_{unitaria}$: la pérdida de carga en mm de columna de agua por metro lineal de tubería (mmca/m)
Q: caudal de circulación por la tubería (l/h)
D: diámetro interior de la tubería (mm)

Metro de columna de agua

Unidad de presión del sistema técnico de unidades, y equivale a la presión ejercida por una columna de agua pura de un metro de altura. Su símbolo es mca.

También se utiliza el milímetro de columna de agua (mmca).

Su equivalencia es:

1mca = 0,1 kg/cm^2= 9,81 kPa (kilopascal).

8.10.2. Pérdidas de carga aisladas en las tuberías

Existen otras pérdidas de carga, originadas en otras piezas del circuito, accesorios, derivaciones, etc., que deben considerarse a efectos de cálculo (véase el capítulo 10 de este Manual).

8.10.3. Circuito hidráulico de distribución de ACS y AFS

Será de aplicación la sección HS 4 del DB HS del CTE.

El dimensionado de la red se hará a partir del dimensionado de cada tramo, y para ello se partirá del circuito considerado como más desfavorable que será aquel que cuente con la mayor pérdida de presión debida tanto al rozamiento como a su altura geométrica.

El dimensionado de los tramos se hará de acuerdo al procedimiento siguiente:

a. El caudal máximo de cada tramo será igual a la suma de los caudales de los puntos de consumo alimentados por el mismo de acuerdo con la tabla 2.1.

b. Establecimiento de los coeficientes de simultaneidad de cada tramo de acuerdo con un criterio adecuado.

c. Determinación del caudal de cálculo en cada tramo como producto del caudal máximo por el coeficiente de simultaneidad correspondiente.

d. Elección de una velocidad de cálculo comprendida dentro de los intervalos siguientes:

- Tuberías metálicas: entre 0,5 y 2,00 m/s (especificado en el CTE). Razones prácticas aconsejan no sobrepasar 1,6 m/s. El nuevo Reglamento de protección contra el ruido (RD 1371/2007, de 19 de octubre), limita la instalación a 1,00 m/s en las tuberías de calefacción y los radiadores de las viviendas.

e. Obtención del diámetro correspondiente a cada tramo en función del caudal y de la velocidad.

Para el cálculo de las tuberías de distribución del agua caliente sanitaria para el consumo, se observarán las indicaciones del RITE, sus IT's complementarias y las recomendaciones de la UNE 149201 para tales usos. El mismo método será aplicable para las instalaciones de agua fría. El método de cálculo propuesto por la UNE 149201 se desarrolla en el capítulo 10, "Dimensionado de las instalaciones en la edificación".

8.10.4. Sistema de energía convencional auxiliar

En la sección HE 4 del DB HE del CTE en su apartado 3.3.6 indica que las instalaciones de energía solar deben disponer de un sistema de energía convencional auxiliar, especificando que queda prohibido su uso en el circuito primario de los captadores.

8.10.5. Terminología

En la sección HE 4 del DB HE del CTE en el apéndice A:

- **Absorbedor:** componente de un captador solar cuya función es absorber la energía radiante y transferirla en forma de calor a un fluido.

- **Captador solar térmico:** dispositivo diseñado para absorber la radiación solar y transmitir la energía térmica así producida a un fluido de trabajo que circula por su interior.

- **Circuito primario:** circuito del que forman parte los captadores y las tuberías que los unen, en el cual el fluido recoge la energía solar y la transmite.

- **Circuito secundario:** circuito en el que se recoge la energía transferida del circuito primario para ser distribuida a los puntos de consumo.

- **Circuito de consumo:** circuito por el que circula el agua de consumo.

- **Irradiancia solar:** potencia radiante incidente por unidad de superficie sobre un plano dado. Se expresa en kW/m^2.

- **Irradiación solar:** energía incidente por unidad de superficie sobre un plano dado, obtenida por integración de la irradiancia durante un intervalo de tiempo dado, normalmente una hora o un día. Se mide en kWh/m^2.

- **Radiación solar:** es la energía procedente del sol en forma de ondas electromagnéticas.

- **Pérdidas por orientación:** cantidad de irradiación solar solar no aprovechada por el sistema captador a consecuencia de no tener la orientación óptima.

- **Pérdidas por inclinación:** cantidad de irradiación solar solar no aprovechada por el sistema captador a consecuencia de no tener la inclinación óptima.

- **Pérdidas por sombras:** cantidad de irradiación solar no aprovechada por el sistema captador a consecuencia de sombrea sobre el mismo en algún momento del día.

- **Temperatura de estancamiento del captado:** corresponde a la máxima temperatura del fluido que se obtiene cuando, sometido el captador a altos niveles de radiación y temperatura ambiente y siendo la velocidad del viento despreciable, no existe circulación en el captador y se alcanzan condiciones cuasi-estacionarias.

- **Viscosidad dinámica (u):** la viscosidad es una magnitud física que mide la resistencia interna al flujo de un fluido (resistencia al esfuerzo cortante). Es medida por el tiempo en que tarda en fluir a través de un tubo capilar a una determinada temperatura. Las unidades con que se mide en el Sistema Internacional son $N \cdot s /m^2$.

- **Viscosidad cinemática (v):** representa la característica propia del líquido desechando las fuerzas que generan su movimiento. Se obtiene mediante el cociente entre la viscosidad dinámica o absoluta (u) y la densidad (ρ) de la sustancia:

$$v = u / \rho \ (m^2/s)$$



Fuente: IDAE (diciembre 2006).

Figura 8.12. **Proyectos municipales más significativos**

9.- Certificación energética en los edificios

El Ministerio de Industria, Turismo y Comercio en su página web informa sobre la Certificación energética en los edificios de la siguiente manera:

La Certificación de eficiencia energética de los edificios es una exigencia derivada de la Directiva 2002/91/CE.

En lo referente a Certificación Energética, esta Directiva se transpone parcialmente al ordenamiento jurídico español a través del Real Decreto 47/2007, de 19 de enero, por el que se aprueba el Procedimiento básico para la certificación de eficiencia energética de edificios de nueva construcción.

Registro general de documentos reconocidos para la certificación de eficiencia energética

De acuerdo con el artículo 3 del citado Real Decreto, se crea este Registro, con el fin de facilitar el cumplimiento de este Procedimiento básico. Está adscrito a la Secretaría General de Energía, del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, teniendo carácter público e informativo.

Asimismo, en el artículo 14 del mismo, se crea la Comisión asesora para la certificación de eficiencia energética de edificios como órgano colegiado de carácter permanente que depende orgánicamente de la Secretaría General de Energía del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. Su misión es la de asesorar a los Ministerios competentes en materias relacionadas con la certificación energética.

• Este Real Decreto 47/2007, de 19 de enero, entró en vigor 3 meses después de su publicación, siendo voluntaria su aplicación durante un periodo de 6 meses. A partir de ese momento (31 de octubre de 2007), los proyectos de edificios que soliciten licencia de obras deberán cumplir la normativa establecida en este RD.

• En este certificado, y mediante una etiqueta de eficiencia energética, se asignará a cada edificio una Clase Energética de eficiencia, que variará desde la clase A, para los energéticamente más eficientes, a la clase G, para los menos eficientes (véase la figura 9.1).

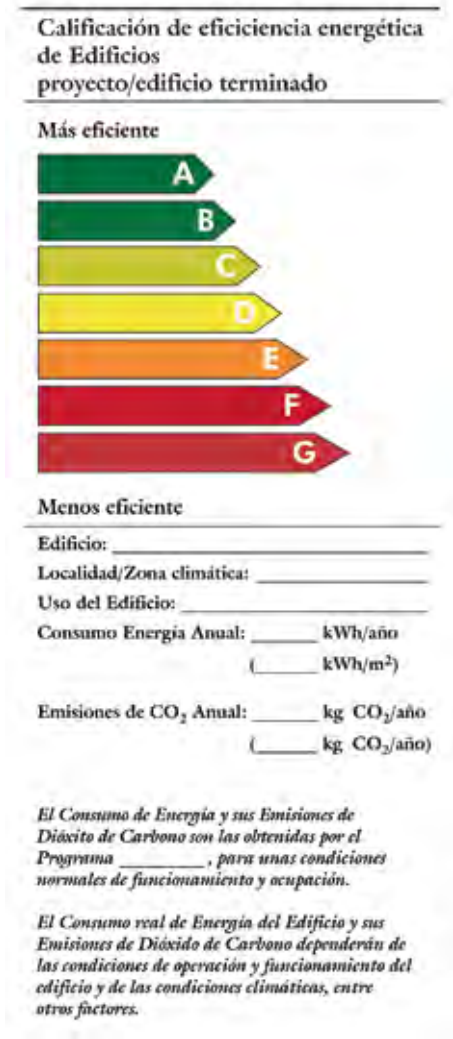


Figura 9.1. **Calificación energética de los edificios**

Para la obtención de la escala de calificación, en nuestro país se ha realizado un estudio específico en el que se detalla el procedimiento utilizado para obtener los límites de dicha escala en función del tipo de edificio considerado y de la climatología de la localidad. Este procedimiento ha tomado en consideración las escalas que en la actualidad se sopesan en otros países y, en particular, la propuesta que figura en el documento del CEN prEN 152171 *Energy performance of buildings: Methods for expressing energy performance and for energy certification of buildings.*

La determinación del nivel de eficiencia energética correspondiente a un edificio puede realizarse empleando dos opciones:

- La opción general, de carácter prestacional, a través de un programa informático.
- La opción simplificada, de carácter prescriptivo, que desarrolla la metodología de cálculo de la calificación de eficiencia energética de una manera indirecta.

La opción general se basa en la utilización de programas informáticos que cumplen los requisitos exigidos en la metodología de cálculo dada en el RD 47/2007. Se ha desarrollado un programa informático de referencia denominado CALENER, promovido por el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio a través del IDAE y la Dirección General de Arquitectura y Política de Vivienda del Ministerio de Vivienda.

Este programa cuenta con dos versiones:

- CALENER_VYP, para edificios de Viviendas y del Pequeño y Mediano Terciario (Equipos autónomos).
- CALENER_GT, para grandes edificios del sector terciario.

La utilización de programas informáticos distintos a los de referencia está sujeta a la aprobación de los mismos por parte de la Comisión Asesora para la Certificación Energética de Edificios. Esta aprobación se hará de acuerdo con los criterios que se establece en el Documento de Condiciones de Aceptación de Procedimientos Alternativos a LIDER y CALENER.

La opción simplificada consiste en la obtención de una clase de eficiencia a partir del cumplimiento por parte de los edificios afectados de unas prescripciones relativas tanto a la envolvente del edificio como a los sistemas térmicos de calefacción, refrigeración, agua caliente sanitaria e iluminación. El conjunto de estas prescripciones se denomina solución técnica.

[1] Nota del editor: este documento está ya publicado como norma europea: EN 15217:2007 *Energy performance of buildings – Methods for expressing energy performance and for energy certification of buildings*

Para la utilización de la opción simplificada es necesaria la proposición de soluciones específicas que tendrán la consideración de documentos reconocidos previa aprobación de los mismos por parte de la Comisión Asesora para la Certificación Energética de Edificios.

Esta aprobación se hará de acuerdo con los criterios que se establecen en el Documento de condiciones de aceptación de Procedimientos Alternativos. Procedimientos simplificados de certificación energética.

Está disponible el borrador de un Procedimiento simplificado aplicable a los edificios de viviendas que cumplen estrictamente los requisitos del CTE-HE.

Como alternativa y ayuda al programa CALENER, se está elaborando la Norma UNE 100003 sobre criterios para la calificación de la calidad de las instalaciones térmicas de la edificación:

- PNE 100003-1-1 *Instalaciones térmicas de la edificación. Criterios para la calificación de la calidad de las instalaciones térmicas. Parte 1-1: Criterios de calificación de la calidad de la documentación técnica.*

- PNE 100003-1-2 I*nstalaciones térmicas de la edificación. Criterios para la calificación de la calidad de las instalaciones térmicas. Parte 1-2: Guía y herramienta de cálculo para la evaluación de los criterios de calificación de la calidad de la documentación técnica.*

- PNE 100003-2-1 *Instalaciones térmicas de la edificación. Criterios para la calificación de la calidad de las instalaciones térmicas. Parte 2-1: Criterios de calificación de la calidad del montaje.*

- PNE 100003-2-2 *Instalaciones térmicas de la edificación. Criterios para la calificación de la calidad de las instalaciones térmicas. Parte 2-2: Guía y herramienta de cálculo para la evaluación de los criterios de calificación de la calidad del montaje.*

- PNE 100003-3-1 *Instalaciones térmicas de la edificación. Criterios para la calificación de la calidad de las instalaciones térmicas. Parte 3-1: Criterios de calificación de la calidad del mantenimiento y uso.*

La norma podrá aplicarse a las instalaciones fijas destinadas a atender las demandas de bienestar térmico de las personas, y no será aplicable a las instalaciones térmicas de procesos industriales.

10.- Características y dimensionado de las instalaciones de agua

Este capítulo ha sido redactado tomando como referencia lo especificado para el dimensionado de las instalaciones de fontanería en el DB HS Salubridad del CTE, Sección HS 4 Suministro de agua y la Norma UNE-EN 149201 *Abastecimiento de agua. Dimensionado de instalaciones de agua para consumo humano dentro de los edificios.*

10.1. Terminología correspondiente a las instalaciones de agua para consumo humano dentro de los edificios

Acometida: tubería que enlaza la red de distribución con la instalación general del edificio.

Ascendente o montante: tubería que une verticalmente el distribuidor principal con las instalaciones interiores particulares o derivaciones colectivas, en edificios de propiedad múltiple.

Caudal de arranque: caudal que proporciona la bomba de sobreelevación trabajando a la presión manométrica de arranque del grupo.

Caudal instantáneo Q_i (l/s; l/min; m³/h): volumen de agua suministrado por unidad de tiempo.

Caudal instantáneo mínimo $Q_{mín}$ (l/s; l/min; m³/h): caudal instantáneo que se debe suministrar a cada uno de los aparatos sanitarios con independencia del estado de funcionamiento.

Caudal simultáneo o caudal de cálculo Q_c (l/s; l/min; m³/h): caudal que se produce por el funcionamiento lógico simultáneo de aparatos de consumo o unidades de suministro.

Caudal total instalado Q_t (l/s; l/min; m³/h): es la suma de los caudales mínimos de todos los aparatos instalados.

Diámetro nominal: número convencional que sirve de referencia y forma parte de la identificación de los diversos elementos que se acoplan entre sí en una instalación, pudiéndose referir al diámetro interior o al diámetro exterior. Viene especificado, en el caso del tubo de cobre, en la Norma UNE-EN 1057.

Espesor nominal: número convencional que se aproxima al espesor medio del tubo. Véase la Norma UNE-EN 1057.

Llave de corte: llave que sirve para interrumpir el suministro al edificio, situada dentro de la propiedad, en una zona de uso común, accesible para su manipulación y señalada adecuadamente para permitir su identificación. Si se dispone de armario o arqueta de contador general, se aloja en su interior.

Presión estática (P_e): presión en cualquier parte de la red sin consumo alguno.

Presión dinámica (P_d): presión resultante en un punto cuando hay consumo.

Presión de prueba (P_p): presión manométrica a la que se somete la instalación durante la prueba de estanquidad.

Presión de servicio (P_s): presión manométrica del suministro de agua a la instalación en régimen estacionario.

Presión de trabajo (P_t): valor de la presión manométrica interna máxima para la que se ha diseñado el tubo, considerando un uso continuado de 50 años.

Presión nominal (P_n): número convencional que coincide con la presión máxima de trabajo a 20 ºC.

Presión mínima de funcionamiento ($P_{mín}$): es la presión mínima necesaria para el funcionamiento de un aparato.

Válvula de retención: dispositivo que impide automáticamente el paso de un fluido en sentido contrario al normal funcionamiento de la misma.

Válvula de seguridad: dispositivo que se abre automáticamente cuando la presión del circuito sube por encima del valor de tarado, descargando el exceso de presión a la atmósfera. Su escape será reconducido a desagüe.

10.2. Tipo de agua en la red

La calidad del agua cumplirá con los parámetros indicados en el RD 140/2003, de 7 de febrero.

Según el DB HS 4 del CTE, apartado 6.3, tabla 6.2, las condiciones de agua a transportar, deberán cumplir con las siguientes características, a partir de las cuales el agua debe ser tratada (véase la tabla 10.1).

Tabla 10.1. **Características de las condiciones del agua para los tubos de cobre**

Características	Agua fría y caliente
pH	7,00 mínimo
CO_2 libre, mg/l	No concentraciones altas
Índice de Langelier (IS)	Debe ser positivo

10.3. Aislamiento térmico de las tuberías

El aislamiento de las redes de tuberías, tanto de impulsión como de retorno, cumplirá con los criterios establecidos en el RITE y sus instrucciones técnicas complementarias ITE (véase el capítulo 4).

10.3.1. Separación de otras instalaciones

- En las conducciones de gas se guardará al menos una distancia de 3 cm.
- La tubería del agua fría no debería resultar afectada por los focos de calor, separándose de las conducciones de agua caliente (ACS o calefacción) 4 cm como mínimo.

10.3.2. Velocidad del agua

• La velocidad en tuberías metálicas se establece ente 0,50 y 2,00 m/s (apartado 4.2.1, punto d, del DB HS 4 del CTE) (véase la tabla 10.2).

Tabla 10.2. **Velocidad del agua**

Efecto de la velocidad del agua en tuberías de cobre		
Velocidad (m/s)	Ruido	Efecto
< 0,5	Silenciosa	Sedimentos e incrustaciones
0,5-1,5	Poco ruidosa	Aconsejada
2	Ruidosa	Límite máximo aceptado por el CTE. **Razones prácticas desestiman su uso**

La velocidad excesiva en las canalizaciones es una de las causas más importantes de ruidos en las edificaciones, abocando al desgaste innecesario de los materiales, pero también una velocidad excesivamente lenta o nula (parada de la instalación) puede provocar putrefacción del agua dando origen a enfermedades.

• El nuevo DB HR Protección contra el Ruido del CTE, RD 1371/2007, de 19 de octubre, limita la velocidad de circulación a 1 m/s en las tuberías de calefacción y los radiadores de las viviendas.

10.3.3. Protección contra ruidos

Los soportes y colgantes para tramos de la red interior con tubos metálicos que transporten el agua a velocidades de 1,5 a 2,0 m/s serán antivibratorios (isofónicos). Igualmente, se utilizarán anclajes y guías flexibles cuando vayan a estar rígidamente unidos a la estructura del edificio.

10.3.4. Montaje de los filtros

El filtro ha de instalarse antes del primer llenado de la instalación, y se situará inmediatamente delante del contador según el sentido de circulación del agua.

En la ampliación de las instalaciones existentes o en el cambio de tramos grandes de instalación, es conveniente la instalación de un filtro adicional en el punto de transición, para evitar la transferencia de materias sólidas de conducciones existentes, recomendándose la instalación de filtros retroenjuagables o de instalaciones paralelas, conectándose una tubería con salida libre para la evacuación del agua del autolimpiado.

10.3.5. Montaje de equipos de descalcificación (si se precisa)

Para el tratado de todo el agua potable de una instalación se colocará el aparato descalcificador detrás de la instalación del contador, del filtro incorporado y –si lo hubiera– delante de un aparato dosificador.

Cuando sea necesario se procederá al mezclado del agua descalcificada con agua dura para obtener la dureza requerida, permitiendo y recomendando siempre una dureza residual que protegerá la tubería.

10.4. Bases de cálculo para el dimensionado

El dimensionado de una red de agua en el interior de los edificios depende fundamentalmente del número y tipo de aparatos instalados.

La determinación del diámetro de una tubería se basa en el cálculo de la pérdida de presión producida en las conducciones. Ésta, además del diámetro, de la longitud de conducción y del material del tubo, depende también del caudal, es decir, del número y magnitud de los puntos de toma conectados. El caudal instantáneo mínimo en cada punto de toma es el de partida para la determinación del caudal simultáneo o caudal de cálculo.

El CTE no prescribe un procedimiento específico a efectos de cálculo, aceptándose cualquier método de reconocido prestigio.

A título de ayuda se ha elaborado la Norma UNE 149201 (basada en la norma alemana DIN 1988), que especifica un método de cálculo recomendado para dimensionar redes de tuberías para el abastecimiento de agua para consumo humano, dentro de los edificios de nueva construcción o rehabilitación de los existentes. (Esta norma complementa a la Norma UNE-EN 806-3.)

10.4.1. Unidades de medida según el Sistema Internacional (SI)

• Longitud: metro (m).
• Masa: kilogramo (kg).

- Tiempo: segundo (s).
- Fuerza: Newton (N).
- Presión: Pascal (Pa) .

La equivalencia en distintas unidades de presión se define en la tabla 10.3.

Tabla 10.3. **Unidades de presión**

Una unidad de esta columna equivale a	Pa = N/m²	MPa = = N/mm²	Kgf/cm²	atm	mca	mm Hg	bar
Pa = N/m²	1	10^{-6}	$1{,}02 \cdot 10^{-5}$	$9{,}87 \cdot 10^{-6}$	$1{,}02 \cdot 10^{-4}$	0,0075	0,00001
MPa = N/mm²	106	1	10,1972	9,86923	101,974	7 500,62	10
Kgf/cm²	98 066,5	0,098067	1	0,96784	10	735,559	0,98067
atm	101 325	0,101325	1,03323	1	10,3326	760	1,01325
mca	9 806,38	0,009806	0,1	0,09678	1	73,5539	0,09806
mm Hg	133,322	$1{,}333 \cdot 10^{-4}$	0,00136	0,00132	0,013595	1	0,00133
bar	100 000	0,1	1,01972	0,98692	10,1974	750,062	1

10.4.2. Diámetros mínimos de alimentación

Según el apartado 4.3 del DB HS 4 del CTE, se refieren siempre a diámetros mínimos y deben ser respetados (véase la tabla 10.4).

Tabla 10.4. **Diámetros mínimos de alimentación1**

Tramo considerado	Acero (‘’)	Cobre
Alimentación a cuarto húmedo privado: baño, aseo, cocina	3/4‘’	20
Alimentación a derivación particular: vivienda, apartamento, local comercial	3/4‘’	20
Columna (montante o descendente)	3/4‘’	20
Distribuidor principal	1‘’	25
Alimentación equipos de climatización: < 50 kW 50-250 kW 250-500 kW > 500 kW	 1/2‘’ 3/4‘’ 1‘’ 1 1/4‘’	 12 20 25 32

[1] Se han respetado las dimensiones del CTE. No obstante, a efectos aclaratorios, se pueden consultar los diámetros comerciales en la tabla A.1 del Anexo A de este libro, ya que se corresponden con las dadas en la Norma UNE-EN 1057 para tales usos.

10.5. Dimensionados de las derivaciones a cuartos húmedos y ramales de enlace y caudales instantáneos mínimos

Según el apartado 4.3 del DB HS4 del CTE, son referencias siempre a diámetros mínimos (véase la tabla 10.5).

Tabla 10.5. **Caudales instantáneos mínimos para cada tipo de aparato (Q_{min}) y diámetros de las derivaciones a los mismos [2]**

Tipo de aparato	Caudal instantáneo mínimo de agua fría		Caudal instantáneo mínimo de ACS		Diámetro de las derivaciones a los diferentes aparatos	
	(l/s)	(m³/h)	(l/s)	(m³/h)	Tubo acero	Tubo cobre (mm)
Lavamanos	0,05	0,18	0,03	0,108	DN 15-1/2‘’	12
Lavabo	0,10	0,36	0,065	0,234	DN 15-1/2‘’	12
Ducha	0,20	0,72	0,10	0,360	DN 15-1/2‘’	12
Bañera ≥1,40 m	0,30	1,08	0,20	0,720	DN 20-3/4‘’	20
Bañera <1,40 m	0,20	0,72	0,10	0,540	DN 20-3/4‘’	20
Bidé	0,10	0,36	0,065	0,234	DN 15-1/2‘’	12
Inodoro con cisterna	0,10	0,36	–	–	DN 15-1/2‘’	12
Inodoro con fluxor	1,25	4,50	–	–	DN 25- DN 40-1-1 1/2‘’	25-40
Urinarios con grifo temporizado	0,15	0,54	–	–	DN 15-1/2‘’	12
Urinarios con cisterna (c/u)	0,04	0,14	–	–	DN 15-1/2‘’	12
Fregadero doméstico	0,20	0,72	0,10	0,360	DN 15-1/2‘’	12
Fregadero no doméstico	0,30	1,08	0,20	0,720	DN 20-3/4‘’	20
Lavavajillas doméstico	0,15	0,54	0,10	0,360	DN 20-3/4‘’ (rosca DN 20)	20
Lavavajillas industrial (20 servicios)	0,25	0,90	0,20	0,720	DN 20-3/4‘’	20
Lavadero	0,20	0,72	0,10	0,360	DN 20-3/4‘’	20
Lavadora doméstica	0,20	0,72	0,10	0,540	DN 20-3/4‘’	20
Lavadora industrial (8 kg)	0,60	2,16	0,40	1,440	DN 25	25
Grifo aislado	0,15	0,54	0,10	0,360	DN 20-3/4‘’	20
Grifo garaje	0,20	0,72	–	–	DN 20-3/4‘’	20
Vertedero	0,20	0,72	–	–	DN 20-3/4‘’	20

Nota: para aparatos de consumo no incluidos en esta tabla, el fabricante facilitará el caudal mínimo instantáneo y, si procede, la presión mínima para su correcto funcionamiento.

[2] Se han respetado las dimensiones del CTE. No obstante, a efectos aclaratorios, se pueden consultar los diámetros comerciales en la tabla A.1 del Anexo A de este libro, ya que se corresponden con las dadas en la Norma UNE-EN 1057 para tales usos.

Caudal (m^3/s) = Sección (m^2) x Velocidad (m/s)

Para el caudal de recirculación de ACS se estimará que en el grifo más alejado, la pérdida de temperatura máxima será de 3 ºC.

El diámetro interior mínimo de la tubería de recirculación será de 16 mm.

Caudal de recirculación (l/h) =
= Pérdida de calor en tuberías (W) / 3 ºC (salto térmico) · 1,16 (W h / ºC · l)

La recirculación en cada columna (montante) deberá ser >250 l/h

La temperatura de ACS de distribución y utilización deberá estar comprendida entre 50 y 65 ºC, excepto en las viviendas donde la temperatura de utilización podrá ser de 45 ºC.

Temperatura en el acumulador >60 ºC.

Temperatura del agua fría <20 ºC.

10.6. Presión

10.6.1. Pérdida de presión total de la instalación

La pérdida de presión total de la instalación resulta de la suma de la pérdida de presión de los tramos que componen la disposición más desfavorable (la que presente una mayor pérdida de carga). Normalmente esta disposición la suelen formar la sucesión de tramos que conduce al aparato más alejado de la acometida.

10.6.2. Presión disponible en la instalación

La presión relativa mínima disponible en el punto de suministro, cuando a través de la instalación circule el caudal de cálculo, se obtendrá como suma de considerar en términos de presión:

a) Altura geométrica de la instalación (Hg).
b) Pérdida de carga total de la instalación (Rt).
c) Presión mínima dinámica del aparato en situación más desfavorable (según el apartado 2.1.3 del DB HS 4 del CTE).

Si la presión de servicio asignada por la empresa suministradora no iguala o supera esta presión, se deberá instalar grupo de sobreelevación (apartado 4.2.2 del DB HS 4 del CTE).

En todos los puntos de consumo, la presión mínima dinámica para el caudal de cálculo o caudal simultáneo debe ser:

a) 100 kPa para grifos comunes (1 bar) (10,19 mcda).
b) 150 kPa para fluxores, calentadores y calderas (1,5 bar) (15,29 mcda).

La presión en cualquier punto de consumo no debe superar los 500 kPa (5 bar) (50,97 mca).

Se recomienda colocar válvulas reductoras.

Nota: una elevada presión de suministro en el interior de las viviendas, acompañado de una sección muy pequeña de tuberías, o bien, una disminución de caudal y aumento de pérdida de carga por las características del fluido, se convierten en patologías que producen ruidos y se traducen en vibraciones muy molestas.

Colocar soportes antivibratorios en las tuberías cuando la velocidad supera 1,5 m/s.

10.7. Caudal de cálculo

El caudal de cálculo Q_c es el caudal utilizado para el dimensionado de los distintos tramos de la instalación. Se establece a partir de la suma de los caudales instantáneos (mínimos) de todos los aparatos, calculados según las fórmulas siguientes dependiendo del tipo de edificación, según el apartado 2.1.3 del DB HS 4 del CTE. Para obtener el caudal total, no se aplicará simultaneidad.

10.7.1. Edificios de viviendas

- Para $Q_t > 20$ l/s $\Rightarrow Q_c = 1{,}7 \cdot (Q_t)^{0{,}21} - 0{,}7$ (l/s)
- Para $Q_t \leq 20$ l/s, dependiendo de los caudales instantáneos mínimos:

– Si todo $Q_{mín} < 0{,}5$ l/s $\Rightarrow Q_c = 0{,}682 \cdot (Qt)^{0{,}45} - 0{,}14$ (l/s)

– Si algún $Q_{mín} \geq 0{,}5$ l/s $\Rightarrow Q_t \leq 1$ l/s $\Rightarrow Q_c = Q_t$ No simultaneidad
$Q_t > 1$ l/s $\Rightarrow Q_c = 1{,}7 \cdot (Q_t)^{0{,}21} - 0{,}7$ (l/s)

10.7.2. Edificios de oficinas, estaciones, aeropuertos, etc.

- Para $Q_t > 20$ l/s $\Rightarrow Q_c = 0{,}4 \cdot (Q_t)^{0{,}54} + 0{,}48$ (l/s)
- Para $Q_t \leq 20$ l/s, dependiendo de los caudales instantáneos mínimos:

– Si todo $Q_{min} < 0{,}5$ l/s $\Rightarrow Q_c = 0{,}682 \cdot (Q_t)^{0{,}45} - 0{,}14$ (l/s)

– Si algún $Q_{min} \geq 0{,}5$ l/s $\Rightarrow Q_t \leq 1$ l/s $\Rightarrow Q_c = Q_t$ No simultaneidad
$Q_t > 1$ l/s $\Rightarrow Q_c = 1{,}7 \cdot (Q_t)^{0{,}21} - 0{,}7$ (l/s)

10.7.3. Edificios de hoteles, discotecas, museos

- Para $Q_t > 20$ l/s $\Rightarrow Q_c = 1{,}08 \cdot (Q_t)^{0{,}5} - 1{,}83$ (l/s)
- Para $Q_t \leq 20$ l/s, dependiendo de los caudales instantáneos mínimos:

– Si todo $Q_{min} < 0{,}5$ l/s $\Rightarrow Q_c = 0{,}698 \cdot (Q_t)^{0{,}45} - 0{,}12$ (l/s)

– Si algún $Q_{min} \geq 0{,}5$ l/s $\Rightarrow Q_t \leq 1$ l/s $\Rightarrow Q_c = Q_t$ No simultaneidad
$Q_t > 1$ l/s $\Rightarrow Q_c = (Q_t)^{0{,}366}$ (l/s)

10.7.4. Edificios centros comerciales

- Para $Q_t > 20$ l/s $\Rightarrow Q_c = 4{,}3 \cdot (Q_t)^{0{,}27} - 6{,}65$ (l/s)
- Para $Q_t \leq 20$ l/s, dependiendo de los caudales instantáneos mínimos:

– Si todo $Q_{min} < 0{,}5$ l/s $\Rightarrow Q_c = 0{,}698 \cdot (Q_t)^{0{,}5} - 0{,}12$ (l/s)

– Si algún $Q_{min} \geq 0{,}5$ l/s $\Rightarrow Q_t \leq 1$ l/s $\Rightarrow Q_c = Q_t$ No simultaneidad
$Q_t > 1$ l/s $\Rightarrow Q_c = (Q_t)^{0{,}366}$ (l/s)

10.7.5. Edificios hospitales

- Para $Q_t > 20$ l/s $\Rightarrow Q_c = 0{,}25 \cdot (Q_t)^{0{,}65} + 1{,}25$ (l/s)
- Para $Q_t \leq 20$ l/s, dependiendo de los caudales instantáneos mínimos:

– Si todo $Q_{min} < 0{,}5$ l/s $\Rightarrow Q_c = 0{,}698 \cdot (Q_t)^{0{,}5} - 0{,}12$ (l/s)

– Si algún $Q_{min} \geq 0{,}5$ l/s $\Rightarrow Q_t \leq 1$ l/s $\Rightarrow Q_c = Q_t$ No simultaneidad
$Q_t > 1$ l/s $\Rightarrow Q_c = (Q_t)^{0{,}366}$ (l/s)

10.7.6. Edificios de escuelas, polideportivos

- Para $Q_t > 20$ l/s $\Rightarrow Q_c = -22{,}5 \cdot (Q_t)^{-0{,}5} + 11{,}5$ (l/s)
- Para $Q_t \leq 20$ l/s $\Rightarrow Q_t \leq 1$ l/s $\Rightarrow Q_c = Q_t$ No simultaneidad
$Q_t > 1$ l/s $\Rightarrow Q_c = 4{,}4 \cdot (Q_t)^{0{,}27} - 3{,}41$ (l/s)

10.8. Pérdida de carga

La pérdida de carga es la pérdida de presión por rozamiento en todos los elementos de la red (tubos, codos, tes, válvulas, etc.) en el interior de los edificios.

10.8.1. Pérdida de carga en los tubos

En general, y para cualquier material, las ecuaciones básicas de las pérdidas de carga en los tubos vienen dadas por las expresiones:

$$J = \frac{\lambda}{d_i} \times \frac{v^2 \times \rho}{2 \times 10^{-3}} \qquad \Delta p = J \times l$$

donde:

J: pérdida de carga unitaria (Pa/m)
Δp: pérdida de carga en toda la longitud (Pa)
λ: coeficiente de rozamiento (adimensional)
d_i: diámetro interior del tubo (mm)
l: longitud total de la tubería (m)
v: velocidad del agua (m/s)
ρ: densidad del agua (kg/m³)

El coeficiente de rozamiento (λ) de una tubería se calcula según la ecuación de Colebrook-White:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2\log\left(\frac{2{,}51}{R_e\sqrt{\lambda}} + \frac{k}{3{,}71 x d_i}\right)$$

donde:

Re: número de Reynolds
k: rugosidad absoluta de la tubería (mm); **cobre: k = 0,0015**
d_i: diámetro interior (mm)

$$R_e = \frac{d_i \times V}{v} \times 10^{-3}$$

v: viscosidad cinemática (m²/s)

La viscosidad es una característica de los fluidos. Indica la resistencia que oponen a desplazarse paralelamente a sí mismos.

Para cualquier líquido la viscosidad cinemática es igual al cociente de su viscosidad dinámica entre su densidad. Su unidad de medición en el sistema CGS es el stoke.

1 stoke = 1 cm²/s

A título orientativo se indican los siguientes valores en la tabla 10.6.

Tabla 10.6. **Viscosidad cinemática en función de la temperatura del agua**

Temp. (ºC)	Densidad (kg/m³)	Viscosidad cinemática x 10^{-6} (m³/s)
0	999,82	1,792
1	999,89	1,731
2	999,94	1,674
3	999,98	1,620
4	1000,00	1,569
5	1000,00	1,520
6	999,99	1,473
7	999,96	1,429
8	999,91	1,386
9	999,85	1,346
10	999,77	1,308
11	999,68	1,271
12	999,58	1,237
13	999,46	1,203
14	999,33	1,171
15	999,19	1,140
16	999,03	1,110
17	998,86	1,082
18	998,68	1,055
19	998,49	1,030
20	998,29	1,005
21	998,08	0,981
22	997,86	0,957
23	997,62	0,935
24	997,38	0,913
25	997,13	0,894
26	996,86	0,874
27	996,59	0,855

Tabla 10.6. **Viscosidad cinemática en función de la temperatura del agua** (continuación)

Temp. (ºC)	Densidad (kg/m³)	Viscosidad cinemática x 10^{-6} (m^3/s)
28	996,31	0,836
29	996,02	0,818
30	995,71	0,801
31	995,41	0,785
32	995,09	0,769
33	994,76	0,753
34	994,43	0,738
35	994,08	0,724
36	993,73	0,709
37	993,37	0,697
38	993,00	0,683
39	992,63	0,671
40	992,2	0,658
50	988,0	0,553
60	983,2	0,474
70	977,8	0,413
80	971,8	0,364
90	965,3	0,326
100	958,4	0,294

Por ejemplo, a una temperatura de 10 ºC la viscosidad cinemática (v) será 1,308 x 10–6 (m^2/s).

Para cada material se deben utilizar valores de k obtenidos en trabajos de investigación de reconocido prestigio, o los proporcionados por el fabricante. A título orientativo se dan los siguientes valores (según la Norma DIN 1988):

a) Para tuberías de acero inoxidable: k = 0,0015.
b) Para tuberías de acero galvanizado: k = 0,30.
c) Para tuberías de cobre: k = 0,0015.
d) Para tuberías de materiales plásticos: k = 0,007.

10.8.2. Pérdida de carga en accesorios

Las pérdidas de carga individualizada para cada accesorio se calculan mediante la siguiente fórmula:

$$Z = \zeta\, v^2 \rho / 2$$

donde:

Z : pérdida de carga individualizada (presión por fricción) (Pa)
ζ : coeficiente de pérdida (para accesorios) (adimensional)
v : velocidad (m/s)
ρ : densidad del agua (kg/m^3)

(Véase la tabla 10.7 con valores orientativos para accesorios.)

Tabla 10.7. **Símbolos gráficos y factores de pérdida de carga (para accesorios)**

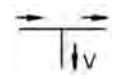
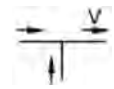
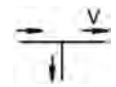
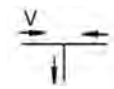
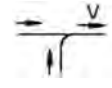
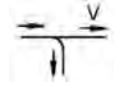
Accesorio n.º	Tipo de accesorio	Coeficiente ζ *	Símbolo gráfico
1	Te divergente	1,3	
2	Te concurrente	0,9	
3	Te directa con derivación	0,3	
4	Te a contracorriente con salida en derivación	3,0	
5	Te a contracorriente con entrada en derivación	1,5	
6	Te con curva divergente	0,9	
7	Te con curva en rama convergente	0,4	

Tabla 10.7. **Símbolos gráficos y factores de pérdida de carga (para accesorios)**
(continuación)

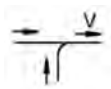
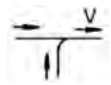
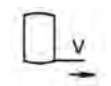
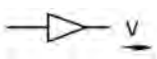
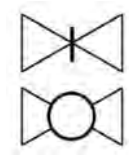
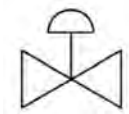
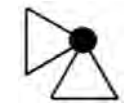
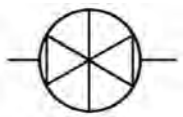
Accesorio n.º	Tipo de accesorio		Coeficiente ζ *	Símbolo gráfico
8	Te directa, con curva en rama divergente		0,3	
9	Te directa, con curva en rama convergente		0,2	
10	Salida de colector		0,5	
11	Salida de tanque o cisterna		0,5	
12	Entrada a colector		1,0	
13	Entrada a tanque o cisterna		1,0	
14	Cambio de dirección con curva o codo		0,7	
15	Reducción		0,4	
16	Lira de dilatación		1,0	
17	Dilatador de fuelle		2,0	
18	Válvulas de cierre y válvulas de asiento rectas	DN 15 DN 20 DN 25 DN 32 DN 40 a DN 100	10 8,5 7,0 6,0 5,0	
	Válvulas de asiento oblicuas	DN 15 DN 20 DN 25 a DN 50 DN 65	3,5 2,5 2,0 0,7	

Tabla 10.7. **Símbolos gráficos y factores de pérdida de carga (para accesorios)**
(continuación)

Accesorio n.º	Tipo de accesorio		Coeficiente ζ *	Símbolo gráfico
19	Válvulas de compuerta	DN 10 a DN 15	1,0	
	Válvulas de compuerta de pistón	DN 20 a DN 25	0,5	
	Válvulas de bola	DN 32 a DN 150	0,3	
20	Válvulas de diafragma	DN 15 DN 20 DN 25 DN 32 DN 40 a DN 100	1,0 8,5 7,0 6,0 5,0	
21	Válvulas de escuadra	DN 10 DN 15 DN 20	7 4 2	
22	Válvulas de retención sencilla	DN 15 a DN 20 DN 25 a DN 40 DN 50 DN 65 a DN 100	7,7 4,3 3,8 2,5	
23	Válvulas en línea con retención	DN 20 DN 25 a DN 50	6,0 5,0	
24	Toma en carga	DN 25 a DN 80	5,0	
25	Válvula reductora de presión totalmente abierta		30,0	

* El factor se aplica al flujo o al flujo parcial cuya velocidad de cálculo está señalada con una "V".

Nota: la pérdida de carga por accesorios está descrita en el apartado 4.2.2 del DB HS 4 del CTE, estimándose un valor comprendido entre 20% y 30% de la producida en cada tramo de tubería.

10.8.3. Pérdida total de carga

Para la determinación de la pérdida total de carga por tramo:

10.8.3.1. Tubería

$$R_{tuberías} = r \times L$$

donde:

$R_{tuberías}$: rozamiento total en la tubería del tramo considerado, en mm cda/metro
r: rozamiento unitario en la tubería del tramo considerado, en mm cda/metro
L: longitud de la tubería del tramo considerado, en metros

10.8.3.2. Accesorios

$$L_{accesorios} = 0{,}3 \times L$$

donde:

$L_{accesorios}$: longitud equivalente de tubería debida a los accesorios que componen el tramo considerado, en metros
0,3: coeficiente numérico que corresponde al 30% del tramo de tubería calculado
L: longitud de la tubería del tramo considerado, en metros

$$R_{accesorios} = r \times L_{accesorios}$$

donde:

$R_{accesorios}$: rozamiento total en la tubería del tramo considerado, en mm cda/metro
r: rozamiento unitario en la tubería del tramo considerado, en mm cda/metro
$L_{accesorios}$: longitud equivalente de tubería, por los accesorios que componen el tramo de instalación calculado, expresado en metros

10.8.3.3. Pérdida de presión (carga) total en un tramo de canalización

$$R_{total} = R_{tuberías} + R_{accesorios}$$

donde:

R_{total}: rozamiento total en el tramo calculado, en mm cda
$R_{tuberías}$: rozamiento total en la tubería del tramo considerado, en mm cda
$R_{accesorios}$: rozamiento total en la tubería del tramo considerado, en mm cda

El resultado de la operación se debe consignar en la columna “Rozamiento total del tramo”.

A título de ayuda, incluimos ejemplo y tabla (véase la tabla 10.8) para ir anotando el resultado de las operaciones efectuadas.

Ejemplo: Determinar las pérdidas de presión totales por rozamiento en un tramo de 16 metros de tubería que tiene un caudal de cálculo de 1,25 litros/segundo, utilizando tubo de cobre de 42 mm de diámetro nominal (exterior).

Haciendo uso de la tabla 10.10, con el caudal de 1,25 litros/segundo y para la tubería mencionada, se obtienen los siguientes resultados:

- Velocidad: 0,99 m/s.
- Rozamiento unitario: 29,56 mm cda/metro.

Utilizando las fórmulas para la determinación de las pérdidas por rozamiento en el tramo de tubería considerado, se obtiene:

- Rozamiento por tuberías: 16 m x 29,56 mm cda/m = 472,96 mm cda.
- Rozamiento por accesorios: 4,8 m x 29,56 mm cda/m = 141,888 mm cda.
- Rozamiento total del tramo considerado: 472,96 + 141,888 = 614,848 mm cda.

Tabla 10.8. **Dimensionado de una instalación**

Caudal de cálculo (l/s)	Diámetro comercial (mm)	Velocidad (m/s)	Rozamiento unitario (mm cda/m)	Longitud tubería (m)	Rozamiento tubería (mm cda)	Longitud equivalente por accesorios (m)	Rozamiento por accesorios (mm cda)	Rozamiento total (mm cda)
1,25	42	0,99	29,56	16	472,96	4,8	141,888	614,848

A continuación, se incluye un resumen de los cálculos efectuados para una instalación a una temperatura de 10 ºC (véanse las tablas 10.9 y 10.10).

Tabla 10.9. **Determinación del caudal de cálculo en función del caudal total de la instalación, según la Norma UNE 149201**

Determinación del caudal de cálculo en función del caudal total de la instalación												
Tipo de edificio	Edificio de viviendas		Edificios de oficinas, estaciones, aeropuertos, etc.		Edificios de hoteles, discotecas, museos, etc.		Edificios centros comerciales		Edificios hospitales		Edificios de escuelas, polideportivos, etc.	
Caudal total (Q_T)	Caudal de cálculo (Q_c)		Caudal de cálculo (Q_c)		Caudal de cálculo (Q_c)		Caudal de cálculo (Q_c)		Caudal de cálculo (Q_c)		Caudal de Caudal cálculo (Q_c)	
	Q_{min} < 0,5 l/s	Q_{min} ≥ 0,5 l/s	Q_{min} < 0,5 l/s	Q_{min} ≥ 0,5 l/s	Q_{min} < 0,5 l/s	Q_{min} ≥ 0,5 l/s	Q_{min} < 0,5 l/s	Q_{min} ≥ 0,5 l/s	Q_{min} < 0,5 l/s	Q_{min} ≥ 0,5 l/s	Q_{min} < 0,5 l/s	Q_{min} ≥ 0,5 l/s
0,1	0,10	0,1	0,10	0,1	0,10	0,1	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
0,2	0,19	0,2	0,19	0,2	0,19	0,2	0,19	0,20	0,19	0,20	0,20	0,20
0,25	0,23	0,25	0,23	0,25	0,23	0,25	0,23	0,25	0,23	0,25	0,25	0,25
0,3	0,26	0,3	0,26	0,3	0,26	0,30	0,26	0,30	0,26	0,30	0,30	0,30
0,35	0,29	0,35	0,29	0,35	0,29	0,35	0,29	0,35	0,29	0,35	0,35	0,35
0,4	0,31	0,4	0,31	0,4	0,32	0,4	0,32	0,40	0,32	0,40	0,40	0,40
0,45	0,34	0,45	0,34	0,45	0,35	0,45	0,35	0,45	0,35	0,45	0,45	0,45
0,5	0,36	0,5	0,36	0,5	0,37	0,5	0,37	0,50	0,37	0,50	0,50	0,50
0,55	0,38	0,55	0,38	0,55	0,40	0,55	0,40	0,55	0,40	0,55	0,55	0,55
0,6	0,40	0,6	0,40	0,6	0,42	0,6	0,42	0,60	0,42	0,60	0,60	0,60
0,65	0,42	0,65	0,42	0,65	0,44	0,65	0,44	0,65	0,44	0,65	0,65	0,65
0,7	0,44	0,7	0,44	0,7	0,46	0,7	0,46	0,70	0,46	0,70	0,70	0,70
0,75	0,46	0,75	0,46	0,75	0,48	0,75	0,48	0,75	0,48	0,75	0,75	0,75
0,8	0,48	0,8	0,48	0,8	0,50	0,8	0,50	0,80	0,50	0,80	0,80	0,80
0,85	0,49	0,85	0,49	0,85	0,52	0,85	0,52	0,85	0,52	0,85	0,85	0,85
0,9	0,51	0,9	0,51	0,9	0,54	0,9	0,54	0,90	0,54	0,90	0,90	0,90
0,95	0,53	0,95	0,53	0,95	0,56	0,95	0,56	0,95	0,56	0,95	0,95	0,95
1	0,54	1	0,54	1	0,58	1	0,58	1,00	0,58	1,00	1,00	1,00
1,1	0,57	1,03	0,57	1,03	0,61	1,04	0,61	1,04	0,61	1,04	1,10	1,10
1,2	0,60	1,07	0,60	1,07	0,64	1,10	0,64	1,07	0,64	1,07	1,21	1,21
1,3	0,63	1,10	0,63	1,10	0,68	1,07	0,68	1,10	0,68	1,10	1,31	1,31
1,4	0,65	1,12	0,65	1,12	0,71	1,13	0,71	1,13	0,71	1,13	1,41	1,41
1,5	0,68	1,15	0,68	1,15	0,73	1,16	0,73	1,16	0,73	1,16	1,50	1,50
1,6	0,70	1,18	0,70	1,18	0,76	1,19	0,76	1,19	0,76	1,19	1,59	1,59
1,7	0,73	1,20	0,73	1,20	0,79	1,21	0,79	1,21	0,79	1,21	1,67	1,67
1,8	0,75	1,22	0,75	1,22	0,82	1,24	0,82	1,24	0,82	1,24	1,75	1,75
1,9	0,77	1,25	0,77	1,25	0,84	1,26	0,84	1,26	0,84	1,26	1,82	1,82
2	0,79	1,27	0,79	1,27	0,87	1,29	0,87	1,29	0,87	1,29	1,90	1,90
2,1	0,81	1,29	0,81	1,29	0,89	1,31	0,89	1,31	0,89	1,31	1,97	1,97
2,2	0,83	1,31	0,83	1,31	0,92	1,33	0,92	1,33	0,92	1,33	2,03	2,03
2,3	0,85	1,32	0,85	1,32	0,94	1,36	0,94	1,36	0,94	1,36	2,10	2,10
2,4	0,87	1,34	0,87	1,34	0,96	1,38	0,96	1,38	0,96	1,38	2,16	2,16
2,5	0,89	1,36	0,89	1,36	0,98	1,40	0,98	1,40	0,98	1,40	2,23	2,23
2,6	0,91	1,38	0,91	1,38	1,01	1,42	1,01	1,42	1,01	1,42	2,29	2,29
2,7	0,93	1,39	0,93	1,39	1,03	1,44	1,03	1,44	1,03	1,44	2,34	2,34
2,8	0,94	1,41	0,94	1,41	1,05	1,46	1,05	1,46	1,05	1,46	2,40	2,40
2,9	0,96	1,43	0,96	1,43	1,07	1,48	1,07	1,48	1,07	1,48	2,46	2,46
3	0,98	1,44	0,98	1,44	1,09	1,49	1,09	1,49	1,09	1,49	2,51	2,51
3,1	0,99	1,46	0,99	1,46	1,11	1,51	1,11	1,51	1,11	1,51	2,56	2,56
3,2	1,01	1,47	1,01	1,47	1,13	1,53	1,13	1,53	1,13	1,53	2,61	2,61

Tabla 10.9. **Determinación del caudal de cálculo en función del caudal total de la instalación, según la Norma UNE 149201** (continuación)

Determinación del caudal de cálculo en función del caudal total de la instalación												
Tipo de edificio	Edificio de viviendas		Edificios de oficinas, estaciones, aeropuertos, etc.		Edificios de hoteles, discotecas, museos, etc.		Edificios centros comerciales		Edificios hospitales		Edificios de escuelas, polideportivos, etc.	
Caudal total (Q_T)	Caudal de cálculo (Q_c)		Caudal de cálculo (Q_c)		Caudal de cálculo (Q_c)		Caudal de cálculo (Q_c)		Caudal de cálculo (Q_c)		Caudal de Caudal cálculo (Q_c)	
	Q_{min} < 0,5 l/s	Q_{min} ≥ 0,5 l/s	Q_{min} < 0,5 l/s	Q_{min} ≥ 0,5 l/s	Q_{min} < 0,5 l/s	Q_{min} ≥ 0,5 l/s	Q_{min} < 0,5 l/s	Q_{min} ≥ 0,5 l/s	Q_{min} < 0,5 l/s	Q_{min} ≥ 0,5 l/s	Q_{min} < 0,5 l/s	Q_{min} ≥ 0,5 l/s
3,3	1,03	1,48	1,03	1,48	1,15	1,55	1,15	1,55	1,15	1,55	2,66	2,66
3,4	1,04	1,50	1,04	1,50	1,17	1,57	1,17	1,57	1,17	1,57	2,71	2,71
3,5	1,06	1,51	1,06	1,51	1,19	1,58	1,19	1,58	1,19	1,58	2,76	2,76
3,6	1,07	1,52	1,07	1,52	1,20	1,60	1,20	1,60	1,20	1,60	2,81	2,81
3,7	1,09	1,54	1,09	1,54	1,22	1,61	1,22	1,61	1,22	1,61	2,85	2,85
3,8	1,10	1,55	1,10	1,55	1,24	1,63	1,24	1,63	1,24	1,63	2,90	2,90
3,9	1,12	1,56	1,12	1,56	1,26	1,65	1,26	1,65	1,26	1,65	2,94	2,94
4	1,13	1,57	1,13	1,57	1,28	1,66	1,28	1,66	1,28	1,66	2,99	2,99
4,1	1,15	1,59	1,15	1,59	1,29	1,68	1,29	1,68	1,29	1,68	3,03	3,03
4,2	1,16	1,60	1,16	1,60	1,31	1,69	1,31	1,69	1,31	1,69	3,07	3,07
4,3	1,17	1,61	1,17	1,61	1,33	1,71	1,33	1,71	1,33	1,71	3,11	3,11
4,4	1,19	1,62	1,19	1,62	1,34	1,72	1,34	1,72	1,34	1,72	3,15	3,15
4,5	1,20	1,63	1,20	1,63	1,36	1,73	1,36	1,73	1,36	1,73	3,19	3,19
4,6	1,22	1,64	1,22	1,64	1,38	1,75	1,38	1,75	1,38	1,75	3,23	3,23
4,7	1,23	1,65	1,23	1,65	1,39	1,76	1,39	1,76	1,39	1,76	3,27	3,27
4,8	1,24	1,66	1,24	1,66	1,41	1,78	1,41	1,78	1,41	1,78	3,31	3,31
4,9	1,25	1,67	1,25	1,67	1,43	1,79	1,43	1,79	1,43	1,79	3,35	3,35
5	1,27	1,68	1,27	1,68	1,44	1,80	1,44	1,80	1,44	1,80	3,38	3,38
5,1	1,28	1,69	1,28	1,69	1,46	1,82	1,46	1,82	1,46	1,82	3,42	3,42
5,2	1,29	1,70	1,29	1,70	1,47	1,83	1,47	1,83	1,47	1,83	3,46	3,46
5,3	1,30	1,71	1,30	1,71	1,49	1,84	1,49	1,84	1,49	1,84	3,49	3,49
5,4	1,32	1,72	1,32	1,72	1,50	1,85	1,50	1,85	1,50	1,85	3,53	3,53
5,5	1,33	1,73	1,33	1,73	1,52	1,87	1,52	1,87	1,52	1,87	3,56	3,56
5,6	1,34	1,74	1,34	1,74	1,53	1,88	1,53	1,88	1,53	1,88	3,60	3,60
5,7	1,35	1,75	1,35	1,75	1,55	1,89	1,55	1,89	1,55	1,89	3,63	3,63
5,8	1,36	1,76	1,36	1,76	1,56	1,90	1,56	1,90	1,56	1,90	3,66	3,66
5,9	1,38	1,77	1,38	1,77	1,58	1,91	1,58	1,91	1,58	1,91	3,70	3,70
6	1,39	1,78	1,39	1,78	1,59	1,93	1,59	1,93	1,59	1,93	3,73	3,73
6,1	1,40	1,79	1,40	1,79	1,60	1,94	1,60	1,94	1,60	1,94	3,76	3,76
6,2	1,41	1,79	1,41	1,79	1,62	1,95	1,62	1,95	1,62	1,95	3,79	3,79
6,3	1,42	1,80	1,42	1,80	1,63	1,96	1,63	1,96	1,63	1,96	3,82	3,82
6,4	1,43	1,81	1,43	1,81	1,65	1,97	1,65	1,97	1,65	1,97	3,85	3,85
6,5	1,44	1,82	1,44	1,82	1,66	1,98	1,66	1,98	1,66	1,98	3,88	3,88
6,6	1,45	1,83	1,45	1,83	1,67	2,00	1,67	2,00	1,67	2,00	3,91	3,91
6,7	1,47	1,83	1,47	1,83	1,69	2,01	1,69	2,01	1,69	2,01	3,94	3,94
6,8	1,48	1,84	1,48	1,84	1,70	2,02	1,70	2,02	1,70	2,02	3,97	3,97
6,9	1,49	1,85	1,49	1,85	1,71	2,03	1,71	2,03	1,71	2,03	4,00	4,00
7	1,50	1,86	1,50	1,86	1,73	2,04	1,73	2,04	1,73	2,04	4,03	4,03
7,1	1,51	1,87	1,51	1,87	1,74	2,05	1,74	2,05	1,74	2,05	4,06	4,06
7,2	1,52	1,87	1,52	1,87	1,75	2,06	1,75	2,06	1,75	2,06	4,09	4,09
7,3	1,53	1,88	1,53	1,88	1,77	2,07	1,77	2,07	1,77	2,07	4,12	4,12

Tabla 10.9. **Determinación del caudal de cálculo en función del caudal total de la instalación, según la Norma UNE 149201** (continuación)

Determinación del caudal de cálculo en función del caudal total de la instalación												
Tipo de edificio	Edificio de viviendas		Edificios de oficinas, estaciones, aeropuertos, etc.		Edificios de hoteles, discotecas, museos, etc.		Edificios centros comerciales		Edificios hospitales		Edificios de escuelas, polideportivos, etc.	
Caudal total (Q_T)	Caudal de cálculo (Q_c)		Caudal de cálculo (Q_c)		Caudal de cálculo (Q_c)		Caudal de cálculo (Q_c)		Caudal de cálculo (Q_c)		Caudal de Caudal cálculo (Q_c)	
	Q_{min} < 0,5 l/s	Q_{min} ≥ 0,5 l/s	Q_{min} < 0,5 l/s	Q_{min} ≥ 0,5 l/s	Q_{min} < 0,5 l/s	Q_{min} ≥ 0,5 l/s	Q_{min} < 0,5 l/s	Q_{min} ≥ 0,5 l/s	Q_{min} < 0,5 l/s	Q_{min} ≥ 0,5 l/s	Q_{min} < 0,5 l/s	Q_{min} ≥ 0,5 l/s
7,4	1,54	1,89	1,54	1,89	1,78	2,08	1,78	2,08	1,78	2,08	4,14	4,14
7,5	1,55	1,90	1,55	1,90	1,79	2,09	1,79	2,09	1,79	2,09	4,17	4,17
7,6	1,56	1,90	1,56	1,90	1,80	2,10	1,80	2,10	1,80	2,10	4,20	4,20
7,7	1,57	1,91	1,57	1,91	1,82	2,11	1,82	2,11	1,82	2,11	4,22	4,22
7,8	1,58	1,92	1,58	1,92	1,83	2,12	1,83	2,12	1,83	2,12	4,25	4,25
7,9	1,59	1,92	1,59	1,92	1,84	2,13	1,84	2,13	1,84	2,13	4,28	4,28
8	1,60	1,93	1,60	1,93	1,85	2,14	1,85	2,14	1,85	2,14	4,30	4,30
8,1	1,61	1,94	1,61	1,94	1,87	2,15	1,87	2,15	1,87	2,15	4,33	4,33
8,2	1,62	1,94	1,62	1,94	1,88	2,16	1,88	2,16	1,88	2,16	4,36	4,36
8,3	1,63	1,95	1,63	1,95	1,89	2,17	1,89	2,17	1,89	2,17	4,38	4,38
8,4	1,64	1,96	1,64	1,96	1,90	2,18	1,90	2,18	1,90	2,18	4,41	4,41
8,5	1,65	1,96	1,65	1,96	1,92	2,19	1,92	2,19	1,92	2,19	4,43	4,43
8,6	1,66	1,97	1,66	1,97	1,93	2,20	1,93	2,20	1,93	2,20	4,46	4,46
8,7	1,67	1,98	1,67	1,98	1,94	2,21	1,94	2,21	1,94	2,21	4,48	4,48
8,8	1,67	1,98	1,67	1,98	1,95	2,22	1,95	2,22	1,95	2,22	4,51	4,51
8,9	1,68	1,99	1,68	1,99	1,96	2,23	1,96	2,23	1,96	2,23	4,53	4,53
9	1,69	2,00	1,69	2,00	1,97	2,23	1,97	2,23	1,97	2,23	4,55	4,55
9,1	1,70	2,00	1,70	2,00	1,99	2,24	1,99	2,24	1,99	2,24	4,58	4,58
9,2	1,71	2,01	1,71	2,01	2,00	2,25	2,00	2,25	2,00	2,25	4,60	4,60
9,3	1,72	2,02	1,72	2,02	2,01	2,26	2,01	2,26	2,01	2,26	4,62	4,62
9,4	1,73	2,02	1,73	2,02	2,02	2,27	2,02	2,27	2,02	2,27	4,65	4,65
9,5	1,74	2,03	1,74	2,03	2,03	2,28	2,03	2,28	2,03	2,28	4,67	4,67
9,6	1,75	2,03	1,75	2,03	2,04	2,29	2,04	2,29	2,04	2,29	4,69	4,69
9,7	1,76	2,04	1,76	2,04	2,05	2,30	2,05	2,30	2,05	2,30	4,72	4,72
9,8	1,76	2,05	1,76	2,05	2,07	2,31	2,07	2,31	2,07	2,31	4,74	4,74
9,9	1,77	2,05	1,77	2,05	2,08	2,31	2,08	2,31	2,08	2,31	4,76	4,76
10	1,78	2,06	1,78	2,06	2,09	2,32	2,09	2,32	2,09	2,32	4,78	4,78
10,1	1,79	2,06	1,79	2,06	2,10	2,33	2,10	2,33	2,10	2,33	4,81	4,81
10,2	1,80	2,07	1,80	2,07	2,11	2,34	2,11	2,34	2,11	2,34	4,83	4,83
10,3	1,81	2,07	1,81	2,07	2,12	2,35	2,12	2,35	2,12	2,35	4,85	4,85
10,4	1,82	2,08	1,82	2,08	2,13	2,36	2,13	2,36	2,13	2,36	4,87	4,87
10,5	1,82	2,09	1,82	2,09	2,14	2,36	2,14	2,36	2,14	2,36	4,89	4,89
10,6	1,83	2,09	1,83	2,09	2,15	2,37	2,15	2,37	2,15	2,37	4,91	4,91
10,7	1,84	2,10	1,84	2,10	2,16	2,38	2,16	2,38	2,16	2,38	4,93	4,93
10,8	1,85	2,10	1,85	2,10	2,17	2,39	2,17	2,39	2,17	2,39	4,96	4,96
10,9	1,86	2,11	1,86	2,11	2,18	2,40	2,18	2,40	2,18	2,40	4,98	4,98
11	1,87	2,11	1,87	2,11	2,20	2,41	2,20	2,41	2,20	2,41	5,00	5,00
11,1	1,87	2,12	1,87	2,12	2,21	2,41	2,21	2,41	2,21	2,41	5,02	5,02
11,2	1,88	2,12	1,88	2,12	2,22	2,42	2,22	2,42	2,22	2,42	5,04	5,04
11,3	1,89	2,13	1,89	2,13	2,23	2,43	2,23	2,43	2,23	2,43	5,06	5,06
11,4	1,90	2,13	1,90	2,13	2,24	2,44	2,24	2,44	2,24	2,44	5,08	5,08

Tabla 10.9. **Determinación del caudal de cálculo en función del caudal total de la instalación, según la Norma UNE 149201** (continuación)

Determinación del caudal de cálculo en función del caudal total de la instalación												
Tipo de edificio	Edificio de viviendas		Edificios de oficinas, estaciones, aeropuertos, etc.		Edificios de hoteles, discotecas, museos, etc.		Edificios centros comerciales		Edificios hospitales		Edificios de escuelas, polideportivos, etc.	
Caudal total (Q_T)	Caudal de cálculo (Q_c)		Caudal de cálculo (Q_c)		Caudal de cálculo (Q_c)		Caudal de cálculo (Q_c)		Caudal de cálculo (Q_c)		Caudal de Caudal cálculo (Q_c)	
	Q_{min} < 0,5 l/s	Q_{min} ≥ 0,5 l/s	Q_{min} < 0,5 l/s	Q_{min} ≥ 0,5 l/s	Q_{min} < 0,5 l/s	Q_{min} ≥ 0,5 l/s	Q_{min} < 0,5 l/s	Q_{min} ≥ 0,5 l/s	Q_{min} < 0,5 l/s	Q_{min} ≥ 0,5 l/s	Q_{min} < 0,5 l/s	Q_{min} ≥ 0,5 l/s
11,5	1,91	2,14	1,91	2,14	2,25	2,44	2,25	2,44	2,25	2,44	5,10	5,10
11,6	1,91	2,14	1,91	2,14	2,26	2,45	2,26	2,45	2,26	2,45	5,12	5,12
11,7	1,92	2,15	1,92	2,15	2,27	2,46	2,27	2,46	2,27	2,46	5,14	5,14
11,8	1,93	2,15	1,93	2,15	2,28	2,47	2,28	2,47	2,28	2,47	5,16	5,16
11,9	1,94	2,16	1,94	2,16	2,29	2,48	2,29	2,48	2,29	2,48	5,18	5,18
12	1,95	2,16	1,95	2,16	2,30	2,48	2,30	2,48	2,30	2,48	5,20	5,20
12,1	1,95	2,17	1,95	2,17	2,31	2,49	2,31	2,49	2,31	2,49	5,22	5,22
12,2	1,96	2,17	1,96	2,17	2,32	2,50	2,32	2,50	2,32	2,50	5,24	5,24
12,3	1,97	2,18	1,97	2,18	2,33	2,51	2,33	2,51	2,51	2,51	5,25	5,25
12,4	1,98	2,18	1,98	2,18	2,34	2,51	2,34	2,51	2,51	2,51	5,27	5,27
12,5	1,99	2,19	1,99	2,19	2,35	2,52	2,35	2,52	2,52	2,52	5,29	5,29
12,6	1,99	2,19	1,99	2,19	2,36	2,53	2,36	2,53	2,53	2,53	5,31	5,31
12,7	2,00	2,20	2,00	2,20	2,37	2,54	2,37	2,54	2,54	2,54	5,33	5,33
12,8	2,01	2,20	2,01	2,20	2,38	2,54	2,38	2,54	2,54	2,54	5,35	5,35
12,9	2,02	2,21	2,02	2,21	2,39	2,55	2,39	2,55	2,55	2,55	5,37	5,37
13	2,02	2,21	2,02	2,21	2,40	2,56	2,40	2,56	2,56	2,56	5,38	5,38
13,1	2,03	2,22	2,03	2,22	2,41	2,56	2,41	2,56	2,56	2,56	5,40	5,40
13,2	2,04	2,22	2,04	2,22	2,42	2,57	2,42	2,57	2,57	2,57	5,42	5,42
13,3	2,05	2,23	2,05	2,23	2,43	2,58	2,43	2,58	2,58	2,58	5,44	5,44
13,4	2,05	2,23	2,05	2,23	2,44	2,59	2,44	2,59	2,59	2,59	5,46	5,46
13,5	2,06	2,24	2,06	2,24	2,44	2,59	2,44	2,59	2,59	2,59	5,47	5,47
13,6	2,07	2,24	2,07	2,24	2,45	2,60	2,45	2,60	2,60	2,60	5,49	5,49
13,7	2,07	2,25	2,07	2,25	2,46	2,61	2,46	2,61	2,61	2,61	5,51	5,51
13,8	2,08	2,25	2,08	2,25	2,47	2,61	2,47	2,61	2,61	2,61	5,53	5,53
13,9	2,09	2,25	2,09	2,25	2,48	2,62	2,48	2,62	2,62	2,62	5,55	5,55
14	2,10	2,26	2,10	2,26	2,49	2,63	2,49	2,63	2,63	2,63	5,56	5,56
14,1	2,10	2,26	2,10	2,26	2,50	2,63	2,50	2,63	2,63	2,63	5,58	5,58
14,2	2,11	2,27	2,11	2,27	2,51	2,64	2,51	2,64	2,64	2,64	5,60	5,60
14,3	2,12	2,27	2,12	2,27	2,52	2,65	2,52	2,65	2,65	2,65	5,61	5,61
14,4	2,12	2,28	2,12	2,28	2,53	2,65	2,53	2,65	2,53	2,65	5,63	5,63
14,6	2,14	2,29	2,14	2,29	2,55	2,67	2,55	2,67	2,55	2,67	5,66	5,66
14,7	2,15	2,29	2,15	2,29	2,56	2,67	2,56	2,67	2,56	2,67	5,68	5,68
14,8	2,15	2,29	2,15	2,29	2,57	2,68	2,57	2,68	2,57	2,68	5,70	5,70
14,9	2,16	2,30	2,16	2,30	2,57	2,69	2,57	2,69	2,57	2,69	5,71	5,71
15	2,17	2,30	2,17	2,30	2,58	2,69	2,58	2,69	2,58	2,69	5,73	5,73
15,1	2,17	2,31	2,17	2,31	2,59	2,70	2,59	2,70	2,59	2,70	5,75	5,75
15,2	2,18	2,31	2,18	2,31	2,60	2,71	2,60	2,71	2,60	2,71	5,76	5,76
15,3	2,19	2,31	2,19	2,31	2,61	2,71	2,61	2,71	2,61	2,71	5,78	5,78
15,4	2,19	2,32	2,19	2,32	2,62	2,72	2,62	2,72	2,62	2,72	5,80	5,80
15,5	2,20	2,32	2,20	2,32	2,63	2,73	2,63	2,73	2,63	2,73	5,81	5,81
15,6	2,21	2,33	2,21	2,33	2,64	2,73	2,64	2,73	2,64	2,73	5,83	5,83

Tabla 10.9. **Determinación del caudal de cálculo en función del caudal total de la instalación, según la Norma UNE 149201** (continuación)

Determinación del caudal de cálculo en función del caudal total de la instalación												
Tipo de edificio	Edificio de viviendas		Edificios de oficinas, estaciones, aeropuertos, etc.		Edificios de hoteles, discotecas, museos, etc.		Edificios centros comerciales		Edificios hospitales		Edificios de escuelas, polideportivos, etc.	
Caudal total (Q_T)	Caudal de cálculo (Q_c)		Caudal de cálculo (Q_c)		Caudal de cálculo (Q_c)		Caudal de cálculo (Q_c)		Caudal de cálculo (Q_c)		Caudal de Caudal cálculo (Q_c)	
	Q_{min} < 0,5 l/s	Q_{min} ≥ 0,5 l/s	Q_{min} < 0,5 l/s	Q_{min} ≥ 0,5 l/s	Q_{min} < 0,5 l/s	Q_{min} ≥ 0,5 l/s	Q_{min} < 0,5 l/s	Q_{min} ≥ 0,5 l/s	Q_{min} < 0,5 l/s	Q_{min} ≥ 0,5 l/s	Q_{min} < 0,5 l/s	Q_{min} ≥ 0,5 l/s
15,7	2,21	2,33	2,21	2,33	2,65	2,74	2,65	2,74	2,65	2,74	5,84	5,84
15,8	2,22	2,34	2,22	2,34	2,65	2,75	2,65	2,75	2,65	2,75	5,86	5,86
15,9	2,23	2,34	2,23	2,34	2,66	2,75	2,66	2,75	2,66	2,75	5,88	5,88
16	2,23	2,34	2,23	2,34	2,67	2,76	2,67	2,76	2,67	2,76	5,89	5,89
16,1	2,24	2,35	2,24	2,35	2,68	2,77	2,68	2,77	2,68	2,77	5,91	5,91
16,2	2,25	2,35	2,25	2,35	2,69	2,77	2,69	2,77	2,69	2,77	5,92	5,92
16,3	2,25	2,35	2,25	2,35	2,70	2,78	2,70	2,78	2,70	2,78	5,94	5,94
16,4	2,26	2,36	2,26	2,36	2,71	2,78	2,71	2,78	2,71	2,78	5,95	5,95
16,5	2,27	2,36	2,27	2,36	2,72	2,79	2,72	2,79	2,72	2,79	5,97	5,97
16,6	2,27	2,37	2,27	2,37	2,72	2,80	2,72	2,80	2,72	2,80	5,98	5,98
16,7	2,28	2,37	2,28	2,37	2,73	2,80	2,73	2,80	2,73	2,80	6,00	6,00
16,8	2,29	2,37	2,29	2,37	2,74	2,81	2,74	2,81	2,74	2,81	6,02	6,02
16,9	2,29	2,38	2,29	2,38	2,75	2,81	2,75	2,81	2,75	2,81	6,03	6,03
17	2,30	2,38	2,30	2,38	2,76	2,82	2,76	2,82	2,76	2,82	6,05	6,05
17,1	2,31	2,39	2,31	2,39	2,77	2,83	2,77	2,83	2,77	2,83	6,06	6,06
17,2	2,31	2,39	2,31	2,39	2,77	2,83	2,77	2,83	2,77	2,83	6,08	6,08
17,3	2,32	2,39	2,32	2,39	2,78	2,84	2,78	2,84	2,78	2,84	6,09	6,09
17,4	2,33	2,40	2,33	2,40	2,79	2,84	2,79	2,84	2,79	2,84	6,10	6,10
17,5	2,33	2,40	2,33	2,40	2,80	2,85	2,80	2,85	2,80	2,85	6,12	6,12
17,6	2,34	2,40	2,34	2,40	2,81	2,86	2,81	2,86	2,81	2,86	6,13	6,13
17,7	2,35	2,41	2,35	2,41	2,82	2,86	2,82	2,86	2,82	2,86	6,15	6,15
17,8	2,35	2,41	2,35	2,41	2,82	2,87	2,82	2,87	2,83	2,87	6,16	6,16
17,9	2,36	2,42	2,36	2,42	2,83	2,87	2,83	2,87	2,84	2,87	6,18	6,18
18	2,36	2,42	2,36	2,42	2,84	2,88	2,84	2,88	2,85	2,88	6,19	6,19
18,1	2,37	2,42	2,37	2,42	2,85	2,89	2,85	2,89	2,86	2,89	6,21	6,21
18,2	2,38	2,43	2,38	2,43	2,86	2,89	2,86	2,89	2,87	2,89	6,22	6,22
18,3	2,38	2,43	2,38	2,43	2,87	2,90	2,87	2,90	2,87	2,90	6,24	6,24
18,4	2,39	2,43	2,39	2,43	2,87	2,90	2,87	2,90	2,88	2,90	6,25	6,25
18,5	2,40	2,44	2,40	2,44	2,88	2,91	2,88	2,91	2,89	2,91	6,26	6,26
18,6	2,40	2,44	2,40	2,44	2,89	2,92	2,89	2,92	2,90	2,92	6,28	6,28
18,7	2,41	2,44	2,41	2,44	2,90	2,92	2,90	2,92	2,91	2,92	6,29	6,29
18,8	2,41	2,45	2,41	2,45	2,91	2,93	2,91	2,93	2,91	2,93	6,31	6,31
18,9	2,42	2,45	2,42	2,45	2,91	2,93	2,91	2,93	2,92	2,93	6,32	6,32
19	2,43	2,45	2,43	2,45	2,92	2,94	2,92	2,94	2,93	2,94	6,33	6,33
19,1	2,43	2,46	2,43	2,46	2,93	2,94	2,93	2,94	2,94	2,94	6,35	6,35
19,2	2,44	2,46	2,44	2,46	2,94	2,95	2,94	2,95	2,95	2,95	6,36	6,36
19,3	2,44	2,47	2,44	2,47	2,95	2,95	2,95	2,95	2,95	2,95	6,37	6,37
19,4	2,45	2,47	2,45	2,47	2,95	2,96	2,95	2,96	2,96	2,96	6,39	6,39
19,5	2,46	2,47	2,46	2,47	2,96	2,97	2,96	2,97	2,97	2,97	6,40	6,40
19,6	2,46	2,48	2,46	2,48	2,97	2,97	2,97	2,97	2,98	2,97	6,42	6,42
19,7	2,47	2,48	2,47	2,48	2,98	2,98	2,98	2,98	2,99	2,98	6,43	6,43

Tabla 10.9. **Determinación del caudal de cálculo en función del caudal total de la instalación, según la Norma UNE 149201** (continuación)

Determinación del caudal de cálculo en función del caudal total de la instalación												
Tipo de edificio	Edificio de viviendas		Edificios de oficinas, estaciones, aeropuertos, etc.		Edificios de hoteles, discotecas, museos, etc.		Edificios centros comerciales		Edificios hospitales		Edificios de escuelas, polideportivos, etc.	
Caudal total (Q_T)	Caudal de cálculo (Q_c)		Caudal de cálculo (Q_c)		Caudal de cálculo (Q_c)		Caudal de cálculo (Q_c)		Caudal de cálculo (Q_c)		Caudal de Caudal cálculo (Q_c)	
	Q_{min} < 0,5 l/s	Q_{min} ≥ 0,5 l/s	Q_{min} < 0,5 l/s	Q_{min} ≥ 0,5 l/s	Q_{min} < 0,5 l/s	Q_{min} ≥ 0,5 l/s	Q_{min} < 0,5 l/s	Q_{min} ≥ 0,5 l/s	Q_{min} < 0,5 l/s	Q_{min} ≥ 0,5 l/s	Q_{min} < 0,5 l/s	Q_{min} ≥ 0,5 l/s
19,8	2,47	2,48	2,47	2,48	2,99	2,98	2,99	2,98	2,99	2,98	6,44	6,44
19,9	2,48	2,49	2,48	2,49	2,99	2,99	2,99	2,99	2,99	2,99	6,46	6,46
20	2,49	2,49	2,50	2,50	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	6,47	6,47
20,1	2,49	2,49	2,50	2,50	3,01	3,01	3,02	3,02	3,01	3,01	6,48	6,48
20,2	2,50	2,50	2,51	2,51	3,02	3,02	3,03	3,03	3,01	3,01	6,49	6,49
20,3	2,50	2,50	2,51	2,51	3,04	3,04	3,04	3,04	3,02	3,02	6,51	6,51
20,4	2,50	2,50	2,52	2,52	3,05	3,05	3,06	3,06	3,03	3,03	6,52	6,52
20,5	2,51	2,51	2,52	2,52	3,06	3,06	3,07	3,07	3,03	3,03	6,53	6,53
20,6	2,51	2,51	2,53	2,53	3,07	3,07	3,08	3,08	3,04	3,04	6,54	6,54
20,7	2,51	2,51	2,53	2,53	3,08	3,08	3,09	3,09	3,04	3,04	6,55	6,55
20,8	2,52	2,52	2,54	2,54	3,10	3,10	3,11	3,11	3,05	3,05	6,57	6,57
20,9	2,52	2,52	2,55	2,55	3,11	3,11	3,12	3,12	3,05	3,05	6,58	6,58
21	2,52	2,52	2,55	2,55	3,12	3,12	3,13	3,13	3,06	3,06	6,59	6,59
21,1	2,53	2,53	2,56	2,56	3,13	3,13	3,15	3,15	3,06	3,06	6,60	6,60
21,2	2,53	2,53	2,56	2,56	3,14	3,14	3,16	3,16	3,07	3,07	6,61	6,61
21,3	2,53	2,53	2,57	2,57	3,15	3,15	3,17	3,17	3,08	3,08	6,62	6,62
21,4	2,53	2,53	2,57	2,57	3,17	3,17	3,18	3,18	3,08	3,08	6,64	6,64
21,5	2,54	2,54	2,58	2,58	3,18	3,18	3,20	3,20	3,09	3,09	6,65	6,65
21,6	2,54	2,54	2,58	2,58	3,19	3,19	3,21	3,21	3,09	3,09	6,66	6,66
21,7	2,54	2,54	2,59	2,59	3,20	3,20	3,22	3,22	3,10	3,10	6,67	6,67
21,8	2,55	2,55	2,59	2,59	3,21	3,21	3,23	3,23	3,10	3,10	6,68	6,68
21,9	2,55	2,55	2,60	2,60	3,22	3,22	3,24	3,24	3,11	3,11	6,69	6,69
22	2,55	2,55	2,60	2,60	3,24	3,24	3,26	3,26	3,11	3,11	6,70	6,70
22,1	2,56	2,56	2,61	2,61	3,25	3,25	3,27	3,27	3,12	3,12	6,71	6,71
22,2	2,56	2,56	2,61	2,61	3,26	3,26	3,28	3,28	3,13	3,13	6,72	6,72
22,3	2,56	2,56	2,62	2,62	3,27	3,27	3,29	3,29	3,13	3,13	6,74	6,74
22,4	2,57	2,57	2,62	2,62	3,28	3,28	3,30	3,30	3,14	3,14	6,75	6,75
22,5	2,57	2,57	2,63	2,63	3,29	3,29	3,32	3,32	3,14	3,14	6,76	6,76
22,6	2,57	2,57	2,63	2,63	3,30	3,30	3,33	3,33	3,15	3,15	6,77	6,77
22,7	2,58	2,58	2,64	2,64	3,32	3,32	3,34	3,34	3,15	3,15	6,78	6,78
22,8	2,58	2,58	2,64	2,64	3,33	3,33	3,35	3,35	3,16	3,16	6,79	6,79
22,9	2,58	2,58	2,65	2,65	3,34	3,34	3,36	3,36	3,16	3,16	6,80	6,80
23	2,58	2,58	2,65	2,65	3,35	3,35	3,38	3,38	3,17	3,17	6,81	6,81
23,1	2,59	2,59	2,66	2,66	3,36	3,36	3,39	3,39	3,17	3,17	6,82	6,82
23,2	2,59	2,59	2,66	2,66	3,37	3,37	3,40	3,40	3,18	3,18	6,83	6,83
23,3	2,59	2,59	2,67	2,67	3,38	3,38	3,41	3,41	3,19	3,19	6,84	6,84
23,4	2,60	2,60	2,68	2,68	3,39	3,39	3,42	3,42	3,19	3,19	6,85	6,85
23,5	2,60	2,60	2,68	2,68	3,41	3,41	3,43	3,43	3,20	3,20	6,86	6,86
23,6	2,60	2,60	2,69	2,69	3,42	3,42	3,45	3,45	3,20	3,20	6,87	6,87
23,7	2,60	2,60	2,69	2,69	3,43	3,43	3,46	3,46	3,21	3,21	6,88	6,88
23,8	2,61	2,61	2,70	2,70	3,44	3,44	3,47	3,47	3,21	3,21	6,89	6,89

Tabla 10.9. **Determinación del caudal de cálculo en función del caudal total de la instalación, según la Norma UNE 149201** (continuación)

Determinación del caudal de cálculo en función del caudal total de la instalación												
Tipo de edificio	Edificio de viviendas		Edificios de oficinas, estaciones, aeropuertos, etc.		Edificios de hoteles, discotecas, museos, etc.		Edificios centros comerciales		Edificios hospitales		Edificios de escuelas, polideportivos, etc.	
Caudal total (Q_T)	Caudal de cálculo (Q_c)		Caudal de cálculo (Q_c)		Caudal de cálculo (Q_c)		Caudal de cálculo (Q_c)		Caudal de cálculo (Q_c)		Caudal de Caudal cálculo (Q_c)	
	Q_{min} < 0,5 l/s	Q_{min} ≥ 0,5 l/s	Q_{min} < 0,5 l/s	Q_{min} ≥ 0,5 l/s	Q_{min} < 0,5 l/s	Q_{min} ≥ 0,5 l/s	Q_{min} < 0,5 l/s	Q_{min} ≥ 0,5 l/s	Q_{min} < 0,5 l/s	Q_{min} ≥ 0,5 l/s	Q_{min} < 0,5 l/s	Q_{min} ≥ 0,5 l/s
23,9	2,61	2,61	2,70	2,70	3,45	3,45	3,48	3,48	3,22	3,22	6,90	6,90
24	2,61	2,61	2,71	2,71	3,46	3,46	3,49	3,49	3,22	3,22	6,91	6,91
24,2	2,62	2,62	2,72	2,72	3,48	3,48	3,51	3,51	3,23	3,23	6,93	6,93
24,4	2,63	2,63	2,73	2,73	3,50	3,50	3,54	3,54	3,24	3,24	6,95	6,95
24,6	2,63	2,63	2,74	2,74	3,53	3,53	3,56	3,56	3,25	3,25	6,96	6,96
24,8	2,64	2,64	2,74	2,74	3,55	3,55	3,58	3,58	3,27	3,27	6,98	6,98
25	2,64	2,64	2,75	2,75	3,57	3,57	3,60	3,60	3,28	3,28	7,00	7,00
25,2	2,65	2,65	2,76	2,76	3,59	3,59	3,63	3,63	3,29	3,29	7,02	7,02
25,4	2,65	2,65	2,77	2,77	3,61	3,61	3,65	3,65	3,30	3,30	7,04	7,04
25,6	2,66	2,66	2,78	2,78	3,63	3,63	3,67	3,67	3,31	3,31	7,05	7,05
25,8	2,66	2,66	2,79	2,79	3,66	3,66	3,69	3,69	3,32	3,32	7,07	7,07
26	2,67	2,67	2,80	2,80	3,68	3,68	3,71	3,71	3,33	3,33	7,09	7,09
26,2	2,68	2,68	2,81	2,81	3,70	3,70	3,74	3,74	3,34	3,34	7,10	7,10
26,4	2,68	2,68	2,82	2,82	3,72	3,72	3,76	3,76	3,35	3,35	7,12	7,12
26,6	2,69	2,69	2,83	2,83	3,74	3,74	3,78	3,78	3,36	3,36	7,14	7,14
26,8	2,69	2,69	2,84	2,84	3,76	3,76	3,80	3,80	3,37	3,37	7,15	7,15
27	2,70	2,70	2,85	2,85	3,78	3,78	3,82	3,82	3,38	3,38	7,17	7,17
27,2	2,70	2,70	2,86	2,86	3,80	3,80	3,84	3,84	3,39	3,39	7,19	7,19
27,4	2,71	2,71	2,87	2,87	3,82	3,82	3,86	3,86	3,40	3,40	7,20	7,20
27,6	2,71	2,71	2,88	2,88	3,84	3,84	3,88	3,88	3,41	3,41	7,22	7,22
27,8	2,72	2,72	2,89	2,89	3,86	3,86	3,90	3,90	3,42	3,42	7,23	7,23
28	2,72	2,72	2,90	2,90	3,88	3,88	3,92	3,92	3,43	3,43	7,25	7,25
28,4	2,73	2,73	2,92	2,92	3,93	3,93	3,96	3,96	3,45	3,45	7,28	7,28
28,6	2,74	2,74	2,93	2,93	3,95	3,95	3,98	3,98	3,46	3,46	7,29	7,29
28,8	2,74	2,74	2,94	2,94	3,97	3,97	4,00	4,00	3,47	3,47	7,31	7,31
29	2,75	2,75	2,94	2,94	3,99	3,99	4,02	4,02	3,48	3,48	7,32	7,32
29,2	2,75	2,75	2,95	2,95	4,01	4,01	4,04	4,04	3,49	3,49	7,34	7,34
29,4	2,76	2,76	2,96	2,96	4,03	4,03	4,06	4,06	3,50	3,50	7,35	7,35
29,6	2,76	2,76	2,97	2,97	4,05	4,05	4,08	4,08	3,51	3,51	7,36	7,36
29,8	2,77	2,77	2,98	2,98	4,07	4,07	4,10	4,10	3,52	3,52	7,38	7,38
30	2,77	2,77	2,99	2,99	4,09	4,09	4,12	4,12	3,53	3,53	7,39	7,39
30,5	2,78	2,78	3,01	3,01	4,13	4,13	4,17	4,17	3,56	3,56	7,43	7,43
31	2,80	2,80	3,04	3,04	4,18	4,18	4,22	4,22	3,58	3,58	7,46	7,46
31,5	2,81	2,81	3,06	3,06	4,23	4,23	4,26	4,26	3,60	3,60	7,49	7,49
32	2,82	2,82	3,08	3,08	4,28	4,28	4,31	4,31	3,63	3,63	7,52	7,52
32,5	2,83	2,83	3,10	3,10	4,33	4,33	4,36	4,36	3,65	3,65	7,55	7,55
33	2,84	2,84	3,12	3,12	4,37	4,37	4,40	4,40	3,68	3,68	7,58	7,58
33,5	2,85	2,85	3,14	3,14	4,42	4,42	4,45	4,45	3,70	3,70	7,61	7,61
34	2,86	2,86	3,17	3,17	4,47	4,47	4,49	4,49	3,72	3,72	7,64	7,64
34,5	2,88	2,88	3,19	3,19	4,51	4,51	4,54	4,54	3,75	3,75	7,67	7,67
35	2,89	2,89	3,21	3,21	4,56	4,56	4,58	4,58	3,77	3,77	7,70	7,70

Tabla 10.9. **Determinación del caudal de cálculo en función del caudal total de la instalación, según la Norma UNE 149201** (continuación)

Determinación del caudal de cálculo en función del caudal total de la instalación												
Tipo de edificio	Edificio de viviendas		Edificios de oficinas, estaciones, aeropuertos, etc.		Edificios de hoteles, discotecas, museos, etc.		Edificios centros comerciales		Edificios hospitales		Edificios de escuelas, polideportivos, etc.	
Caudal total (Q_T)	Caudal de cálculo (Q_c)		Caudal de cálculo (Q_c)		Caudal de cálculo (Q_c)		Caudal de cálculo (Q_c)		Caudal de cálculo (Q_c)		Caudal de Caudal cálculo (Q_c)	
	Q_{min} < 0,5 l/s	Q_{min} ≥ 0,5 l/s	Q_{min} < 0,5 l/s	Q_{min} ≥ 0,5 l/s	Q_{min} < 0,5 l/s	Q_{min} ≥ 0,5 l/s	Q_{min} < 0,5 l/s	Q_{min} ≥ 0,5 l/s	Q_{min} < 0,5 l/s	Q_{min} ≥ 0,5 l/s	Q_{min} < 0,5 l/s	Q_{min} ≥ 0,5 l/s
35,5	2,90	2,90	3,23	3,23	4,60	4,60	4,62	4,62	3,79	3,79	7,72	7,72
36	2,91	2,91	3,25	3,25	4,65	4,65	4,67	4,67	3,82	3,82	7,75	7,75
36,5	2,92	2,92	3,27	3,27	4,69	4,69	4,71	4,71	3,84	3,84	7,78	7,78
37	2,93	2,93	3,29	3,29	4,74	4,74	4,75	4,75	3,86	3,86	7,80	7,80
37,5	2,94	2,94	3,31	3,31	4,78	4,78	4,79	4,79	3,89	3,89	7,83	7,83
38	2,95	2,95	3,33	3,33	4,83	4,83	4,83	4,83	3,91	3,91	7,85	7,85
38,5	2,96	2,96	3,35	3,35	4,87	4,87	4,87	4,87	3,93	3,93	7,87	7,87
39	2,97	2,97	3,37	3,37	4,91	4,91	4,91	4,91	3,95	3,95	7,90	7,90
39,5	2,98	2,98	3,39	3,39	4,96	4,96	4,95	4,95	3,98	3,98	7,92	7,92
40	2,99	2,99	3,41	3,41	5,00	5,00	4,99	4,99	4,00	4,00	7,94	7,94
40,5	3,00	3,00	3,43	3,43	5,04	5,04	5,03	5,03	4,02	4,02	7,96	7,96
41	3,01	3,01	3,45	3,45	5,09	5,09	5,07	5,07	4,04	4,04	7,99	7,99
41,5	3,02	3,02	3,47	3,47	5,13	5,13	5,11	5,11	4,07	4,07	8,01	8,01
42	3,03	3,03	3,49	3,49	5,17	5,17	5,15	5,15	4,09	4,09	8,03	8,03
42,5	3,04	3,04	3,51	3,51	5,21	5,21	5,18	5,18	4,11	4,11	8,05	8,05
43	3,05	3,05	3,53	3,53	5,25	5,25	5,22	5,22	4,13	4,13	8,07	8,07
43,5	3,05	3,05	3,55	3,55	5,29	5,29	5,26	5,26	4,15	4,15	8,09	8,09
44	3,06	3,06	3,57	3,57	5,33	5,33	5,30	5,30	4,18	4,18	8,11	8,11
44,5	3,07	3,07	3,59	3,59	5,37	5,37	5,33	5,33	4,20	4,20	8,13	8,13
45	3,08	3,08	3,60	3,60	5,41	5,41	5,37	5,37	4,22	4,22	8,15	8,15
45,5	3,09	3,09	3,62	3,62	5,45	5,45	5,40	5,40	4,24	4,24	8,16	8,16
46	3,10	3,10	3,64	3,64	5,49	5,49	5,44	5,44	4,26	4,26	8,18	8,18
46,5	3,11	3,11	3,66	3,66	5,53	5,53	5,47	5,47	4,28	4,28	8,20	8,20
48	3,13	3,13	3,72	3,72	5,65	5,65	5,58	5,58	4,35	4,35	8,25	8,25
47	3,12	3,12	3,68	3,68	5,57	5,57	5,51	5,51	4,30	4,30	8,22	8,22
47,5	3,12	3,12	3,70	3,70	5,61	5,61	5,54	5,54	4,32	4,32	8,24	8,24
48,5	3,14	3,14	3,73	3,73	5,69	5,69	5,61	5,61	4,37	4,37	8,27	8,27
49	3,15	3,15	3,75	3,75	5,73	5,73	5,65	5,65	4,39	4,39	8,29	8,29
49,5	3,16	3,16	3,77	3,77	5,77	5,77	5,68	5,68	4,41	4,41	8,3	8,3
50	3,17	3,17	3,79	3,79	5,81	5,81	5,71	5,71	4,43	4,43	8,32	8,32
50,5	3,17	3,17	3,81	3,81	5,84	5,84	5,75	5,75	4,45	4,45	8,33	8,33
51	3,18	3,18	3,82	3,82	5,88	5,88	5,78	5,78	4,47	4,47	8,35	8,35
51,5	3,19	3,19	3,84	3,84	5,92	5,92	5,81	5,81	4,49	4,49	8,36	8,36
52	3,20	3,20	3,86	3,86	5,96	5,96	5,85	5,85	4,51	4,51	8,38	8,38
52,5	3,21	3,21	3,88	3,88	6,00	6,00	5,88	5,88	4,53	4,53	8,39	8,39
53	3,21	3,21	3,89	3,89	6,03	6,03	5,91	5,91	4,55	4,55	8,41	8,41
53,5	3,22	3,22	3,91	3,91	6,07	6,07	5,94	5,94	4,57	4,57	8,42	8,42
54	3,23	3,23	3,93	3,93	6,11	6,11	5,97	5,97	4,59	4,59	8,44	8,44
54,5	3,24	3,24	3,95	3,95	6,14	6,14	6,01	6,01	4,61	4,61	8,45	8,45
55	3,24	3,24	3,96	3,96	6,18	6,18	6,04	6,04	4,63	4,63	8,47	8,47
55,5	3,25	3,25	3,98	3,98	6,22	6,22	6,07	6,07	4,65	4,65	8,48	8,48

Tabla 10.9. **Determinación del caudal de cálculo en función del caudal total de la instalación, según la Norma UNE 149201** (continuación)

Determinación del caudal de cálculo en función del caudal total de la instalación												
Tipo de edificio	Edificio de viviendas		Edificios de oficinas, estaciones, aeropuertos, etc.		Edificios de hoteles, discotecas, museos, etc.		Edificios centros comerciales		Edificios hospitales		Edificios de escuelas, polideportivos, etc.	
Caudal total (Q_T)	Caudal de cálculo (Q_c)		Caudal de cálculo (Q_c)		Caudal de cálculo (Q_c)		Caudal de cálculo (Q_c)		Caudal de cálculo (Q_c)		Caudal de Caudal cálculo (Q_c)	
	Q_{min} < 0,5 l/s	Q_{min} ≥ 0,5 l/s	Q_{min} < 0,5 l/s	Q_{min} ≥ 0,5 l/s	Q_{min} < 0,5 l/s	Q_{min} ≥ 0,5 l/s	Q_{min} < 0,5 l/s	Q_{min} ≥ 0,5 l/s	Q_{min} < 0,5 l/s	Q_{min} ≥ 0,5 l/s	Q_{min} < 0,5 l/s	Q_{min} ≥ 0,5 l/s
56	3,26	3,26	4,00	4,00	6,25	6,25	6,10	6,10	4,67	4,67	8,49	8,49
56,5	3,27	3,27	4,01	4,01	6,29	6,29	6,13	6,13	4,69	4,69	8,51	8,51
57	3,27	3,27	4,03	4,03	6,32	6,32	6,16	6,16	4,71	4,71	8,52	8,52
57,5	3,28	3,28	4,05	4,05	6,36	6,36	6,19	6,19	4,73	4,73	8,53	8,53
58	3,29	3,29	4,06	4,06	6,40	6,40	6,22	6,22	4,75	4,75	8,55	8,55
58,5	3,30	3,30	4,08	4,08	6,43	6,43	6,25	6,25	4,77	4,77	8,56	8,56
59	3,30	3,30	4,10	4,1	6,47	6,47	6,28	6,28	4,79	4,79	8,57	8,57
59,5	3,31	3,31	4,11	4,11	6,5	6,5	6,31	6,31	4,81	4,81	8,58	8,58
60	3,32	3,32	4,13	4,13	6,54	6,54	6,34	6,34	4,83	4,83	8,6	8,6

Tabla 10.10. **Características aplicables a la tubería de cobre según la Norma UNE-EN 1057**

Material: Cu
Rugosidad absoluta (mm): 0,0015 (según la norma DIN 1988)
Temperatura (ºC): 10
Viscosidad cinemática: 1,308 · 10^{-6} (m^2/s)

Tubería de cobre según UNE-EN 1057				
Caudal de cálculo (l/s)	Diámetro int. comercial (mm)	Velocidad (m/s)	Rozamiento unitario (mm cda/m)	Diámetro int. comercial (mm)
0,1	10	1,27	260,35	12
	13	0,75	75,26	15
0,15	13	1,13	151,53	15
	16	0,75	56,68	18
0,2	13	1,51	250,00	15
	16	0,99	93,27	18
	20	0,64	32,41	22
0,25	16	1,24	137,55	18
	20	0,80	47,69	22
0,3	16	1,49	189,20	18
	20	0,95	65,49	22
	26	0,57	18,87	28

Tabla 10.10. **Características aplicables a la tubería de cobre según la Norma UNE-EN 1057** (continuación)

Caudal de cálculo (l/s)	Diámetro int. comercial (mm)	Velocidad (m/s)	Rozamiento unitario (mm cda/m)	Diámetro int. comercial (mm)
0,35	20	1,11	85,71	22
	26	0,66	24,66	28
0,4	20	1,27	108,29	22
	26	0,75	31,11	28
0,45	20	1,43	133,16	22
	26	0,85	38,21	28
	33	0,53	12,32	35
0,5	20	1,59	160,28	22
	26	0,94	45,94	28
	33	0,58	14,80	35
0,55	26	1,04	54,29	28
	33	0,64	17,48	35
0,6	26	1,13	63,25	28
	33	0,70	20,35	35
0,65	26	1,22	72,81	28
	33	0,76	23,41	28
0,7	26	1,32	82,96	35
	33	0,82	26,65	42
	40	0,56	10,68	28
0,75	26	1,41	93,70	35
	33	0,88	30,08	42
	40	0,60	12,05	42
0,8	26	1,51	105,01	28
	33	0,94	33,69	35
	40	0,64	13,49	42
0,85	26	1,60	116,89	28
	33	0,99	37,48	35
	40	0,68	15,00	42
0,9	33	1,05	41,45	35
	40	0,72	16,58	42
0,95	33	1,11	45,59	35
	40	0,76	18,23	42
1	33	1,17	49,91	35
	40	0,80	19,95	42

Tabla 10.10. **Características aplicables a la tubería de cobre según la Norma UNE-EN 1057** (continuación)

Caudal de cálculo (l/s)	Diámetro int. comercial (mm)	Velocidad (m/s)	Rozamiento unitario (mm cda/m)	Diámetro int. comercial (mm)
1,05	33	1,23	54,40	35
	40	0,84	21,74	42
	51	0,51	6,84	54
1,1	33	1,29	59,06	35
	40	0,88	23,59	42
	51	0,54	7,42	54
1,15	33	1,34	63,90	35
	40	0,92	25,52	42
	51	0,56	8,02	54
1,2	33	1,40	68,90	35
	40	0,95	27,51	42
	51	0,59	8,65	54
1,25	33	1,46	74,06	35
	40	0,99	29,56	42
	51	0,61	9,29	54
1,3	33	1,52	79,39	35
	40	1,03	31,68	42
	51	0,64	9,95	54
1,35	33	1,58	84,89	35
	40	1,07	33,86	42
	51	0,66	10,63	54
1,4	40	1,11	36,11	42
	51	0,69	11,34	54
1,45	40	1,15	38,43	42
	51	0,71	12,06	54
1,5	40	1,19	40,80	42
	51	0,73	12,80	54
	61	0,51	5,46	64
1,55	40	1,23	43,24	42
	51	0,76	13,56	54
	61	0,53	5,78	64
1,6	40	1,27	45,75	42
	51	0,78	14,34	54
	61	0,55	6,11	64

Tabla 10.10. **Características aplicables a la tubería de cobre según la Norma UNE-EN 1057** (continuación)

Caudal de cálculo (l/s)	Diámetro int. comercial (mm)	Velocidad (m/s)	Rozamiento unitario (mm cda/m)	Diámetro int. comercial (mm)
1,65	40	1,31	48,31	42
	51	0,81	15,15	54
	61	0,56	6,45	64
1,7	40	1,35	50,94	42
	51	0,83	15,97	54
	61	0,58	6,80	64
1,75	40	1,39	53,63	42
	51	0,86	16,80	54
	61	0,60	7,16	64
1,8	40	1,43	56,38	42
	51	0,88	17,66	54
	61	0,62	7,52	64
1,85	40	1,47	59,19	42
	51	0,91	18,54	54
	61	0,63	7,89	64
1,9	40	1,51	62,07	42
	51	0,93	19,44	54
	61	0,65	8,27	64
1,95	40	1,55	65,00	42
	51	0,95	20,35	54
	61	0,67	8,66	64
2	40	1,59	68,00	42
	51	0,98	21,28	54
	61	0,68	9,06	64

10.9. Resumen del procedimiento de cálculo utilizado en la elaboración de las tablas, basado en la Norma UNE 149201

10.9.1. Datos a considerar para el cálculo

a) Tipo y número de aparatos componentes de la instalación de suministro de agua.
b) Longitud de los diferentes tramos que componen la instalación.

c) Accesorios que componen cada tramo de la instalación.
d) Material de tubería en cada tramo de la instalación.
e) Temperatura de diseño de la instalación (las tablas adjuntas se calcularon en base a una temperatura de 10 ºC).

10.9.2. Determinación del caudal total de la instalación (tabla 10.5)

Para la determinación del caudal total no se aplicará simultaneidad.

10.9.3. Determinación del caudal de cálculo

a) Caudal total tramo. Corresponde a la suma de los caudales individuales de los aparatos.
b) Utilización del edificio. Existen seis tipos de edificios (véanse los apartados 10.7.1 a 10.7.6).
c) Caudal por aparato. Existen dos tipos:

- Edificios con caudales por aparato inferiores a 0,5 litros/segundo.
- Edificios donde exista algún aparato con caudal igual o superior a 0,5 litros/segundo.

Para la determinación del caudal de cálculo, se utilizará la tabla 10.9, "Determinación del caudal de cálculo en función del caudal total de la instalación

10.9.4. Determinación del caudal de la instalación en función del material

Con independencia de lo indicado en el CTE que establece velocidades entre 0,5 y 2 m/s se recomienda reducir el **rango entre 0,5 y 1,6 m/s**.

Por cada valor de caudal de la instalación, se seleccionará el diámetro que mejor se adapte al tipo de instalación que se realice (véase la tabla 10.10).

Nota: Aunque el valor obtenido en tablas sea inferior, se cumplirán siempre los diámetros mínimos enumerados en las tablas 10.4 y 10.5 de este capítulo.

10.9.5. Determinación de las pérdidas de presión (carga) por rozamiento en tuberías

La **pérdida de carga unitaria** en las tuberías se obtendrá en la columna "**Rozamiento unitario**", **expresada en mm**, de la tabla 10.10, "Características aplicables a la tubería de cobre según la Norma UNE-EN 1057".

La **pérdida de carga total** será el resultado de la suma de los siguientes apartados:

a) Pérdida de carga de la tubería (véase el apartado 10.8.3.1).
b) Pérdida de carga localizadas de los accesorios, que puede estimarse en un 30% de las pérdidas de carga de cada tramo (véase el apartado 10.8.3.2).
c) Pérdidas de presión debidas a la existencia de un filtro (mbar) y un contador (mbar) que estarán especificados en los manuales del fabricante.

La **presión necesaria para un suministro adecuado** será, como mínimo, la suma de:

a) Las pérdidas de carga.
b) Pérdida de presión debido a la altura del edificio.
c) Presión mínima dinámica del aparato (suponiendo que sólo hubiera grifos, sería 100 kPa).

10.10. Simbología

Según el DB HS 4 del CTE (véase la tabla 10.11).

Tabla 10.11. **Simbología**

Símbolo	Descripción
	Aljibe de reserva
	Alternador de funcionamiento de bombas
	Bomba
	Codo con vuelta hacia arriba
	Codo con vuelta hacia abajo
	Colector
	Collarín de toma
	Conector flexible
	Contador general
	Contador divisionario
	Depósito acumulador
	Depósito de presión
	Dispositivo antiariete
	Dilatador en línea
	Desagüe en arqueta o armario
	Filtro
	Fluxor
	Grifo de agua fría
	Grifo de agua fría temporizado
	Grifo hidromezclador manual
	Grifo hidromezclador automático
	Grifo electrónico
	Grifo de comprobación
	Purgador
	Termómetro
	Línea de accionamiento eléctrico o electrónico
	Pasatubos

Símbolo	Descripción
	Llave de toma en carga
	Llave de compuerta
	Llave de bola o de accionamiento rápido
	Llave de paso con desagüe o grifo de vaciado
	Llave de asiento de paso recto
	Llave de asiento de paso inclinado
	Llave de paso con grifo de vaciado y dispositivo antirretorno
M	Manómetro
MP	Manómetro y presostato
P	Presostato
	Tubo de reserva para línea de accionamiento eléctrico o electrónico
	Válvula reguladora de caudal
	Válvula de seguridad de escape conducido
	Válvula de seguridad de escape libre
	Válvula pilotada
	Válvula de dos vías motorizada
	Válvula antirretorno
	Válvula de tres vías motorizada
	Válvula limitadora de presión
	Válvula reguladora de presión
	Válvula de ventosa
	Tubería de ida o impulsión de AF
	Tubería de ida o impulsión de ACS
	Tubería de retorno o recirculación de ACS
	Te con salida hacia arriba
	Te con salida hacia abajo

10.11. Caudal de cálculo o caudal simultáneo

10.11.1. Para Qt ≤ 20 l/s

(Véase la figura 10.1.)

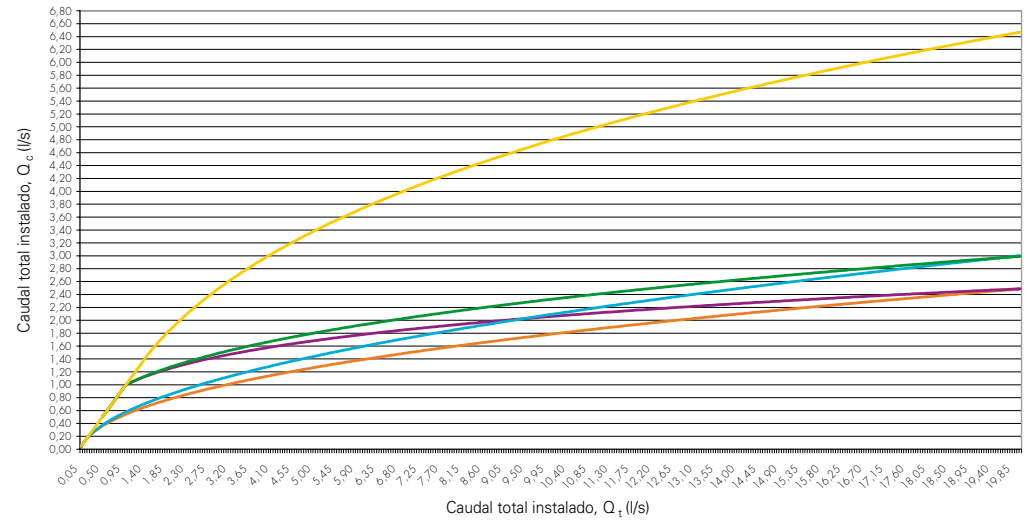


Figura 10.1. **Caudal simultáneo en función del caudal total instalado, para Qt ≤ 20 l/s**

10.11.2. Para Qt > 20 l/s

(Véase la figura 10.2.)

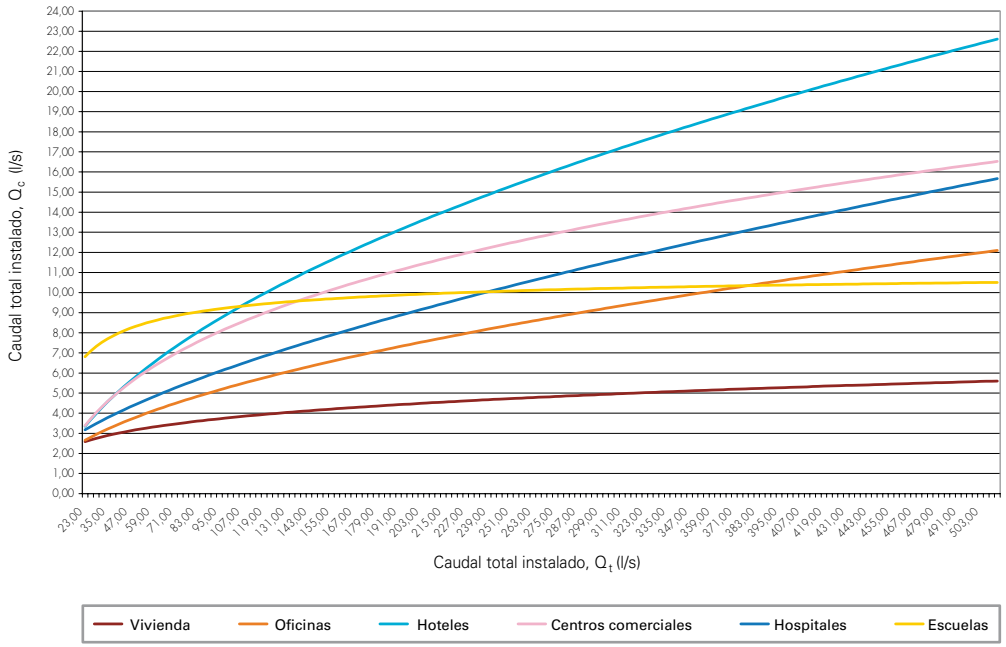


Figura 10.2. **Caudal simultáneo en función del caudal total instalado, para Qt > 20 l/s**

A.- Anexo A

A.1. Dimensiones normalizadas de los tubos. Norma UNE-EN 1057

(Véase la tabla A.1.)

Tabla A.1. **Dimensiones normalizadas de los tubos de cobre según la Norma UNE-EN 1057**

Espesor de pared nominal (mm)	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,5	2,0	2,5	3,0
Diámetro exterior nominal (mm)	Diámetro interior (mm)											
6		4,8		4,4		4						
8		6,8		6,4		6						
10		8,8	8,6	8,4		8						
12		10,8	10,6	10,4		10						
14				12,4		12						
15			13,6	13,4		13						
16						14						
18				16,4		16						
22					20,2	20	19,8	19,6	19			
28					26,2	26		25,6	25			
35						33		32,6	32			
40						38						
42						40		39,6	39			
54						52		51,6	51	50		

Tabla A.1. **Dimensiones normalizadas de los tubos de cobre según la Norma UNE-EN 1057**
(continuación)

Espesor de pared nominal (mm)	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,5	2,0	2,5	3,0
Diámetro exterior nominal (mm)	Diámetro interior (mm)											
64										60		
66,7										62,7		
76,1							73,9			72,1		
88,9								86,5		84,9		
108									105		103	

Nota: las dimensiones enmarcadas corresponden a las medidas recomendadas en los códigos nacionales de buena práctica. Todas ellas pueden ser objeto de certificación por parte de AENOR.

- Las dimensiones en rollos: rango desde 6 hasta 22 x 1,5 mm.
- Tolerancias en el capítulo 3 (véanse las tablas 3.1 y 3.2).

A.2. Dimensiones normalizadas de los accesorios

(Véase de la tabla A.2 a la A.7.)

Tabla A.2. **Dimensiones normalizadas de los accesorios**

Curva 90° M/H	Curva 90° H/H	Racor loco Curvo 90°	Curva larga	Curva 455.ª M/H
Curva 45° H/H	Curva 180° H/H	Curva desviación H/H Puente	Curva desviación M/H	Codo 90° H/H
Codo reducido 90° H/H	Codo 90° M/H	Te H/H/H	Te reducida H/H/H	Manguito de reducción H/H
Racor loco recto	Adaptador sistema métrico a inglés H/H	Manguito de reducción M/H	Adaptador hembra soldar/ macho roscar	Manguito con tope H/H
Adaptador hembra soldar/roscar	Manguito sin tope H/H	Tapón H	Unión tres piezas	Lira dilatación

H: hembra
M: macho

Tabla A.3. **Tabla de accesorios. Serie soldar/roscar (1)**

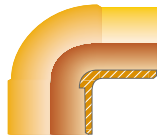
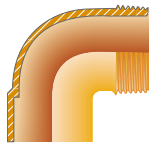
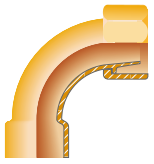
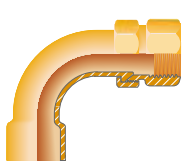
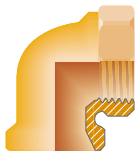
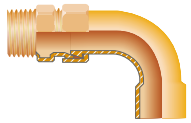
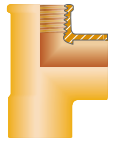
Curva 180º hembra soldar 	Codo 90º hembra soldar 	Codo purgador 90º hembra soldar 	Codo placa hembra soldar 
Codo 90º hembra soldar/roscar 	Codo 90º hembra soldar macho soldar 	Codo 90º hembra soldar macho roscar 	Unión tres piezas 90º con junta cónica; hembra soldar 
Racor loco curvo tuerca ajuste cónico 9º 	Codo unión tres piezas 90º 	Codo roscado 90º 	Codo-unión 90º 
Pieza curva 90º junta cono 	Codo unión tres piezas 	Codo unión tres piezas 90º 	Te hembra soldar/roscar/soldar 
Te para válvula de purgador 	Te curva hembra soldar 	Te hembra soldar roscar lateral 	Cruz hembra soldar 

Tabla A.4. **Tabla de accesorios de bronce. Serie soldar/roscar (2)**

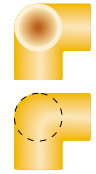
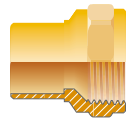
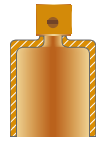
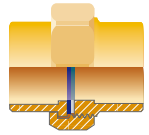
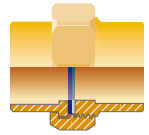
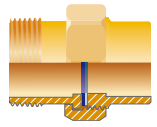
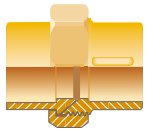
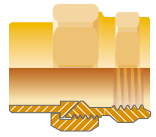
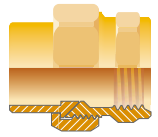
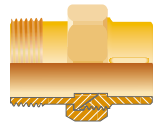
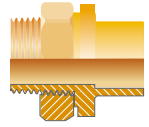
Codo distribuidor, hembra soldar 	Adaptador hembra soldar/ macho roscar 	Macho soldar/ hembra roscar 	Manguito purgador 
Adaptador hembra soldar roscar 	Manguito tipo mariposa 	Adaptador doble 	Tapón, macho soldar 
Tapón purgador 	Tapón purgador hembra soldar 	Unión tres piezas con junta plana y arandela 	Unión tres piezas con junta plana y arandela, pieza loca hembra 
Unión tres piezas, variación 	Unión tres piezas junta cónica 	Pieza loca, plana a la tuerca y cónica a la unión 	Pieza rosca paralela junta cónica a la unión 
Unión tres piezas con junta cónica a la unión 	Unión tres piezas con junta cónica a la unión 	Unión tres piezas con junta cónica a la unión 	Boquilla de conexión hembra soldar/macho roscar 

Tabla A.5. **Tabla de accesorios de bronce. Serie soldar/roscar (3)**

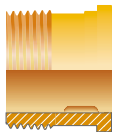
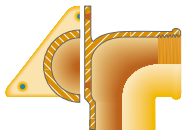
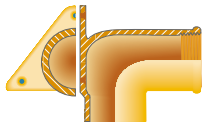
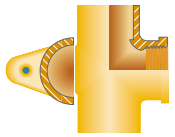
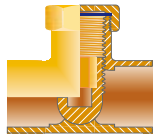
Pieza loca, hembra soldar y tuerca 	Pieza rosca con junta plana, hembra solar 	Pieza rosca con junta plana, hembra roscar 	Pieza loca con junta plana, macho roscar 
Pieza loca con junta plana, hembra soldar 	Tuerca 	Pieza rosca con junta cónica, hembra soldar 	Pieza rosca con junta cónica, hembra soldar 
Pieza loca con junta cónica, hembra soldar 	Pieza loca con junta cónica, macho roscar 	Codo de placa triangular 	Codo de placa triangular largo 
Codo de fijación 	Codo de fijación de rama larga 	Te de fijación, hembra soldar hembra roscar/ hembra soldar 	Manguito regulador hembra soldar 

Tabla A.6. **Tabla de accesorios de presión (anillo/roscado)**

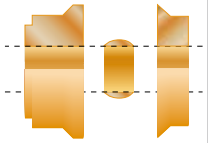
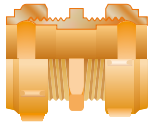
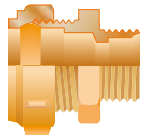
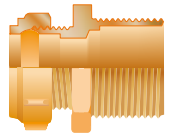
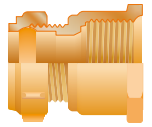
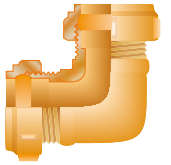
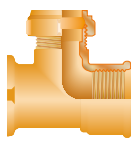
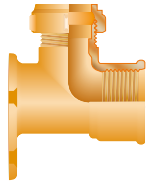
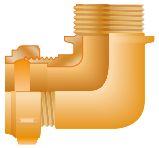
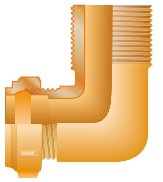
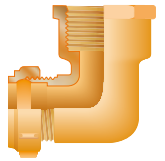
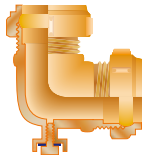
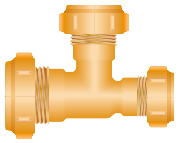
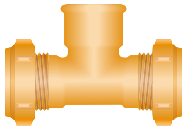
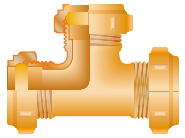
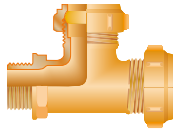
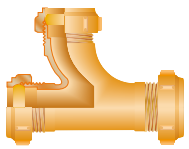
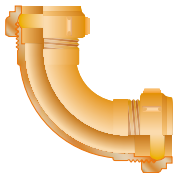
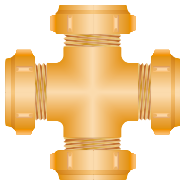
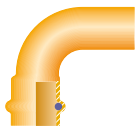
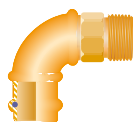
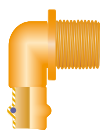
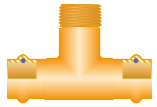
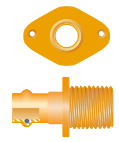
Racor 	Anillo 	Reducción interna 	Manguito inserción 	Manguito 
Manguito macho 	Manguito macho largo 	Manguito hembra 	Tapón 	Codo 
Codo placa (dos puntos 	Codo placa (tres puntos) 	Codo macho 	Codo macho largo 	Codo hembra 
Purgador o toma de presión 	Te reducida 	Te hembra 	Te igual 	Te igual macho en extremo 
Te con curva 	Curva 	Curva 45° 	Cruz igual 	Manguito largo igual

Tabla A.7. **Tabla de accesorios. Unión en frío**

Curva a 90° M/H 	Curva a 90° H/H 	Curva 45° M/H 	Curva a 45° H/H 	Te 
Te reducida 	Manguito de reducción H/H 	Manguito de reducción M/H 	Manguito H/H 	Tapón 
Tapón de cierre 	Curva 90° con rosca macho 	Codo 90° con rosca hembra 	Codo pasamuros (costado) 	Codo pasamuros (frente) 
Unión roscada con codo 	Te con rosca hembra 	Te con rosca macho 	Manguito con rosca macho 	Manguito pasamuros recto 
Manguito con rosca hembra 	Manguito deslizante 	Manguito macho con rosca macho 	Manguito macho con rosca hembra 	Unión roscada 
Unión roscada con rosca hembra 	Unión roscada con rosca macho 	Racor loco recto 	Codo de fijación 	Puente H/H 

H: hembra
M: macho

A.3. Longitudes mínimas de acoplamiento para accesorio según la Norma UNE-EN 1254-1

(Véase la tabla A.8.)

Tabla A.8. **Longitudes mínimas de acoplamiento para accesorios**

Diámetro nominal (mm)	Longitud de acoplamiento (mm)	
D_N	L_1	L_2
6	5,8	7,8
8	6,8	8,8
10	7,8	9,8
12	8,6	10,6
14	10,6	12,6
14,7	10,6	12,6
15	10,6	12,6
16	10,6	12,6
18	12,6	14,6
21	15,4	17,6
22	15,4	17,6
25	16,4	18,4
27,4	18,4	20,4
28	18,4	20,4
34	23	25
35	23	25
40	27	29
40,5	27	29
42	27	29
53,6	32	34
54	32	34
64	32,5	34,5
66,7	33,5	36,5
70	33,5	36,5
76,1	33,5	36,5
80	35,5	38,5
88,9	37,5	40,5
106	47,5	51,5
108	47,5	51,5

A.4. Peso del tubo de cobre en las dimensiones recomendadas según la Norma UNE-EN 1057

(Véase la tabla A.9.)

Tabla A.9. **Peso teórico de los tubos estirados de precisión sin soldadura, para su empleo con accesorios soldados por capilaridad o uniones en frío**

Diámetro exterior nominal	Espesor de pared nominal (e) kg/m										
	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,1	1,2	1,5	2,0	2,5
6		0,090		0,117		0,140					
8		0,124		0,161		0,196					
10		0,157	0,182	0,206		0,252					
12		0,191	0,221	0,250		0,308					
14				0,295		0,364					
15			0,280	0,318		0,392					
16						0,424					
18				0,385		0,475					
22					0,531	0,587	0,643	0,698	0,860		
28					0,682	0,753		0,900	1,111		
35						0,951		1,134	1,405		
40						1,092					
42						1,146		1,369	1,699		
54						1,484		1,772	2,202	2,912	
64										3,472	
66,7								2,200		3,623	
76,1									3,133	4,149	
88,9										4,860	
108									4,473		7,385

Los pesos pueden sufrir variación en función de la tolerancia en espesor preceptiva en norma.

Fórmula para determinar el **peso teórico** por metro de los tubos de cobre:

Peso = (diámetro exterior – espesor) x espesor x 0,028

0,028 = constante

Constante = 3,1416 x 8,92 (densidad del Cu)

Ejemplo: peso de un tubo de cobre de 15 mm diámetro exterior x 1 mm de espesor:

(15 – 1) x 1 x 0,028* = 0,392 kg/m

* factor = (3,1416 x 8,92)

A.5. Presión de trabajo de los tubos de cobre

A.5.1. Presión de trabajo

(Véase la tabla A.10.)

Tabla A.10. **Presión de trabajo calculado para las medidas normalizadas según la Norma UNE-EN 1057**

Diámetro exterior nominal	Espesor de pared nominal (e) kg/m										
	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,1	1,2	1,5	2,0	2,5
6		96,65		131,34		169,23					
8		70,21		95,65		122,22					
10		55,46	65,25	75,21		95,65					
12		45,83	53,85	61,97		78,57					
14				52,69		66,67					
15			41,07	49,03		61,97					
16						57,89					
18				40,55		51,16					
22					37,22	41,51	45,83	50,19	63,46		
28					29,03	32,35		39,05	49,25		
35						25,73		31,02	39,05		
40						22,45					
42						21,36		25,73	32,35		
54						16,54		19,91	25,00	33,59	
64										28,21	
66,7								16,06		27,04	
76,1									17,62	23,62	
88,9										20,16	
108									12,36		20,75

Nota: el sombreado indica las medidas recomendadas en los códigos nacionales de buena práctica.
La máxima dimensión de fabricación en rollos es de 22 x 1,5 mm.

Las presiones de trabajo que se indican, resultan de la fórmula siguiente:

$$P_t = t \cdot 2\ s / D - (0{,}8 \cdot s)$$

donde:

P_t: presión de trabajo en bar
t: fatiga máxima del metal en bar = 440 bar
s: espesor del tubo en mm
D: diámetro exterior del tubo en mm

La fatiga máxima de 440 bar para el metal corresponde a la carga de rotura mínima R del tubo de cobre recocido, es decir, 2 200 bar, con coeficiente de seguridad de 5.

Los tubos rectos suministrados en estado duro, tienen una carga de rotura más alta y pueden por tanto resistir presiones muy superiores.

Sin embargo, al trabajarlos y colocarlos, pueden haber sido recocidos en ciertos puntos, por lo que se recomienda tomar, para todos los tubos, los valores dados para los tubos recocidos. Los datos se han redondeado a cifras enteras por defecto.

El cobre resiste altas presiones, manteniendo la soldadura en perfectas condiciones, cuando ésta ha sido bien realizada (véase la figura A.1).

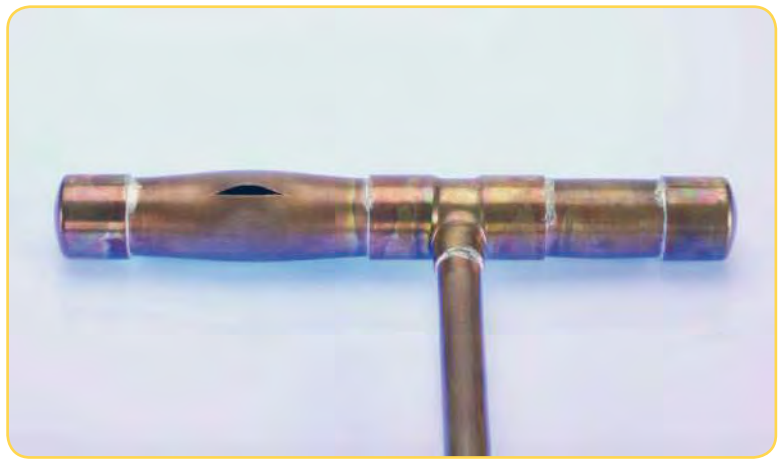


Figura A.1. **Dimensión 22 x 1 mm. Rotura a 280 bar. Soldadura blanda**
(prueba efectuada incrementando la presión hasta la rotura del tubo)

A.5.2. Presiones de trabajo, bajo criterios combinados de presión /temperatura

(Véase la figura A.2.)

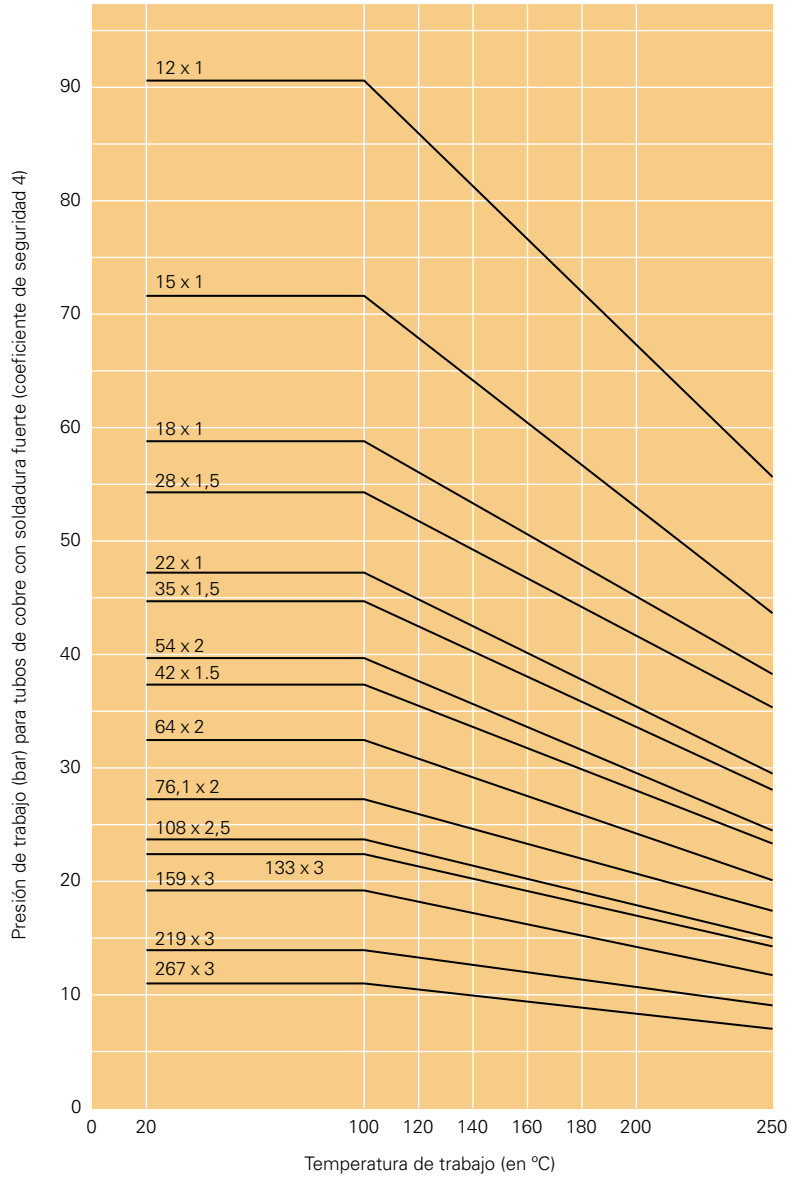


Figura A.2. **Presión de trabajo bajo criterios presión/temperatura**

A.5.3. Presión de rotura en estado recocido y duro, en las dimensiones más utilizadas

(Véase la tabla A.11.)

Tabla A.11. **Presión de rotura en estado recocido y duro**

Dimensiones (mm)				Presión de rotura (kg/cm²)	
Designación	Diám. exterior	Diám. interior	Espesor	Duro	Recocido
6 x 1	6	4	1	1 063	845
8 x 1	8	6	1	796	610
10 x 1	10	8	1	636	480
12 x 0,8	12	10,4	0,8	451	310
12 x 1	12	10	1	529	395
14 x 1	14	12	1	453	335
15 x 0,8	15	13,4	0,8	356	245
15 x 1	15	13	1	423	310
16 x 1	16	14	1	396	290
18 x 0,8	18	16,4	0,8	295	203
18 x 1	18	16	1	352	255
22 x 0,9	22	20,2	0,9	271	186
22 x 1	22	20	1	287	210
28 x 0,9	28	26,2	0,9	212	145
28 x 1	28	26	1	225	160
35 x 1	35	33	1	179	130
42 x 1	42	40	1	148	105
54 x 1,2	54	51,6	1,2	137	100

Nota: las dimensiones sombreadas han sido incorporadas recientemente en el mercado (según la Norma UNE-EN 1057) y se contemplan en el nuevo CTE que deja sin efecto las NIA.

La presión de rotura está calculada con una resistencia a la tracción de 3 200 kg/cm² para el cobre duro y 2 200 kg/cm² para el cobre recocido.

En la tabla A.10 y en la figura A.2 se detallan las presiones de trabajo recomendadas, según aplicación.

A.6. Golpe de ariete

Para prevenir los problemas causados por el efecto del golpe de ariete, se seguirán las pautas explicitadas en el RITE.

• La ley de inercia de Newton dice: "Todo cuerpo en reposo sigue así, si no hay fuerzas externas que lo hacen moverse, y todo cuerpo en movimiento rectilíneo y uniforme sigue así, salvo que se le pare, con otra fuerza externa al sistema" (véase la figura A.3).

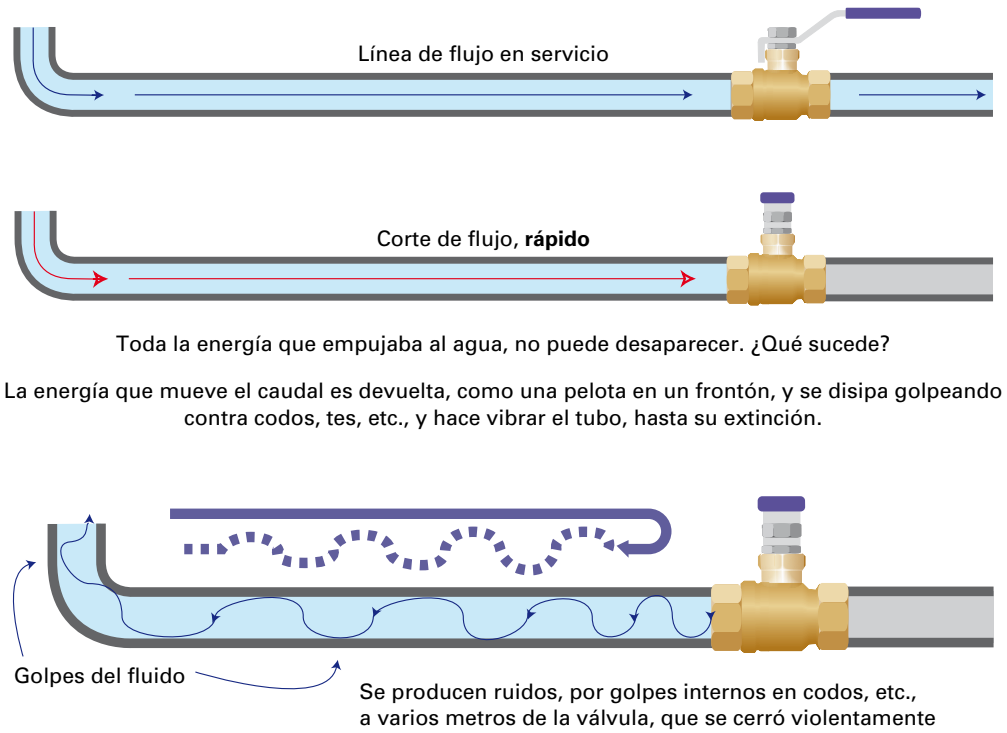


Figura A.3. **Propagación del ruido por efecto del golpe de ariete**

A.7. Pérdidas de carga

A.7.1. Ábaco para el cálculo de pérdidas de carga en tuberías de cobre con agua fría a temperatura de 10 ºC

(Véase la figura A.4.)

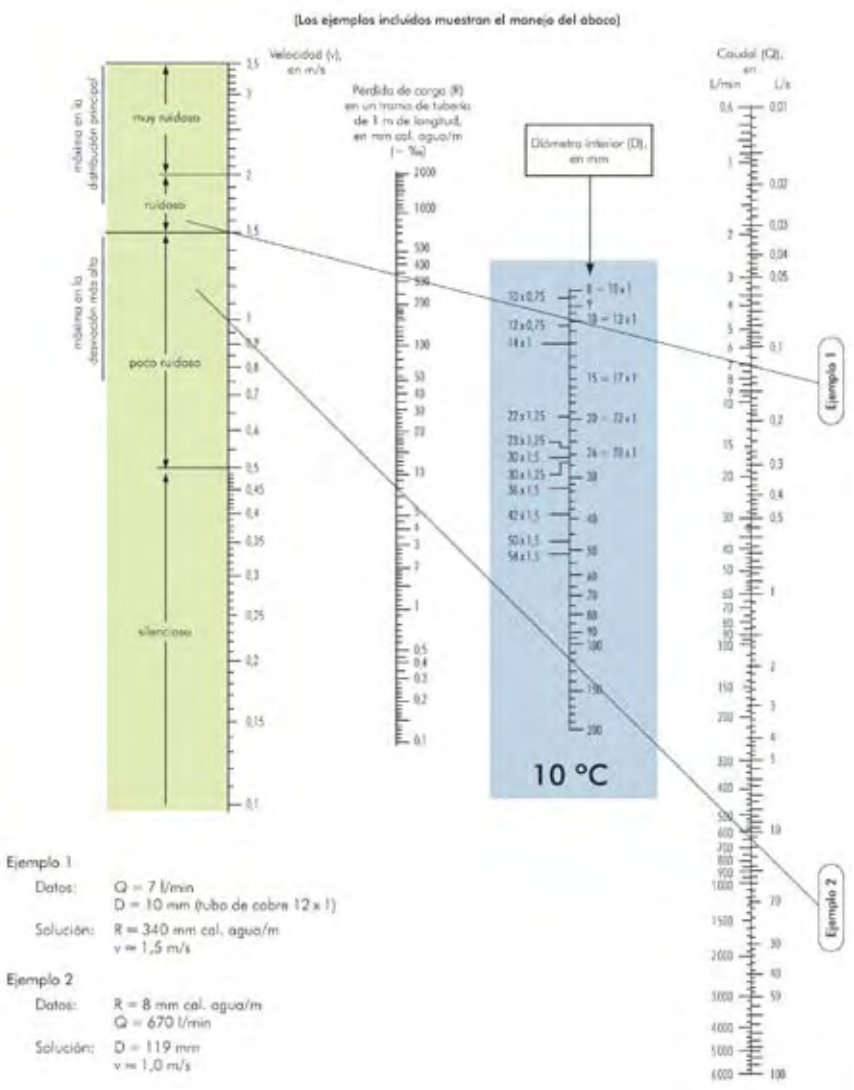


Figura A.4. **Ábaco para el cálculo de pérdidas de carga en tuberías de cobre con agua fría**

A.7.2. Ábaco para el cálculo de pérdidas de carga en tuberías de cobre con agua a temperatura de 60 ºC

(Véase la figura A.5.)

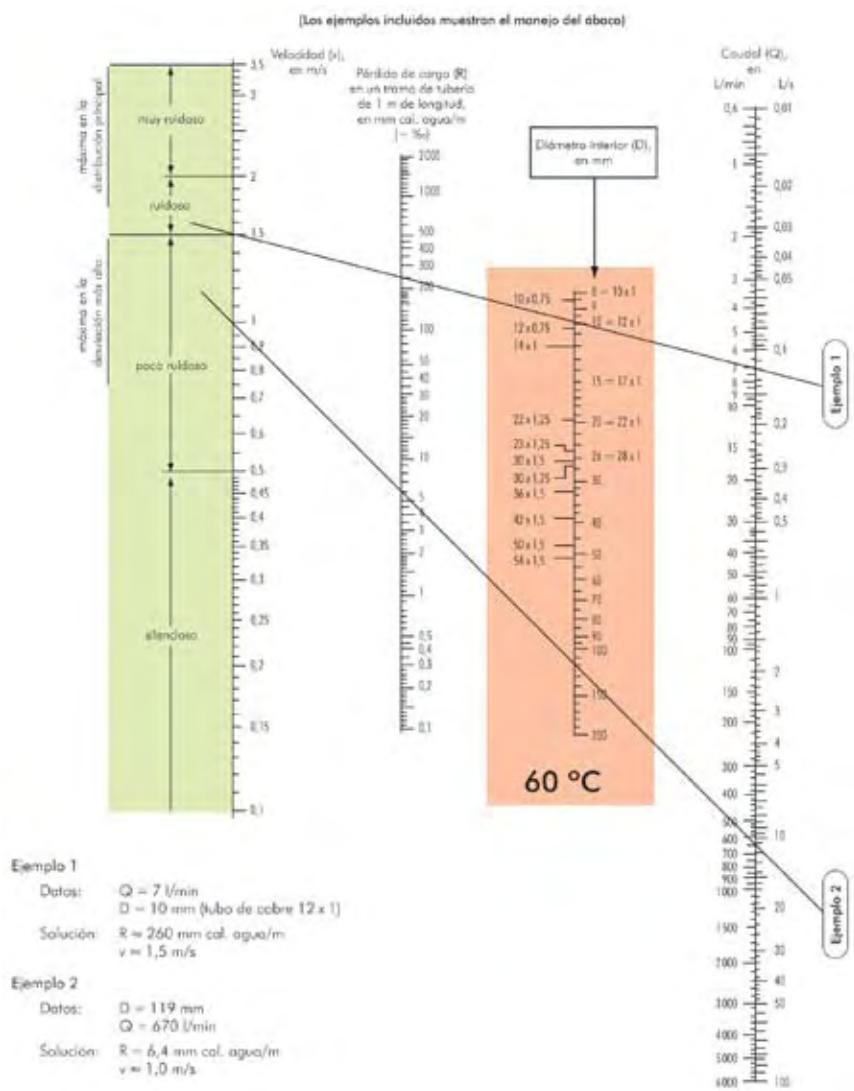
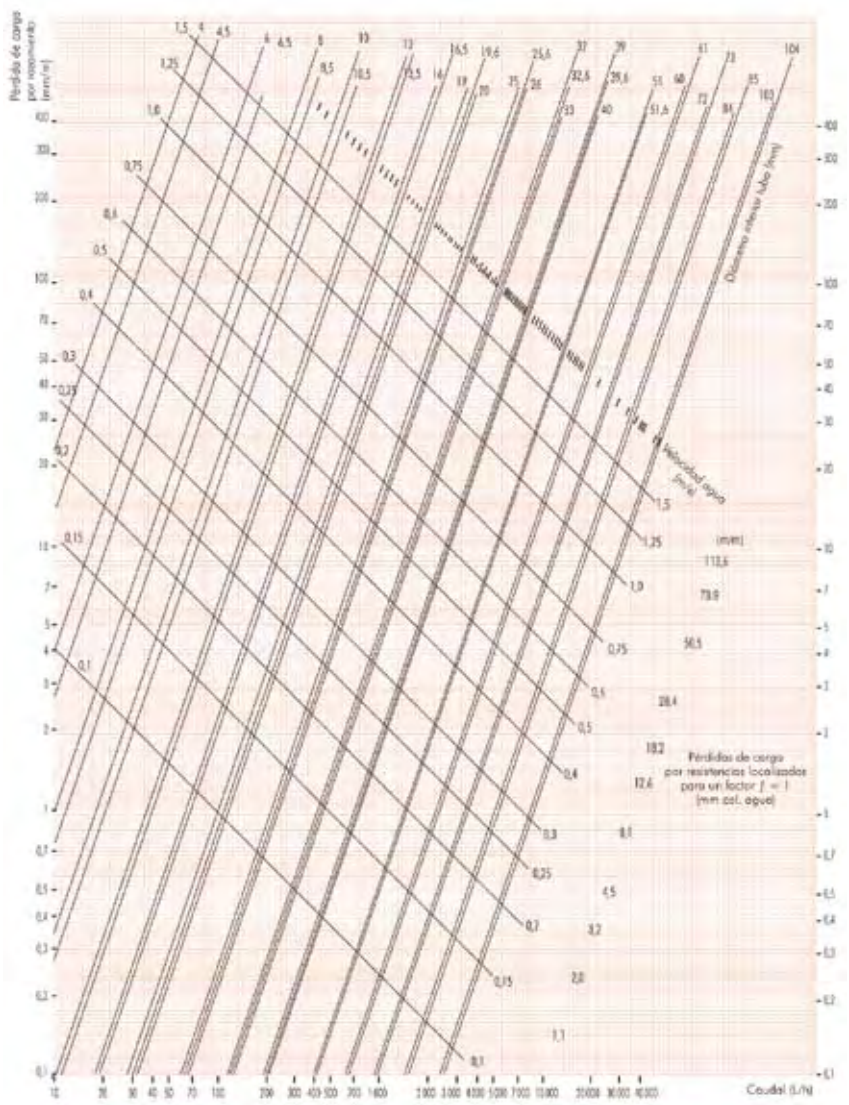


Figura A.5. **Ábaco para el cálculo de pérdidas de carga en tuberías**

A.7.3. Ábaco de pérdidas de carga en tubos de cobre para una temperatura de 45 ºC

(Véase la figura A.6.)



Factores de corrección para temperaturas medias del agua distintas de 45 ºC

Temperatura del agua (ºC)	5	10	40	45	50	60	70	80	100	120
Factor de corrección	1,24	1,18	1,02	1,00	0,99	0,96	0,94	0,92	0,91	0,90

Figura A.6. **Ábaco de pérdidas de carga en tubos de cobre para una temperatura de 45 ºC**

A.7.4. Ábaco de pérdidas de carga según velocidad

Diagrama de pérdidas de carga localizadas (H), en mm col. agua para f = 1

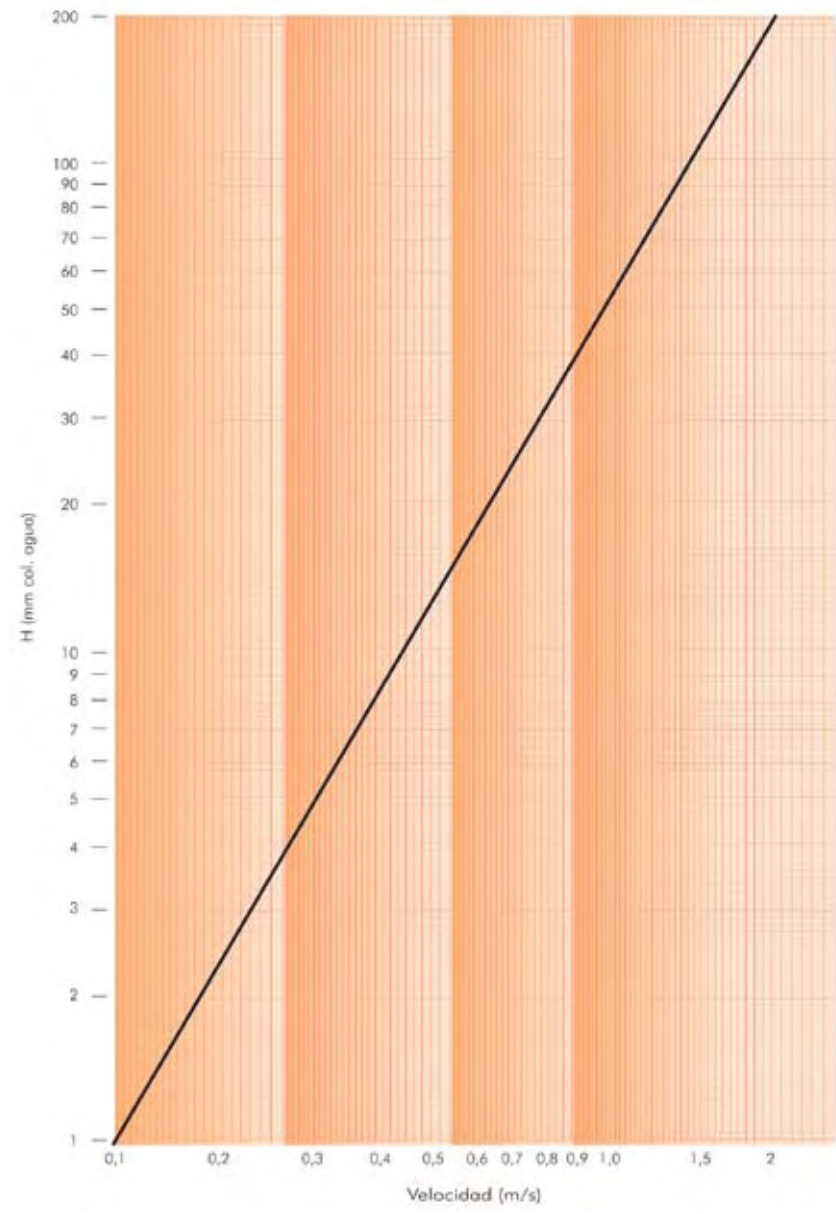


Figura A.7. **Ábaco de pérdidas de carga según velocidad**

A.7.5. Coeficientes de pérdidas de carga localizadas para piezas especiales (según Riestchel)

(Véase la figura A.8.)

Manguitos rectos	0			
Desviaciones en S	0,5			
Curvas a 90° r/d = 1,5	0,5			
Curvas a 90 r/d = 2,5	0,3			
Te en ángulo recto				
Derivación (flujo divergente)	1,5			
Derivación (flujo convergente)	1,0			
Paso directo (c/flujo divergente)	0			
Paso directo (c/flujo convergente)	0,5			
Flujos opuestos	3,0			
Te oblicua con flujo equidireccional				
Derivación (flujo divergente)	0,5			
Derivación (flujo convergente)	0,5			
Paso directo (c/flujo divergente)	0			
Paso directo (c/flujo convergente)	0			
Radiadores	2,5		—	
Calderas	2,5		—	
Depósitos	2,5		—	
Denominación	Diámetro nominal (mm)			
	10-18	22-28	35-42	más de 50
Codos	2,5	1,5	1,0	1,0
Llaves de cierre				
Compuerta	1,0	0,5	0,3	0,3
Asiento inclinado	3,5	3,0	2,5	2,0
Paso angular	10	7	5	4
Flujo dirigido	1,5	1,0	0,5	0,5
Llaves de regulación de los radiadores				
Reglaje doble, paso recto	8,5	6,0	5,5	4
Reglaje doble, paso escuadra	4	2	2	—
Reglaje simple, paso recto	1,5	1,0	1,0	—
Reglaje simple, paso escuadra	4,5	2,0	—	—

Valores segun: H. Rietschel, W. Raiss, Tratado de calefacción y ventilación.

Figura A.8. **Coeficientes de pérdidas de carga localizadas para piezas especiales**

A.8. Instrucción para utilización de las tablas y diagramas

(Véanse la tabla A.1 y las figuras A.6, A.7, A.8, A.9 y A.10.)

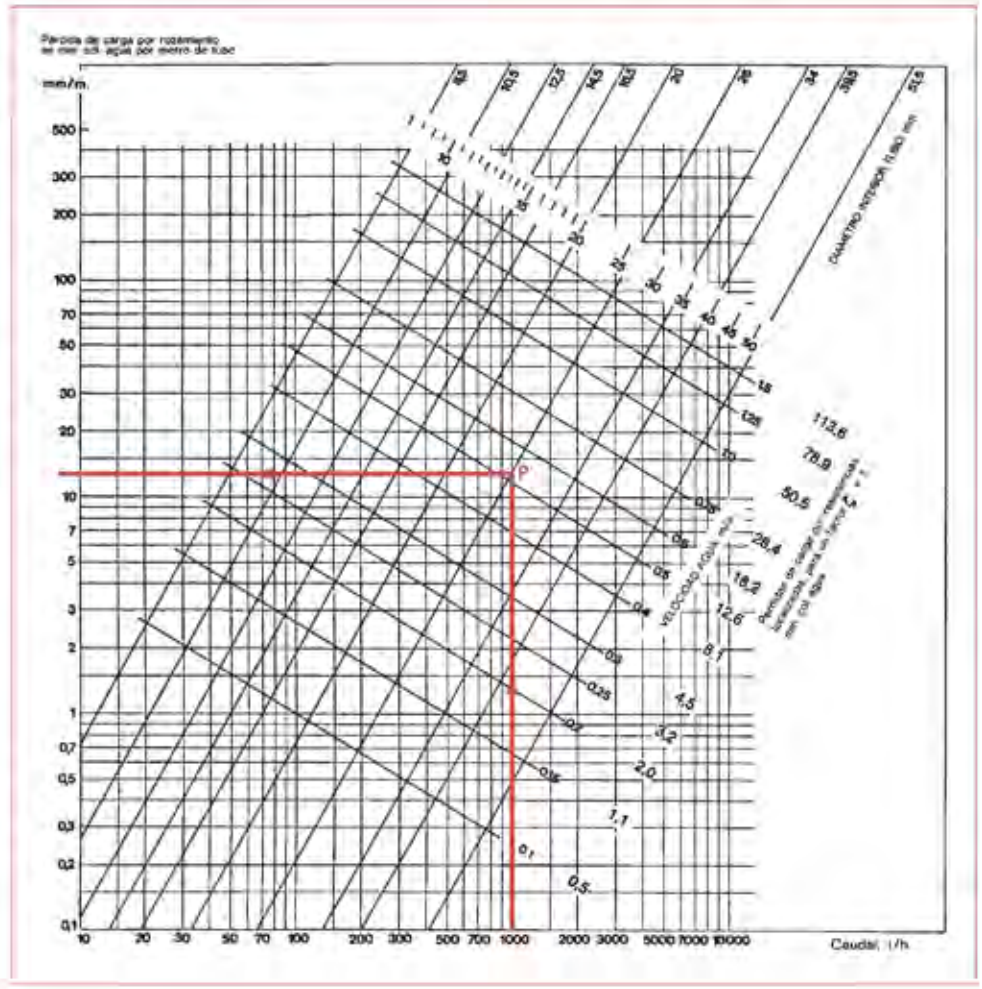


Figura A.9. **Pérdida de carga por rozamiento mm. col de agua por metro de tubo**

INSTRUCCIONES PARA LA UTILIZACIÓN DE LOS ÁBACOS Y LAS TABLAS

Figura A.6. Ábaco de pérdidas de carga en tubo de cobre para una temperatura de 45 °C
Permite determinar:
• La pérdida de carga POR ROZAMIENTO por metro lineal de tubo recto en servicio normal (es decir, después de un cierto tiempo de estar en uso, expresada en milímetros de columna de agua y referida a una temperatura media del agua de 45 °C).
• La velocidad del agua en los tubos, expresada en metros por segundo.
• La pérdida de carga POR RESISTENCIAS LOCALIZADAS, H, expresada en milímetros de columna de agua, y para un coeficiente de pérdidas localizadas $\zeta = 1$ (véase también la **figura A.7**).
Para los diámetros de dimensiones normalizadas, consultar la **tabla A.1**, correspondiente a la Norma UNE-EN 1057.

La **tabla Factores de corrección**, que aparece en la figura A.6, indica los valores (multiplicadores) de corrección para aplicar a las pérdidas de carga por rozamiento, obtenidas del diagrama de la figura A.6 para temperaturas medias del agua diferentes a los 45o del ábaco . Adviértase que en la práctica, la temperatura no influye sobre los valores de las pérdidas de carga por resistencia localizada.

Figura A.7. Ábaco de pérdidas de carga según velocidad
Indica los valores de H, también obtenibles en la figura A.6. Sin embargo, este ábaco permite una fácil determinación del valor de H para todos los valores normales de la velocidad del agua en los tubos.

Figura A.8. Coeficientes de pérdidas de carga localizadas para piezas especiales
Indica los coeficientes de pérdidas de carga localizadas ζ para curvas, uniones, válvulas, etc.

Ejemplo de aplicación de las figuras A.6 (que incluye la tabla de corrección), A.7 y A8
Datos:
Tramo de tubería de una instalación de calefacción (véase la figura inferior) de diámetro interior 26 mm con dos uniones en Te y una válvula de asiento inclinada. Caudal del agua: 1 000 l/h. Temperatura media del agua: 80 °C.

Determinar:
Pérdida de carga total en el tramo de tubería y velocidad del agua en el mismo.

Solución:
Pérdida de carga por rozamiento
En la **figura A.6** se localiza el caudal 1 000 l/h (**figura A.9**) sobre el eje horizontal (o eje de abscisas); siguiendo la línea vertical desde ese punto, en la intersección con la recta inclinada correspondiente al diámetro de 26 mm, se determina el punto P. Trazando la horizontal por este punto hasta encontrar el eje vertical a la izquierda (o eje de ordenadas), se obtiene una pérdida de carga por rozamiento de 13 mm columna de agua por metro lineal de tubo. La pérdida de carga por rozamiento a lo largo de los 5 metros del tramo será, por tanto, igual a: 13 x 5 = 65 mm col. agua. Por otro lado, dado que la temperatura media del agua es de 80 °C, es preciso multiplicar el valor encontrado por 0,92 (factor de corrección que aparece en la **tabla de la figura A.6**).
El valor resultante de la pérdida de carga por rozamiento será: 65 x 0,92 ≃ 60 mm col. agua.
Por lo que respecta a la velocidad del agua en la tubería, se observa que el punto P (**figura A.9**) está entre las líneas correspondientes a las velocidades de 0,5 y 0,6 m/s. Por interpolación se obtiene una velocidad aproximada de V = 0,53 m/s.
Pérdidas de carga localizadas
Tomando siempre como referencia el punto P, se puede leer, también por interpolación (**figura A.9**): H ≃ 14,3 mm col. agua. De todos modos, este valor se determina mucho más fácilmente recurriendo a la **figura A.7**. De hecho, basta señalar la velocidad de 0,53 m/s sobre el eje horizontal (de abscisas), trazar por ese punto la vertical hasta su intersección con la línea inclinada del ábaco y desde ese punto seguir la horizontal hasta su intersección con el eje vertical (de ordenadas), donde se lee el valor correspondiente (14,3 mm col. agua).
Ahora, se pueden obtener en la **figura A.8** los siguientes valores de ζ para piezas especiales:
Unión en Te de entrada – Paso directo (flujo convergente) 0,5
2 curvas a 90° (r /d = 2,5): 2 x 0,3 0,6
Una válvula de asiento inclinado 3,0
Unión en Te de salida – Paso directo (flujo divergente) 0
Total accesorios (ζ) 4,1

Las pérdidas de carga locales ascienden, por tanto, a: 4,1 x 14,3 = 58,6 ≃ 59 mm col. agua.
La pérdida de carga total del tramo de tubería considerado es, entonces, igual a: 60 + 59 = 119 mm col. agua.
Nota: El DB HS 4 del CTE establece una velocidad de cálculo para tuberías metálicas entre 0,5 y 2,00 m/s. No obstante, razones prácticas (ruidos) desestiman su uso por encima de 1,5 m/s.
El nuevo DB HR Protección contra el ruido del CTE, RD 1371/2007, de 19 de octubre, y de aplicación obligatoria a partir del 23-10-2008, limita la velocidad de circulación a 1 m/s en las tuberías de calefacción y los radiadores de las viviendas.
La pérdida de carga está comprendida, por lo general, entre 10 y 30 mm col. agua por metro lineal de tubo.

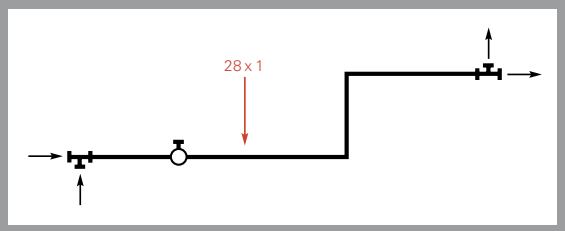


Figura A.10. **Instrucciones de uso de las tablas y diagramas**

A.9. Caudales mínimos en los aparatos domésticos (CTE, RD 314/2006, de 17 marzo de 2006)

Cada uno de los aparatos domésticos debe recibir, con independencia del estado de funcionamiento de los demás, unos caudales instantáneos mínimos para su utilización adecuada (véanse la tabla A.12 y la figura A.11).

Tabla A.12. **Caudales mínimos establecidos en el CTE**

Tipo de aparato	Caudal instantáneo mínimo agua fría (L/s)	Caudal instantáneo mínimo ACS (L/s)
Lavamanos	0,05	0,03
Lavabo	0,10	0,065
Ducha	0,20	0,10
Bañera ≥1,40 m	0,30	0,20
Bañera <1,40 m	0,20	0,15
Bidé	0,10	0,065
Inodoro con cisterna	0,10	—
Inodoro con fluxor	1,25	—
Urinarios con grifo temporizador	0,15	—
Urinarios con cisterna (c/u)	0,04	—
Fregadero doméstico	0,20	0,10
Fregadero no doméstico	0,30	0,20
Lavavajillas doméstico	0,15	0,10
Lavavajillas industrial (20 serv.)	0,25	0,20
Lavadero	0,20	0,10
Lavadora doméstica	0,20	0,15
Lavadora industrial (8 kg)	0,60	0,40
Grifo aislado	0,15	0,10
Grifo garaje	0,20	—

A.10. Datos del tubo de cobre

(Véanse las figuras A.11 y A.12.)

Espesores

0,80

10	12	14	15	16	18	Diámetro exterior (mm)
0,55	0,85	1,207	1,41	1,62	2,11	Sección interna (cm²)
0,206	0,25	0,295	0,356	0,34	0,385	Peso metro lineal (kg)
75	62	53	49	46	41	Presión de trabajo (bar)
314	376	439	471	502	565	Superficie pared exterior (cm²/m)
0,055	0,085	0,12	0,141	0,162	0,211	Capacidad (l/m)

0,90

22	28	Diámetro exterior (mm)
3,207	5,39	Sección interna (cm²)
0,531	0,682	Peso metro lineal (kg)
37	29	Presión de trabajo (bar)
691	880	Superficie pared exterior (cm²/m)
0,32	0,53	Capacidad (l/m)

1,00

6	8	10	12	14	15	16	18	22	28	35	42	Diámetro exterior (mm)
0,126	0,283	0,503	0,785	1,131	1,327	1,539	2,011	3,142	5,309	8,553	12,57	Sección interna (cm²)
0,140	0,196	0,252	0,308	0,364	0,392	0,424	0,475	0,587	0,753	0,951	1,146	Peso metro lineal (kg)
169	122	96	79	67	62	58	51	42	32	26	21	Presión de trabajo (bar)
188	251	314	377	440	471	503	565	691	880	1100	1319	Superficie pared exterior (cm²/m)
0,013	0,028	0,050	0,079	0,113	0,133	0,154	0,201	0,314	0,531	0,855	1,257	Capacidad (l/m)

1,20

22	28	35	42	54	Diámetro exterior (mm)
3,017	5,147	8,347	12,32	20,91	Sección interna (cm²)
0,698	0,900	1,134	1,369	1,772	Peso metro lineal (kg)
50	39	31	26	20	Presión de trabajo (bar)
691	880	1100	1319	1696	Superficie pared exterior (cm²/m)
0,302	0,515	0,835	1,232	2,091	Capacidad (l/m)

1,50

15	16	18	22	28	35	42	54	64	76	Diámetro exterior (mm)
1,131	1,327	1,767	2,835	4,909	8,042	11,94	20,42	29,22	41,85	Sección interna (cm²)
0,567	0,609	0,693	0,860	1,111	1,405	1,699	2,202	2,624	3,133	Peso metro lineal (kg)
96	89	79	63	49	39	32	25	21	18	Presión de trabajo (bar)
471	503	565	691	880	1100	1319	1696	2011	2388	Superficie pared exterior (cm²/m)
0,113	0,133	0,177	0,284	0,491	0,804	1,195	2,043	2,922	4,185	Capacidad (l/m)

2,00

64	76	88,9	108	Diámetro exterior (mm)
28,27	40,71	56,74	84,95	Sección interna (cm²)
3,467	4,149	4,866	5,928	Peso metro lineal (kg)
29	24	20	17	Presión de trabajo (bar)
2011	2388	2793	3393	Superficie pared exterior (cm²/m)
2,827	4,071	5,661	8,495	Capacidad (l/m)

2,50

88,9	108	Diámetro exterior (mm)
55,28	83,320	Sección interna (cm²)
6,048	7,374	Peso metro lineal (kg)
25	21	Presión de trabajo (bar)
2793	3393	Superficie pared exterior (cm²/m)
5,528	8,332	Capacidad (l/m

Fórmulas base de los datos

$Pt = t \cdot 2\,s / D - (0{,}8 \cdot s)$ Pt: presión de trabajo (en br) t: fatiga máxima del metal (en bar) = 440 bar s: espesor del tubo (en mm) D: diámetro exterior del tubo (en mm)
Sección interna = $\pi \cdot r^2$
Peso = (Ø exterior – espesor) x espesor x 0,028 0,028 = Constante Constante = 3,1416 x 8,94 (densidad del Cu)
Superficie pared = (Ø Med x π) cm x 100 cm= cm²
Capacidad (litros/ml) = secc. interna cm² x 100 cm = = capacidad cm³ x 0,001 = litros por metro lineal

Figura A.11. **Características del tubo de cobre**

Temperaturas de fusión de elementos de la tabla periódica

Temperaturas de fusión de aleaciones

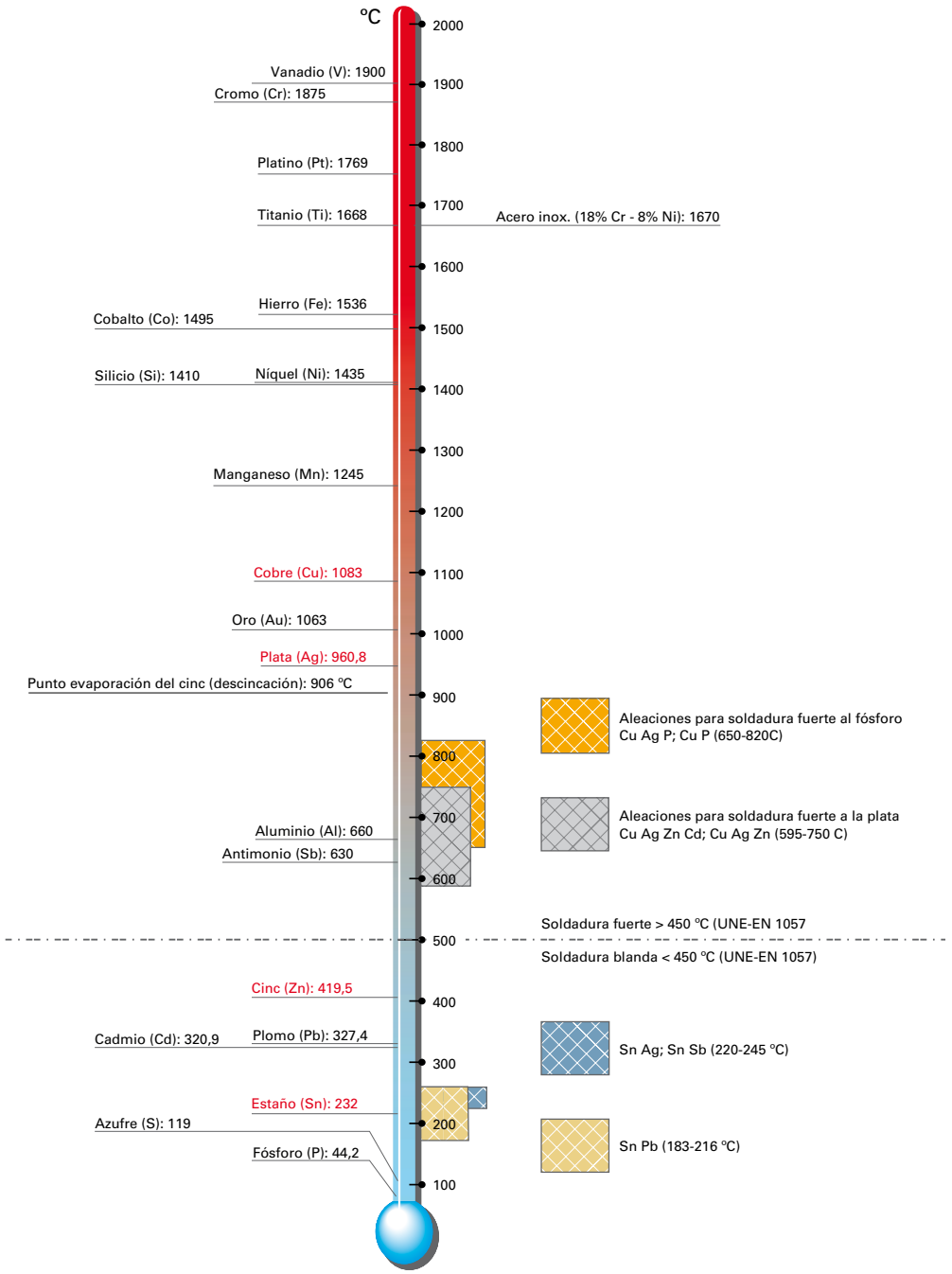
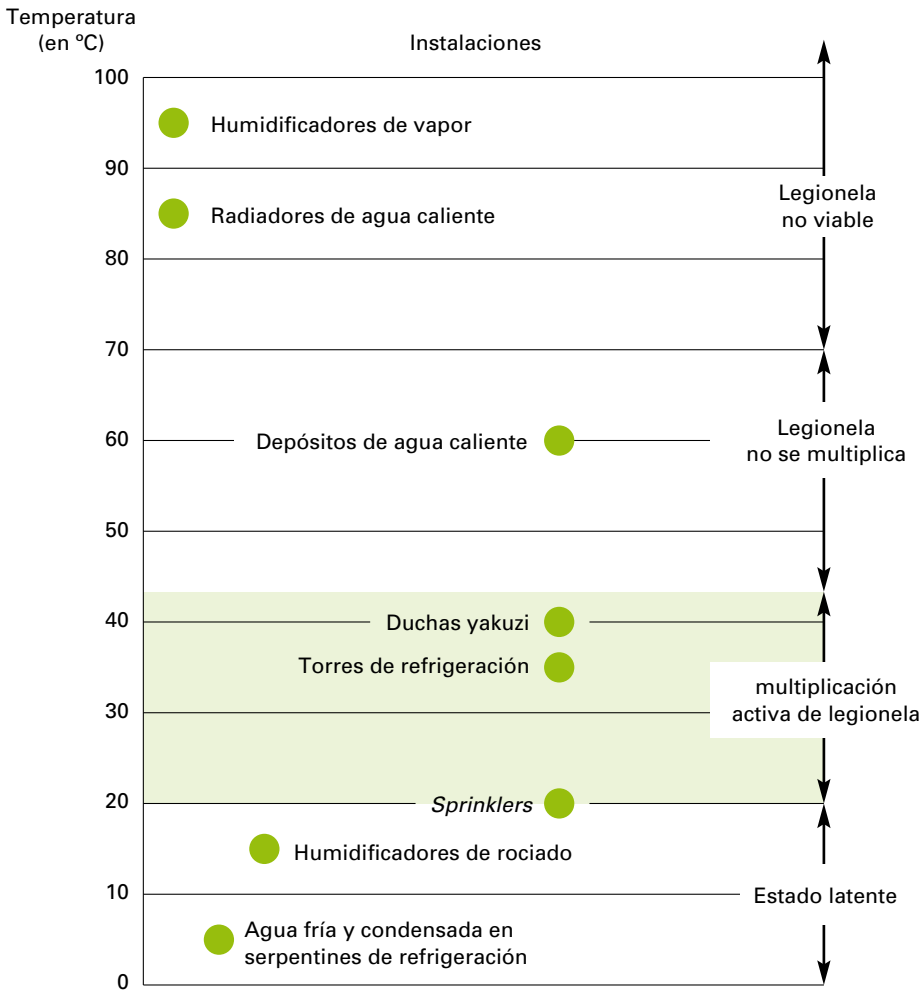


Figura A.12. **Temperatura útiles**

A.11. Incremento de la posibilidad de multiplicación de legionela en función de la temperatura del agua de algunas instalaciones



Nota: La temperatura es el parámetro más influyente para el desarrollo de la legionela, por lo que se recomienda mantener el acumulador a 70 ºC de forma permanente, para evitar el riesgo que constituye la recirculación (el RD 865/2003, de 4 de julio, prescribe una temperatura de acumulación ≥60 ºC). También debe evitarse la suciedad y el agua estancada (nutriente ideal para la proliferación de la legionela).



Figura A.13. **Legionela. Temperatura e instalaciones de riesgo**

A.12. Unidades de medida según SI (Sistema Internacional)

- Longitud: metro (m)
- Masa: kilogramo (kg)
- Tiempo: segundo (s)
- Fuerza Newton (N)

Unidad derivada:

- Presión: Pascal (Pa) = N/m^2

(Véase la tabla A.13.)

Tabla A.13. **Unidades de medida según SI**

Una unidad de esta columna equivale a	Pa = N/m^2	MPa = = N/mm^2	Kgf/cm^2	atm	mca	mm Hg	bar
Pa = N/m^2	1	10^{-6}	$1{,}02 \cdot 10^{-5}$	$9{,}87 \cdot 10^{-6}$	$1{,}02 \cdot 10^{-4}$	0,0075	0,00001
MPa = N/mm^2	106	1	10,1972	9,86923	101,974 7	7 500,62	10
Kgf/cm^2	98 066,5	0,098067	1	0,96784	10	735,559	0,98067
atm	101 325	0,101325	1,03323	1	10,3326	760	1,01325
mca	9 806,38	0,009806	0,1	0,09678	1	73,5539	0,09806
mm Hg	133,322	$1{,}333 \cdot 10^{-4}$	0,00136	0,00132	0,013595	1	0,00133
bar	100 000	0,1	1,01972	0,98692	10,1974	750,062	1

A.13. Ejemplo gráfico de dilatación de los tubos de cobre

(Véase la figura A.14.)

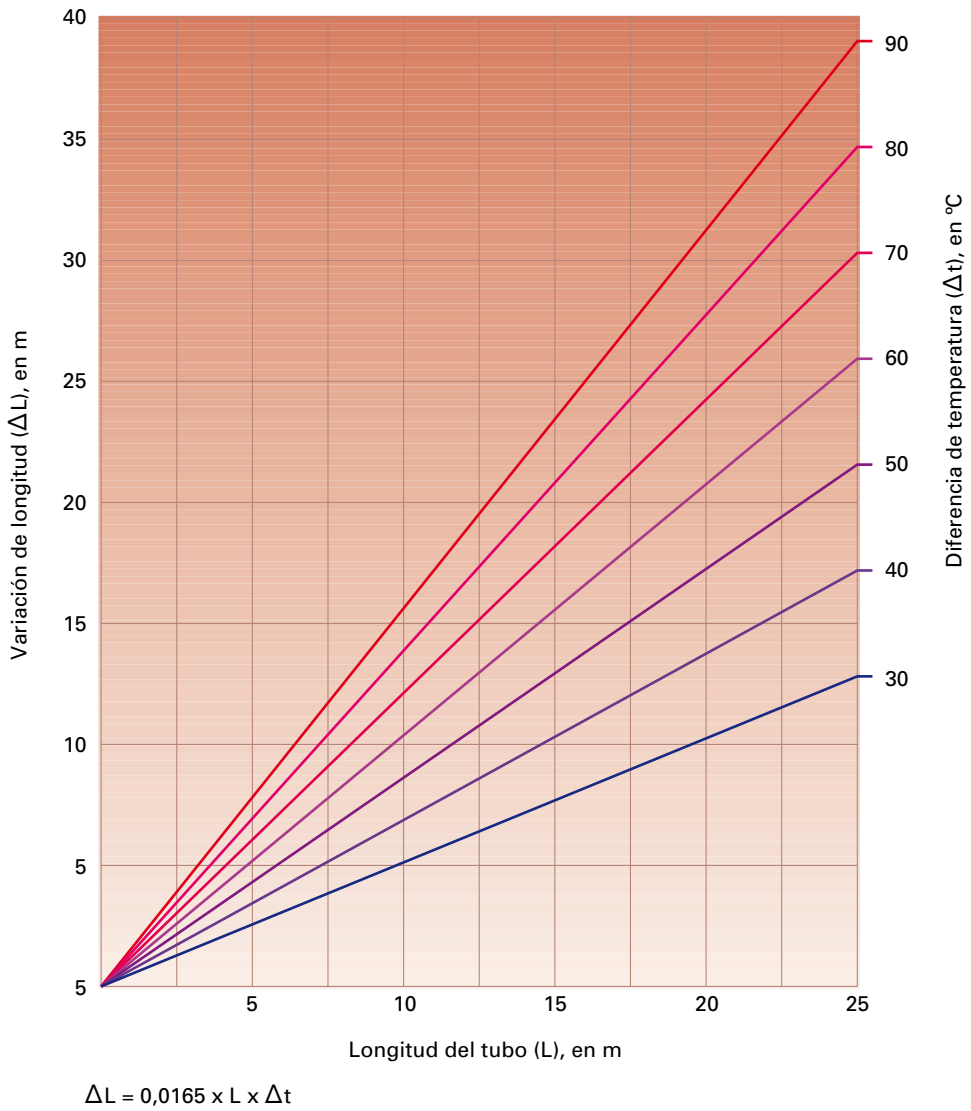


Figura A.14. **Ejemplo gráfico de dilatación de los tubos de cobre**

A.14. Marcado CE

El Marcado CE para el tubo de cobre, es un marcado europeo que acredita conformidad con los requerimientos esenciales de las directivas europeas de los productos de la construcción y equipos a presión.

Las letras "CE" son la abreviatura de "Conformidad Europea", escrito en francés (*Conformité Européenne*).

Su objetivo ha sido fundamentalmente la armonización de regulaciones para el consumidor y los productos industriales en el ámbito de la Comunidad Europea. En el momento de la publicación de este libro, la directiva EAS (*European Acceptance Scheme*) está en fase de desarrollo. Más adelante, cuando se concluya el proceso, serán incluidas en las exigencias del marcado las propias de esta nueva directiva aún en elaboración.

A.14.1. Diferencias entre Marcado CE y Marca de calidad AENOR

(Véase la tabla A.14.)

Tabla A.14. **Diferencias entre Marcado CE y Marca de calidad AENOR**

Marcado CE	Marca de calidad AENOR
Es el "pasaporte" que permite la libre circulación de los productos dentro de la Unión Europea	Es una marca de calidad que permite incrementar el nivel de confianza que el usuario tiene
Declaración de conformidad realizada por el propio fabricante con las previsiones de la Directiva Europea y las normas armonizadas que le son de aplicación	Certificación extendida por AENOR indicando la conformidad del producto con la normativa de calidad que le es de aplicación, verificado por medio de inspecciones y ensayos periódicos
En ocasiones, dependiendo de su uso final, se requiere la intervención de organismos de certificación, pero la responsabilidad siempre recae sobre el fabricante o representante autorizado	La marca de calidad sólo puede ser extendida por organismos de certificación (AENOR) responsables de la continuidad del cumplimiento de los requerimientos establecidos en la norma para el producto o sistema



Resistente

Bibliografía y otras fuentes

Bibliografía

- PEREDA SUQUET, Pilar. *Guía de asistencia técnica 17. Proyecto y cálculo de instalaciones solares térmicas*. Sheva Publicaciones, S.A. Barcelona, 2006.
- ASEFOSAM. *Instalaciones de fontanería en base al CTE*. 2007.
- FAVI. Separata técnica. Noviembre 2006.

Otras fuentes

- *Manual de energía solar térmica* del IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía). Octubre 2002.
- *Manual de instalaciones receptoras*. Gas Natural. Barcelona, 1996.
- Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio).
- Código Técnico de la Edificación (Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo).
- Real Decreto sobre euroclases de reacción y resistencia al fuego (Real Decreto 312/2005, de 18 de marzo).
- Reglamento técnico de distribución y utilización de combustibles gaseosos y sus instrucciones técnicas complementarias ICG 01 a 11 (Real Decreto 919/2006, de 28 de julio).
- Reglamento de Instalaciones de Protección contra Incendios (Real Decreto 1942/1993, de 14 de diciembre).
- Reglamento de Seguridad contra incendiasen establecimientos industriales (RD 2267/2004, de 3 de diciembre).

• Procedimiento básico para la certificación de eficiencia energética de edificios de nueva construcción (RD 47/2007, de 19 de enero).

Normativa

• UNE-EN 1057 *Cobre y aleaciones de cobre. Tubos redondos de cobre, sin soldadura, para agua y gas en aplicaciones sanitarias y de calefacción.*

• UNE-EN 1254-1 *Cobre y aleaciones de cobre. Accesorios. Parte 1: Accesorios para soldeo o soldeo fuerte por capilaridad para tuberías de cobre.*

• UNE-EN ISO 9453 *Materiales de aportación para soldeo blando. Composiciones químicas y formas.*

• UNE-EN 29454 *Fundentes para soldeo blando. Clasificación y requisitos. Parte 1: Clasificación, etiquetado y envasado.*

• UNE-EN 1044 *Soldeo fuerte. Metales de aportación.*

• UNE-EN 1045 *Soldeo fuerte. Fundentes para soldeo fuerte. Clasificación y condiciones técnicas de suministro.*

• UNE-EN 12845 *Sistemas fijos de lucha contra incendios. Sistemas de rociadores automáticos. Diseño, instalación y mantenimiento.*

• UNE 112076 IN *Prevención de la corrosión en circuitos de agua.*

• UNE 149201 *Abastecimiento de agua. Dimensionado de instalaciones de agua para consumo humano dentro de los edificios.*

• UNE 60670-1 *Instalaciones receptoras de gas suministradas a una presión máxima de operación (MOP) inferior o igual a 5 bar. Parte 1: Generalidades.*

• UNE 60670-2 *Instalaciones receptoras de gas suministradas a una presión máxima de operación (MOP) inferior o igual a 5 bar. Parte 2: Terminología.*

• UNE 60670-3 *Instalaciones receptoras de gas suministradas a una presión máxima de operación (MOP) inferior o igual a 5 bar. Parte 3: Tuberías, elementos, accesorios y sus uniones.*

• UNE 60670-4 *Instalaciones receptoras de gas suministradas a una presión máxima de operación (MOP) inferior o igual a 5 bar. Parte 4: Diseño y construcción.*

• UNE 60670-5 *Instalaciones receptoras de gas suministradas a una presión máxima de operación (MOP) inferior o igual a 5 bar. Parte 5: Recintos destinados a la instalación de contadores de gas.*

• UNE 60670-6 *Instalaciones receptoras de gas suministradas a una presión máxima de operación (MOP) inferior o igual a 5 bar. Parte 6: Requisitos de configuración, ventilación y evacuación de los productos de la combustión en los locales destinados a contener los aparatos a gas.*

• UNE 60670-7 *Instalaciones receptoras de gas suministradas a una presión máxima de operación (MOP) inferior o igual a 5 bar. Parte 7: Requisitos de instalación y conexión de los aparatos a gas.*

• UNE 60670-8 *Instalaciones receptoras de gas suministradas a una presión máxima de operación inferior o igual a 5 bar. Parte 8: Pruebas de estanquidad para la entrega de la instalación receptora.*

• UNE 60670-9 *Instalaciones receptoras de gas suministradas a una presión máxima de operación (MOP) inferior o igual a 5 bar. Parte 9: Pruebas previas al suministro y puesta en servicio.*

• UNE 60670-10 *Instalaciones receptoras de gas suministradas a una presión máxima de operación (MOP) inferior o igual a 5 bar. Parte 10: Verificación del mantenimiento de las condiciones de seguridad de los aparatos en su instalación.*

• UNE 60670-11 *Instalaciones receptoras de gas suministradas a una presión máxima de operación (MOP) inferior o igual a 5 bar. Parte 11: Operaciones en instalaciones receptoras en servicio.*

• UNE 60670-12 *Instalaciones receptoras de gas suministradas a una presión máxima de operación (MOP) inferior o igual a 5 bar. Parte 12: Criterios técnicos básicos para el control periódico de las instalaciones receptoras en servicio.*

• UNE 60670-13 *Instalaciones receptoras de gas suministradas a una presión máxima de operación (MOP) inferior o igual a 5 bar. Parte 13: Criterios técnicos básicos para el control periódico de los aparatos a gas de las instalaciones receptoras en servicio.*

• UNE 149201 *Abastecimiento de agua. Dimensionado de instalaciones de agua para*

consumo humano dentro de los edificios.

• UNE-EN 806-1 *Especificaciones para instalaciones de conducción de agua destinada al consumo humano en el interior de edificios. Parte 1: Generalidades.*

• UNE-EN 806-2 *Especificaciones para instalaciones de conducción de agua destinada al consumo humano en el interior de edificios. Parte 2: Diseño.*

• UNE-EN 806-3 *Especificaciones para instalaciones de conducción de agua destinada al consumo humano en el interior de edificios. Parte 3: Dimensionamiento de tuberías. Método simplificado.*

• UNE 60601:2006 *Salas de máquinas y equipos autónomos de generación de calor o frío o para cogeneración, que utilizan combustibles gaseosos.*

• UNE-EN 1949:2003/A1:2005 *Especificaciones de las instalaciones de sistemas de GLP para usos domésticos en los vehículos habitables de recreo y otros vehículos.*



La elección profesional

Centro Español de Información del Cobre (CEDIC)
C/ Princesa, 79, 1º izda. - 28008 - Madrid
En representación del Comité Español de la ECPPC

www.elcobre.com