

## Capítulo III. Elementos de las instalaciones

En este capítulo se tratan las características técnicas más relevantes de los principales elementos y dispositivos que intervienen en una instalación de fontanería, desde la propia conducción del agua hasta el control, regulación y contabilización de su consumo.

Una vez trabajado este capítulo, el lector deberá ser capaz de lo siguiente:

Conocer las características técnicas más relevantes de los principales elementos y dispositivos que intervienen en una instalación de fontanería, desde la propia conducción del agua hasta el control, regulación y contabilización de su consumo.

- Seleccionar las características de los materiales que se vayan a emplear en la instalación, en función de los diferentes criterios de diseño, funcionamiento e instalación que puedan darse.
- Adquirir un criterio propio sobre la selección de los diferentes elementos que se vayan a instalar, reconociendo las particularidades de cada uno, mediante la consulta de información técnica propia de cada elemento, así como por la mera identificación visual y física de los mismos.

### 1. Tuberías y accesorios

Se diferencian por sus características técnicas los diferentes tipos de conducciones, identificando los parámetros necesarios para cumplir con las prescripciones que el proyecto de obra determine en el proceso de conducción del agua según la instalación.

#### 1.1. Introducción

Las tuberías utilizadas en instalaciones de fontanería las podremos clasificar como:

1. Tuberías de naturaleza metálica.
2. Tuberías de naturaleza plástica.

Tal y como concreta el *Código técnico de edificación*, se consideran válidas para las instalaciones de agua potable las siguientes tuberías:

- tubos de acero galvanizado.
- tubos de acero inoxidable.
- tubos de cobre.
- tubos de fundición dúctil.
- tubos de policloruro de vinilo no plastificado (PVC).
- tubos de policloruro de vinilo clorado (PVC-C).
- tubos de polietileno (PE).
- tubos de polietileno reticulado (PE-X).
- tubos de polibutileno (PB).
- tubos de polipropileno (PP).
- tubos multicapa de polímero / aluminio / polietileno resistente a temperatura (PE-RT).
- tubos multicapa de polímero / aluminio / polietileno reticulado (PE-X).

Teniendo en cuenta el ámbito tratado en esta obra y el tiempo que requeriría detallar cada una de estas tuberías, diremos que las que se utilizan con preferencia son las siguientes:

1. Tuberías de naturaleza metálica:

- tuberías de acero galvanizado.
- tuberías de acero inoxidable.
- tuberías de cobre.

2. Tuberías de naturaleza plástica:

- tuberías de polietileno.
- tuberías de polipropileno.
- tuberías de polibutileno.
- tubos multicapa de polímero / aluminio / polímero (variable).

Dada la alteración que producen en las condiciones de potabilidad del agua, quedan prohibidas las tuberías de plomo, aluminio y polivinilo.

A continuación se desarrollan una serie de características técnicas y de trabajo con cada uno de los tipos de tubería.

## 1.2. Tuberías de naturaleza metálica

### Tuberías de acero galvanizado

- **Fabricación**

Este tipo de tubería está fabricado en acero soldado longitudinalmente y protegido interior y exteriormente con un recubrimiento galvanizado (inmersión en baño de zinc ca-

liente), capa que tiene un espesor medio equivalente a 55 µm, conforme a la Norma UNE EN 10240.

Este recubrimiento tiene la misión de proteger la tubería contra oxidaciones y corrosiones, asegurando así las propiedades organolépticas del agua que recorre el circuito.

La tubería de acero galvanizado se fabrica en formato de tiras rígidas de 5 ó 6 m de longitud, pudiendo curvarse en frío (mediante curvadoras) para la mayoría de sus diámetros.

Asimismo, los accesorios para las uniones roscadas, se fabrican en fundición maleable y roscados, protegidos igualmente con un recubrimiento galvanizado cuya capa de zinc tiene un espesor equivalente a 70 µm, de conformidad con la Norma UNE EN 10242.

- **Dimensiones**

Partiendo de la equivalencia entre pulgadas (") y milímetros (mm) de diámetro interior, se expone a continuación toda la serie de dimensiones y su equivalencia en mm.

Tabla 3.1. Dimensiones de las tuberías de acero galvanizado

Dimensión y designación	Diámetro nominal – ø dn	Diámetro exterior. Ø ext.
3/8 "	10	17,2
1/2 "	15	21,3
3/4 "	20	26,9
1 "	25	33,7
1 1/4 "	32	42,4
1 1/2 "	40	48,3
2 "	50	60,3
2 1/2 "	65	76,1
3 "	80	88,9
4 "	100	114,3
5 "	125	139,7
6 "	150	165,1

- **Propiedades**

De todos los materiales empleados en conducciones de fluidos, es el que tiene un punto de fusión más alto (1.540 °C) y muy superior al resto, característica que lo hace insustituible en instalaciones contra incendios y en todas aquellas donde exista un riesgo potencial de incendio o explosión (aparcamientos, sótanos donde puedan almacenarse materiales combustibles, etc.).

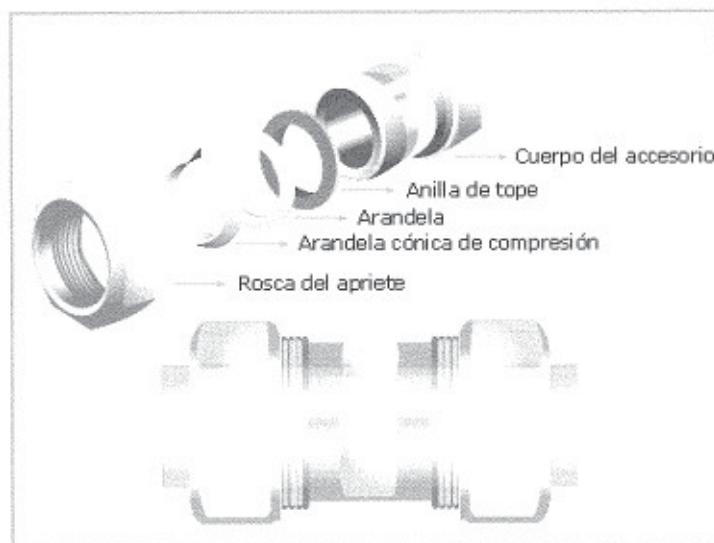
Tabla 3.2. Propiedades físicas de las tuberías de acero galvanizado

Características	Tipo de material: acero galvanizado
Resistencia a la tracción (Kgf/cm <sup>2</sup> )	5000
Alargamiento (%)	22
Dureza HB	140
Presión máxima admisible (bar)	258
Coeficiente de dilatación x 10 <sup>-6</sup> (°C <sup>-1</sup> )	11,6
Punto de fusión (°C)	1540
Temperatura máxima de trabajo en continuo	95 °C
Presión máxima de trabajo en continuo	20 bar

- **Uniones**

Las uniones con tubería de acero galvanizado normalmente deben realizarse mediante el roscado al accesorio correspondiente, aunque también se admite la utilización de las denominadas “uniones rápidas”, consistentes en el acople del tubo a un accesorio de apriete por compresión, tal y como se detalla en el gráfico.

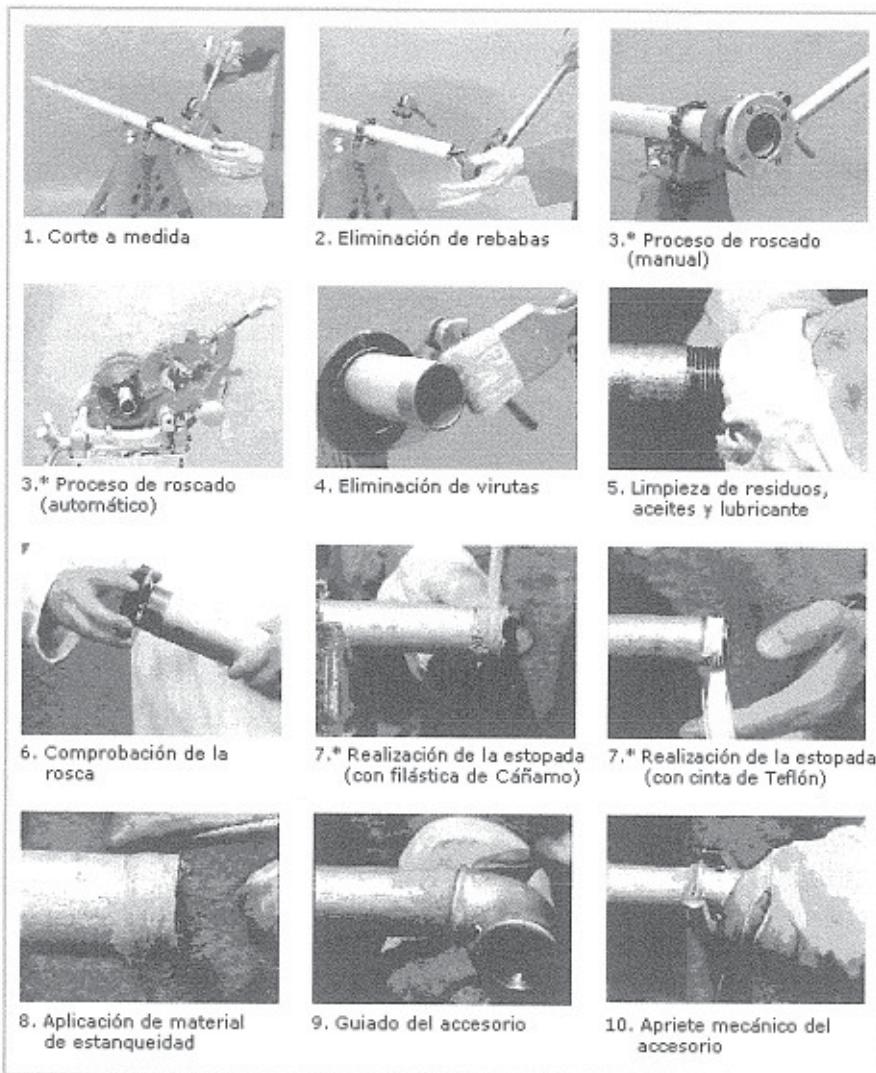
Figura 3.1. Composición de un accesorio de “unión rápida”



Siempre y en caso de ser absolutamente imprescindible y bajo autorización facultativa o dirección de la obra u organismo competente, se consultará la posibilidad de realizar alguna unión soldada, adoptándose en este caso las medidas adicionales para volver a proteger la tubería de eventuales ataques, oxidaciones o corrosiones que pudiera sufrir la estructura externa y/o interna de la tubería (pintura galvanizada).

A continuación se expone el proceso de trabajo adecuado para la realización de uniones por roscado.

Figura 3.2. Secuencia de trabajo para uniones roscadas



### Tuberías de acero inoxidable (inox.)

- **Fabricación**

Este tipo de tubería está constituida por una aleación de hierro con un porcentaje mínimo de cromo (+/-) 10%. El cromo aporta a la aleación la cualidad de resistencia a la corrosión, ya que, al combinarse con el oxígeno ambiental, protege la tubería, cubriendola de una fina película de óxido de cromo.

Las tuberías de este material se fabrican en dos series, por una designación internacional que las cataloga según su estructura metalúrgica en: austenítico, ferrítico, martensítico y duplex. El acero inoxidable que se utiliza para fabricación de tuberías para el transporte de fluidos es del tipo austenítico, correspondiendo cada serie a:

- AISI 304 conocidas popularmente como 18/8.
- AISI 316 conocidas popularmente como 18/8/2.

Las diferencias entre una y otra serie residen en los distintos porcentajes de los elementos químicos que las componen.

La serie AISI 304 es aplicable a la mayoría de instalaciones, siempre y cuando la cantidad de cloruros disueltos en el agua no sobrepase los 200 ppm. La serie AISI 316 quedará especialmente reservada a las instalaciones con unos porcentajes de cloruros disueltos mayores, es decir, se instalará especialmente en zonas con alto riesgo de corrosión, como por ejemplo, ambientes salinos y zonas costeras.

La tendencia actual consiste en utilizar en las instalaciones de fontanería una única serie tanto para la fabricación de las tuberías, como de accesorios. Se impone la serie AISI 316, por sus mejores prestaciones en todo tipo de ambientes y aguas.

La tubería de acero inoxidable se fabrica en formato de tiras rígidas de 5 ó 6 m de longitud, pudiendo curvarse en frío (mediante curvadoras) para la mayoría de sus diámetros.

#### • Dimensiones

Las dimensiones de la tubería de acero inoxidable se designan en mm y se corresponden a las mismas medidas de diámetro exterior utilizadas para tuberías de cobre, con espesores distintos para este material, tal y como puede apreciarse en la tabla.

Tabla 3.3. Dimensiones de las tuberías de acero inoxidable

Dimensión y ø ext	Diámetro interior	Espesor
15 mm	13,0 mm	1 mm
18 mm	16,0 mm	1 mm
22 mm	19,6 mm	1,2 mm
28 mm	25,6 mm	1,2 mm
35 mm	32,0 mm	1,5 mm
42 mm	39,0 mm	1,5 mm
54 mm	51,0 mm	1,5 mm

#### • Propiedades

Es uno de los materiales metálicos con mayor número de aplicaciones tanto en el sector doméstico, como industrial. Puede instalarse también en los tramos correspondientes a

la red de rociadores en instalación de extinción de incendios, por su alta resistencia a la temperatura, ya que está oficialmente clasificada como no combustible.

Tabla 3.4. Propiedades físicas de las tuberías de acero inoxidable

Características	Tipo de material: acero inoxidable
Resistencia a la tracción (Kgf/mm <sup>2</sup> )	76,7
Alargamiento (%)	48,2
Dureza HB	190
Presión máxima admisible (bar)	100 aprox.
Coeficiente de dilatación $\times 10^{-5}$ (°C <sup>-1</sup> )	1,73
Punto de fusión (°C)	1400
Temperatura máxima de trabajo en continuo	95°C
Presión nominal de trabajo en continuo	16 bar

- **Uniones**

Las uniones con tubería de acero inoxidable pueden realizarse principalmente mediante cuatro procedimientos:

- Unión prensada.
- Unión soldada (soldadura fuerte).
- Unión mecánica de compresión.
- Unión por adhesivos.

La tendencia actual en instalaciones de fontanería es la utilización de la unión prensada, mediante el empleo de una prensadora, eléctrica o electro-mecánica, que prensa las extremidades del accesorio (especialmente preparadas a tal efecto) contra el tubo que se aloja en su interior.

La unión soldada debe ser realizada utilizando soldadura fuerte, normalmente mediante el empleo de equipos oxiacetilénicos y material de aportación en forma de varillas con un determinado porcentaje de plata adecuado, que garantice una total estanquidad de la unión. Suele recomendarse que la realización de este tipo de unión sea efectuada por personal con experiencia en el empleo de estos equipos.

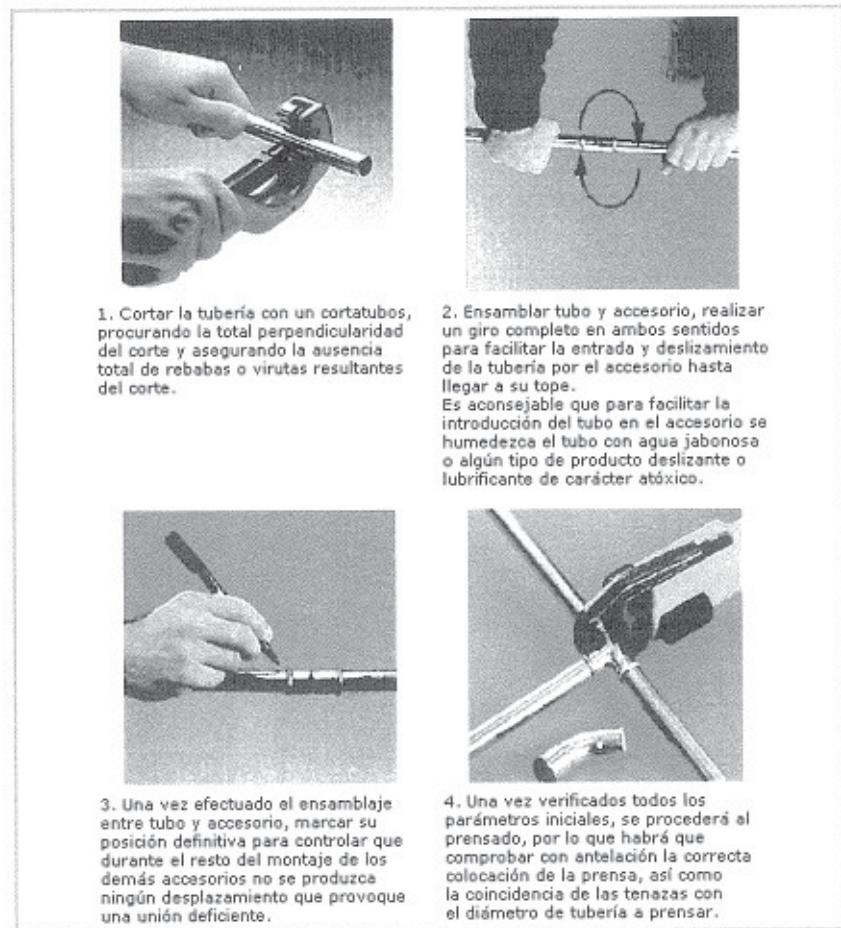
La unión mecánica por compresión consiste en el empleo de accesorios de acople rápido y apriete mecánico que provocan el ajuste de todo el conjunto con plena seguridad. Normalmente se realizan mediante el roscado al accesorio correspondiente, admitiéndose también la utilización de las denominadas "uniones rápidas", consistentes en el acople del tubo a un accesorio de apriete por compresión, tal y como se detalla en el gráfico.

En las uniones por adhesivos, se utilizarán aquéllos en los que se indique expresamente la idoneidad y validez del producto en la unión de aceros inoxidables. El empleo de este sistema

no está muy generalizado en tuberías de distribución interior de agua, a pesar de que ofrece plenas garantías de estanquidad para éste y otros materiales.

En la imagen siguiente puede apreciarse la secuencia de trabajo para la ejecución de uniones prensadas, por ser el más popularizado para este tipo de material.

Figura 3.3. Sistema por unión prensada de la tubería de acero inoxidable



## Tuberías de cobre (Cu)

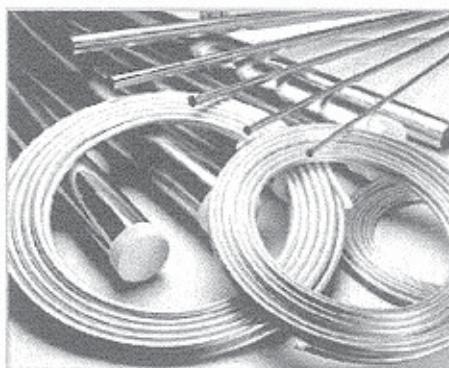
### • Fabricación

Denominado técnicamente *tubo de cobre estirado de precisión sin soldadura*, su proceso de fabricación se basa principalmente en la extrusión y el laminado. Es una de las tuberías más utilizadas para aplicaciones de fontanería. Se fabrica en formato de tiras rectas de 5 m de longitud para todos sus diámetros y también en rollos de 50 m hasta un diámetro exterior de 22 mm, mediante el recocido (tratamiento térmico) del tubo, conforme a la Norma UNE EN 1057:1996.<sup>4</sup>

4. También existe la posibilidad de solicitar tubo de cobre recocido con cromado exterior para su instalación en exteriores e instalaciones vistas.

La tubería de cobre se fabrica en diversos espesores de pared (0,75 / 1 / 1,2 / 1,5 / 2 / 2,5 mm), aunque en el ámbito de las instalaciones de fontanería, no se admitirán espesores inferiores a un milímetro.

Figura 3.4. Tuberías de cobre en rollo y tira rígida



#### • Dimensiones

Las medidas más usuales de la tubería de cobre para instalaciones de fontanería son las siguientes:

Tabla 3.5. Dimensiones de las tuberías de cobre

Diámetro exterior. Ø ext.	Diámetro interior – ø int	Espesor
6 mm	4 mm	1 mm
8 mm	6 mm	1 mm
10 mm	8 mm	1 mm
12 mm	10 mm	1 mm
14 mm	12 mm	1 mm
15 mm	13 mm	1 mm
16 mm	14 mm	1 mm
18 mm	16 mm	1 mm
22 mm	20 mm	1 mm
28 mm	26 mm	1 mm
35 mm	33 mm	1 mm
42 mm	40 mm	1 mm
54 mm	51,6 mm	1,2 mm

Las celdas sombreadas indican las medidas usuales para la tubería de cobre recocido en rollo.

### • Propiedades

Su utilización es apta en gran cantidad de ámbitos profesionales, que abarcan desde la propia fontanería hasta la climatización, pasando por el transporte de gases combustibles y líquidos inflamables. Por su diversidad de formatos, permite gran versatilidad de trabajo, pudiendo curvarse en frío, mediante muelles y curvadoras manuales o automáticas, y en radios mínimos definidos para cada diámetro. Su dilatación es aceptable y sólo habrá que atender a la posibilidad de corrosión en ambientes muy concretos.

Dispone como hecho diferencial de una gama muy extensa de accesorios para su unión soldada por capilaridad y de acople mixto a elementos roscados.

Se observarán todas las medidas indicadas en apartados anteriores para evitar el contacto con aguas o materiales con los que pudiera surgir alguna incompatibilidad que perjudicara a la propia tubería o a aquélla a la que estuviera unida.

Tabla 3.6. Propiedades físicas de las tuberías de cobre

Características	Tipo de material: Cobre
Resistencia a la tracción (MPa)	290
Alargamiento (%)	20
Dureza HB	100
Presión máxima admisible (bar)	258
Coeficiente de dilatación $\times 10^{-6}$ ( $^{\circ}\text{C}^{-1}$ )	16,5
Punto de fusión ( $^{\circ}\text{C}$ )	1083
Temperatura máxima de trabajo en continuo	100 $^{\circ}\text{C}$
Presión máxima de trabajo en continuo (bar) ( $e = 1$ mm) ( $e$ = espesor)	Desde 169 a 21 según diámetros

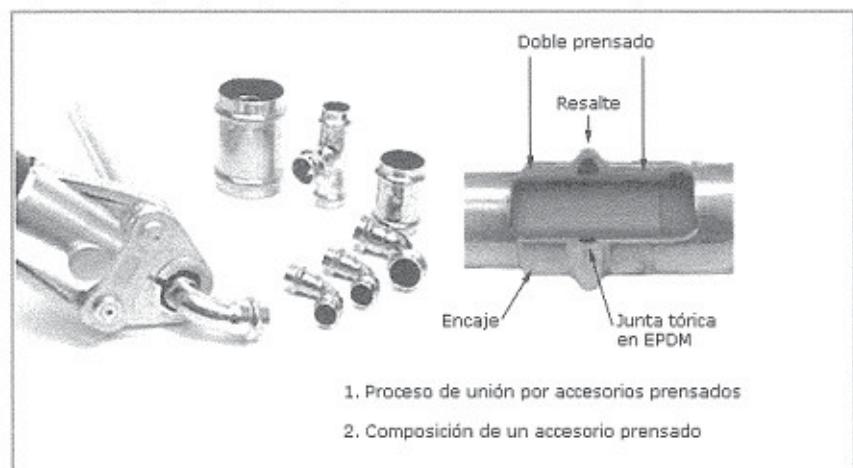
### • Uniones

Las uniones de tubería de cobre a sus accesorios pueden realizarse mediante:

- soldadura blanda por capilaridad.
- soldadura fuerte capilar.
- uniones mecánicas prensadas.
- unión mecánica de compresión.

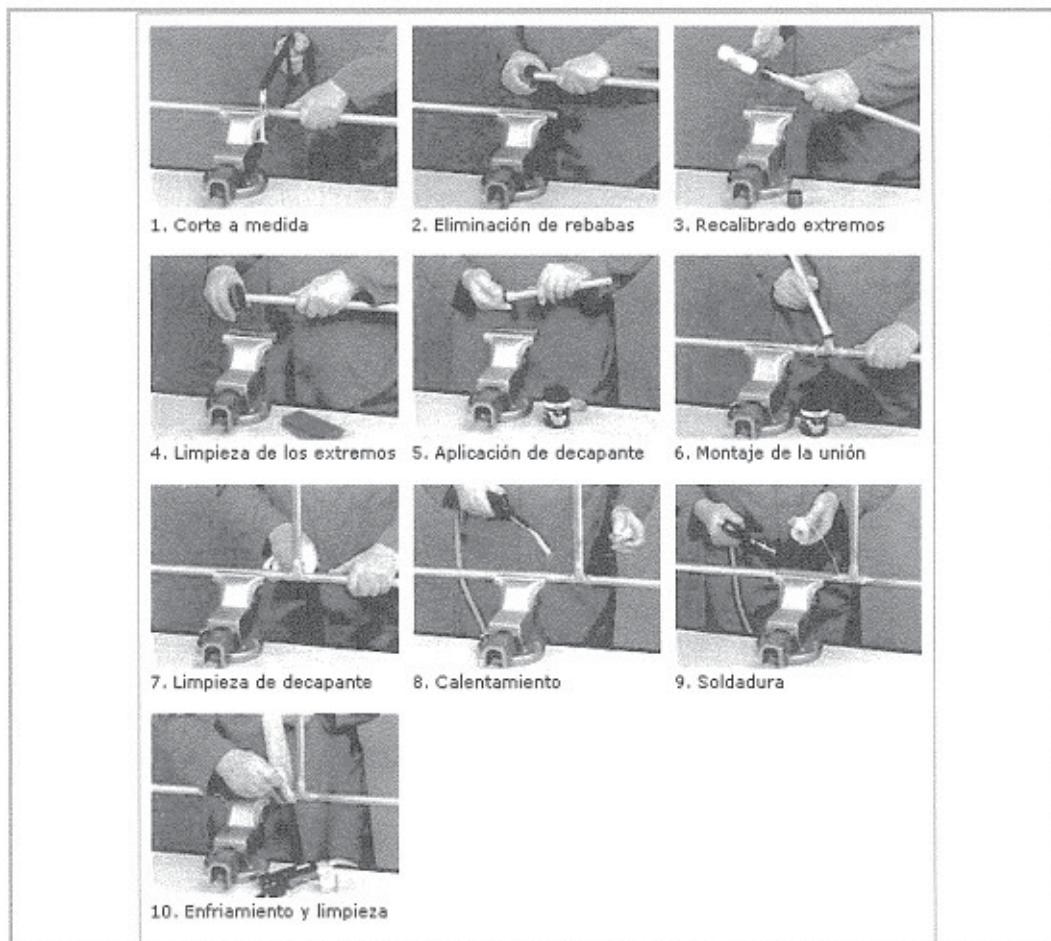
El proceso más empleado por su rapidez y efectividad es el de la soldadura blanda por capilaridad, en el que la unión, después de ser preparada, es sometida a elevadas temperaturas ( $320\ ^{\circ}\text{C}$ ) y rellenada por material de aportación (varilla de estaño-plata) que corre por toda la unión, gracias a un decapante, debido al fenómeno de la capilaridad.

Figura 3.5. Ejemplos y composición de accesorios prensados de cobre



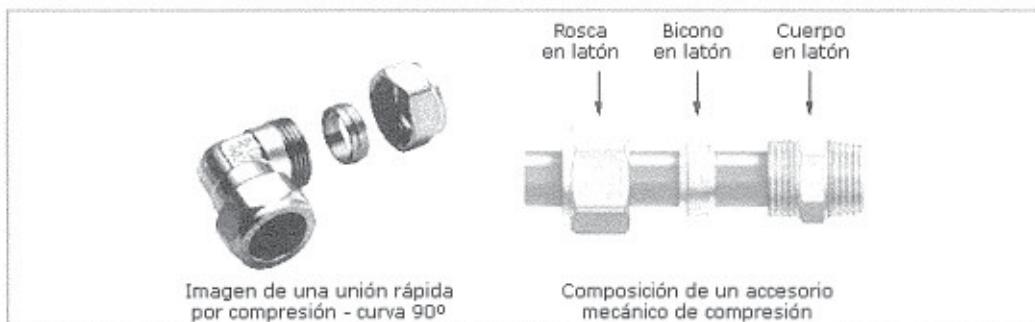
En la siguiente secuencia se muestra el proceso de unión más popularizado, la unión por soldadura blanda, mediante el empleo de accesorios soldados por capilaridad, en el que se utilizan aleaciones compuestas por estaño-plata (Sn-Ag, al 3 y 6% de plata) y aleaciones estaño-cobre.

Figura 3.6. Secuencia de trabajo para uniones por soldadura (blanda) de tuberías de cobre



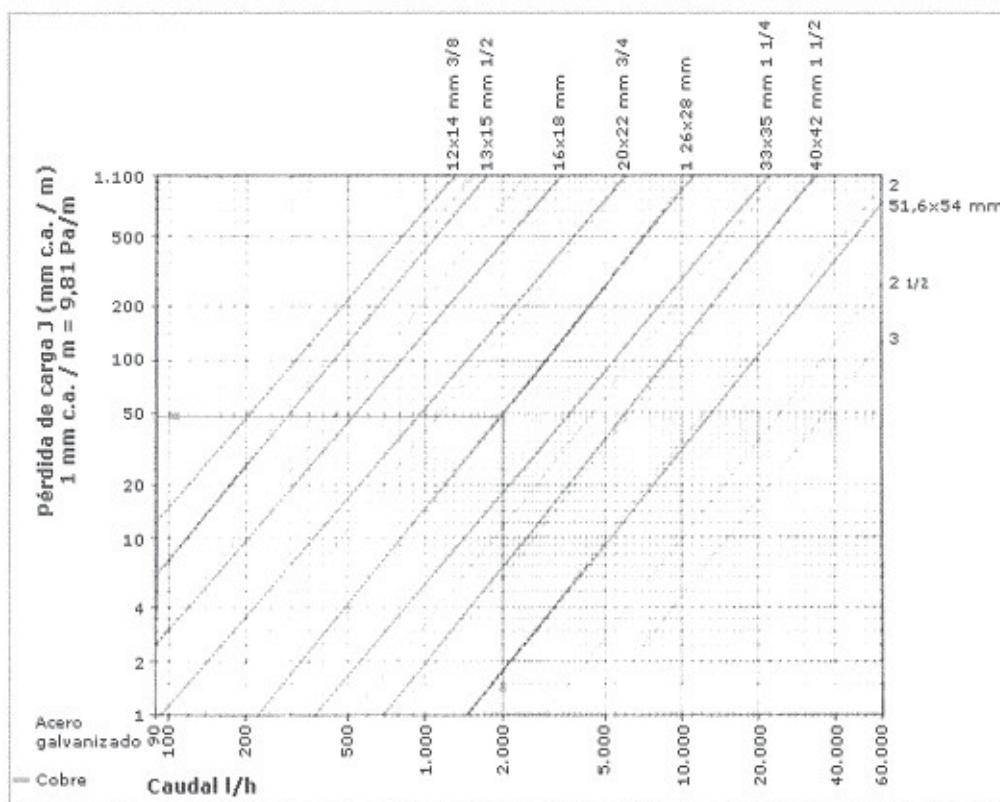
Otro tipo de accesorios son las llamadas *uniones mecánicas a compresión* o *uniones rápidas*. Este tipo de accesorio, también llamado *racor de compresión*, se caracteriza por conseguir la estanqueidad mediante la compresión de un bicono metálico que garantiza una conexión segura y duradera. Al igual que en el resto de accesorios, existen manguitos, curvas, tes, que cubren la mayoría de necesidades existentes en el recorrido de la instalación.

Figura 3.7. Ejemplo / composición de accesorios de "unión rápida" con tubería de cobre



En la imagen siguiente podéis ver un gráfico general de pérdidas de carga en conducciones hidráulicas metálicas (cobre / acero g.).

Figura 3.8. Ábaco para el cálculo de pérdidas de carga con tuberías metálicas



### 1.3. Tuberías de naturaleza plástica

Introducción interpretativa sobre la clasificación y marcaje de las tuberías de naturaleza plástica

La clasificación, designación y marcaje de las tuberías plásticas utilizadas para instalaciones es considerablemente distinta a la utilizada para las tuberías de naturaleza metálica, dada la diversidad de composiciones, espesores y propiedades físicas e hidráulicas que se dan para un mismo tipo de material.

La designación de estas tuberías se rige principalmente por los siguientes parámetros:

- diámetro exterior ( $\emptyset$ )
- espesor de pared (e)
- presión nominal (PN)
- temperatura de servicio ( $^{\circ}\text{C}$ )
- SDR o relación entre el diámetro nominal y el espesor
- Clase (aplicación ideal de la tubería)
- Serie (S)

Algunos de estos parámetros están definidos en la terminología incluida al inicio de este apartado.

De entre todos estos parámetros, los más desconocidos actualmente por la mayoría de profesionales son los siguientes:

- a. SDR o relación entre el diámetro nominal y el espesor
- b. Clase (aplicación ideal de la tubería)
- c. Serie (término que ofrece la relación presión-temperatura-esfuerzo tangencial)

#### a) SDR o relación entre el diámetro nominal y el espesor

Expresa la relación existente entre el diámetro nominal de la tubería y su espesor, que responde a la siguiente expresión:

$$\text{SDR} = \emptyset n / en$$

Este SDR mantiene una estrecha relación con la presión nominal de la tubería.

#### b) Clase (aplicación ideal de la tubería)

Clase 1 – Suministro de agua caliente hasta  $60\text{ }^{\circ}\text{C}$

Clase 2 – Suministro de agua caliente hasta  $70\text{ }^{\circ}\text{C}$

Clase 4 – Calefacción por suelo radiante y radiadores a baja temperatura

Clase 5 – Calefacción por radiadores a alta temperatura

### c) Serie

Expresa el cociente entre el esfuerzo tangencial de trabajo a una temperatura determinada y la presión de trabajo a esa misma temperatura. Se expresa mediante la expresión siguiente:

$$S = \sigma / P_t$$

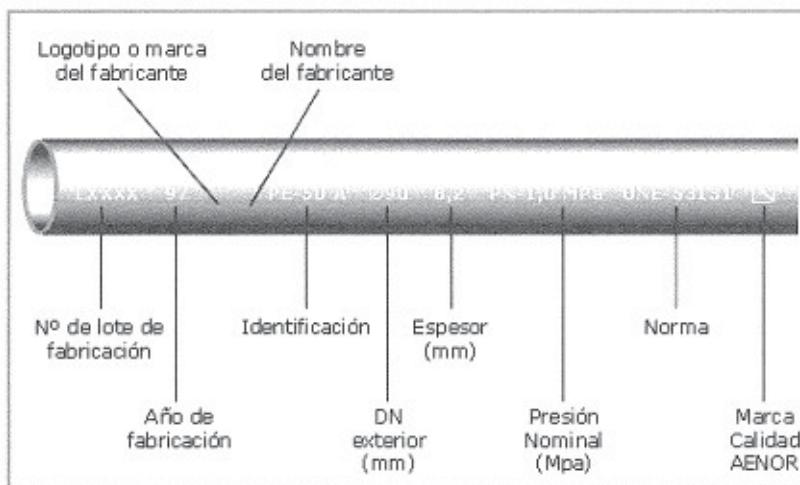
$\sigma$  = Esfuerzo tangencial de trabajo (MPa) ;  $P_t$  = Presión de trabajo (MPa)

En la tabla aplicativa adjunta, se muestra una relación espesor-diámetro según la serie, clase de aplicación y coeficiente de seguridad global para diferentes materiales plásticos como el Polipropileno (PP), Polibutileno (PB) y Polietileno Reticulado (PE-X).

También será necesario conocer su comportamiento a largo plazo; este comportamiento se muestra a través de un gráfico en el que se representan las curvas características del material, las cuales reflejan la vida útil de la tubería (en años) en función de unas condiciones de servicio (presión-temperatura). Este gráfico recibe el nombre de *curva de regresión* del material, actualmente y para la mayoría de materiales las curvas de regresión correspondientes a cada uno de los materiales utilizados para la ejecución de instalaciones presentan una vida útil superior a los 50 años. Estas curvas están representadas en las Normas UNE correspondiente a cada uno de los materiales, así como las características dimensionales propias para cada tipo y variedad de tubería.

En cuanto al marcaje e identificación de las tuberías, se expone un ejemplo con los datos que obligatoriamente ha de incluir el fabricante de la misma, sobre la superficie de ésta y que deben permitir al técnico, instalador, proveedor, etc., identificar la composición y características de servicio principales.

Figura 3.9. Identificación de tuberías (marcaje)



## Tuberías de polipropileno copolímero-random (PP-R)

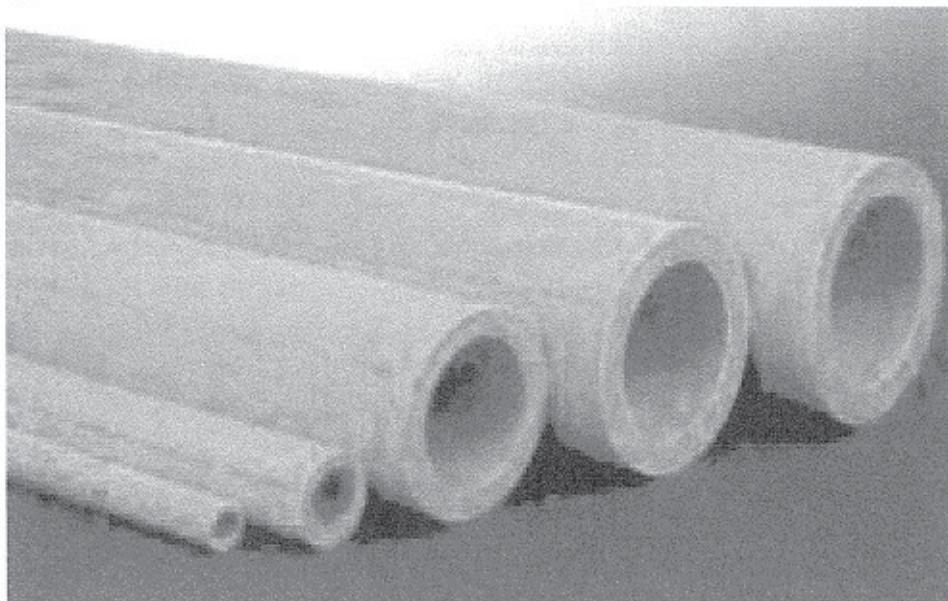
- **Fabricación**

Este tipo de material, obtenido a través de la polimerización (tratamiento molecular) del gas propileno, es un material perfectamente válido para el transporte y distribución de aguas potables y, por tanto, utilizable en instalaciones hidrosanitarias de agua fría o caliente sanitaria.

La tubería de polipropileno se fabrica por extrusión en formato de tiras semirrígidas de 4 m de longitud, e incluso en rollos, aunque no es el formato ideal de trabajo con este tipo de material. Asimismo, se fabrica para diversas presiones nominales de trabajo o series (en función de su espesor) distinguiéndose así tuberías de presión nominal 10 bar, 16 bar, 20 bar, 25 bar.

La tubería de polipropileno también se comercializa reforzada con una lámina de aluminio intermedia que actúa sobre dos parámetros: protección de la estructura molecular de la tubería en instalaciones exteriores e intemperie y también como elemento atenuador de las dilataciones, en instalaciones de calefacción y a. c. s. Alternativamente, hay en el mercado tuberías de PP-R con capas intermedias de materiales de refuerzo y/o protección, debiéndose comprobar, en todo caso, su aptitud al uso en instalaciones de suministro de agua potable.

Figura 3.10. Diferentes medidas de tuberías de polipropileno



### • Dimensiones

Las medidas más usuales de la tubería de PP-R para instalaciones de fontanería, para las series de tubo más usuales, correspondientes a la serie 2,5 y 3,2, son las siguientes:

Tabla 3.7. Dimensiones usuales de las tuberías de PP-R

Diámetro exterior. Ø ext.	Diámetro interior – ø int	Espesor
16 mm	10,6 mm	2,7 mm
20 mm	13,2 mm	3,4 mm
25 mm	16,6 mm	4,2 mm
32 mm	21,2 mm	5,4 mm
40 mm	26,6 mm	6,7 mm
50 mm	33,2 mm	8,4 mm
63 mm	42,2 mm	10,4 mm
75 mm	54,2 mm	10,4 mm
90 mm	65 mm	12,5 mm
110 mm	79,6 mm	15,2 mm
125 mm	90,4 mm	17,3 mm

(\*) No se expresan las dimensiones correspondientes al diámetro exterior de 160 mm, aunque actualmente existen fabricantes que lo incorporan a su gama de diámetros estándar.  
Independientemente a las dimensiones expresadas en la presente tabla, existen las correspondientes a serie 5 (PN 10) y serie 2 (PN 25).

### • Propiedades

Es un material ideal en instalaciones tanto de agua fría, como caliente sanitaria, debido a que presenta unas pérdidas térmicas por transmisión muy inferiores a las provocadas por otros materiales, minimizando así las mermas energéticas propias de la red de tuberías. Presenta también un inmejorable comportamiento ante las condensaciones.

Al igual que la mayoría de tuberías plásticas, en su instalación en exteriores habrá que tener en cuenta la protección contra la incidencia directa de los rayos solares (ultravioletas) para evitar la cristalización de su estructura, que lo tornaría frágil y quebradizo. Para ello se podrá recurrir a fundas y aislamientos especiales o recubrimientos que eviten la exposición directa a la radiación solar, si bien se fabrican tubos con protección de aluminio como alternativa a los recubrimientos complementarios.

Igualmente, se corregirán las posibles dilataciones resultantes de saltos térmicos elevados en instalaciones de a. c. s., así como las derivadas de diferencias térmicas entre la temperatura del agua y el ambiente circundante.

Por su estructura, puede ser colocada en instalación empotrada/embebida directamente en el interior de regatas o rozas o mediante la soportación adecuada, con instalación vista exterior.

- **Uniones**

Las uniones de tubería de polipropileno (PP-R) se realizan normalmente mediante soldadura por termofusión, mediante el empleo de *polifusores*, existiendo también accesorios del tipo electrosoldable, ambos por fusión directa del conjunto tubo-accesorio y sin aporte de material complementario, hecho que provoca plena compatibilidad de las uniones realizadas.

Sistemas de unión:

- Termofusión.
- Electrofusión.
- Unión mecánica.

### Tuberías de polietileno (PE)

- **Fabricación**

El polietileno es un polímero extraído de la “polimerización” del gas etileno. Dependiendo del proceso de polimerización pueden obtenerse tres tipos de polietileno:

- Polietileno de baja densidad (PE-BD)  
Designado como PE 32 = PE 40
- Polietileno de media densidad (PE-MD)  
Designado como PE 50 B = PE 63
- Polietileno de alta densidad (PE-AD)  
Designado como PE 50 A = PE 100

La diferencia de densidades depende de la presión a la que se realiza dicho proceso de polimerización. Cuanto mayor es la densidad del polietileno, mejores son las prestaciones del mismo en la instalación, lo que determina a su vez:

- una mayor resistencia a la tracción.
- una mayor dureza.
- una mayor rigidez.
- un menor espesor de material por conducto, para garantizar el mismo rango de trabajo que con polietilenos de densidades inferiores.

Actualmente se utilizan en las conducciones para canalización y distribución de agua polietilenos de media y alta densidad, con preferencia este último por sus mejores cualidades, tendiendo a la desaparición de los PE-BD.

La tubería de polietileno apta para el transporte de agua potable se fabrica normalmente en color negro, debiendo ir marcada con una seña identificativa de su potabilidad (por ejemplo, copa/tenedor) o bien marcada con una banda longitudinal de color azul que especificará su aptitud al transporte de agua potable, ya que existen tuberías de PE no aptas para esta aplicación, para presiones nominales máximas (PN) de 10, 16 y 25 bar.

El formato de suministro se puede encontrar en:

- Barras: con longitudes comprendidas entre los 6 y 12 m, generalmente para diámetros grandes a partir de 110 mm, pero también aplicable a diámetros inferiores.
- Rollos: con longitudes de 50, 100, 150, 200 ó 300 m aplicables en diámetros exteriores inferiores a 50 mm.
- Bobinas: con longitudes aproximadas de 200, 500, 1.000 y 1.500 m para diámetros de 63, 90 y 110 mm.

#### • Dimensiones

Las medidas más usuales de la tubería de PE-AD (PE-100) para instalaciones de fontanería, con presión nominales (PN) correspondiente a 10 y 16 bar, son:

Tabla 3.8.

Diá. Exterior. Ø ext.		Diá. Interior. Ø int		Espesor	
PN 10	PN 16	PN 10	PN 16	PN 10	PN 16
20			16		2
			20,4		2,3
		28	26,2	2	2,9
		35,2	32,6	2,4	3,7
		44	40,8	3	4,6
		55,4	51,4	3,8	5,8
		66	61,4	4,5	6,8

Diámetro Exterior. Ø ext.		Diámetro Interior. Ø int		Espesor	
PN 10	PN 16	PN 10	PN 16	PN 10	PN 16
90	90	79,2	73,6	5,4	8,2
	110	96,8	90	6,6	10
	125	110,2	102,2	7,4	11,4
	140	123,4	114,6	8,3	12,7
	160	141	130,8	9,5	14,6
	180	158,6	147,2	10,7	16,4
	200	176,2	163,6	11,9	18,2

Las tuberías de polietileno se fabrican en diámetros exteriores de hasta 1.600 mm. En la tabla se ha expuesto la gama de diámetros más común y correspondiente al ámbito de las instalaciones de fontanería, objeto de esta obra.

#### • Propiedades

Este tipo de material está diseñado única y exclusivamente para el transporte y distribución de agua a temperatura de red (max. 25 °C) a diferencia del resto de tuberías plásticas expuestas en este capítulo que son aptas para agua fría y caliente sanitaria, por lo que su utilización en el ámbito de la fontanería se limita a su instalación en acometidas, ramales generales y montantes.

#### • Uniones

Los procedimientos de unión habituales en las tuberías de polietileno son los siguientes:

- Uniones mediante accesorios electrosoldables.
- Uniones soldadas térmicamente a tope (tubo-tubo).
- Uniones mecánicas, mediante accesorios a compresión, embridado, etc.

La tendencia actual con este tipo de material consiste en utilizar cada vez más el sistema de accesorios electrosoldables, debido en gran parte a la eficacia, rapidez y compatibilidad que ofrece dicho sistema.

A continuación se representan unas imágenes ilustrativas sobre los dos primeros sistemas de unión.

En esta secuencia se observa el proceso de trabajo con el sistema de unión por accesorios electrosoldables.

## Tuberías de polietileno reticulado (PE-X)

### • Fabricación

El polietileno reticulado es un derivado del polietileno convencional expuesto en el anterior apartado, al que se le aplica, durante su proceso de fabricación, un tratamiento de reestructuración molecular (reticulación), que permite obtener una tubería más dúctil y apta para transporte de agua caliente, hasta 95 °C.

Esta reticulación puede ser realizada mediante inmersión en productos químicos o bien sometiendo el tubo a una radiación electrónica que, al infiltrarse en la tubería, modifica la estructura molecular de ésta según unos parámetros determinados. De este modo los principales métodos de reticulación son los siguientes:

- Por tratamiento con silano (tipo a).
- Por tratamiento con peróxido (tipo b).
- Por radiación electrónica (tipo c).

En el cuadro adjunto se muestra un resumen de las propiedades del tipo de polietileno, en cuanto a su formato de fabricación y/o composición.

Tabla 3.9. Tipología de las tuberías de polietileno reticulado

	Grado de reticulación	Ensayo de vida útil – curva de regresión	Flexibilidad
Silano	~ 60 %	Corta	Baja
Radiación Electrones	~ 70 %	Media	Media
Peróxido	~ 80 %	Alta	Alta

La tubería de PE-X se comercializa en barras semirrígidas y rollos para su instalación oculta en paramentos de la construcción, falsos techos, etc. Del mismo modo, su formato de presentación más habitual es en color neutro, sin tintar y, por lo tanto, relativamente translucido, si bien existen tubos en color azul, rojo, etc.

- **Dimensiones**

Las medidas más usuales de la tubería de PE-X para instalaciones de fontanería, con presión nominales (PN) correspondiente a 10 y 16 bar, son las siguientes:

Tabla 3.10. Dimensiones usuales de las tuberías de PE-X

Diám. exterior. Ø ext.	Diám. interior. Ø int		Espesor	
	Serie 5 PN 10	Serie 3,2 PN 16	Serie 5 PN 10	Serie 3,2 PN 16
20	16,2	14,4	1,9	2,8
25	20,4	18	2,3	3,5
32	26,2	23,2	2,9	4,4
40	32,6	29	3,7	5,5
50	40,8	36,2	4,6	6,9
63	51,4	45,8	5,8	8,6
75	61,4	54,4	6,8	10,3

- **Propiedades**

Es un material que, por su ductilidad y flexibilidad, se presenta como ideal en instalaciones con recorridos ocultos por el interior de falsos techos y/o suelos, así como por el interior de regatas o rozas cubiertas bajo paramentos de la construcción. Es recomendable que los puntos donde existan uniones mecánicas sean del tipo registrable para permitir su inspección e intervención en caso necesario. Al igual que en la mayoría de las tuberías plásticas, se evitará la exposición directa de la tubería a los rayos solares, recurriendo a fundas o aislamientos de protección. En la instalación de tramos de tubería vista y especialmente en aquellas tuberías que presenten un bajo índice de opacidad (translúcidas), se procurará la protección exterior de la tubería, con algún tipo de recubrimiento, para evitar la filtración de la luz ambiental y su contacto con el agua del circuito, con el objeto de prevenir la aparición de microorganismos y su adherencia a las paredes internas de la tubería.

Igualmente, se corregirán las dilataciones resultantes de saltos térmicos elevados en instalaciones de a. c. s., así como las derivadas de diferencias térmicas entre la temperatura del agua y el ambiente circundante.

- **Uniones**

Los procedimientos de unión habituales en las tuberías de PE-X son los siguientes:

- Unión mediante expansión y contracción tubo-accesorio (quik&easy-q&e-wirsbo-UPONOR)
- Uniones mediante racores y accesorios mecánicos de compresión
- Uniones prensadas (*press-fitting*)
- Unión por casquillo deslizante

### Tuberías de polibutileno (PB)

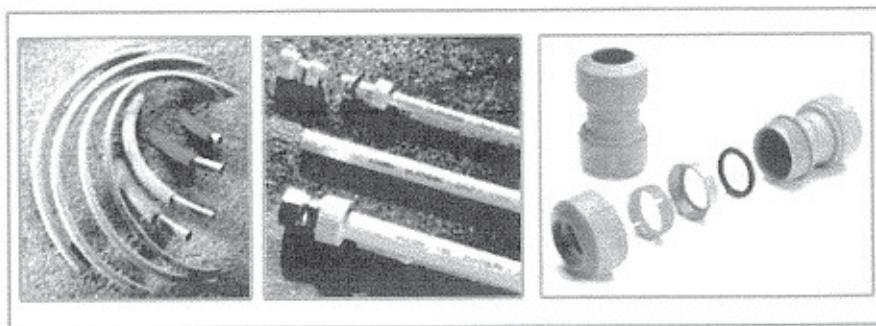
- **Fabricación**

El polibutileno, al igual que el resto de tuberías plásticas, es un polímero termoplástico apto para el transporte de agua potable sanitaria, tanto fría como caliente.

Este tipo de tubería se presenta en formato de barras flexibles de 4 o 5 m y rollos de 25, 50 o 100 m. Su color característico es el gris.

Del mismo modo, esta tubería en su formato de rollos no presenta ningún tipo de memoria térmica/molecular, por lo que al extraer la tubería del rollo tiende a mantenerse recta, sin recuperar la forma circular inicial. Se fabrica también en este mismo formato tubería con película protectora de EVOH, como barrera antioxígeno, para su utilización en instalaciones de calefacción por suelo radiante.

Figura 3.11. Tubería de polibutileno.



Unión con accesorios mecánicos. Composición de un accesorio de unión mecánica

- **Dimensiones**

Las medidas más usuales de la tubería de PB para instalaciones de fontanería, con presión nominal (PN) correspondiente a 10 bar, son las siguientes:

Tabla 3.11. Dimensiones usuales de las tuberías de PB

Diámetro exterior ø ext.	Diámetro interior ø int.	Espesor
	PN 10	PN 10
15	11	2
18	14	2
22	18	2
28	22,4	2,8
32	26	3
40	32,6	3,7

- **Propiedades**

Por su formato y sistema de unión es un material muy utilizado en distribución de agua para embarcaciones, *roulettes*, cultivos, invernaderos, *campings* e instalaciones de carácter tanto provisional como permanente, así como en aquéllas que puedan sufrir modificaciones periódicas de ubicación o trazado.

Al igual que en la mayoría de las tuberías plásticas, se evitará la exposición directa de la tubería a los rayos solares, recurriendo a fundas o aislamientos de protección, o bien a tubería que incorpore aislamiento de serie.

De todos los materiales termoplásticos utilizados para instalaciones, el polibutileno es el que presenta un menor coeficiente de dilatación, por lo que se considera óptimo para instalaciones de calefacción correspondientes a las aplicaciones de la clase 4 y 5 (suelo radiante y radiadores).

Se controlará en la utilización de este material el contacto con aguas con altas concentraciones de cloro, ya que el polibutileno (PB) puede ser dañado si las concentraciones de cloro disuelto en el agua sobrepasan los 1,5 mg/l.

- **Uniones**

Las uniones con tubería de PB pueden ser de diferentes tipos:

- Unión mecánica, mediante accesorios de presión o unión rápida (*push-fit*).
- Unión por termofusión mediante accesorios de PB (unión igual a la realizada con tubos de PP-R).
- Unión por electrofusión mediante accesorios electrosoldables de PB.

De todas maneras, la tendencia actual y en la mayoría de los casos es la de utilizar accesorios mecánicos de presión, por la rapidez y comodidad que supone este tipo de unión, frente al sistema de unión termosoldada, muy parecida a la unión con PP-R.

Los accesorios mecánicos pueden estar fabricados a su vez en:

- polibutileno (PB)
- homopolímeros fluorados (PVDF)
- Mixtos (accesorios compuestos por extremos en PB y conexiones en latón, bronce o acero inoxidable)

### **Tubos multicapa de polímero-aluminio-polietileno**

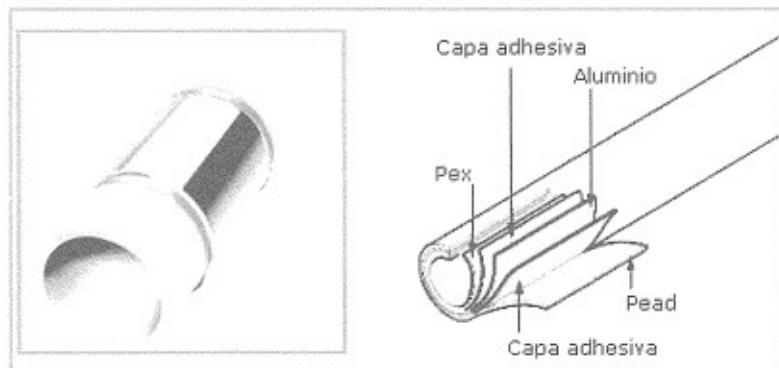
- **Fabricación**

Las tuberías denominadas *multicapa* son tuberías compuestas generalmente por una conducción base de polietileno reticulado (PE-X) o de polietileno resistente a alta temperatura (PE-RT), una lámina intermedia de aluminio y una capa exterior de algún tipo de polímero adecuado y resistente a su colocación en instalaciones vistas, como el propio PE-X o bien polietileno de alta densidad (PE-AD).

La lámina intermedia de aluminio puede estar soldada a tope (extremo con extremo) o bien solapada (extremo sobre extremo). Esta lámina, cuyo espesor está comprendido entre 0,2 y 1 mm según diámetros, facilita la extrema ductilidad de la tubería permitiendo su manipulación manual sin necesidad de aparatosas herramientas para su curvado.

Este tipo de tubería se presenta en formato de barras semirrígidas de 4 o 5 m y rollos de 25, 50 o 100 m. Su color característico es el blanco.

Figura 3.12. Composición habitual de tuberías "multicapa"



- Dimensiones

Las medidas más usuales de la tubería de PB para instalaciones de fontanería, con presión nominal (PN) correspondiente a 10 bar, son las siguientes:

Tabla 3.12. Dimensiones de las tuberías "multicapa"

Diámetro exterior ø ext.	Diámetro interior ø int.	Espesor
PN 10	PN 10	PN 10
14	10	2
16	12	2
18	14	2
20	15,5	2,25
25	20	2,50
26	20	3
32	26	3
40	32	4

- Propiedades

Aunque es una tubería perfectamente utilizable en instalaciones hidrosanitarias, su aplicación más extendida se encuentra en el trazado de tubería para calefacción a alta y baja temperatura y sobre todo en calefacción por radiadores, ya que por su estética facilita la instalación con recorridos vistos de tubería. Algunas de las propiedades más atractivas de este sistema son las siguientes: acabado estético, ductilidad y moldeabilidad en la manipulación de la tubería, mínimas contracciones y expansiones térmicas, entre otras.

## • Uniones

Las uniones con tubería multicapa pueden ser de diferentes tipos:

- Union prensada (*press-fitting*)
- Unión mecánica mediante accesorios de compresión

De todas maneras, la tendencia actual y en la mayoría de los casos es la de utilizar accesorios prensados mediante máquinas prensadoras electropneumáticas.

Los accesorios mecánicos para prensar pueden estar fabricados a su vez en:

- latón (cromado/niquelado)
- acero inoxidable
- polifenil sulfona (PPSU; material plástico con gran resistencia a la temperatura: -40 °C a +160 °C). ☺

Los accesorios mecánicos para prensar siempre están en combinación con los casquillos terminales de acero inoxidable que quedan prensados al tubo mediante el apriete mecánico de la tenaza prensadora.

## Características generales

Por último, se muestra en el siguiente cuadro algunas de las propiedades físico-químicas más destacables de los diferentes tipos de tuberías plásticas comentadas.

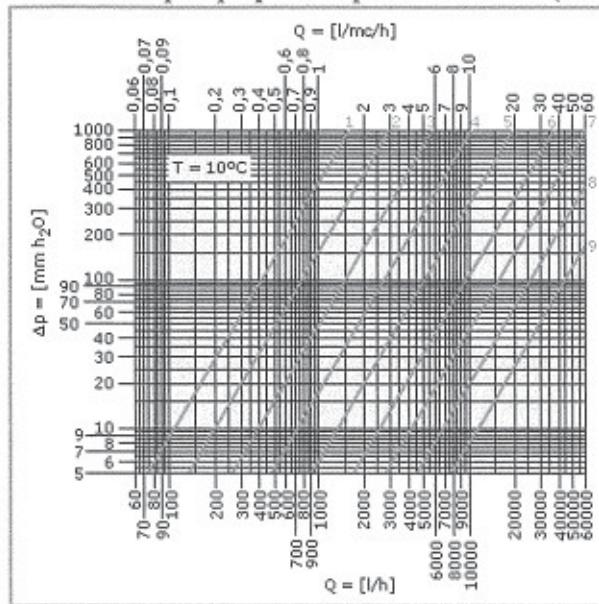
Tabla 3.13. Cuadro de características generales

Material	Densidad (Kg/m <sup>3</sup> )	Tracción (MPa)	Alargamiento a la rotura %	Módulo de elasticidad (Mpa)	Coef. dilatación lineal °C <sup>-1</sup>	Coef. conductividad térmica (W/m °C)
<b>Polipropileno (PP-R)</b>	910	25	500	850	$1,5 \times 10^{-4}$	0,24
<b>Polietileno alta dens.</b>	960	20	300	1000	$2,0 \times 10^{-4}$	0,32
<b>Polietileno retic. (PE-X)</b>	935	20	200	470	$1,5 \times 10^{-4}$	0,38
<b>Polibutileno (PB)</b>	925	16	> 150	350	$1,3 \times 10^{-4}$	0,23
<b>Multicapa PE-X/Al/PE-X</b>	----	----	----	----	----	0,43

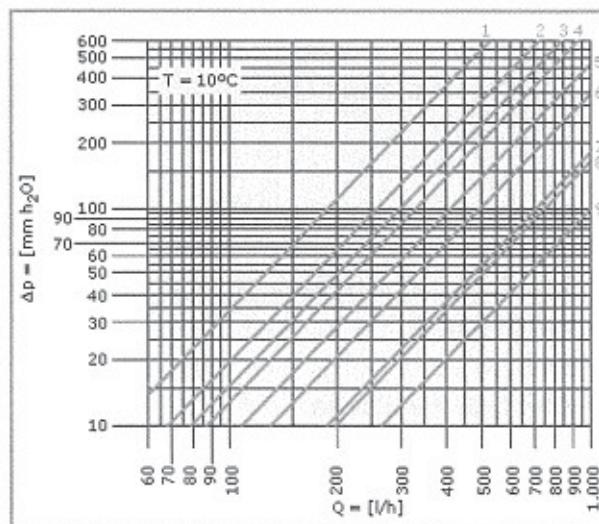
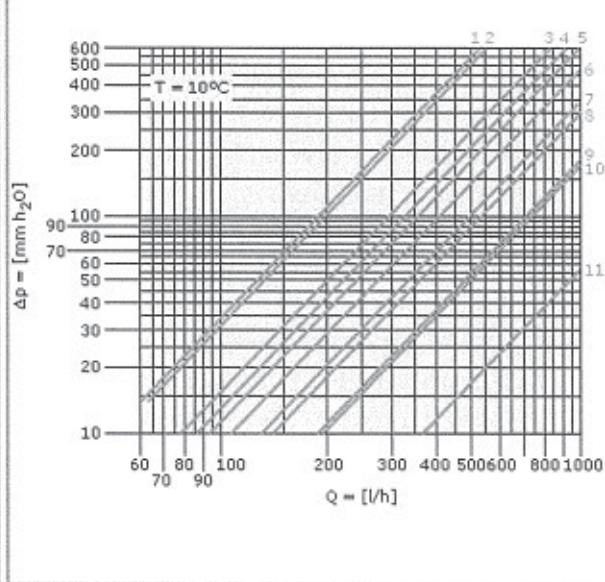
Las características correspondientes a los tubos "multicapa" variarán en función de los materiales de los que se compongan la estructura de la tubería.

Figura 3.13. Diagramas de pérdida de carga para distintos tipos de tubería de naturaleza plástica

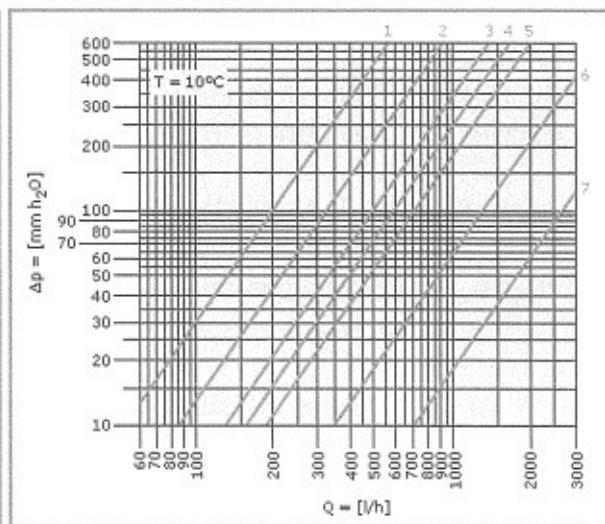
1- Tuberías de prolipropileno copolímero-random (PP-R)



2- Tuberías de polietileno reticulado (PE-X)



3- Tuberías de polibutileno (PB)



4- Tuberías multicapa (PE-X/AI/PE-X)

## 2. Válvulas y dispositivos de control

Se presentan las características técnicas y de instalación de los diferentes tipos de válvulas de paso, regulación y control en una instalación de fontanería. Se muestran también los diferentes tipos de grifería sanitaria y sus principales componentes internos.

### 2.1. Válvulas de paso

En general diferenciaremos entre las válvulas destinadas para el control y la regulación y las que tengan alguna aplicación concreta distinta a la citada anteriormente, como las destinadas a garantizar seguridad contra retorno de aguas, purgado, reducción de la presión, etc.

Se distinguen, principalmente, los siguientes tipos de válvulas:

- Válvulas de compuerta descendente.
- Válvulas de compuerta rotativa (bola/esfera).
- Válvulas de asiento recto descendente.
- Válvulas de asiento inclinado.
- Válvulas de mariposa.

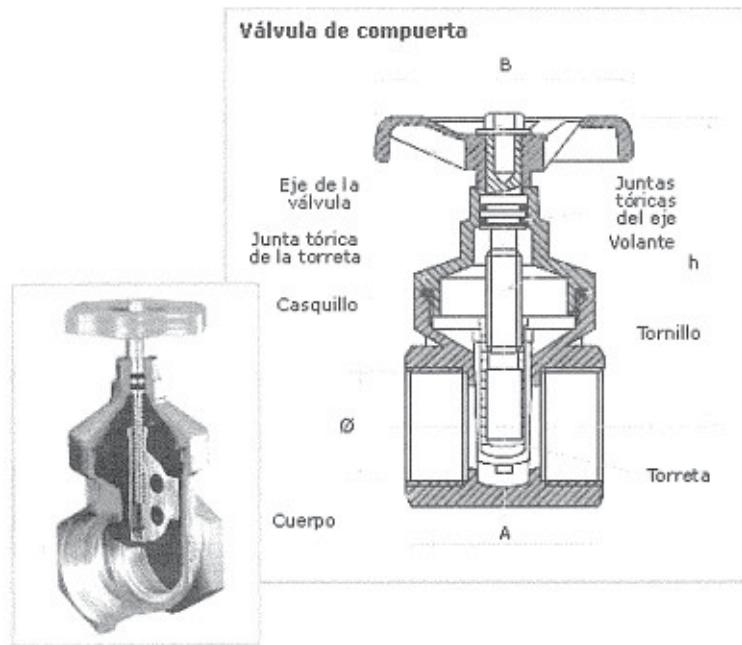
### Válvulas de compuerta descendente

Están formadas por un vástagos con volante. El volante, al girar, hace ascender o descender el vástagos unido a la compuerta y posibilita el mayor o menor paso de agua a voluntad. La estanquidad se consigue asentando los discos paralelos de la compuerta sobre los anillos de cierre que están unidos al cuerpo de la válvula.

Estas válvulas son las más apropiadas para los casos en que deban funcionar como válvulas de cierre todo-nada. Se caracterizan por su poca pérdida de carga. A menudo, sin embargo, se deposita suciedad en la base interior de la válvula o asiento de la misma, impiéndole que el cierre sea totalmente estanco. Este tipo de válvulas no debe utilizarse para regular caudales, debido no sólo a su poca eficacia, sino también a la erosión que se produciría en los asientos y mecanismos de compuerta.

La compuerta puede estar fabricada en algún tipo de metal (acero, latón, etc.), pero es más frecuente que sea de caucho nitrilo o bien de algún tipo de plástico polímero (polipropileno, etc.). El cuerpo de la válvula suele estar fabricado en latón e incluso, y normalmente para aplicaciones especiales, en acero inoxidable.

Figura 3.14. Composición de una válvula de compuerta



- Criterios generales para las válvulas de compuerta descendente

La función de las válvulas de compuerta consiste en asegurar el cierre del paso del fluido. No podrán usarse para regular caudales. Siempre que el diámetro de la tubería exceda de 40 mm, deberán usarse este tipo de llaves e inexcusablemente, cuando el diámetro excede de 60 mm.

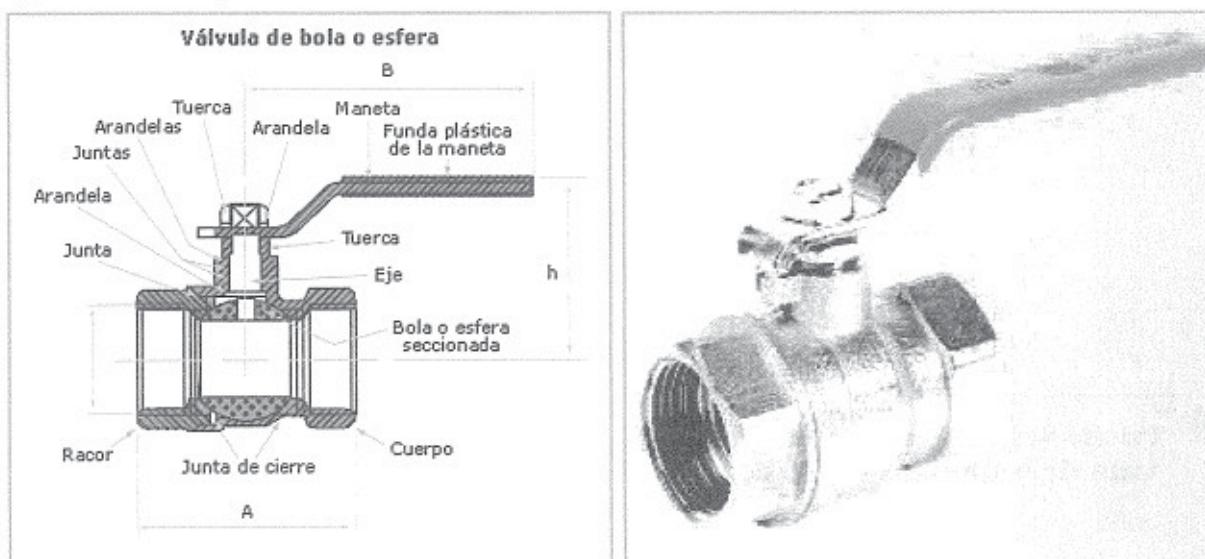
Su empleo es aconsejable en aguas que no produzcan incrustaciones y para usos no muy frecuentes, así como para caudales elevados. Se instalarán en todos aquellos puntos donde se exija un cierre perfecto, tales como grupos de presión, montantes, etc., y siempre con el correspondiente indicador de abierto o cerrado. No se utilizarán en lugares de uso frecuente ni con aguas de dureza elevada.

### Válvulas de compuerta rotativa

También llamadas *válvulas de bola o esfera*, se caracterizan por estar constituidas principalmente por una bola de acero o plástico perforada diametralmente en el sentido del eje de la válvula. Cuando dicho eje, mediante su accionamiento, gira la bola 90 grados, se produce el cierre hermético de la válvula. El accionamiento puede ser manual o automático. Una válvula de cierre rápido resulta apropiada para aislamiento de circuitos.

A pesar de tratarse de válvulas que producen una baja pérdida de carga en su manipulación, se procurará efectuar el cierre progresivamente, ya que tienden a provocar golpes de ariete, peligrosos para la instalación. Hoy en día existen válvulas de este tipo íntegramente fabricadas en plástico (PE, PP, etc.), aunque lo más usual es la utilización de válvulas con cuerpo de latón cromado o acero inoxidable y esfera igualmente de latón o acero inoxidable.

Figura 3.15. Composición de una válvula "de bola"



- Criterios generales para las válvulas de compuerta rotativa

Se utilizarán fundamentalmente en puntos de la red donde pudiera darse la necesidad de cortes de emergencia. Se cuidará su situación con vistas a los posibles golpes de ariete que pudiera provocar. No se preverá su colocación en puntos en los que se suponga un uso continuado.

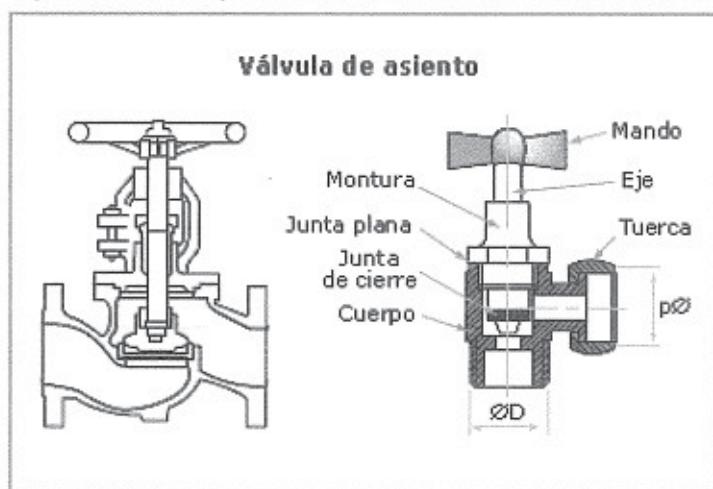
### Válvulas de asiento recto descendente

Al igual que las válvulas de compuerta, también se componen de un vástago con volante, que desciende al girar, salvo que el mecanismo de cierre sea un asiento con forma cilíndrica que desciende paralelamente a la base de la válvula, hasta conseguir la estanquidad completa de la válvula.

Dichas válvulas provocan una alta pérdida de carga en la instalación. Además, su cierre es más lento y forzado, lo cual produce en muchas ocasiones la rotura o enclavamiento del mencionado conjunto de cierre.

El cuerpo de la válvula suele fabricarse en latón o acero, y el asiento podrá ser de caucho nitrilo o algún tipo de polímero adecuado. Es, no obstante, un tipo de válvula que por sus características y la relativa fragilidad o desgaste de sus elementos internos (asiento, uniones asiento-husillo) tiende a instalarse cada vez menos.

Figura 3.16. Composición de una válvula de asiento recto

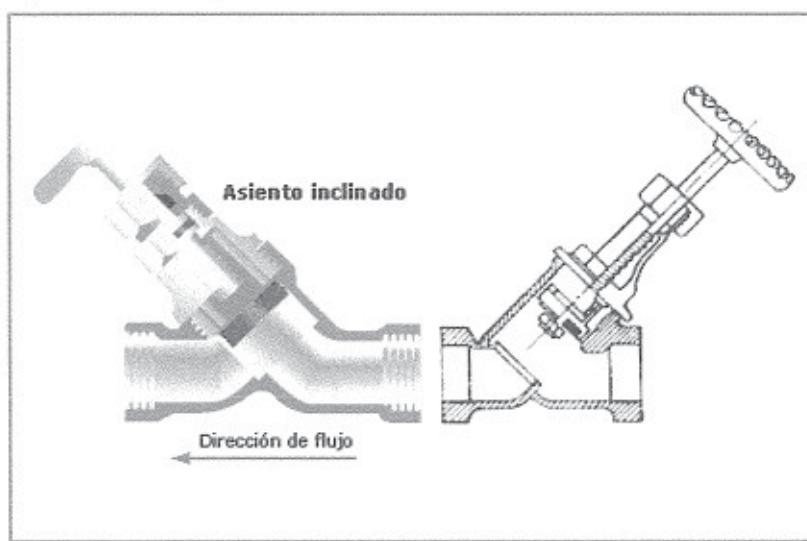


## Válvulas de asiento inclinado

Son una variante de las válvulas de asiento recto, ya que sus elementos constituyentes son los mismos, con la diferencia de que en éstas el husillo unido al volante por un extremo y al disco de asiento por el otro forman un ángulo aproximado de 45 grados con el cuerpo de la válvula. Esto permite disminuir notablemente la pérdida de carga que nos generará este dispositivo, así como disminuir la erosión de los elementos internos de la válvula.

El cuerpo de la válvula suele fabricarse en latón o acero, y el asiento podrá ser de caucho nitrilo o algún tipo de polímero adecuado. No obstante, se trata de un tipo de válvula que, por sus características y la relativa fragilidad o desgaste de sus elementos internos (asiento, uniones asiento-husillo), tiende a instalarse cada vez menos.

Figura 3.17. Composición de una válvula de asiento inclinado



- Criterios generales para las válvulas de asiento

Se utilizarán en todos aquellos puntos de la instalación en los que haya que regular la circulación del fluido. Se instalarán siempre de manera que el agua atraviese la válvula de abajo arriba para que en posición cerrada pueda cambiarse la empaquetadura.

Dado su tipo de cierre, es posible preverlas en lugares de uso frecuente, o para provocar fuertes pérdidas de carga por necesidades de la red. Para columnas y derivaciones se utilizarán las de paso directo.

Las válvulas de asiento de paso recto se podrán montar únicamente en caso de presión suficiente. En cualquier otro caso, se montarán válvulas de asiento de paso inclinado.

## Válvulas de mariposa

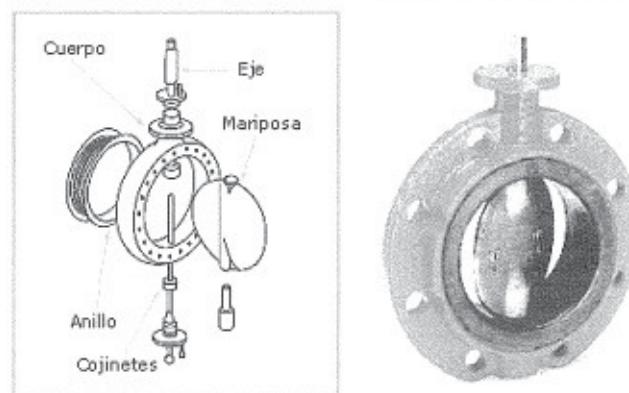
Son válvulas formadas por dos aros unidos por tornillería embutida, que alojan el dispositivo de cierre, consistente en un disco de forma perfilada y doble sección esférica (mariposa) que gira sobre su eje vertical, todo ello mediante una maniobra de un cuarto de vuelta. Son válvulas que se instalan generalmente en tramos generales de suministro y/o abastecimiento, de cierre rápido, por lo que se controlará el riesgo de provocar golpes de ariete en su maniobrado, especialmente en instalaciones donde puedan darse altas presiones y velocidades. Debido a la estructura de la válvula, ocupan poco espacio y su unión a la instalación se realiza mediante sistema de bridas.

El cuerpo de la válvula suele ser de acero. El asiento, encajado entre los dos aros del cuerpo de la válvula, se fabrica normalmente en neopreno o algún tipo de polímero adecuado, mientras que los discos de cierre son igualmente de acero.

### Criterios generales para las válvulas de mariposa

Para caudales importantes, irán acompañadas de reductores estancos que permitan un cierre lento y progresivo.

Figura 3.18. Composición de una válvula de mariposa



## 2.2. Válvulas y elementos especiales

Entre otras, en el ámbito de la fontanería se distinguen principalmente las siguientes:

- Válvulas de retención.
- Válvulas reductoras de presión.
- Filtros coladores.

## Válvulas de retención

También llamadas *válvulas antirretorno*, son dispositivos de seguridad destinados a impedir el retroceso del fluido en las tuberías. El accionamiento es automático, mediante la misma presión de la corriente de agua. Las más usuales son las de clapeta oscilante y las de asiento, aunque existen también otras; por ejemplo, las de resorte o aguja, o las de obús.

Las válvulas de clapeta son las menos estancas, aunque también son las que producen menor pérdida de carga. Las más eficaces contra los golpes de ariete son las válvulas retardadas mediante la acción de un émbolo, ideales para su instalación de bombas de impulsión.

Este tipo de válvulas debe colocarse en la salida de impulsión de las bombas correspondientes a los grupos de presión, con el propósito de atenuar el posible golpe de ariete que pudiera originarse en la instalación al detenerse bruscamente la impulsión de agua en el momento de paro de la bomba.

Tanto el cuerpo como los elementos internos de la válvula suelen estar fabricados en latón o acero inoxidable, aunque algunas son de PVC, PP, y otros polímeros adecuados.

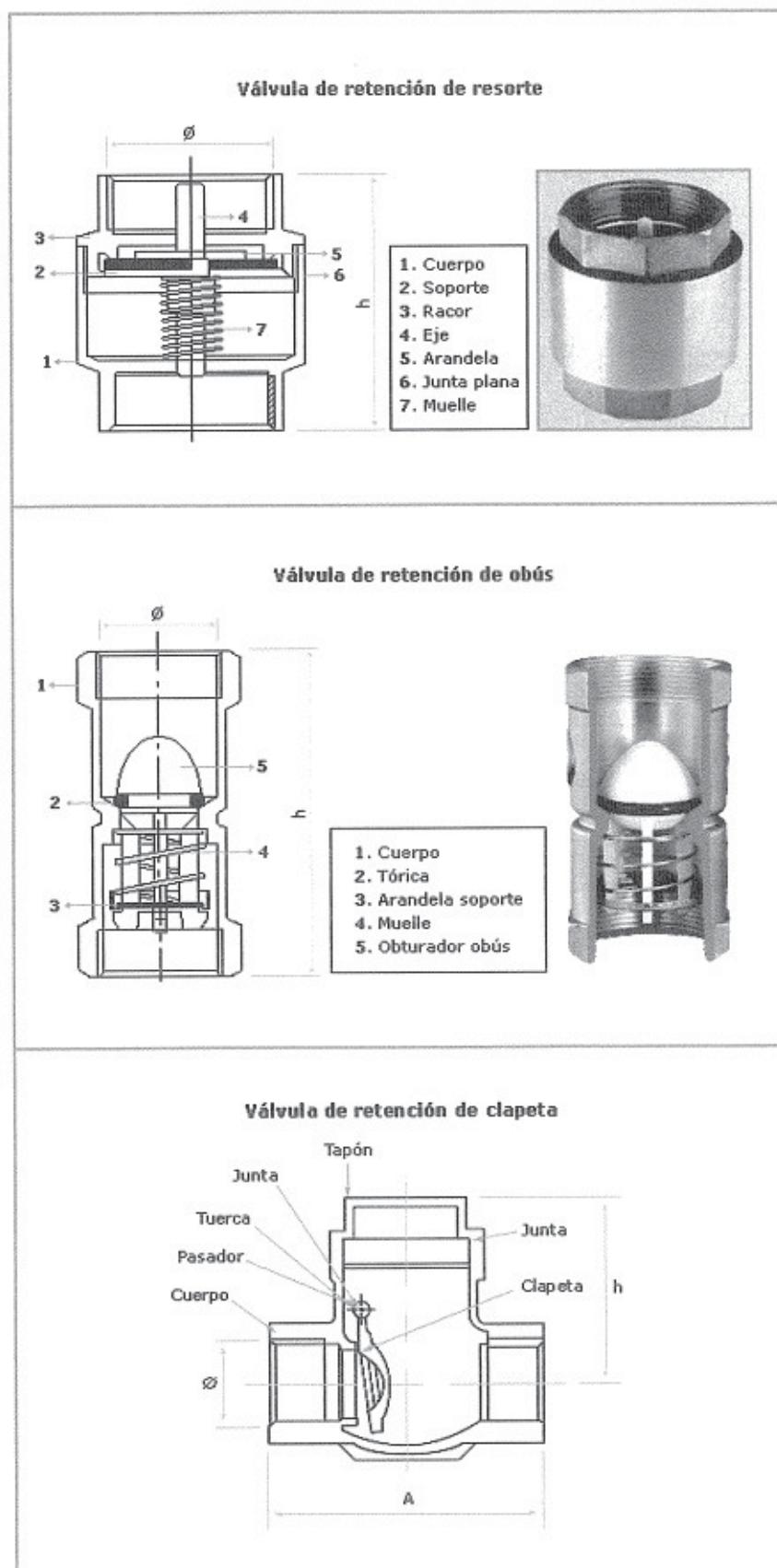
### • Criterios generales para las válvulas de retención

Se instalarán siempre aguas abajo de una llave de paso con la finalidad de retener el agua contenida en la tubería e impedir su retroceso. Se instalarán, por tanto, en todos los puntos de la red en los que se tenga que imposibilitar el retorno de aguas usadas, por posibilidades de contaminación, tanto de la red pública como de otras partes de la red interior.

También se instalarán siempre en la salida de las bombas con el fin de impedir el posible golpe de ariete provocado por la interrupción brusca del paso del fluido. En este último caso, será conveniente instalar la denominada *válvula de membrana* por su mayor eficacia frente al mencionado golpe de ariete. Si se considera conveniente, podrán utilizarse válvulas combinadas, es decir, aquellas que incorporan dispositivos para abrir o cerrar el paso del agua e impedir su retorno.

Las de clapeta llevarán siempre una flecha que indique el sentido de circulación del agua y, por tanto, su posición de montaje. Todas ellas se instalarán de forma accesible, de manera que pueda efectuarse una prueba de funcionamiento y una sustitución de la válvula o de las partes internas sin modificación de la instalación. Las válvulas antirretorno combinadas con otras válvulas deben instalarse en la posición de uso prescrita por el fabricante.

Figura 3.19. Composición de diferentes válvulas de retención

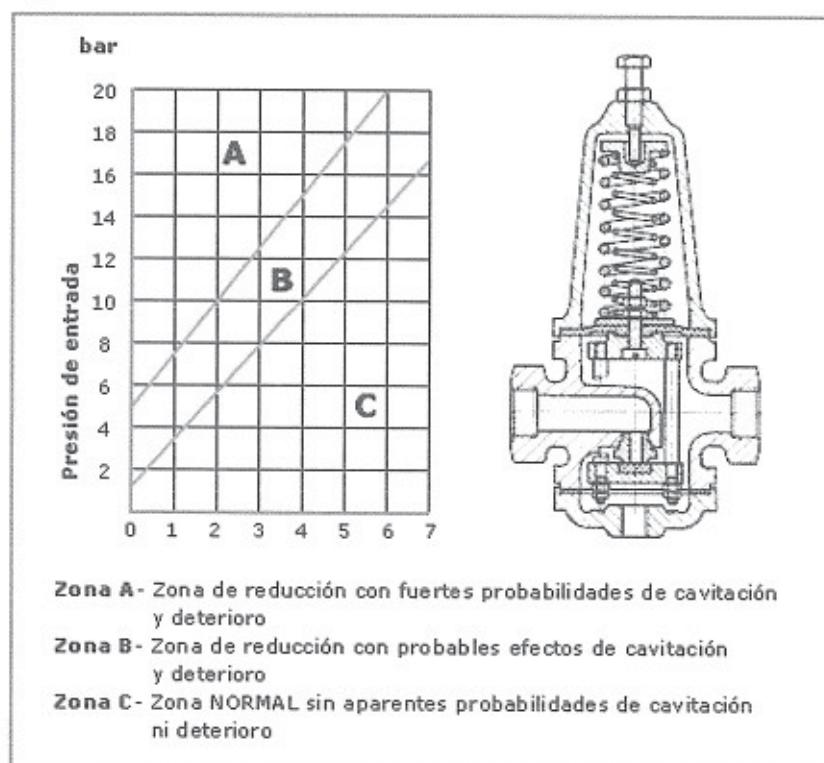


## Válvulas reductoras de presión

Es un tipo de válvula que, mediante la variación de su propia pérdida de carga, puede mantener a la salida una presión constante del agua o fluido que se va a controlar para unos márgenes de presión y caudal de entrada. Son válvulas que pueden sufrir una gran erosión interior debido a los efectos de incremento de velocidad y presión en su interior, por lo que se recomienda que en escalones muy altos de reducción, se instalen dos válvulas reductoras en serie, de las cuales una de ellas realizará una primera reducción, mientras que la segunda acabará por conceder la presión exacta de selección deseada.

La regulación se realiza normalmente mediante un tornillo que actúa sobre un resorte interno de la válvula, situado en la parte superior de la misma. Hoy en día existen válvulas reguladoras que, en función de la presión de entrada y de forma totalmente automática, ejecutan una reducción de presión mayor o menor de salida del agua.

Figura 3.20.



## Selección del diámetro de la válvula reductora de presión a instalar

El *diámetro nominal* de las válvulas reductoras de presión se establecerá aplicando los valores del caudal máximo simultáneo para la instalación en estudio, según la tabla detallada a continuación:

Tabla 3. 14. Valores del diámetro nominal en función del caudal máximo simultáneo de la instalación

Diámetro nominal del reductor de presión	Caudal máximo simultáneo	
	l/s	m <sup>3</sup> /h
1		
15	0,5	1,8
20	0,8	2,9
25	1,3	4,7
32	2,0	7,2
40	2,3	8,3
50	3,6	13,0
65	6,5	23,0
80	9,0	32,0
100	12,5	45,0
125	17,5	63,0
150	25,0	90,0
200	40,0	144,0
250	75,0	270,0

## Montaje de válvulas reductoras de presión

Se montarán siempre después de la instalación del contador de agua, con el fin de proporcionar un equilibrio de presión a las redes de agua fría y caliente y siempre que se superen las presiones de servicio máximas previstas, tomando como presión máxima en el punto de toma el valor de 5 bar (500 kPa). Cuando existan baterías mezcladoras, se instalará una reducción de presión centralizada.

Se instalarán libres de presiones y preferentemente con la caperuza de muelle dispuesta en vertical. Delante y detrás del reductor se instalarán llaves de cierre que posibiliten su ajuste y mantenimiento. Asimismo, se dispondrá de un racor de conexión para la instalación de un aparato de medición de presión.

Para impedir reacciones sobre el reductor de presión, deberá disponerse, en su lado de salida, como tramo de retardo con la misma medida nominal, un tramo de tubo de una longitud mínima de cinco veces el diámetro interior.

Si en el lado de salida se encuentran partes de la instalación que, por un cierre incompleto del reductor, van a quedar sobrecargadas con una presión no admisible, es preciso instalar una válvula de seguridad. La presión de salida del reductor en estos casos ha de ajustarse como mínimo un 20% por debajo de la presión de reacción de la válvula de seguridad.

Si por razones de servicio se requiere un *by-pass*, éste se proveerá de un reductor de presión. Los reductores de presión se elegirán según sus correspondientes condiciones de servicio y se instalarán de manera que exista circulación por ambos.

### Partes de una válvula

En cualquier tipo de válvula podemos distinguir las siguientes partes:

- **Volante:** mecanismo que provoca el movimiento del eje mediante el accionamiento manual. Puede ser de rueda, palanca, etc.
- **Eje o husillo:** es un vástago que a través de un mecanismo de rosca y tornillo eleva o desciende el obturador de la válvula.
- **Cuerpo:** constituye la estructura exterior de la válvula, definiendo también el acople con las conducciones de entrada y salida de la misma (rosca, embridado, unión rápida de presión, etc.).
- **Conexión del vástago al obturador:** es el tipo de fijación que sostiene el vástago al obturador, dependiendo del tipo de válvula, esta fijación será más o menos rígida.
- **Tapa:** es la parte de la válvula que cierra el cuerpo con el exterior dejando pasar el vástago. Esta unión tapa puede ser roscada, atornillada, tipo clip, etc.

### Denominación de las válvulas

Las válvulas se denominan o especifican por las siguientes características mínimas:

- **Tipo de válvula:** asiento, compuerta, bola, retención, etc.
- **Material constructivo:** latón, fundición, acero inoxidable, plástico (PE, PP, etc.).
- **Tipo de unión:** embridada, roscada, soldada. Generalmente las válvulas pueden ser roscadas hasta una medida de 2". A partir de este diámetro, la unión tiende a ser embridada.
- **Diámetro nominal de paso (DN):** es decir, el espacio que deja libre entre el asiento y la base del cuerpo de la válvula en posición totalmente abierta. El DN se expresa en milímetros o pulgadas, sobre el mismo cuerpo o carcasa de la válvula.

- **Presión nominal (PN):** es la máxima presión admisible a la que una válvula debe trabajar en continuo a una temperatura determinada.
- **K<sub>v</sub> de la válvula:** es un coeficiente que expresa el caudal de agua en m<sup>3</sup>/h que va pasando a través de una válvula completamente abierta y crea una pérdida de carga equivalente a 1 bar, según la fórmula:

$$\Delta p = \left( \frac{Q}{Kv} \right)^2 \times \frac{1}{100}$$

Donde:

Q = es el caudal de paso por la válvula expresado en l/h.

Δp = es la pérdida de carga, expresada en mm c. d. a.

K<sub>v</sub> = es el coeficiente en m<sup>3</sup>/h con una presión diferencial, Δp, de 100 K Pa (1 bar), dato facilitado por el fabricante de la válvula o dispositivo.

Los fabricantes de válvulas pueden facilitar el valor de Kv de cada uno de sus modelos, lo cual permitirá determinar con exactitud las pérdidas de carga para estos elementos.

Es de suma importancia utilizar válvulas con un alto coeficiente de caudal, con el fin de reducir al mínimo las pérdidas de carga.

### Criterios generales para la instalación de válvulas en general

Según el vigente CTE, el material de las válvulas no deberá ser incompatible con el material de las tuberías donde se intercalen. El cuerpo de la válvula estará fabricado de una sola pieza en: fundición, latón, acero, acero inoxidable, aleaciones especiales o algún tipo de plástico adecuado.

Solamente se emplearán válvulas de cierre por giro de 90°, como válvulas de tubería si sirven como órgano de cierre para trabajos de mantenimiento.

Serán resistentes a una presión de servicio mínima de 10 bar.

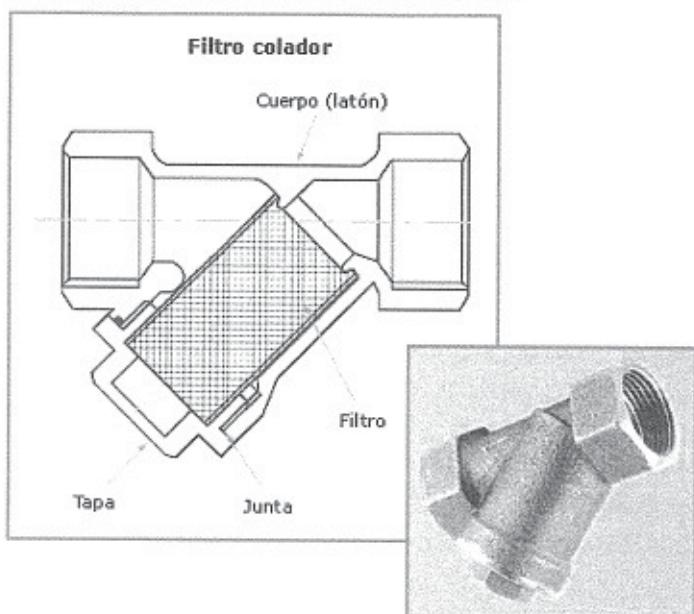
### Filtros coladores

El filtro colador es un elemento cuya misión consiste en la retención de partículas sólidas (normalmente arenas, fangos, óxidos y similares), arrastradas por la red general hacia el interior de las instalaciones interiores de los usuarios.

Este dispositivo, cuya instalación no es obligatoria en muchos montajes, constituye uno de los elementos más importantes para evitar las averías o simplemente el funcionamiento

to inadecuado de los componentes de una instalación. Este elemento en forma de Y – fabricado normalmente en latón, bronce o similares – incorpora una malla de acero que, acoplada al interior de la estructura del filtro, permite actuar como elemento retentor de partículas sólidas.

Figura 3.21. Esquema de un filtro colador



### 2.3. Grifería sanitaria

Son todas aquellas griferías destinadas a los aparatos sanitarios instalados en los locales de higiene corporal (cuartos de baño, aseos, duchas, etc.) y en las cocinas y lavaderos.

Principalmente, existen los siguientes tipos:

- Griferías individuales.
- Griferías mezcladoras.
- Griferías temporizadas.
- Griferías electrónicas.

#### Griferías individuales

Regulan o interrumpen sólo el caudal del agua fría o sólo el de la caliente. Disponen de una sola entrada y una sola salida de agua, cuyo caudal se regula girando la *cruceta*.

En general este tipo de griferías funcionan a través de un sistema en el cual, al hacer girar la cruceta, se provoca el descenso de un *husillo* (montura) sobre un *asiento*, que, como en una compuerta, obtura el paso de agua hacia el *caño* de salida.

La *montura* generalmente va roscada al *cuerpo del grifo*, pudiendo ser ésta de tipo convencional o bien de disco cerámico, sistema que será explicado más adelante.

### Griferías mezcladoras

Son las que, además de regular el caudal de agua, mezclan, a voluntad, la fría con la caliente, teniendo dos entradas de agua y un mecanismo de mezcla.

Principalmente se clasifican en las siguientes:

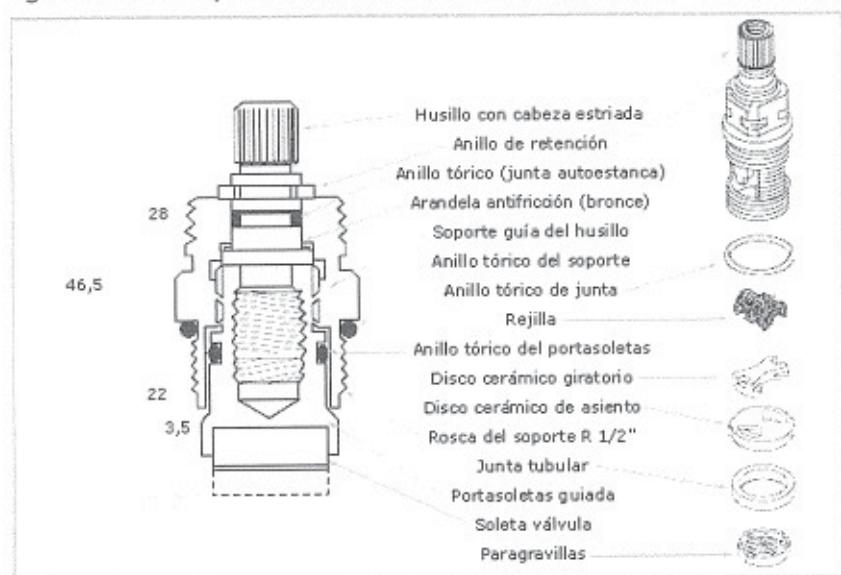
- **Mezcladoras convencionales y monobloque (de montura convencional o discos cerámicos)**

Las **monobloque** se caracterizan por tener dos mandos o crucetas independientes, formando un bloque conjunto con el cuerpo y el caño del grifo. El sistema mezclador se halla en el interior del cuerpo, pudiendo ser, además, de caño fijo o giratorio según modelos.<sup>5</sup>

El resto puede ser con sistema **mezclador exterior** y contenido en el cuerpo del grifo (como en las griferías baño-ducha), o bien de **caño central** con el sistema mezclador integrado en la parte oculta de la grifería.

La llamada *montura de discos cerámicos* consiste en un sistema de dos discos cerámicos que se deslizan entre sí, y que por la acción de un husillo de 1/4 ó 1/2 vuelta, causan la obturación del paso de agua hacia su salida. Dicho mecanismo está inserto dentro de una montura muy parecida al resto de las monturas convencionales.

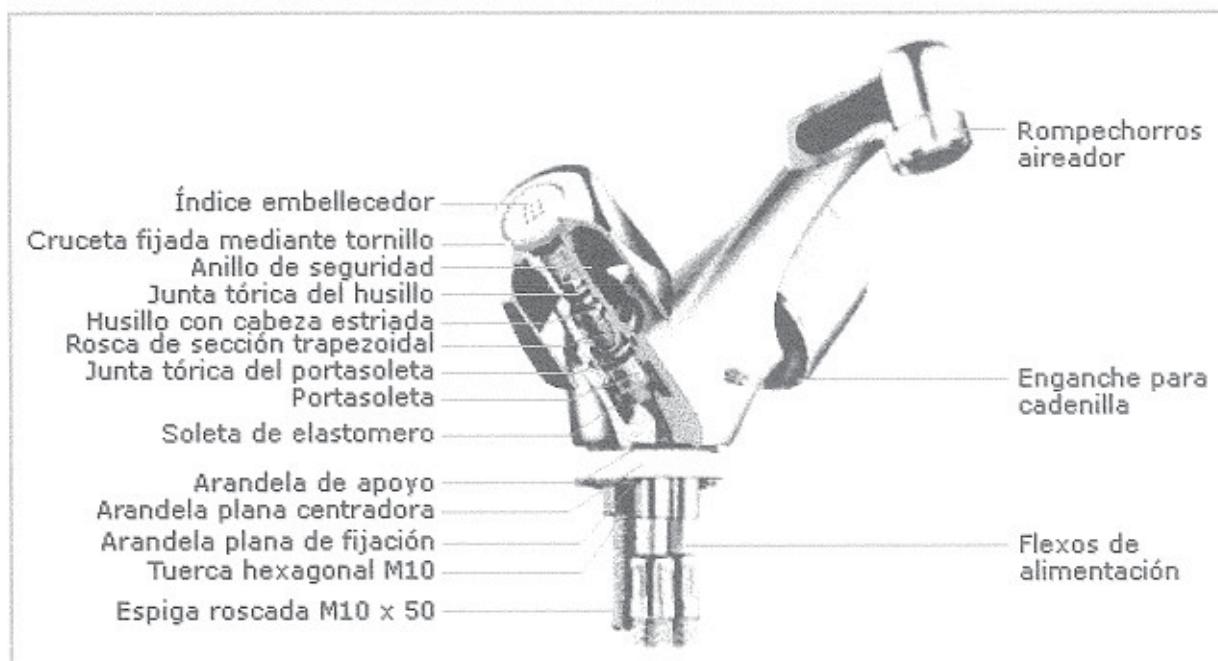
Figura 3.22. Composición de monturas (convencional / discos cerámicos)



5. Normalmente, este tipo de griferías se utiliza exclusivamente para instalación en lavabos, bidés y fregaderos.

En general, la ventaja de este sistema respecto al anterior de soleta de goma es que suprime las causas más frecuentes de avería o rotura de la propia goma, ya que la cerámica impide, además, la formación de depósitos calcáreos.

Figura 3.23. Composición de grifería mezcladora monobloque



- **Mezcladoras monomando**

Tal y como expresa su denominación, este tipo de grifería mezcladora incorpora un único mando para su cierre y regulación en ambas alimentaciones. Está unido a un *cartucho* que contiene dos discos de material cerámico alojados en un cilindro, los cuales, en fricción uno con el otro y con relación al sentido de giro de una *maneta* exterior, causan la mayor o menor proporción de mezcla en la salida de agua, evitando también, gracias a la adherencia de los dos discos, la filtración de agua o pequeñas partículas sólidas en el interior de la grifería. Disponen, además, de una rejilla deflectora que evita los ruidos que provoca el agua al chocar cuando toma contacto con el disco superior.

Finalmente, en algunos modelos se incorpora un sistema exclusivo en los cartuchos, denominado *anillo limitador de temperatura*, el cual, según la posición de acople al cartucho, deja permanentemente un mínimo paso de agua fría, atenuando el riesgo del contacto con agua demasiado caliente.

Este tipo de sistema se incluye en un gran número de aplicaciones sanitarias, tales como griferías baño-ducha, fregadero, bidé, etc.

Figura 3.24. Composición de grifería mezcladora manomando

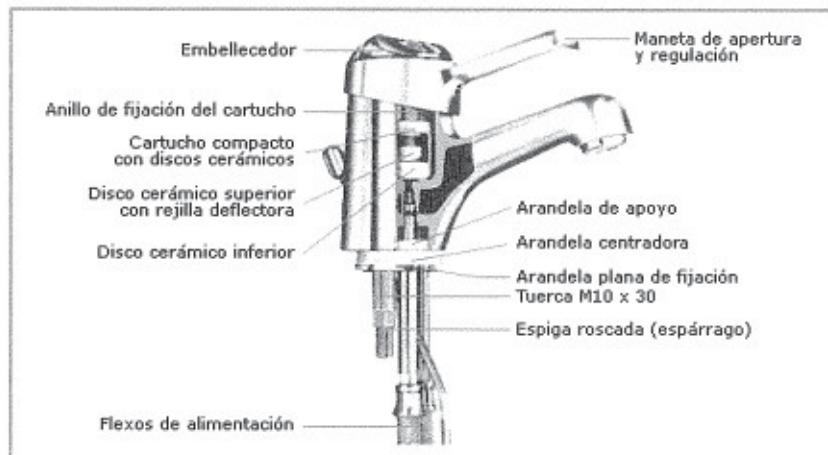
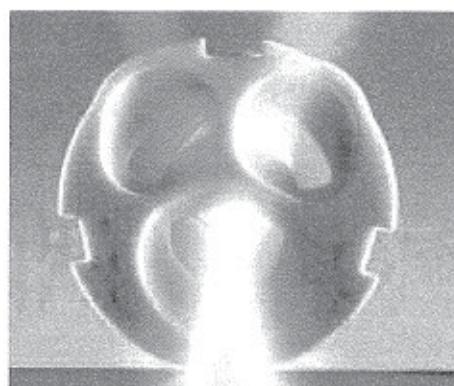


Figura 3.25. Despiece de grifería mezcladora manomando



Figura 3.26. Sistema de mezcla de aguas mediante discos cerámicos



- **Mezcladoras temporizadas**

En general, este tipo de grifería incorpora el mismo sistema que una grifería temporizada normal, con la única diferencia de poder regular la temperatura de la mezcla, haciendo girar el cabezal del pulsador en un sentido u otro, para obtener disminución o aumento de temperatura del agua.

En otro apartado se explica más detalladamente el funcionamiento genérico de las griferías temporizadas.

- **Mezcladoras termostáticas**

Son griferías cuya misión es regular automáticamente la temperatura del agua de mezcla, previamente seleccionada por el usuario, independientemente de la presión y de la temperatura del agua fría y caliente de alimentación.

Sus elementos más importantes son los siguientes:

- Un detector o elemento termostático.
- Un mando para seleccionar manualmente la temperatura, provisto de limitador de seguridad.
- Una cruceta para el caudal.
- Elementos diversos de control y seguridad (llaves de bloqueo y cierre, filtros, válvulas antirretorno, cartuchos).

El detector, o elemento termostático, generalmente está situado en el interior de un cartucho y controla la temperatura del agua fría y caliente de entrada.

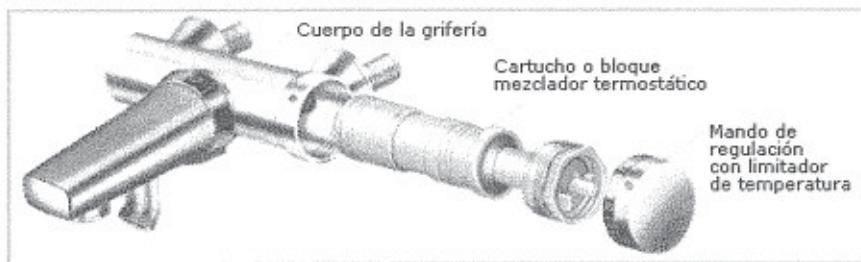
El mando de temperatura permite prefijar la temperatura de salida del agua que se desea, incorporando, además, un pequeño pulsador que actúa como limitador de temperatura e impide que se sobrepasen los 40 °C, aunque sin tener en cuenta este limitador se pueden alcanzar temperaturas hasta un máximo de 60 °C.

La cruceta de caudal permite cerrar o abrir el paso de agua, así como regular el caudal deseado. Y, finalmente, las válvulas antirretorno para evitar eventuales filtraciones de una alimentación hacia otra debido a la diferencia de presiones existentes.

Para la utilización óptima de mezcladores termostáticos, se recomienda que la red disponga como máximo de una presión de 5 kg. Para presiones más altas, se recomienda la instalación de reductores de presión.

Estas griferías tienen su aplicación en servicios de ducha o baño-ducha, y como regulación termostática de gimnasios o centros terapéuticos con mecanismos empotrables.

Figura 3.27. Composición de mezcladoras termostáticas



### Griferías temporizadas

Este tipo de griferías tienen como objeto optimizar el consumo de agua en locales tales como colegios, cuarteles, aseos de oficinas, etc. (públicos generalmente), donde, por una u otra razón, se precise limitar dicho consumo.

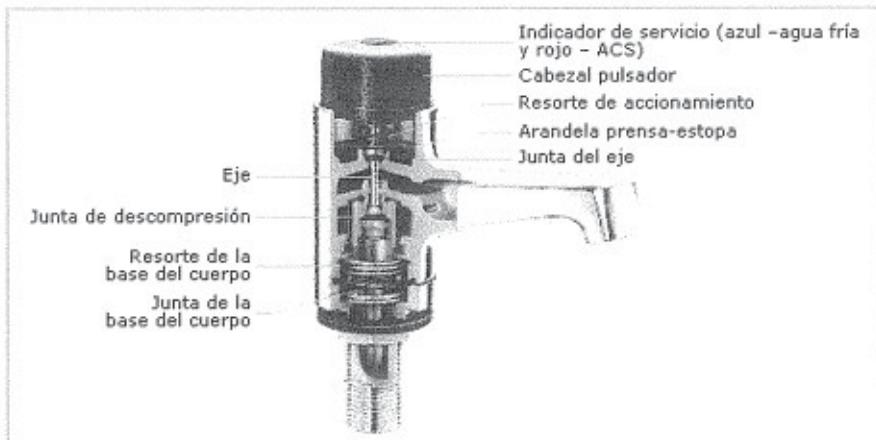
Su funcionamiento está basado en la actuación por diferencia de presiones. Disponen de unos pequeños orificios de entrada de aire que, mediante la regulación de un tornillo interno, temporizan la duración de salida del agua.

En general, son grifos que suministran poco caudal, aunque siempre esté en relación con la presión original de la red, ya que, lógicamente, a mayor presión, mayor caudal, y en consecuencia, menor tiempo de cierre.

Las presiones de funcionamiento para este tipo de grifería están comprendidas entre el 0,5 kg/cm<sup>2</sup> y los 6 kg/cm<sup>2</sup>, salvo en las mezcladoras temporizadas en las que se recomienda una presión mínima de 1 kg/cm<sup>2</sup>.

En agua caliente la temperatura de alimentación no debe superar los 60 °C. Asimismo, se aconseja tener la precaución de limpiar la red de tuberías, antes de su instalación, para evitar los problemas de obstrucción calcárea en los pequeños orificios de entrada de agua y aire.

Figura 3.28. Composición de griferías temporizadas



## Griferías electrónicas

Se trata de griferías que funcionan automáticamente ante la detección de movimiento, sonidos o simplemente la proximidad del usuario, bien de forma inmediata o bien después de un predeterminado intervalo de tiempo y que, igualmente, se cierran cuando éste se aleja o ausenta. Los componentes electrónicos pueden estar integrados en la propia grifería o ser exteriores a ella.

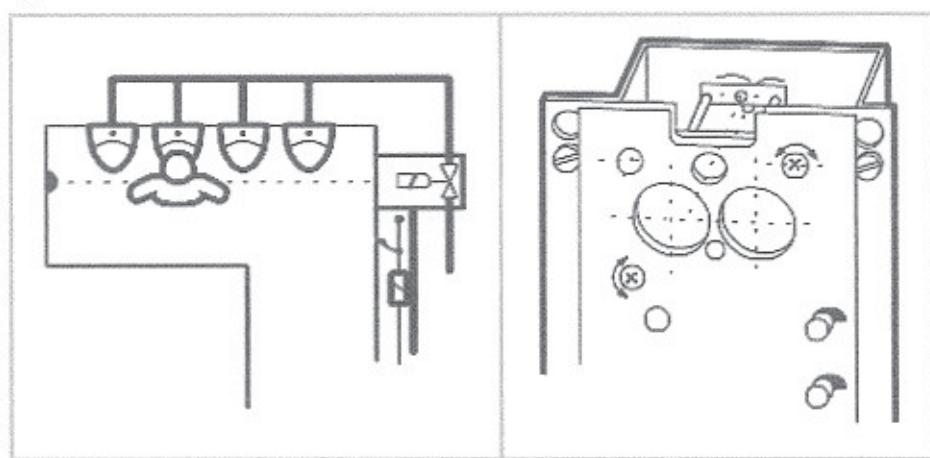
La detección y control se pueden efectuar por diversos sistemas. Uno de los más frecuentes es el de sensor electroóptico basado en las radiaciones infrarrojas.

Su sistema electrónico de funcionamiento puede darse a través de:

- lectura electroóptica.
- reflector de haz infrarrojo.

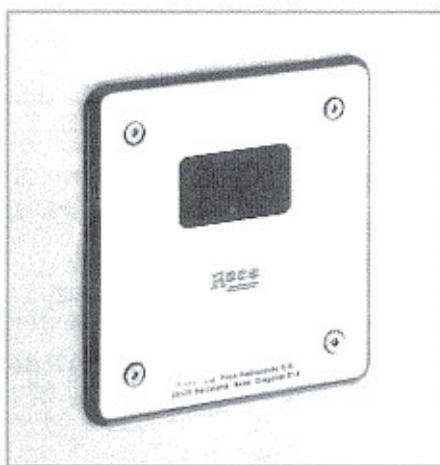
En el primer sistema, la célula emite dos haces electroópticos coincidentes en un interespacio con un campo de acción mínimo y máximo regulable, el cual, si se interpone un objeto en la zona de intersección, activa automáticamente mediante una pequeña electroválvula el paso de agua hacia la salida.

Figura 3.29



En el segundo sistema, la grifería incorpora una pequeña célula fotoeléctrica que va coordinada con un reflector. Si transcurre el suficiente tiempo entre la interrupción del haz emisor y el reflector, una pequeña electroválvula abrirá automáticamente el paso de agua.

Figura 3.30. Grifería electrónica para urinario



### Fluxores y griferías fluxorizadas (inodoros y urinarios)

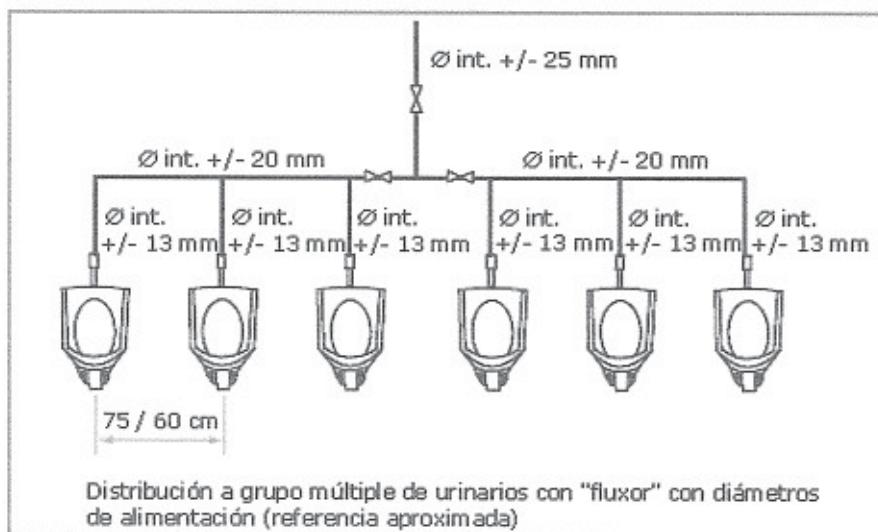
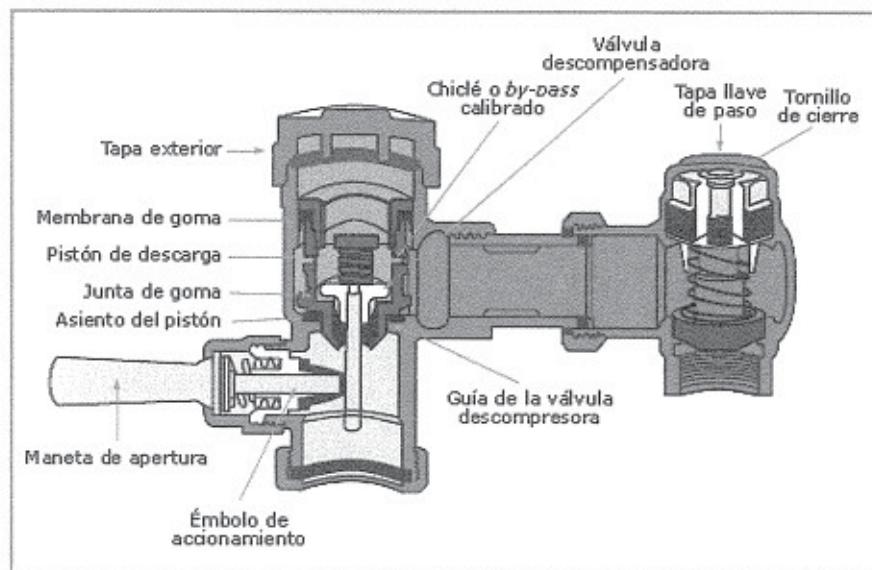
Los fluxores son válvulas de descarga y cierre rápido que, además, permiten regular la duración de dicha descarga. Sustituyen a las clásicas cisternas de tanque bajo o alto en inodoros y urinarios.

El funcionamiento de la descarga está basado en el desequilibrio que se produce en la cámara de compensación de presiones, en el momento de la entrada de agua en el fluxor.

Los caudales de descarga están comprendidos entre 1,5 y 2 l/s, la presión de trabajo está comprendida entre 1 y 1,5 Kg/cm<sup>2</sup> y las regulaciones del tiempo de descarga se prefijan entre 8 y 12 segundos.

Por ser estos elementos un punto de gran demanda de caudal, sensibles, por tanto, a provocar desequilibrios hidráulicos en la instalación, en los instantes de funcionamiento, tanto el sentido común y la experiencia como determinadas tablas de dimensionado para fluxores dictaminan que en los inmuebles donde exista un determinado número de estos dispositivos, la instalación de suministro de agua deberá ser independiente de la realizada para otras aplicaciones u otros aparatos sanitarios. En previsión de esto, las mencionadas tablas, correspondientes a la antiguas *Normas básicas para instalaciones interiores de suministro de agua*, exponen los criterios que hay que seguir para el dimensionado de la red de fluxores, atendiendo a las diversas posibilidades para realizar una instalación de estas características (conectados directamente a red, conectados todos ellos a un grupo de presión, conectados individualmente a un depósito, etc.).

Figura 3.31. Estructura interna de un fluxor de inodoro



Para obtener más información sobre las características técnicas y modelos de los diferentes tipos de griferías, se puede consultar el catálogo interactivo con las diferentes series correspondientes que se encontrarán en la web de la empresa Roca Sanitario, S. A. ([www.roca.es](http://www.roca.es)).

Figura 3.32. Distintos tipos de grifería sanitaria



### 3. Contadores

En este apartado se explican las características principales de los diversos tipos de contadores de agua, con el objeto de establecer unos criterios de selección según el tipo de instalación y características del agua correspondientes a la localización.

#### 3.1. Tipología de contadores

Los contadores son los elementos destinados a la contabilización del consumo de agua, ya sea en la totalidad del inmueble o por cada abonado, constituyéndose en ese último caso en batería divisionaria.

Se distinguen seis tipos fundamentales de contador:

- De velocidad.
- Combinados.
- Proporcionales.
- Electromagnéticos.
- Digitales / electrónicos.
- De volumen.

## Contadores de velocidad

En ellos la velocidad es proporcional al mayor o menor paso de agua o gasto. Están formados por una turbina que gira en función de la velocidad de paso de agua, unida a una transmisión magnética conectada a su vez con el mecanismo de engranajes del totalizador. Debido a su elemento principal, también se denominan contadores de turbina, hélice o molinete. Es el tipo de contador más usual en todo tipo de suministros, debido en buena parte a la sencillez de su funcionamiento.

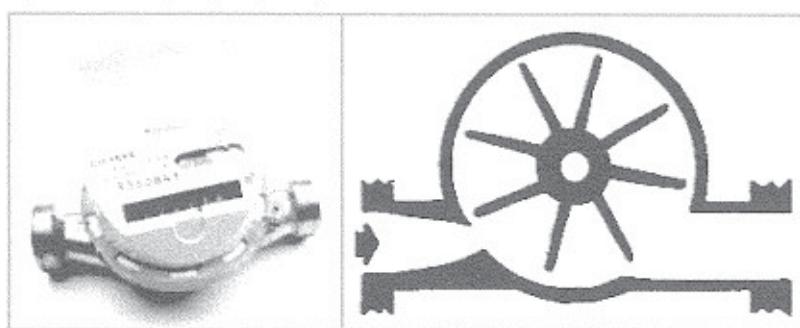
Son contadores en general muy robustos, con un buen nivel de sensibilidad y una baja pérdida de carga. Su mayor inconveniente radica en el desgaste progresivo de los laterales correspondientes al eje de la turbina.

Por su construcción, se clasifican en tres tipos, a saber:

- Contadores de chorro único.
- Contadores de chorro múltiple.
- Contadores de hélice horizontal (*tipo woltmann*).
- Contadores de chorro único

Son aquellos en los que el agua atraviesa el contador en una única dirección, distribuyéndose interiormente por un solo orificio a cada lado del contador, haciendo rotar las aspas o álabes de la turbina interior del contador.

Figura 3.33. Ejemplo y esquema de un contador de chorro único

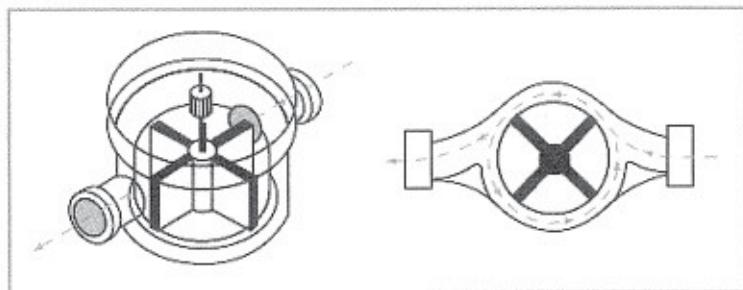


Se trata de contadores muy robustos, con un buen nivel de sensibilidad y un reducido porcentaje de error. Su coste es relativamente reducido y proporcionan una baja pérdida de carga.

Sin embargo, la incidencia del agua sobre un mismo lado de la turbina provoca el progresivo desgaste lateral del eje de la misma. Así pues, en su instalación debe lograrse una total horizontalidad, ya que, si se colocan inclinados, el giro de la turbina se ve dificul-

tado, con lo cual ésta se desgasta, a la par que se acelera el envejecimiento del contador. Por esa misma razón, su incorrecta instalación tiende a provocar un problema de subcontaje que puede oscilar dependiendo de los grados de inclinación del contador entre un 8 y un 12% menos del caudal consumido.

Figura 3.34. Esquema de un contador de chorro único

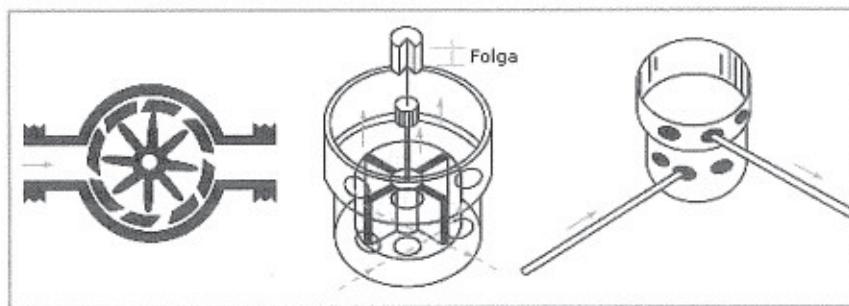


- **Contadores de chorro múltiple**

Son aquellos en los que “la vena de agua”, al penetrar en el contador, se divide por medio de una cámara perforada en diferentes puntos, repartiéndose en varios chorros que accionan la turbina de forma múltiple.

Se trata igualmente de contadores muy robustos y con un buen nivel de sensibilidad. Su duración es mayor que la de los contadores de chorro único, debido al efecto de flotación de la turbina.

Figura 3.35. Esquemas de contador de chorro múltiple



Su instalación es recomendable sobre todo en zonas con aguas relativamente limpias y ausentes de partículas sólidas en suspensión, ya que de lo contrario puede producirse la obturación de los agujeros de la cámara de entrada.

Son contadores en los que el agua, al recorrer una dirección más irregular, provoca mayor pérdida de carga y, evidentemente, su coste es mayor que el de los contadores de chorro único.

Figura 3.36. Contador de chorro múltiple



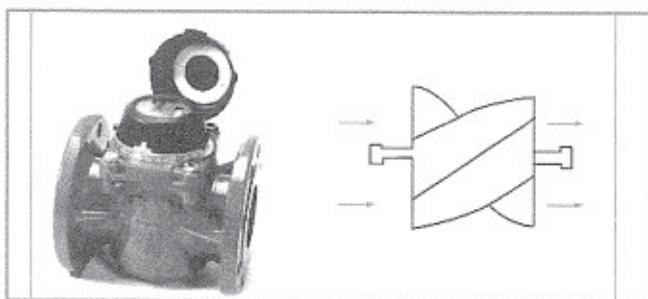
- **Contadores de hélice horizontal (*tipo wolmann*)**

En este tipo de contadores, el chorro de agua, debidamente estabilizado, incide en la dirección de la hélice, provocando el movimiento de la misma. Por la forma de dicha hélice generan una pérdida de carga muy baja. Su aplicación se encuentra sobre todo en instalaciones con gran consumo.

Presentan el inconveniente de precisar una estabilidad del agua que los atraviesa, por lo que requerirán de un tramo recto de conducción, tanto a la entrada como a la salida del contador, que mantenga estable el flujo de agua.

Su conexión a la instalación suele realizarse mediante unión embridada. Estos contadores pueden presentarse con hélice en posición interna, tanto horizontal como vertical. Es preciso mantener en su instalación la horizontalidad del contador para garantizar su eficacia.

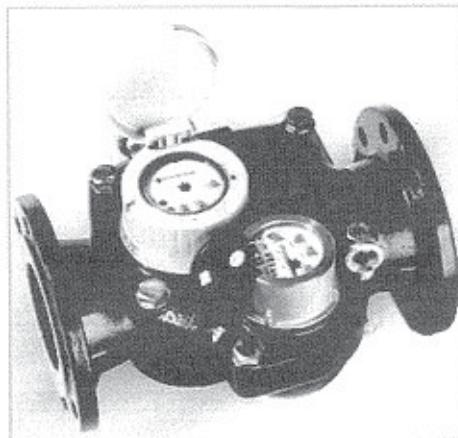
Figura 3.37. Contador tipo wolttmann



### Contadores combinados

Básicamente, son estructuras formadas por dos sistemas de contabilización conectados entre sí. Uno de ellos se encargará del registro de grandes caudales, mientras que el otro entrará automáticamente en conmutación al ser atravesado por pequeños caudales. Suelen tener un alto porcentaje de pérdida de carga debido al recorrido que realiza el agua en función de su caudal.

Figura 3.38. Contador – Tipo combinado



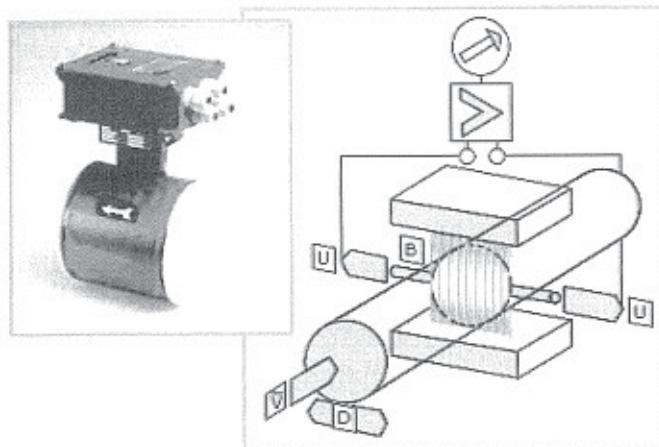
### Contadores proporcionales

Son contadores que, mediante una disminución del diámetro de paso del contador, provocan una desviación del flujo de agua hacia el canal que aloja al contador. A pesar de provocar una alta pérdida de carga, resultan muy útiles en el registro de aguas con gran cantidad de sólidos.

### Contadores electromagnéticos

Su funcionamiento se basa en la ley de Faraday, que establece que, cuando un conductor rectilíneo se desplaza atravesando un campo magnético, se crea una fuerza magnética por inducción que es proporcional al caudal de agua o fluido que lo atraviesa. Están compuestos de un sensor y un transmisor de información que puede emitir una señal analógica o digital. Al no disponer de órganos móviles, son contadores de gran exactitud, con una pérdida de carga insignificante. Precisan, no obstante, de una cierta conductividad del agua ( $5\mu\text{S}/\text{cm}$ ), para que los mencionados sensores registren con eficacia los parámetros de consumo.

Figura 3.39. Esquema de un contador electromagnético



## Contadores electrónicos

En la actualidad existe en el mercado el denominado *medidor electrónico*, en el cual, básicamente, se ha reemplazado la parte de elementos mecánicos de transmisión por un *chip* electrónico que no sólo permite disminuir las inercias y rozamientos, sino que además incorpora funciones tales como memorización del caudal máximo, del mínimo, etc., facilitando la lectura a distancia.

Figura 3.40. Contador electrónico



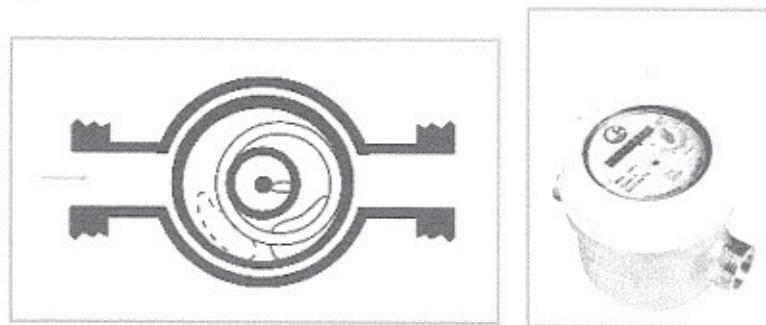
## Contadores de volumen

El principio de funcionamiento se basa en la contabilización del consumo mediante la cantidad de veces que un pequeño recipiente de una capacidad determinada, ubicado en el interior del contador, es llenado por la corriente del agua.

A pesar de ser más sensibles, en cuanto al registro de débiles consumos, que los contadores de velocidad, presentan en general una cierta fragilidad en sus componentes, lo cual redonda en un mayor desgaste y deterioro si están en contacto con aguas poco filtradas o depuradas.

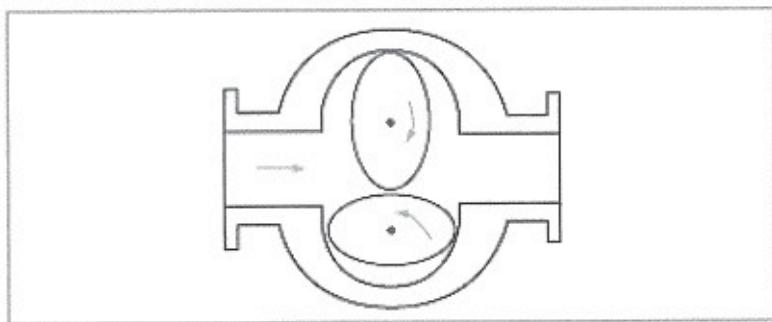
Dentro de los contadores de volumen, los más comunes son los de *pistón rotativo*. En este tipo de contadores, un pistón se mueve circularmente en el interior de una cámara con un ajuste perfecto entre ambos elementos y a cada vuelta del pistón se provoca un determinado paso en el registro del *totalizador*.

Figura 3.41. Contador volumétrico



Existen también los contadores volumétricos de ruedas ovaladas, cuyo funcionamiento interno se basa en dos ruedas ovaladas que engranan entre sí, desplazando un volumen determinado de agua a cada giro del conjunto.

Figura 3.42. Esquema de contador volumétrico de ruedas ovaladas



Es el tipo de contador que garantiza una mayor fiabilidad, con un bajísimo porcentaje de error, ya que la cantidad de agua que entra en la cámara es la misma que la que expulsa el pistón a la salida.

Debido a su sistema constructivo, en este tipo de contadores no importa la horizontalidad o verticalidad de su instalación, ya que no generan problemas de sub o sobre-contaje.

Su uso está restringido a zonas donde existen aguas limpias que no provocan el agarrotamiento del pistón. Su tipología constructiva provoca una alta pérdida de carga y su mantenimiento es relativamente caro.

### 3.2. Características de funcionamiento

Los contadores se clasifican por su sensibilidad al margen de error. No obstante, sea cual sea esta sensibilidad, los errores máximos tolerados son los que se detallan:

Entre  $Q_{\min}$  y  $Q_t$  +/- 5%

Entre  $Q_t$  y  $Q_{\max}$  +/- 2%

La pérdida de presión máxima producida por un contador o pérdida de carga no será superior a 0,25 bar a caudal nominal, y 1 bar a caudal máximo. Según sea esta pérdida de carga, los contadores se clasifican en cuatro grupos: 1, 0,6, 0,3 y 0,1 bar. Independientemente, podemos obtener la pérdida de carga concreta para cada contador, ya que el fabricante dispone de los ábacos y datos característicos de los ensayos para cada modelo de su gama.

Por otra parte, los contadores se clasifican oficialmente según su metrología en tres clases, A, B y C, que deben cumplir con los criterios de medición expuestos en la tabla siguiente:

Tabla 3.15. Clasificación metrológica de contadores de agua

Clase metrológica	< 15 m <sup>3</sup> /h		> 15 m <sup>3</sup> /h	
	Qmin.	Qt.	Qmin.	Qt
A	0,04 Qn	0,10 Qn	0,08 Qn	0,30 Qn
B	0,02 Qn	0,08 Qn	0,03 Qn	0,20 Qn
C	0,01 Qn	0,015 Qn	0,006 Qn	0,015 Qn

Será importante tener en cuenta, en la fiabilidad de la medición, el llamado *caudal de arranque*, que corresponderá a la cantidad de caudal consumido por la instalación antes de que el contador inicie su registro. Naturalmente, y a título individual, son porciones de agua muy pequeñas, pero que sumadas en el conjunto de una gran colectividad representan un tanto por ciento de agua consumida y no facturada.

Hoy en día, con la implantación de los contadores electrónicos e *inteligentes* se detectan casi todas las variaciones de consumo que pueden darse en un determinado suministro, así como las eventualidades y averías de la instalación que puedan provocar algún efecto sobre la contabilización del consumo.

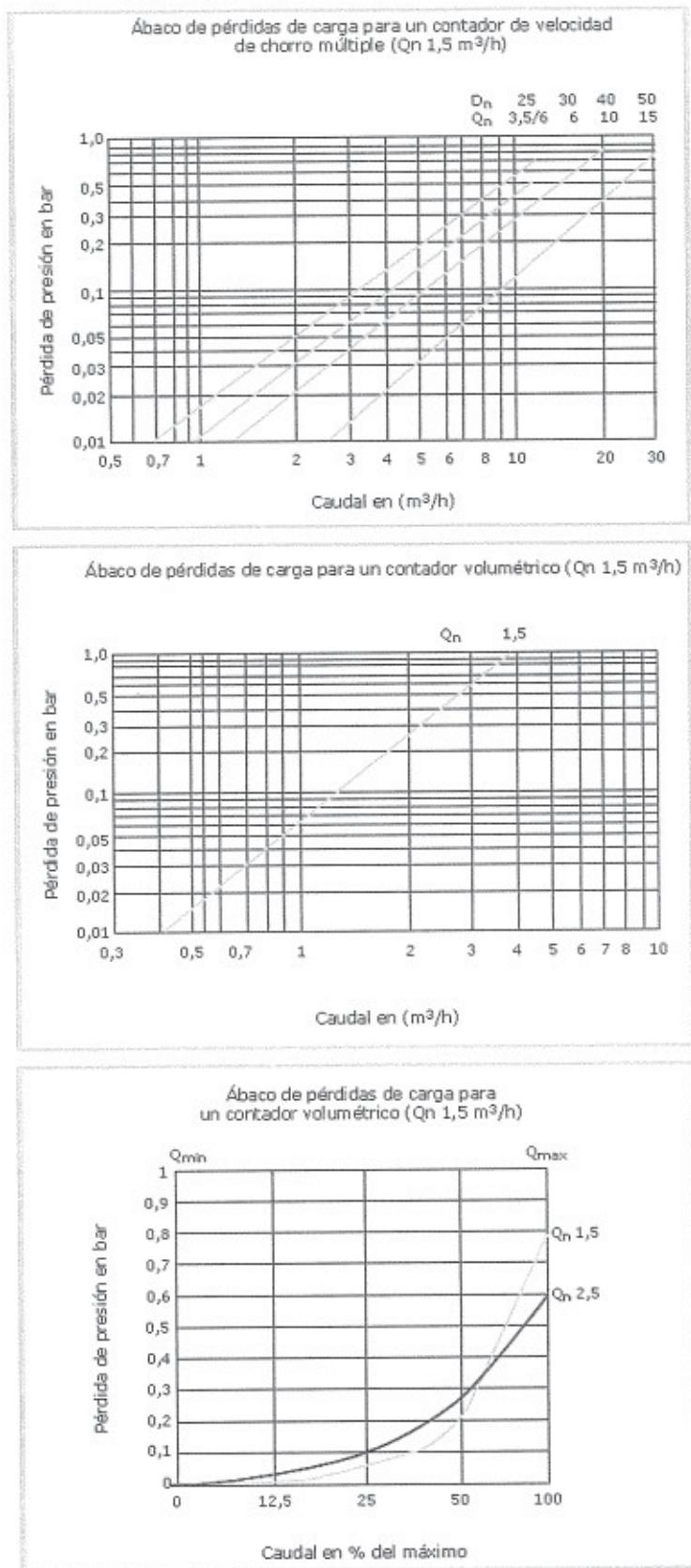
### 3.3. Características de instalación y colocación

Por lo general, los contadores se instalarán siempre en cámaras o arquetas protegidas de la intemperie y posibles manipulaciones indebidas. Tal y como indica el vigente *Código técnico de la edificación*, los contadores se instalarán entre dos válvulas, una de entrada y otra de salida, que presentarán algún dispositivo antirretorno.

En la instalación del contador y para garantizar la vida útil del mismo y evitar efectos de sobre o subcontaje, se tendrán en cuenta cuatro factores esenciales, como son:

- Presencia de corrientes de aire: altera la metrología y produce desgastes.
- Retornos de agua hacia el contador: alteran el consumo y pueden romper el contador.
- Inclinación del contador respecto al eje de sus conexiones: especialmente en los contadores de velocidad la inclinación determinará la disminución drástica de la sensibilidad, precisión y envejecimiento prematuro.
- Posibilidad de fraude: sistemas antifraude en válvulas, precintos, etc.

Figura 3.43. Ábacos de pérdida de carga para distintos tipos de contadores



## 4. Bombas y grupos de presión

Se identifican los componentes de un grupo de presión, se analizan sus peculiaridades técnicas de funcionamiento e instalación. Se selecciona el tipo de bomba o grupo más adecuado a partir de unas características hidráulicas dadas.

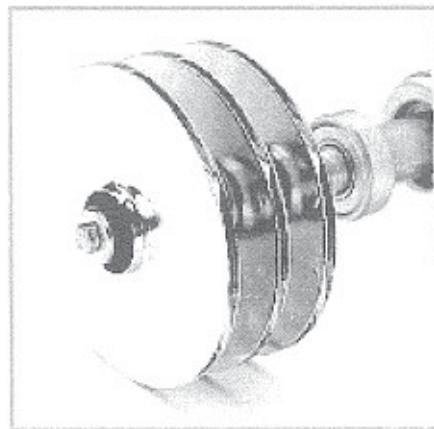
### 4.1. Introducción

En las instalaciones donde se detecte una presión insuficiente para garantizar el correcto funcionamiento de todos los elementos que la componen, así como en aquéllas donde la presión disponible no cumpla con los requisitos mínimos requeridos por el actual *Código técnico de la edificación* u otras de aplicación específica, se preverá la instalación de una bomba y/o grupo de presión.

Las bombas hidráulicas utilizadas en fontanería son las llamadas *bombas centrífugas*. Este tipo de bombas son máquinas accionadas por un motor eléctrico que suministran al agua la energía suficiente para garantizar la llegada de un determinado caudal. En este tipo de bombas sólo ha de vencerse la resistencia propia del movimiento del fluido por la tubería.

Las bombas centrífugas están compuestas por uno o varios rodetes impulsores unidos a un eje central, que, a su vez, determinan la capacidad de impulsión de la bomba. El agua, por tanto, es impulsada por la *fuerza centrífuga* que le imprimen los elementos internos de la propia bomba.

Figura 3.44. Discos impulsores (rodetes) unidos al eje central de la bomba



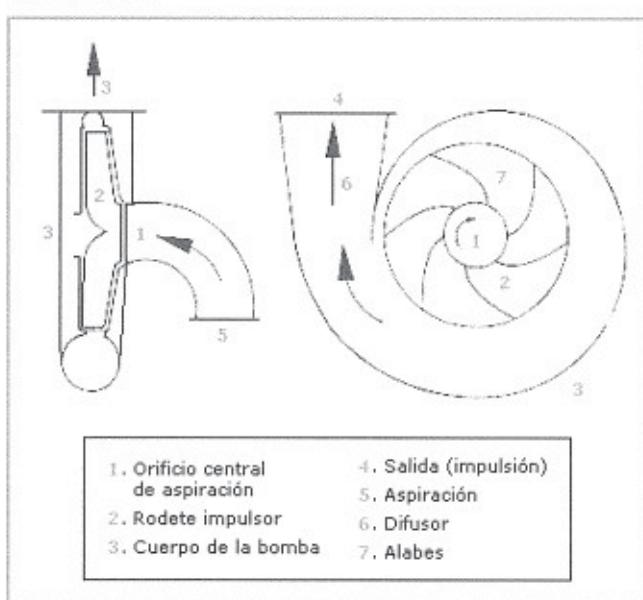
Cada disco suele tener una capacidad de impulsión aproximada de 10 m. c. a.

## 4.2. Funcionamiento de una bomba centrífuga

Tal y como se muestra en el gráfico, por el centro del rodete (1), opuesto a la conexión al eje, entra el agua, que es aspirada por la rotación de éste y obligada a acompañar a los álabes en el movimiento de rotación del rodete. Al llegar al extremo de los álabes, el agua es despedida tangencialmente hacia éstos (centrífugamente) a la velocidad lineal del extremo del álabo correspondiente.

El agua, pues, está animada por gran energía de movimiento (cinética) al abandonar el rodete en rotación. A esta velocidad, el agua tiende a salir del cuerpo de la bomba (3), quien la conduce hacia la salida (4) a través del difusor (6). En el difusor, el agua pierde velocidad para convertir la energía cinética en energía de presión, y así sale por el orificio de impulsión (4).

Figura 3.45.



El agua, pues, adquiere energía cinética en el rodete por la rotación de éste, producida por el eje del motor eléctrico de la bomba. Posteriormente, el cuerpo de bomba y el difusor se encargan de transformar esta energía de movimiento en energía de presión, que se mide con el manómetro colocado en la impulsión. Restando a esta presión la que señala el manómetro de la aspiración, tendremos la presión que la bomba ha comunicado al agua.

Al girar, el rodete crea un vacío provocado por la presión de aspiración y después ejerce en el agua una presión de impulsión. La suma de ambas es la presión que se comunica al agua.

Existen diferentes tipos de bombas centrífugas, diferenciándose entre ellas por:

- El cuerpo de la bomba, según sea una bomba industrial o de ámbito doméstico o terciario.
- El tipo de rodete o disco impulsor (abierto, semiabierto, tipo Vortex, etc.).
- El número de discos o rodetes impulsores, es decir, unicelulares si son de un solo rodete o multicelulares, si lo son de varios.
- El tipo de aspiración: simple, si tienen una sola entrada de aspiración, o doble, si tienen dos.
- Según la capacidad de aspiración, simples o auto-aspirantes, si su capacidad de aspiración llega hasta los 8-9 metros.
- Según el sistema de transformación de velocidad en presión (sistema de simple voluta, doble voluta, difusor).
- Según la posición de la bomba respecto a su base de soportación (de tipo vertical u horizontal).

Si la presión de aspiración fuese mayor que la presión que necesita el agua para mantenerse en estado líquido, podría vaporizarse el agua. En tal caso daría lugar a vibraciones, ruidos y estados de corrosión y erosión acelerada del rodete y partes internas de la bomba. Este fenómeno se denomina *cavitación*.

Para evitarlo, es importante controlar la velocidad del agua en la aspiración de la bomba, procurando que ésta no sea superior a 1,5 m/s, ya que el agua tendería a pasar de régimen laminar a régimen turbulento, con lo que se favorece la desgasificación del aire contenido en el agua, dando lugar al efecto de cavitación, comentado en el párrafo anterior.

Figura 3.46. Efecto gráfico del cambio de estado debido a la desgasificación producida en una conducción de agua

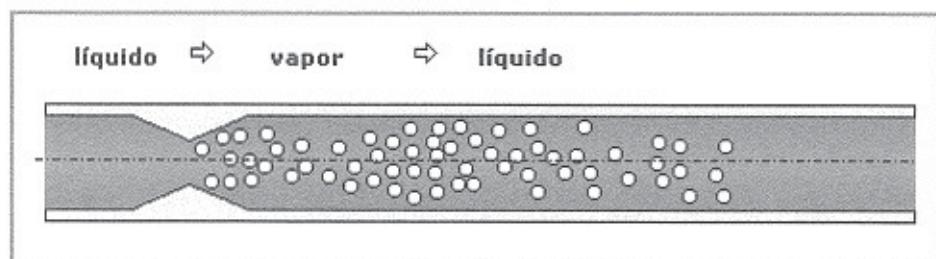
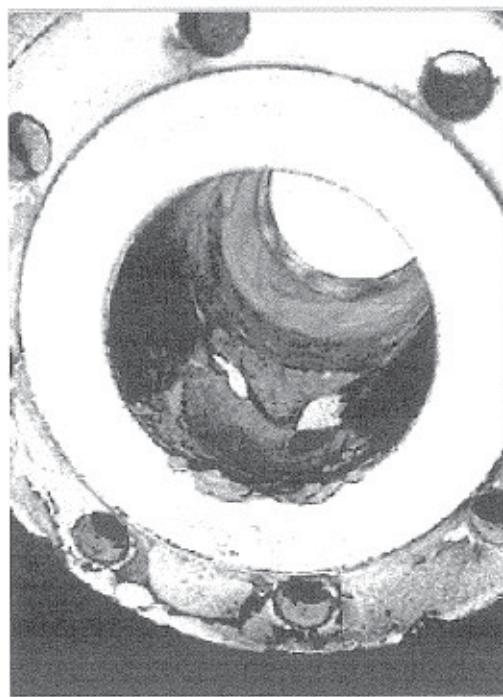


Figura 3.47. Efecto de erosión provocada sobre una válvula de compuerta debido al fenómeno de cavitación



### NPSH y la cavitación

Al aumentar el volumen de fluido, la velocidad del mismo en la oreja de la turbina aumenta mucho, provocando roturas parciales de la vena líquida, produciendo choques en la entrada de los alabes y el desprendimiento de vapor de fluido y aire, todo bajo el efecto del vacío provocado por la depresión creada en ese punto. Este efecto produce un rápido deterioro de los impulsores, un gran aumento de ruido y una pérdida de caudal espectacular.

Este efecto se identifica como: NPSH  $r$  (*net positive suction head required*). Como tiene diferentes valores según el caudal que pasa por la bomba, se puede crear una gráfica de metros de NPSH  $r$  (en metros columna de agua) en función del caudal; ésta es característica para cada bomba.

Para calcular estas gráficas es necesario una instalación con unas condiciones determinadas (diámetros impulsión y aspiración determinados, con manómetros y válvulas de compuerta y un caudalímetro en la impulsión) y se calcula con la fórmula siguiente:

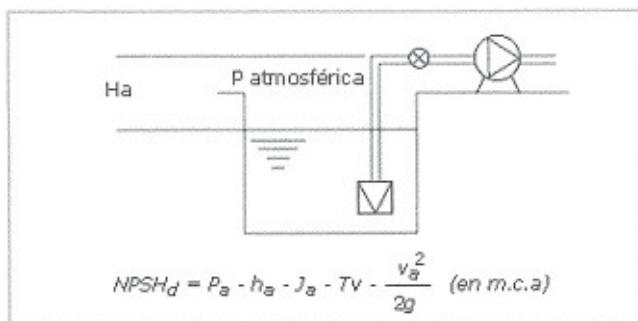
$$H_m = P_i + \frac{V_i^2}{2g} - \left( P_a + \frac{V_a^2}{2g} \right)$$

Al conocer el caudal que circula y el diámetro de los tubos, se puede deducir la velocidad tanto en la impulsión como en la aspiración.

A partir de un caudal conocido (de la curva de funcionamiento de la bomba) se empieza a cerrar la válvula de aspiración hasta que el caudal permanece casi constante y cae en picado la presión; esto es señal de que la bomba cava (se considera que la bomba empieza a cavar, cuando la caída de presión es de un 3%). Se toma lectura de los manómetros y se calcula la presión absoluta en la aspiración. Con estos puntos se dibuja la gráfica.

Con esto conoceremos el  $NPSH_r$ , el requerido por la bomba, pero la instalación tiene su propio  $NPSH_d$ , el disponible por la instalación. Éste depende de todos los elementos en la aspiración de la bomba, pérdidas de carga, altura de aspiración, presión en la aspiración, líquido o gas, etc.

Figura 3.48.



$P_a$  = Presión en la aspiración.

$H_a$  = Altura de la aspiración.

$J_a$  = Perdida de carga en la aspiración, en m.c.a.

$T_v$  = Tensión de vapor en la temperatura de trabajo.

$$NPSH_d \geq NPSH_r + 0,5 \text{ m}$$

0,5 es un margen de seguridad que se da.

Una vez seleccionado el tipo y/o modelo de bomba a instalar, se deberá calcular el diámetro de las tuberías, tanto en el lado de aspiración, como en el lado de impulsión, así como la pérdida de carga que se originará en ambos tramos, recordando de nuevo la intervención de todos los elementos interpuestos como accesorios, válvulas, etc.

### Curva característica de la bomba

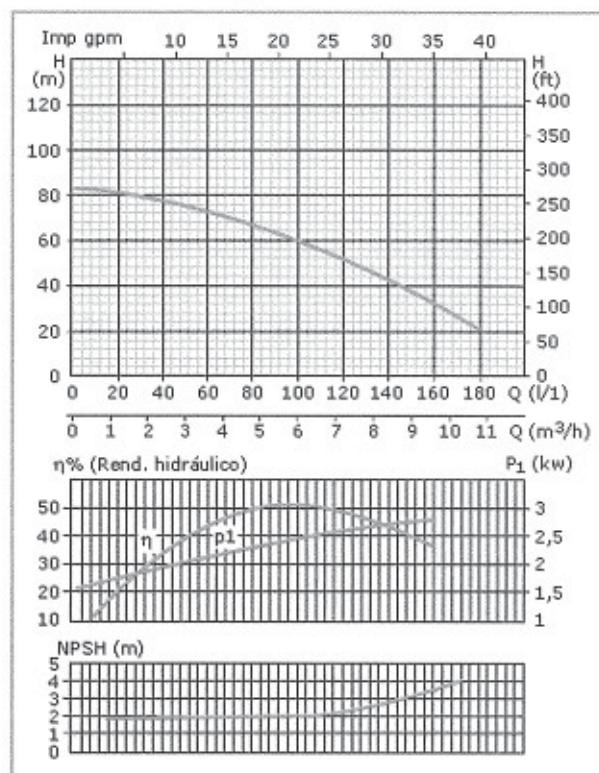
Una bomba no puede dar cualquier caudal a cualquier altura manométrica. Dependiendo del motor de que disponga dará un caudal determinado a una presión manométrica concreta.

La relación entre el caudal de suministro, la presión manométrica y el consumo eléctrico o potencia absorbida por el motor, dependiendo del rendimiento del mismo, se relacionan gráficamente mediante una curva, llamada *curva característica de la bomba*.

La curva característica de la bomba, denominada también curva Q/H o curva de estrangulación, indica el "rendimiento de trabajo" de una bomba. Por tanto, a partir de esta curva característica puede derivarse qué caudal genera una bomba para una determinada altura de elevación. Todos estos datos se facilitan normalmente, mediante tablas que relacionan valores ajustados de caudal y presión manométrica para cada modelo comercializado.

En este gráfico se muestra la curva característica de un modelo determinado de bomba centrífuga. En él puede apreciarse que a mayor demanda de caudal, menor disponibilidad de presión o altura manométrica y viceversa. Hay que procurar que exista la mayor coincidencia posible entre el valor de caudal y presión necesarios para la instalación con la curva representada para la bomba. De no ser así, la bomba no ejecutará su misión correctamente y, por tanto, se procederá a buscar otro modelo de bomba con otra curva característica en el que sí se produzca el encuentro entre todos estos parámetros.

Figura 3.49. Curvas características de las bombas centrífugas



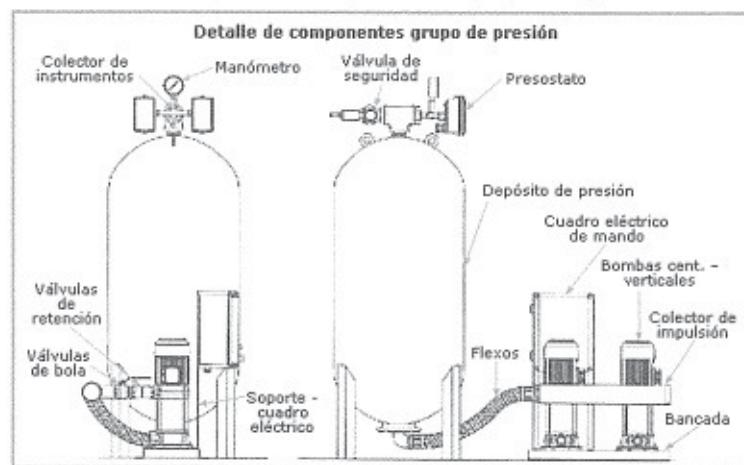
### 4.3. Componentes de un grupo de presión

La denominación de *grupos de presión* se adopta desde el momento en que las bombas no suelen actuar nunca solas, sino formando un conjunto o grupo de elementos que interactúan entre sí, para dotar a la instalación de la presión requerida y suficiente en cada momento. Este conjunto está formado generalmente por los siguientes elementos:

- Depósito acumulador de agua, pozo, etc.
- Bomba/s (equipo moto-bomba).
- Depósito de presión (abierto o cerrado).
- Conjunto de accionamiento y regulación automático neumático, eléctrico y/o electrónico (presostato, cuadro eléctrico, etc.).

El funcionamiento habitual de este equipo se basa en la actuación de la bomba, la cual aspira agua de un pozo o depósito previo (que se va llenando mediante su conexión a la red) y la impulsa sobre depósito cerrado a presión conectado a la instalación de consumo. En función de la mayor o menor demanda de agua por parte de los usuarios de dicha instalación, el volumen y la presión del fluido en el interior del depósito variará, provocando las sucesivas puestas en marcha para el llenado del recipiente a presión y paro posterior, una vez alcanzada la presión máxima en el mismo. El ciclo de puestas en marcha y paradas de la bomba en función de la presión interior del depósito al que está unida se va repitiendo, por tanto, en función del mayor o menor consumo existente en la red.

Figura 3.50. Composición tipo de un grupo de presión



Los depósitos a presión, llamados popularmente *calderines*, tienen en su interior una membrana o cámara llena de aire o nitrógeno, a la que pararán, mediante la acción de un presostato (unido eléctricamente a la bomba), o la pondrán en marcha, dependiendo de la presión que el volumen de agua acumulado ejerza sobre dicha cámara, por lo que en estos depósitos se incorporará un inyector que permitirá compensar las posibles pérdidas de aire.

Los grupos de presión pueden suministrarse con una o dos bombas (en funcionamiento alternativo), con el objetivo de no perder eficacia en ningún suministro por avería de una única bomba en el sistema.

### Depósitos acumuladores de agua

La instalación de depósitos acumuladores y/o de almacenamiento, previos al conjunto moto-bomba, responde fundamentalmente a las dos razones siguientes:

1. Garantizar un volumen mínimo de agua en la instalación para asegurar el caudal de aspiración necesario y prever un volumen de acumulación suficiente que permita cubrir eventuales cortes de suministro de la red, los cuales, sin una reserva suficiente, podrían ocasionar el trabajo en vacío de las bombas y, en consecuencia, la probabilidad de avería de las mismas.
2. Evitar la conexión directa del conjunto moto-bomba a la red de suministro, con el propósito de proteger la red de posibles retornos de agua y depresiones provocadas por un mal funcionamiento del equipo de presión.

Este tipo de depósitos, por su capacidad, suelen encontrarse prefabricados con medidas estándar en materiales como poliéster centrifugado, polietileno, polipropileno, etc., o bien fabricados a medida en materiales de obra (ladrillo, enlucido, revocado, etc.).

### Bombas

Las bombas, según el emplazamiento del líquido a impulsar, pueden ser:

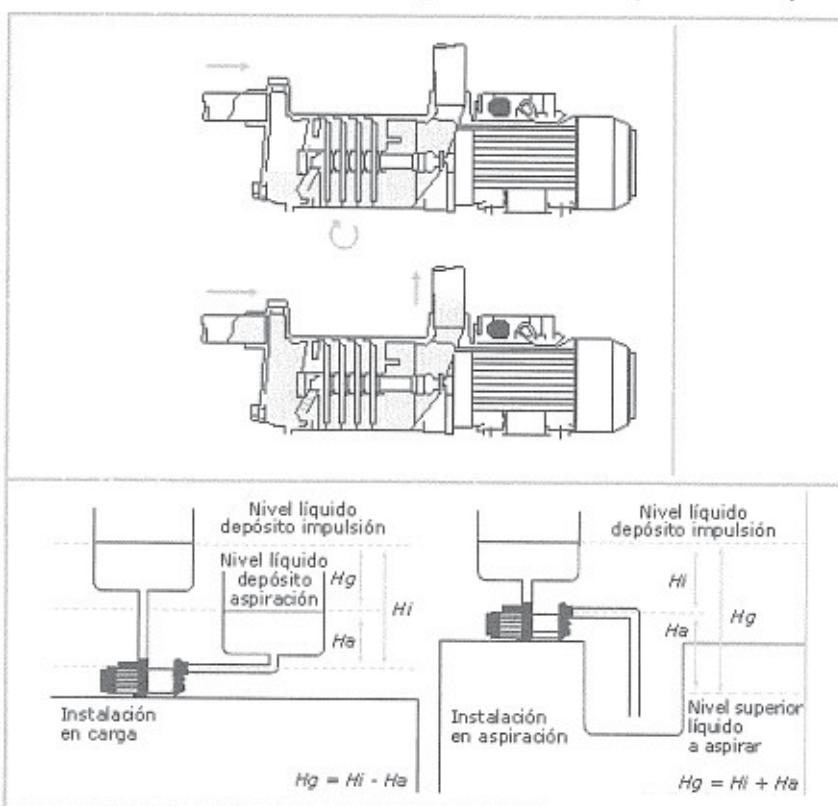
- **Bombas de superficie:** si el agua que se va a bombear procede de algún depósito, estanque, lago o acequia.

La bomba puede actuar de dos formas:

- En aspiración: si la bomba se sitúa al mismo nivel o por encima del líquido que se va a bombear (en esta modalidad de instalación la altura máxima de aspiración será de unos 9 metros; para alturas superiores de aspiración, habrá que utilizar bombas sumergibles).
- En carga: si la bomba se sitúa a un nivel inferior del líquido que se va a bombear.

Actuando de una forma u otra, este tipo de bombas pueden ser unicelulares y multicelulares autoaspirantes.

Figura 3.51. Ciclo de funcionamiento de una bomba autoaspirante desde el punto de aspiración hasta el punto de impulsión



En grupos de presión formados por dos o más bombas, se sumarán los caudales de las diferentes bombas siempre y cuando éstos sean conducidos por tuberías de impulsión independientes. Pero en general, las diferentes bombas actuarán en paralelo, bombeando sobre una sola tubería común o colector de impulsión.

- **Bombas sumergibles o inundables:** si el agua procede de algún pozo o depósito enterrado bajo tierra.

Para el accionamiento de bombas centrífugas sumergibles, se emplea un electromotor blindado, estanco al agua a presión, que acciona a su vez el sistema hidráulico del conjunto. Esta estanquedad significa que dicho motor funciona totalmente sumergido en agua.

El segundo elemento vital de este tipo de bombas es la parte hidráulica, formada principalmente por la cámara centrífuga, denominada *cámara de presión*, el rorete y la placa base. En este conjunto, el motor y la placa base constituyen una unidad compacta.

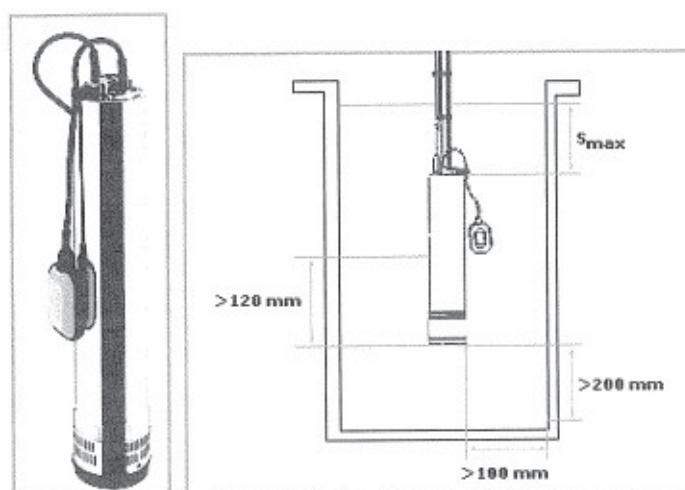
En la instalación de bombas sumergibles habrá que tener en cuenta que, independientemente de la posición de la sonda de nivel, la boca de aspiración de la bomba (su base inferior) deberá situarse a una distancia mínima del fondo del depósito o pozo de aspiración, para evitar problemas de cebado y posibilidad de generación de torbellinos o vórtices que provocarían un funcionamiento incorrecto de la bomba y, por lo tanto, acortarían la vida de la misma.

Para evitar este efecto, existen placas antivórtice, tabiques separadores y elementos especialmente diseñados para remediar el efecto comentado. En la alimentación de la bomba evitaremos igualmente cambios bruscos de sección entre la entrada y el pozo, procurando que la velocidad del agua en el pozo sea inferior a 0,3 m/s. Tampoco es deseable centrar las bombas en el pozo, ya que ello aumentaría la probabilidad de crear torbellinos en la parte posterior.

Del mismo modo, entre la línea superficial de agua y la cabeza de la bomba será necesario disponer de una superficie máxima de agua por encima de la misma que dependerá, en cada caso, de la curva característica de la propia bomba.

Las bombas sumergibles pueden ser, a su vez, en seco, mediante protección por camisa separadora.

Figura 3.52. Bomba sumergible en el interior del pozo de bombeo



### Agrupación de bombas

- **Conexión de bombas en serie y paralelo**

Es muy habitual en instalaciones hidrosanitarias de edificación encontrarse con grupos de bombas conectadas en serie y/o en paralelo, trabajando al mismo tiempo o simplemente como emergencia o de ayuda. A continuación se resumen las características de funcionamiento bajo un régimen u otro.

- **Bombas en serie**

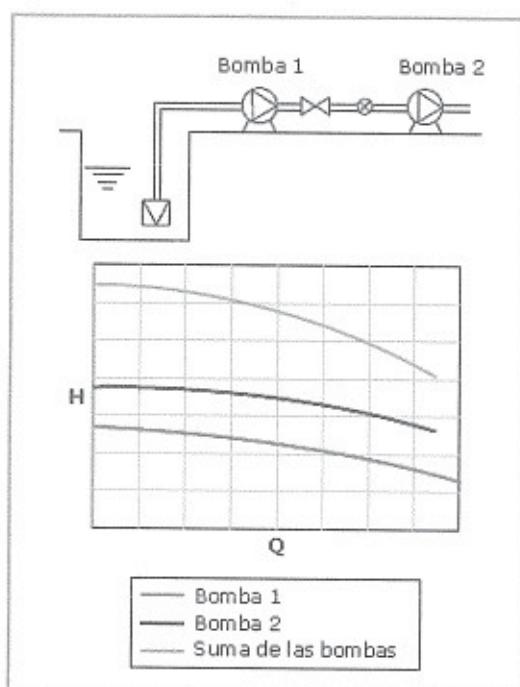
En este tipo de instalaciones, las bombas trabajan las dos al mismo tiempo, se utilizan en instalaciones para poder trabajar a altas presiones. La primera bomba da el caudal, mientras que la segunda bomba otorga la presión a la instalación.

Las bombas de alta presión habitualmente tienen un NPSH muy alto, por lo que necesitan trabajar en carga o con presión en la aspiración; de hecho, ésta es la razón de necesitar una bomba de ayuda.

Para calcular la altura manométrica total de bombas conectadas en serie, como en el caso de las instalaciones de tuberías, el caudal que circula a través de las bombas es el mismo y las alturas de las bombas se suman:

$$Q_{1+2} = Q_1 = Q_2 ; \quad H_{1+2} = H_1 + H_2$$

Figura 3.53. Relación Q/H con bombas en serie



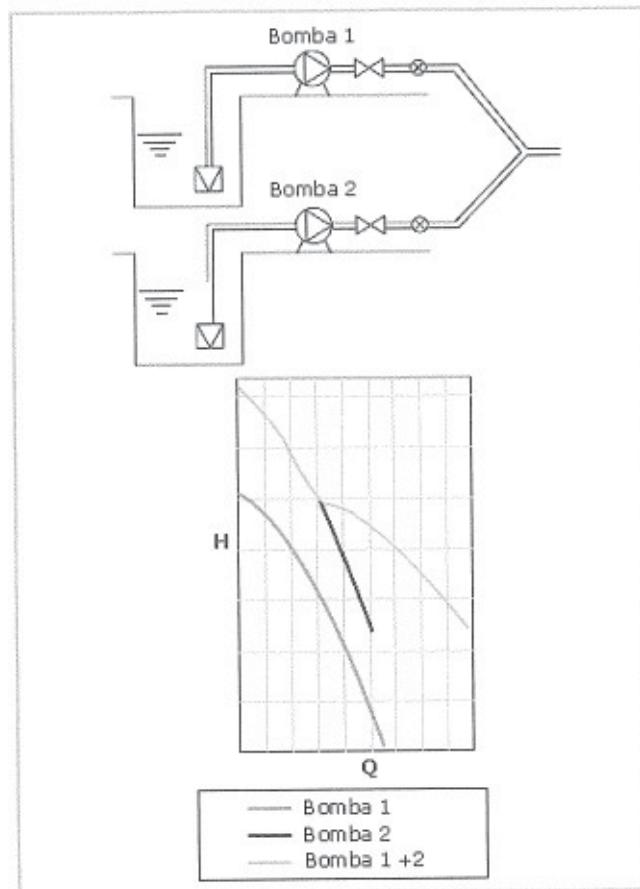
#### – Bombas en paralelo

Las instalaciones en paralelo habitualmente se hacen para poder tener grandes caudales con fiabilidad, si se instala una bomba sola de gran caudal, en caso de avería toda la instalación queda parada, en cambio, si se instalan varias bombas menores, en caso de que alguna falle la instalación puede continuar funcionando con menor caudal. También por consumo, ya que si en un momento dado se necesita un caudal menor se puede parar alguna bomba.

Para el cálculo de bombas en paralelo, como en el caso de las instalaciones de tuberías, el caudal que circula a través de las bombas se suma y las alturas son las mismas:

$$Q_{1+2} = Q_1 = Q_2 ; \quad H_{1+2} = H_1 + H_2$$

Figura 3.54. Relación Q/H con bombas en paralelo



### Depósitos a presión

Pueden ser básicamente de dos tipos:

- Depósitos de presión de membrana elástica

Estos depósitos están construidos con chapa esmaltada o de acero simple, interiormente disponen de una membrana elástica de caucho u otro material, que acoge el agua que impulsa la bomba. Estas membranas deben ser totalmente impermeables y recambiables, ya que con el tiempo envejecerán. La cámara que queda entre la membrana elástica y las paredes del depósito puede ser de aire o nitrógeno, pero en ambos casos se podrán compensar las pérdidas del mismo mediante un inyector que incorpora el propio depósito.

- Depósitos con cámara de aire de mezcla directa "calderines de chapa de acero"

En estos depósitos, durante la secuencia de llenado por intervención de la bomba, el agua comprime el aire que queda en la cámara superior del depósito. El aire, con el tiempo y por contacto directo, se va disolviendo en el agua, por lo que será necesario reponer estas pérdidas mediante un inyector conectado al envolvente exterior de chapa del depósito. Estos depósitos requieren mayores necesidades de espacio, ya que se

estima un volumen de acumulación tres veces mayor al necesario con los depósitos de presión de membrana elástica.

Su instalación es cada día menos frecuente, ya que existe el riesgo de alterar las propiedades organolépticas del agua, al existir un contacto directo entre ésta y el aire introducido en el propio depósito; presentan mayor riesgo de corrosión y su construcción suele hacerse sobre chapa de acero galvanizado.

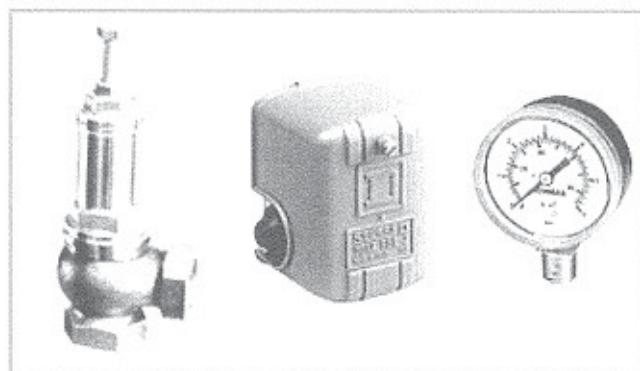
### Conjunto de accionamiento y regulación

Está formado por un presostato, encargado de regular el paro y puesta en marcha de la bomba, entre dos valores prefijados, normalmente en grupos múltiples de presión (dos o más bombas). Suele ir acompañado de una válvula reductora de presión, que actúa de dispositivo de seguridad para garantizar que no se someterá la instalación a una presión inadecuada, por exceso.

Del mismo modo, el fabricante de los grupos de presión suele suministrar, junto con los elementos principales del equipo, un pequeño cuadro eléctrico en el que se puede seleccionar manualmente la entrada en funcionamiento de cualquiera de las bombas del grupo, y en cuyo interior se hallan los contactores y relés o, en su defecto, placas electrónicas que ejecutarán la conexión eléctrica de las bombas en función de la orden del presostato.

Se recomienda que en grupos múltiples se solicite un cuadro eléctrico que permita la conmutación automática y alternativa de las bombas, para que nunca quede una bomba bloqueada por falta de uso y para que, en caso de emergencia, ambas tengan un rodaje suficiente como para garantizar su correcto funcionamiento.

Figura 3.55. Válvula reductora de seguridad (izquierda), presostato (centro) y manómetro (derecha).





## Capítulo IV. Cálculo y dimensionado

Conoceremos el proceso de cálculo de una instalación de fontanería, teniendo en cuenta los parámetros de influencia que puedan darse en ella. Aplicaremos los criterios definidos anteriormente con ejemplos prácticos y reales para diferentes tipos de instalaciones.

Una vez se haya trabajado este capítulo, el lector deberá ser capaz de:

- Conocer el proceso de cálculo de una instalación de fontanería, teniendo en cuenta todos los parámetros de influencia que puedan darse en ella, como el caudal total de consumo, las simultaneidades, el tipo de uso dado a la instalación, etc.
- Determinar mediante el cálculo la presión residual en el punto más alejado o desfavorable de un suministro de agua en función de la presión original de la red.
- Definir las características hidráulicas, eléctricas, etc., de los elementos que formarán parte de un grupo de sobreelevación.
- Aplicar los criterios de selección y cálculo para un equipo descalificador en función de unas propiedades concretas del agua de la red.
- Observar las particularidades del cálculo de redes hidráulicas con intervención de fluxores, desde un punto de vista práctico y mediante la utilización de tablas alternativas de referencia.
- Aplicar todos los criterios definidos en sesiones anteriores con ejemplos prácticos y reales para diferentes tipos de instalaciones.

### 1. Dimensionado instalaciones con presión de red

Se establecen los principales parámetros del proceso de cálculo y dimensionado de una instalación mediante suministro con presión directa de red, desde el cálculo del caudal probable hasta el cálculo de la presión residual para el punto más desfavorable de una instalación.

#### 1.1. Datos preliminares necesarios

Para abastecer correctamente todos los puntos de consumo de una instalación, es necesario un determinado caudal y presión de suministro. El caudal y la presión que se vayan a suministrar estarán en función de lo siguiente:

- El consumo, que dependerá del número de litros de agua por persona y día, el número de usuarios en el edificio y el equipamiento higiénico con el que esté dotado el edificio, vivienda, local, etc. También se tendrán en cuenta el consumo de otras instalaciones,

como las de refrigeración y calefacción y otros tipos de consumo característicos del edificio, según lo expuesto en el primer capítulo de esta obra.

- La situación de los puntos de consumo respecto a la red de distribución, cota de suministro y distribución en planta del edificio.
- El uso de la instalación en función del uso o usos del edificio o zona del mismo va a condicionar también el equipamiento higiénico.
- Los materiales empleados en la instalación y la rugosidad de los materiales empleados en las conducciones condicionarán las pérdidas de presión o pérdidas de carga en las tuberías, accesorios, válvulas y otros dispositivos.
- La simultaneidad de uso. Si la utilización de la instalación es más o menos constante en el tiempo, o con fuertes puntas de demanda.

El *Código técnico de la edificación* establece, para el ámbito doméstico, unos diámetros mínimos referentes a cada uno de los tramos de una instalación interior, los cuales servirán de referencia en los cálculos detallados en siguientes subapartados del presente capítulo.

## 1.2. Determinación del caudal de consumo instalado

Para el cálculo y dimensionado de una instalación, en lo que a diámetros de tuberías de alimentación se refiere, debemos realizar una estimación previa y lo más aproximada posible del caudal necesario para el conjunto de puntos de consumo que existan en el local, vivienda o inmueble considerado.

Para ello nos serviremos, como referencia, de la tabla de caudales instantáneos mínimos expuesta en el primer capítulo (ver tabla adjunta), debiendo realizar la suma de los caudales instantáneos correspondientes a todos los puntos de consumo existentes en la instalación, para poder determinar, así, el *caudal total instalado*, en el local o vivienda que se vaya a dimensionar.

En aquellos locales, industrias o inmuebles donde, por las características de los puntos de consumo, no se tenga el caudal instantáneo mínimo tabulado, nos remitiremos a las instrucciones del fabricante del punto de consumo concreto.

De manera que:

Caudal total instalado ( $Q_{TI}$ ) = Sumatorio ( $\Sigma$ ) de caudales instantáneos ( $Q_i$ )

$$Q_{TI} = \sum Q_i$$

### 1.3. Coeficiente de simultaneidad

El concepto de simultaneidad viene condicionado por el cálculo del caudal de agua utilizado por un local, vivienda, o bien una agrupación de ambas. Como la utilización simultánea de todos los aparatos sanitarios de una misma vivienda o cuarto húmedo es poco probable, al dimensionar la instalación se tendrá en cuenta, mediante un coeficiente, el porcentaje de aparatos que puedan funcionar a la vez.

Hay que subrayar, sin embargo, que para cada tipo de uso se establecerá un valor de simultaneidad diferente, que habrá que determinar según el colectivo que haga uso de las instalaciones, estableciéndose la siguiente clasificación de referencia:

Clasificación de usos de un edificio:<sup>7</sup>

- uso comercial.
- uso doméstico / vivienda.
- uso sanitario / hospitalario.
- uso deportivo.
- administrativo / oficinas.
- uso docente.
- residencial-asistencial.
- uso industrial.
- uso militar.
- uso hotelero.

Evidentemente, en algunos de los edificios, destinados, por ejemplo, a uso docente, militar, hotelero o deportivo, entre otros, la simultaneidad será prácticamente total o del 100%, ya que es muy probable que en determinados momentos se produzca un uso masivo de todos o la gran mayoría de los aparatos sanitarios existentes (descansos entre clases, llegada de grupos de huéspedes al hotel, finalización o inicio de actividad deportiva, etc.).

El coeficiente de simultaneidad actuará como elemento de arbitraje entre los aparatos en servicio; por ello se multiplicará el *gasto total posible* (suma total de caudales instantáneos mínimos de todos los puntos de consumo) por dicho coeficiente, que, en el caso de una sola vivienda será de:

$$k = 1 / \sqrt{n - 1}$$

7. Esta clasificación no es oficial y no está contemplada en el actual *Código técnico de edificación*.

donde:

$k$  es el coeficiente de simultaneidad que se quiere obtener.

$n$  es el número de aparatos en el tramo que estamos calculando.

Ahora bien, este valor de  $k$  se debe tomar para un número de aparatos comprendido entre 1 y 26, de manera que su valor mínimo sea de 0,2.

Para un grupo de viviendas de las mismas características:

$$K(\text{coef.}) = \frac{19 + N}{10(N + 1)} \text{ (siendo "N" el número de viviendas)}$$

donde:

$K$  es el coeficiente de simultaneidad que se quiere obtener.

$N$  es el número de viviendas de unas mismas características de consumo.

También puede determinarse este valor utilizando unos gráficos que relacionan mediante el número de grifos, en un caso, o el número de viviendas en otro, un coeficiente determinado en cada caso.

Todo ello determinará el caudal total estimado o caudal total simultáneo para un determinado edificio de viviendas, locales o conjunto de usuarios de un mismo ámbito social o profesional.

#### 1.4. Determinación del caudal total simultáneo

Diferenciaremos aquí entre el caudal parcial simultáneo para una sola vivienda y el caudal total simultáneo para un conjunto de ellas. Éste, en cualquiera de los dos casos, se obtiene aplicando el coeficiente de simultaneidad al sumatorio de caudales instantáneos mínimos de la instalación y caso considerado.

##### Cálculo del caudal parcial simultáneo

$$Q_{PS} = Q_{Pl} \cdot k$$

donde:

$Q_{PS}$  es el caudal parcial simultáneo (correspondiente a un solo usuario) y perteneciente a una sola vivienda o local que deseamos obtener [l/s].

$Q_{PI}$  es el caudal parcial instalado correspondiente al sumatorio de los caudales instantáneos mínimos de los aparatos de una misma instalación [l/s].

$k$  es el coeficiente de simultaneidad correspondiente a un sólo usuario.

### Cálculo del caudal total simultáneo

El caudal total simultáneo, previsto y estimado para el conjunto de un edificio de viviendas será el siguiente:

$$Q_{TS} = (Q_{PS} \cdot n^2 \text{ de viviendas}) \cdot K$$

donde:

$Q_{TS}$  es el caudal total simultáneo resultante para todo un inmueble destinado a viviendas [l/s].

$Q_{PS} = (Q_{PI} \times k)$  es el caudal parcial (correspondiente a un sólo usuario) y perteneciente a una sola vivienda, que se ha obtenido en la anterior operación [l/s].

$k$  (minúscula) es el coeficiente de simultaneidad correspondiente a una sola vivienda.

$K$  (mayúscula) es el coeficiente de simultaneidad global para un conjunto de viviendas.

El desarrollo del caudal total simultáneo para un edificio concreto de uso doméstico se resume en los siguientes puntos:

- Hallar el caudal parcial instalado de una vivienda, a través de la suma de los caudales instantáneos de cada aparato.
- Hallar el coeficiente de simultaneidad parcial de una de las viviendas (todas serán iguales).
- Hallar el caudal parcial simultáneo para una vivienda.
- Hallar el coeficiente de simultaneidad total para el conjunto del edificio.
- Hallar el caudal total simultáneo para todo el edificio, teniendo en cuenta la cantidad o número de viviendas que contiene el inmueble.

### Ejemplo

Hallar el caudal total simultáneo para un edificio de doce viviendas iguales, con un servicio sanitario por vivienda consistente en un cuarto de baño completo, un cuarto de baño con ducha y una cocina con galería, que disponen de los siguientes aparatos:

- 2 lavabos.

- 2 bidés.
- 2 inodoros con cisterna.
- 1 bañera.
- 1 ducha.
- 1 fregadero doméstico.
- 1 lavavajillas doméstico.
- 1 lavadora doméstica.

Cálculo del caudal parcial instalado por vivienda:

$$Q_{pI} = \sum Q_i$$

$$Q_{pI} = (4 \times 0,10) + (2 \times 0,13) + (0,30) + (3 \times 0,15) + (0,20) = 1,61 \text{ l/s}$$

Cálculo del valor del coeficiente de simultaneidad individual por vivienda:

$$K = 1 / \sqrt{n-1}$$

$$k = 0,31$$

Cálculo del caudal parcial simultáneo:

$$Q_{ps} = Q_{pI} \times k$$

$$Q_{ps} = 1,61 \text{ l/s} \times 0,31 = 0,5 \text{ l/s}$$

Cálculo del valor del coeficiente de simultaneidad total del inmueble:

$$K = \frac{19 + N}{10(N + 1)} = \frac{19 + 12}{10(12 + 1)} = 0,23$$

Cálculo del caudal total simultáneo:

$$Q_{Ts} = (Q_{ps} \times \text{núm. de viviendas}) \times K$$

$$Q_{Ts} = (0,5 \text{ l/s} \times 12) \times 0,23$$

$$Q_{Ts} = 1,38 \text{ l/s} = 4,96 \text{ m}^3/\text{h}$$

## 1.5. Cálculo del tramo más desfavorable

Se considerará como circuito más desfavorable aquel que, según el trazado de la instalación, vaya a contar con la mayor pérdida de presión o pérdida de carga, debido tanto al rozamiento como a su altura geométrica. Normalmente, este tramo corresponderá al su-

ministro o usuario más alejado respecto al origen de la red de suministro en el punto de conexión al inmueble.

A continuación, se adoptarán unos diámetros de referencia que seguirán las prescripciones de diámetros mínimos exigibles en la normativa aplicable a cada caso, para el tipo de uso al que esté destinado el edificio, o podrán seguir, en ausencia de normas concretas, el criterio que dicte la propia experiencia del proyectista y/o instalador responsable.

Para el cálculo de diámetros, se aplicará, siempre que proceda y de forma genérica, la ecuación de continuidad, que relaciona el caudal con la sección de la conducción y la velocidad del fluido, y que para conducciones de sección circular resulta así:

Fórmula de obtención del caudal en conducciones de sección circular:

$$Q = v_x D^2/4$$

donde:

$Q$  es el caudal [ $\text{m}^3/\text{s}$ ].

$v$  es la velocidad media del fluido [ $\text{m/s}$ ].

$D$  es el diámetro interior de la conducción [m].

Esta operación podrá realizarse directamente o bien mediante el empleo de ábacos particulares para cada tipo de tubería que permiten obtener en función de dos parámetros establecidos el valor del resto de ellos, así como el correspondiente a la pérdida de carga para el tramo en estudio.

Recordaremos lo comentado en capítulos anteriores sobre las velocidades máximas aconsejadas por tipo de tubería, procurando que en la selección de diámetros y obtención de pérdidas de carga no se superen los valores máximos aconsejados.

Con los caudales de cálculo obtenidos para cada tramo y en particular para el más desfavorable y la velocidad adoptada con los criterios expuestos en anteriores subapartados, entraremos en el ábaco de pérdida de carga correspondiente al tipo de conducción y obtendremos el diámetro del mismo y la pérdida de presión que experimenta cada metro de tubería del material escogido para el tramo considerado.

Este proceso nos permitirá saber, como se ha dicho, el valor de pérdida de carga por metro lineal de tubería ( $J$ ), por lo que dicho valor será multiplicado por la longitud real del tramo considerado, añadiéndole, además, las pérdidas de carga equivalentes

localizadas ( $\lambda$ ), fruto del rozamiento que provocan los accesorios y elementos interpuestos en dicho tramo.

En definitiva, a cada tramo le corresponderá una pérdida de presión ( $J$ ), función de su velocidad o caudal, diámetro y rugosidad de la superficie interior del tubo. Asimismo, tendrá unas pérdidas de presión de los elementos singulares ( $\lambda$ ) que sean necesarios en éste.

Como conclusión a todo ello tendremos una pérdida de presión total en cada tramo, que será:

Fórmula de obtención de la pérdida de presión total o pérdida de carga en cada tramo:

$$\Delta p_T = J \cdot (L_1 + L_2)$$

donde:

$\Delta p_T$  es la pérdida de presión total en un tramo.

$J$  es la pérdida de presión por metro lineal del tubo.

$L_1$  es la longitud real del tramo [m].

$L_2$  es la longitud equivalente de los accesorios y dispositivos intercalados.

Para la evaluación de las pérdidas de presión localizadas, se admitirá la estimación de un porcentaje comprendido entre el 20 o 30% de la producida sobre la longitud real del tramo, y que se debe estudiar en cada caso.

## 1.6. Cálculo de la presión residual disponible

Una vez obtenidos los valores de las pérdidas de presión del circuito, se comprueba si son sensiblemente iguales a la presión disponible que nos queda después de descontar la presión total disponible, la altura geométrica y la residual del punto de consumo más desfavorable. En el caso de que la presión disponible en el punto de consumo fuera inferior a la presión mínima exigida, sería necesaria la instalación de un grupo de presión.

O sea:

$$P_T = P_e H_g + P_r + \Delta p_T$$

donde:

$P_T$  es la presión total (presión de suministro).

$P_e H_g$  es la presión equivalente en altura geométrica al suministro más desfavorable.

$P_r$  es la presión residual del punto de consumo más desfavorable.

$\Delta p_T$  es la pérdida de presión o pérdida de carga total.

Si despejamos  $Pr$ , resulta:

$$P_r = P_T - P_e H_g - \Delta p_T$$

$P_r$  es la presión residual del punto de consumo más desfavorable.

$P_T$  es la presión total (presión de suministro).

$P_e H_g$  es la presión equivalente en altura geométrica al suministro más desfavorable.

$\Delta p_T$  es la pérdida de presión o pérdida de carga total.

Recordaremos, no obstante, que:

$$\Delta p = (J \cdot L + \sum \lambda)$$

donde:

$\Delta p$  es el valor de la pérdida de presión o pérdida de carga de un tramo o circuito considerado.

$L$  es la longitud del tramo más desfavorable [m].

$J$  es la pérdida de presión por metro lineal del tubo.

$\lambda$  es la pérdida de presión de los elementos singulares (accesorios y dispositivos).

Si sucediera que:

$P_T$  resultara inferior a la  $Pr$ ; o bien que  $Pr < 1$  bar en grifos comunes / 1,5 bar en fluxores y calentadores se constataría la necesidad de alimentar el suministro mediante un grupo de presión.

En este apartado es importante:

- Determinar el caudal parcial simultáneo y caudal total simultáneo de la instalación.
- Determinar mediante un primer dimensionado unos diámetros mínimos de referencia.
- Seleccionar el tramo más desfavorable o alejado y efectuar el cálculo de pérdida de carga que se genera desde el punto de toma o conexión a red hasta la finalización de dicho tramo.
- Verificar que la presión residual en el origen de la derivación individual del tramo más desfavorable es la suficiente para un óptimo funcionamiento de los aparatos sanitarios o dispositivos que precisen de suministro de agua, y que se cumplan también las disposiciones legales de la Normativa respecto a disponibilidad de caudal y presión.

## 1.7. Resumen del apartado

Según el propio 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:

1. Determinar el caudal parcial simultáneo y caudal total simultáneo de la instalación.
2. Elegir una velocidad de cálculo comprendida dentro de los intervalos siguientes:
  - tuberías metálicas: entre 0,50 y 2,00 m/s;
  - tuberías termoplásticas y multicapas: entre 0,50 y 3,50 m/s.
3. Seleccionar el recorrido correspondiente al tramo más desfavorable o alejado de la instalación.
4. Obtener el diámetro correspondiente a cada tramo de dicho recorrido en función del caudal y de la velocidad.
5. Verificar que la presión residual en el origen de la derivación individual del tramo más desfavorable es la suficiente para un óptimo funcionamiento de los aparatos sanitarios o dispositivos que precisen de suministro de agua, y que se cumplen también las disposiciones señaladas en el CTE respecto a disponibilidad de caudal y presión.
6. Dimensionar, si procede y después de la verificación previa, los diferentes elementos del grupo de presión para dotar a la instalación de un adecuado servicio de suministro de agua.

## 2. Dimensionado con grupos de presión

En este apartado se mostrará cómo determinar el proceso de cálculo para el dimensionado de todos los elementos que intervienen en un grupo de presión, bomba, depósitos auxiliares y de presión, etc.

### 2.1. Parámetros iniciales

El cálculo de las bombas se hará según el caudal y las presiones de arranque y parada de las bombas (mínima y máxima respectivamente), siempre que no se instalen bombas de caudal variable. En este segundo caso, la presión estaría en función del caudal solicitado en cada momento y siempre constante.

Como se ha dicho en subapartados anteriores, en toda instalación que requiera del apoyo de un grupo de presión será conveniente prever la instalación de más de una bomba para evitar la posible avería de una única bomba actuadora.

El número de bombas que se vaya a instalar en el caso de un grupo de tipo convencional, excluyendo las de reserva, podrá determinarse en función del caudal total del grupo, de la siguiente manera:

- siempre que se requiera una garantía de suministro 2 bombas y hasta 10 dm<sup>3</sup>/s;
- bombas hasta 30 dm<sup>3</sup>/s;
- 4 bombas para más de 30 dm<sup>3</sup>/s.

## 2.2. Caudal de la bomba

El caudal de la bomba dependerá del caudal total simultáneo de la instalación o bien del caudal punta o caudal total instalado, y estará condicionado por el uso y necesidades de la instalación; es decir, por la existencia o inexistencia de una simultaneidad en el uso de los servicios que comprenda una determinada instalación.

En el caso del funcionamiento con bombas de caudal variable, la presión será función del caudal solicitado en cada momento y siempre constante.

## 2.3. Presiones de actuación

### Presión mínima o de arranque

La presión mínima o de arranque ( $P_{min}$ ), la presión o altura manométrica mínima de arranque, será el resultado de sumar la altura geométrica de aspiración ( $H_a$ ), la altura geométrica ( $H_g$ ), la pérdida de carga del circuito ( $\Delta p$ ) y la presión residual prevista en el grifo, llave o fluxor ( $P_r$ ).

$$P_{min.} = H_a + H_g + \Delta p + P_r$$

Como valores indicativos de referencia, se preverá una presión residual a la entrada de los aparatos sanitarios en el interior de estancias húmedas:

aparatos sanitarios corrientes: 1 bar o 100 kPa.

fluxores, calentadores y aparatos sanitarios de mayor demanda: 1,5 bar o 150 kPa.

### Presión máxima o de paro

Para la presión máxima o presión de paro se adoptará un valor que limite el número de arranques y paradas del grupo de manera que se prolongue lo máximo posible la vida útil del mismo. Este valor estará comprendido entre 2 y 3 bar por encima del valor de la presión mínima. Se procurará, no obstante, que en instalaciones domésticas la presión disponible en los puntos de consumo, en los aparatos sanitarios no sea superior nunca a 5 bar, para salvaguardar la vida de las griferías sanitarias y válvulas existentes.

Por esta razón, el tipo de bomba más adecuado será aquel que tenga un mayor campo de presiones de funcionamiento.

Por ello es muy recomendable el control de la velocidad del agua, así como el uso de variadores de frecuencia, ya que proporcionan un ahorro energético, reducen el espacio requerido para la ubicación del equipo y evitan desgastes prematuros de sus componentes.

### 2.4. Cálculo del volumen del depósito auxiliar - previo a bombas

El volumen de este depósito se calculará en función del tiempo previsto de utilización, mediante aplicación de la siguiente expresión:

$$V = Q_{ts} \cdot t \cdot 60$$

donde:

$V$  es el volumen del depósito, en litros.

$Q_{ts}$  es el caudal total simultáneo, en litros/segundo.

$t$  es el tiempo estimado de llenado, en minutos (de 15' a 20').

En cualquier caso, el proceso para dimensionar la capacidad de agua se hará con los criterios de la UNE 100-030-94, para evitar su estancamiento.

#### Cálculo del volumen de un pozo de bombeo

En el caso de que la bomba deba aspirar agua de un pozo o depósito de bombeo, éste se calculará siguiendo el desarrollo siguiente:

El volumen de agua mínimo en el pozo dependerá de la frecuencia de arranques por hora de motor y del caudal de impulsión, de modo que:

$$V_u = Q / 4 N$$

donde:

$V_u$  - volumen útil del pozo (m<sup>3</sup>).

$Q$  - caudal de la bomba (m<sup>3</sup>/h).

$N$  - número de arranques por hora.

A su vez, determinaremos el número de arranques en función de la potencia de la bomba mediante la siguiente tabla de referencia:

Tabla 4.1.

Potencia de la bomba (kW)	Frecuencia de arranque (N)
0 a 5	25
5 a 20	20
20 a 100	15
100 a 400	10

En general se procurará que el tamaño del pozo sea el suficiente para que no se sobrepase una frecuencia superior a 12 arranques por hora.

## 2.5. Cálculo del volumen del depósito de presión

El cálculo del depósito de presión con membrana elástica, en general, se hará mediante la aplicación de la siguiente expresión:

$$V_u = V_{aire\text{-}max} = P_{ab\text{-}min} \times V_{agua\text{-}min} / P_{ab\text{-}max}$$

donde:

$V_u$  es el volumen útil del depósito de membrana.

$V_{aire\text{-}max}$  es el volumen máximo de aire en el depósito.

$V_{agua\text{-}min}$  es el volumen mínimo de agua en el depósito.

$P_{ab\text{-}min}$  es la presión absoluta mínima.

$P_{ab\text{-}max}$  es la presión absoluta máxima.

En la práctica, se utiliza con mayor frecuencia la siguiente fórmula, para calcular el volumen útil del depósito:

$$V_d = k \frac{Q_m}{3N} \cdot \frac{P_p + 1}{P_p - P_a}$$

Donde:

$k = 1$  (para calderines galvanizados con inyector).  
 $k = 0,33$  (para calderines de membrana).  
 $k = 0,45$  (para calderines galvanizados con compresor).  
 $Q_m = \text{caudal medio } (Q_a + Q_p) / 2 \text{ en m}^3/\text{h}$ .  
 $Q_a = \text{caudal a la presión de arranque en m}^3/\text{h}$ .  
 $Q_p = \text{caudal a la presión de parada en m}^3/\text{h}$ .  
 $P_p = \text{presión de parada en kg/cm}^2$ .  
 $P_a = \text{presión de arranque en kg/cm}^2$ .  
 $N = \text{frecuencia de arranques/hora}$ .

## 2.6. Potencia eléctrica de la bomba

El sistema hidráulico de la bomba y la densidad del fluido que se vaya a bombear determinan el consumo de energía de la bomba y, por tanto, la potencia del motor de accionamiento. Si la potencia del motor es superior a la necesaria, no se incrementará el rendimiento, pues éste dependerá del número de revoluciones por minuto. Por ello es más rentable elegir el motor más adecuado a cada caso en particular.

El cálculo de la potencia eléctrica en el eje de la bomba se calculará, de manera general, tal y como se detalla:

$$k_w = \frac{Q \cdot H_m \cdot \delta}{367 \cdot \eta_h \%}$$

Se tendrá presente: 1 CV = 736 W = 0,736 kW

$$C_v = \frac{Q \cdot H_m \cdot \delta}{270 \cdot \eta_h \%}$$

donde:

$Q$  es el caudal de impulsión de la bomba  $\text{m}^3/\text{h}$ .  
 $H_m$  es la altura manométrica en metros.  
 $\delta$  es el peso específico del fluido en  $\text{kg/dm}^3$  (para el agua 1).  
 $\eta_h \%$  es el rendimiento hidráulico en tanto por ciento (se tomará como referencia el rendimiento del motor de la bomba).

En bombas y grupos sumergibles, el nivel de agua asciende y desciende, variando la altura de elevación total y en consecuencia el caudal de impulsión, hecho que afecta inevitablemente a la fluctuación del consumo de energía de la bomba. En la práctica se

añaden los suplementos de seguridad (ved tabla), para no sobrecargar el motor de la bomba.

Tabla 4.2.

Potencia de cálculo en eje de bomba (kW)	Porcentaje a incrementar (%)
Hasta 7,5 kW	20%
De 7,7 kW a 40 kW	15%
A partir de 40 kW	10%

### Ejemplo

¿Qué potencia tendremos en eje de bomba sumergible para una instalación que debe bombar un caudal de agua potable de  $33 \text{ m}^3/\text{h}$  a una altura de 8,5 m, sabiendo que la bomba que se vaya a escoger presenta un rendimiento del 60%?

$$KW = \frac{33 \cdot 8,5 \cdot 1}{367 \cdot 0,6} = 1,27 \text{ (aplicando el incremento de seguridad)}$$

$$1,27 + 20\% = 1,5 \text{ KW}$$

## 3. Dimensionado de redes con fluxores

Partiendo del proceso de cálculo dado en las dos sesiones anteriores, aquí se definen los parámetros característicos para el dimensionado de redes con fluxores, ofreciendo la posibilidad de agilizar el cálculo mediante el uso de tablas de referencia.

### 3.1. Introducción

El cálculo del dimensionado se hará de forma general con los criterios hidráulicos que rigen el resto de las instalaciones con grifería común, pero considerando que la presión de entrada en cada fluxor debe ser de 1,5 bar.

No obstante, se puede optar por las tablas orientativas que se presentan a continuación, obtenidas para un caudal comprendido entre 1,25 y 2,00 l/s, con una presión residual de 0,7 bar a 1,5 bar y que son válidas siempre como método de predimensionado.

Para reflejar en un proyecto todos los datos referentes al dimensionado de una instalación, pueden utilizarse tablas, que mostrarán de manera simplificada las características y valores dimensionales de cada uno de los tramos y dispositivos principales que intervendrán en la instalación.

Las tablas adjuntas son un ejemplo de estos documentos de referencia, de gran utilidad práctica, tanto para el técnico proyectista como para el instalador cualificado.

Estas tablas serán válidas en el caso de instalaciones que sean:

- Centralizadas de fluxores con presión directa de red.
- Centralizadas de fluxores con depósito de acumulación con aire a presión colectivo.
- Instalaciones de fluxores con alimentación por depósito individual o parcialmente colectivo.

Para el cálculo de la simultaneidad con fluxores, no se aplicará el criterio explicado en anteriores apartados de las fórmulas de "Bazin", ya que el tiempo de funcionamiento de los mismos es de unos pocos segundos y, por tanto, muy inferior al tiempo de utilización del resto de aparatos. Por ello se aplicará el siguiente criterio de simultaneidad:

- |                                  |                                |
|----------------------------------|--------------------------------|
| • Hasta 3 fluxores instalados    | 1 en funcionamiento            |
| • De 4 a 12 fluxores instalados  | 2 en funcionamiento simultáneo |
| • De 13 a 24 fluxores instalados | 3 en funcionamiento simultáneo |
| • Más de 24 fluxores instalados  | 4 en funcionamiento simultáneo |

En realidad, la adaptación a este criterio de simultaneidad corresponderá al técnico responsable del dimensionado y dependerá en gran parte de las características de la instalación, uso, tipología del colectivo usuario, etc. Por lo que deberá ser objeto de un estudio particular para cada situación.

### 3.2. Tablas de referencia para el dimensionado de redes con fluxores

Instalación centralizada de fluxores conectados directamente a la red por medio de contadores independientes de los restantes consumos

- Diámetro interior del tubo de alimentación.

Las llaves deberán ser de compuerta y su diámetro, igual que la acometida.

Tabla 4.3.

Número de fluxores en todo el edificio	Diámetro interior del tubo de alimentación en mm.
1 a 20	76.2
21 a 50	88.9
Más de 50	101.6

- Diámetros de contador y sus respectivas llaves.

Tabla 4.4. Diámetros de contador con sus llaves de entrada y salida.

Número de fluxores en todo el edificio	Diámetro del contador en mm.	Diámetro llaves asiento paralelo en mm.	Diámetro llaves asiento inclinado o compuerta en mm.
1 a 4	30	40	30
5 a 20	40	50	40
21 a 50	50	65	50
51 a 200	65	100	65

- Diámetros de tubos montantes y derivaciones de conexión a ramal de fluxores.

Tubo ascendente o montante y derivaciones. El tubo montante y las derivaciones que, partiendo de él, en ramificaciones sucesivas vayan a terminar en cada fluxor, tendrán los siguiente diámetros interiores en función del número de fluxores que alimente:

Tabla 4.5.

Número de fluxores en todo el edificio	Diámetro del tubo ascendente y/o derivaciones	Diámetro llaves asiento paralelo en mm.	Diámetro llaves asiento inclinado o compuerta en mm.
1 a 4	40	50	40
5 a 20	50	60	50
21 a 50	50	80	50
51 a 200	60	100	60

#### Instalación centralizada de fluxores con depósito de acumulación con aire a presión

- Tubo de alimentación.

Como consecuencia de la regulación introducida por un depósito de acumulación, el fluxor pasará a ser equivalente en cuanto a consumo a un aparato sanitario corriente, similar desde el punto de vista de su demanda de caudal a un inodoro con depósito cisterna, cuyo consumo es de 0,13 l/s, por lo que el dimensionado de este tramo corresponde al de una instalación normal.

- Contador y sus llaves de maniobra, entrada y salida.

Tabla 4.6.

Número de fluxores en todo el edificio	Diámetro del contador en mm.	Diámetro llaves asiento paralelo en mm.	Diámetro llaves asiento inclinado o compuerta en mm.
1 a 24	10	15	10
25 a 35	13	20	13
36 a 55	15	25	15
56 a 90	20	30	20
91 a 130	25	40	25
131 a 180	30	40	30
Más de 180	40	50	40

- Tubos ascendentes o montantes y/o sus derivaciones hacia fluxores.

El tubo montante y las derivaciones que, partiendo de él, en ramificaciones sucesivas vayan a terminar en cada fluxor tendrán los siguientes diámetros interiores en función del número de fluxores que alimente:

Tabla 4.7.

Número de fluxores en todo el edificio	Diámetro del contador en mm.	Diámetro llaves asiento paralelo en mm.	Diámetro llaves asiento inclinado o compuerta en mm.
1 a 4	40	50	40
5 a 20	50	60	50
21 a 50	50	80	50
51 a 200	60	100	60

- Volumen del depósito de presión (centralizado).

Con depósito con aire a presión sin compresor, o sea, aire comprimido por la presión de la red, la capacidad total (aire y agua) será la siguiente:

Tabla 4.8.

Número de fluxores en todo el edificio	Capacidad total del depósito a presión en litros
Hasta 4	100
5 a 15	150
11 a 15	200
16 a 30	300
31 a 50	400
51 a 75	600
76 a 100	700

### Instalación individual de fluxores con depósitos de acumulación a presión

- Diámetro del tubo de alimentación, contador y tubo ascendente o montante.

Como consecuencia de la regulación introducida por el depósito de acumulación, el fluxor pasa a ser un aparato corriente, similar, desde el punto de vista de su demanda de caudal, a un sanitario con depósito cuyo consumo es de 0,1 l/s, por lo que el dimensionado de estos elementos corresponde al de una instalación normal.

- Depósito de acumulación.

Puede utilizarse un sólo depósito para todos los fluxores o un depósito junto a cada uno de ellos. Cabe cualquier solución intermedia entre ambas.

Con depósitos de aire a presión sin compresor, o sea, aire comprimido por la presión de la red, las capacidades totales (aire y agua), según el número de fluxores que dependan de cada depósito, serán las siguientes:

Tabla 4.9.

Número de fluxores que alimenta cada depósito	Capacidad total del depósito a presión en litros
1	50
2 a 4	100
5 a 10	150
Más de 10	200

También cabe utilizar depósitos cerrados, sin aire, de paredes elásticas. En este caso, su capacidad será tal que permita, durante un tiempo máximo de quince segundos, la descarga de un cierto volumen de agua que depende del número total de fluxores, sin que ello provoque una disminución sensible de la presión. Los volúmenes de estas descargas han de ser:

Tabla 4.10.

Número de fluxores que alimenta cada depósito	Capacidad total del depósito a presión en litros
1	15
2 a 4	30
Más de 4	60

## 4. Características del equipo de tratamiento

Se muestra cómo determinar las características de un descalcificador de agua, calculando todos los parámetros necesarios para un adecuado funcionamiento y mantenimiento del equipo con relación a las características de un tipo de agua concreta.

### 4.1. Procedimiento general de cálculo

Para instalar un descalcificador es importante seguir el siguiente orden de criterios:

1. Conocer el consumo diario de agua que debe tratarse.

Tal y como prescribe el *Código técnico de la edificación*, se tomará para el cálculo de estos equipos el valor de 80 litros por persona y día, pudiendo extraerse otros consumos medios (no preescritos por el actual *Código técnico de la edificación*) de las tablas mostradas en el primer apartado del capítulo I.

2. Medir el grado de dureza del agua.

Mediante el empleo de los analizadores de dureza mostrados en el segundo apartado del primer capítulo, se determinará la dureza del agua en grados franceses ( $^{\circ}\text{hf}$ ).

3. Calcular el agua que puede suministrar un descalcificador entre ciclos de regeneración, mediante la relación siguiente:

$$\frac{\text{Litros de resina del descalcificador} \times 6.300}{\text{Grados franceses de dureza del agua}} = \frac{\text{Producción de agua blanda}}{\text{entre regeneraciones}}$$

#### Ejemplo

Un descalcificador de 20 litros de resina con un agua a 50 grados franceses de dureza nos puede suministrar la siguiente cantidad de litros de agua descalcificada o blanda:

$$20 \times 6.300 / 50 = 126.000 / 50 = 2.520 \text{ litros de agua entre ciclos de regeneración.}$$

4. Calcular el número de días entre regeneraciones.

Se realizará de la manera siguiente:

$$\frac{\text{Producción de agua blanda entre regeneraciones}}{\text{Consumo diario de agua}} = \frac{\text{núm. de días entre}}{\text{regeneraciones de la resina}}$$

### Ejemplo

Se trata de hallar la cantidad de días entre regeneraciones para un comercio donde se estima un consumo medio de agua de 600 l/día y se prevé, dadas las características de la instalación, una cantidad de 5.000 litros de agua entre ciclos de regeneración.

$5.000 / 600 = 8,3$  días, es decir, se procederá a la regeneración (desestimando la fracción decimal) en 8 días.

Este periodo deberá programarse en el descalcificador cronométrico, que realizará esta regeneración de forma automática.

### 5. Consumo mensual de sal.

El consumo de sal dependerá de la cantidad de litros de resina que tenga el descalcificador y del número de regeneraciones que esté programado realizar durante un mes. Cada litro de resina consume unos 0,2 kg de sal durante un ciclo de regeneración. Por lo que:

Consumo mensual de sal = litros de resina  $\times$  0,2 kg sal  $\times$  (30/núm. de días entre regeneraciones).

### Ejemplo

Se trata de hallar el consumo mensual de sal para un inmueble que dispondrá de un descalcificador de 300 litros de resina, con una dureza de agua de 40 grados franceses, para un consumo estimado de 7.500 litros de agua diarios.

- Cálculo de la producción de agua blanda entre regeneraciones.

Según lo expuesto en puntos anteriores:  $(300 \times 6.300) / 40 = 47.250$  litros.

- Cálculo del número de días entre regeneraciones de la resina.

Según lo expuesto en puntos anteriores:  $47.250 \text{ l} / 7.500 \text{ l.} = 6,3$  días.

- Cálculo del consumo mensual de sal.

Según lo expuesto en el punto anterior:  $300 \times 0,2 \text{ kgr. sal} \times (30 / 6 \text{ días}) = 300 \text{ kg de sal mensuales.}$

## 5. Ejemplos de cálculo de instalaciones

En este apartado se ponen en práctica los conocimientos adquiridos en las sesiones anteriores de este capítulo, mediante la aplicación de los criterios de cálculo explicados. Se resuelven tres ejemplos reales, correspondientes a tres tipos de instalaciones.

## 5.1. Edificio de ámbito doméstico

Se trata de dimensionar una instalación destinada al suministro interior de agua para un edificio de doce viviendas, distribuidas en seis plantas con dos viviendas por planta.

Cada vivienda tiene una altura de techo a suelo de 2,80 m. El forjado correspondiente entre viviendas tiene una altura de 0,20 m. El servicio sanitario por vivienda consiste en un cuarto de baño completo, un cuarto de baño con ducha y una cocina con galería, que dispone de forma global de los siguientes aparatos:

- 2 lavabos.
- 2 bidés.
- 2 inodoros con cisterna.
- 1 bañera.
- 1 ducha.
- 1 fregadero doméstico.
- 1 lavavajillas doméstico.
- 1 lavadora doméstica.

La conducción correspondiente a la tubería de alimentación será de acero galvanizado, con un recorrido total de 18 m. La presión disponible en dicha red y en su conexión con la tubería de alimentación es de 3 bar.

Los montantes se ejecutarán con tubería de polipropileno PP-R (PN-20), mientras que la instalación interior de las viviendas se realizará con polietileno reticulado PE-X.

El suministro se ejecutará mediante batería de contadores divisionarios. En la instalación se emplearán una válvula de retención (tipo clapeta) previa a la batería de contadores, así como válvulas y llaves de compuerta descendente en la instalación interior general y de compuerta rotativa o bola en el resto de tramos, con una válvula de paso en la entrada de cada vivienda, una válvula de retención.

Para el cálculo se estimará una velocidad máxima admisible de 1 m/s en el tramo correspondiente a la tubería de alimentación general y de 1,5 m/s para el resto de la instalación.

Los contadores que se instalarán sobre la batería serán del tipo velocimétrico, de chorro múltiple

- Cálculo del caudal parcial instalado por vivienda<sup>8</sup>

$$Q_{pi} = \sum Q_i$$

$$Q_{pi} = (4 \times 0,10) + (2 \times 0,13) + (0,30) + (3 \times 0,15) + (0,20) = 1,61 \text{ l/s}$$

Cálculo del valor del coeficiente de simultaneidad individual por vivienda.

$$K = 1 / \sqrt{n-1}$$

$$k = 0,31$$

- Cálculo del caudal total instalado (en todo el inmueble)

$$Q_{Ti} = 1,61 \times 12 = 19,32 \text{ l/s}$$

- Cálculo del caudal parcial simultáneo (por vivienda)

$$Q_{ps} = Q_{pi} \times K$$

$$Q_{ps} = 1,61 \text{ l/s} \times 0,31 = 0,5 \text{ l/s}$$

Cálculo del valor del coeficiente de simultaneidad total del inmueble.

$$K = \frac{19 + N}{10(N+1)} = \frac{19 + 12}{10(12+1)} = 0,23$$

- Cálculo del caudal total simultáneo (en todo el inmueble)

$$Q_{Ts} = (Q_{ps} \times \text{núm. de viviendas}) \times K$$

$$Q_{ts} = (0,5 \text{ l/s} \times 12) \times 0,23$$

$$Q_{ts} = 1,38 \text{ l/s} = 4,96 \text{ m}^3/\text{h}$$

---

8. El cálculo de diámetros se realizará desde la tubería de alimentación hasta la tubería ascendente o montante, correspondiente a la sexta y última planta/vivienda, por considerarla como más desfavorable para la presión de suministro dada, entendiendo que los diámetros escogidos para el suministro a las viviendas de plantas inferiores se partirán del dimensionado mínimo para el tramo más desfavorable.

- Estimación de diámetros y pérdidas de carga en función de la relación caudal-velocidad
- Presión residual disponible:

$$P_r = P_e H_g + P_r + \Delta p_T$$

De donde:

$$P_r = P_T - P_e H_g - \Delta p_T$$

$$P_r = 30 \text{ m. c. a.} - 17,8 \text{ m. c. a.} - 3,65 \text{ m. c. a.}$$

$$P_r = 8,55 \text{ m. c. a.} = 0,85 \text{ bar}$$

Es evidente que, en este caso, la presión residual disponible para la última planta de este inmueble es claramente insuficiente, por lo que se procederá al dimensionado de un grupo de presión.

Para dotar a todo el inmueble de una mayor disponibilidad de presión, se adopta, en este caso, la resolución de dimensionar el grupo de presión para todos los suministros y usuarios, escogiendo para ello un grupo de dos bombas con control por presostatos y un rendimiento unitario por bomba del 65%, con depósito previo de acumulación para una mayor garantía en el suministro.

- Cálculo del grupo de presión

#### Caudal de la bomba

En función del caudal total simultáneo:  $1,38 \text{ l/s} - 4,96 \text{ m}^3/\text{h}$ .

Se escogerá como valor de aproximación un caudal de  $5 \text{ m}^3/\text{h}$ .

Cálculo del volumen del depósito auxiliar, previo a bomba.

En función de:  $V = Q_{ts} \times t \times 60$

$$V = 1,38 \times 20' \times 60$$

$$V = 1656 \text{ l.}$$

#### Cálculo de la presión mínima o de arranque

En función de:  $P_{min.} = H_a + H_g + \Delta p + P_r$

$$P_{\min} = ((2,80 \times 6) + (0,20 \times 5)) + 3,65 + 10 = 31,45 \text{ m.c.a}$$

### Cálculo de la presión máxima o de paro

En función de:  $P_{\max} = P_{\min} + 3 \text{ bar}$

$$P_{\max} = 31,45 + 30 \text{ m.c.a} = 61,45 \text{ m.c.a}$$

### Potencia eléctrica de la bomba

$$\text{En función de: } CV = \frac{Q \cdot H_m \cdot \delta}{270 \cdot \eta_b \%} = \frac{4,96 \cdot (17,8 + 10) \cdot 1}{270 \cdot 0,65} = 0,78 \text{ CV}$$

$$(\text{aplicando el incremento de seguridad}) 0,78 + 20\% = 0,936 \text{ CV} = +/- 1 \text{ CV}$$

En consecuencia y por aproximación a valores comerciales, escogeremos una bomba de 1 CV de potencia.

### Resumen de referencia para instalación de tuberías y equipos complementarios

Una vez realizados todos los cálculos, se muestra una tabla con los diámetros de tuberías de referencia para dicha instalación:

Tabla 4.11. ...

Denominación tramo	Material tubería	Diámetro - Ø
Tubería de alimentación	Acero galvanizado	1 1/2"
Batería de contadores	Polipropileno copolímero PP-R	75 mm.
Tubería montante - 6 planta	Polipropileno copolímero PP-R	32 x 4,4
Tubería montante - 5 planta	Polipropileno copolímero PP-R	32 x 4,4
Tubería montante - 4 planta	Polipropileno copolímero PP-R	25
Tubería montante - 3 planta	Polipropileno copolímero PP-R	25
Tubería montante - 2 planta	Polipropileno copolímero PP-R	25
Tubería montante - 1 planta	Polipropileno copolímero PP-R	25
Tubería de derivación particular	Polietileno reticulado PE-X	20

\* El resto de derivaciones y tramos de enlace a la conexión con los puntos de consumo de los aparatos sanitarios y al igual que la casilla sombreada, son los que se reflejan en las tablas de referencia del *Código técnico de la edificación*.

## 5.2. Red de distribución / suministro colectivo

### Introducción

En el presente ejemplo práctico se muestra un procedimiento de dimensionado basado en la división del recorrido de la instalación por tramos. Cada tramo queda definido mediante dos iniciales o letras, que corresponden a un determinado valor de consumo. El cálculo de los parámetros para cada tramo se realiza desde el último o más alejado respecto al punto de toma de alimentación, hasta el primero u origen de dicha alimentación.

Este proceso de cálculo recibe usualmente el nombre de *dimensionado por tramos* o *método mixto* y es el proceso que siguen algunos software de cálculo informático para redes hidráulicas.

### Caso práctico

Se trata de dimensionar una red de distribución colectiva de agua, según esquema adjunto, destinada al suministro para seis viviendas unifamiliares que constituyen una pequeña área residencial. A cuatro de las viviendas se les asigna un caudal simultáneo de 0,8 l/s y a las dos restantes de 1,4 l/s.

La presión disponible en la red de suministro es de 5 bar, teniendo en cuenta que el desnivel entre el punto de toma de red (K) y el punto de conexión a acometida más desfavorable (A) es de 20 m. Los puntos K y F del esquema adjunto están al mismo nivel.

La ejecución de esta instalación se realizará con tubería de acero galvanizado, facilitándose una tabla en la que aparecen los accesorios y elementos de control previstos para cada tramo.

El cálculo de diámetros se realizará desde el punto de toma o arqueta general de la empresa suministradora, hasta los puntos de conexión a las llaves de paso correspondientes a cada inmueble o vivienda unifamiliar.

Tabla 4.12.

TRAMO	Tipo de Accesorio
A-B	Curva de 90°
D-B	Te de derivación (normal)
C-B	Te de derivación (normal)
B-E	—
H-G	Curva de 90° + Te de derivación (normal)
F-G	—
G-E	Válvula convencional + Te de derivación (normal)
E-I	—
J-I	Te de derivación (normal)
K-I	Válvula convencional + Curva de 90°

Teniendo en cuenta la tabla de la página anterior, se dimensionará la instalación por tramos, detallándose como sigue:

#### TRAMO A-B

Es un ramal de acceso a una de las viviendas unifamiliares con consumo simultáneo de 0,8 l/s. Para la ejecución del tramo de alimentación escogeremos un diámetro de  $1\frac{1}{4}''$  que da lugar a una velocidad aproximada muy aceptable de 0,82 m/s. La pérdida de carga unitaria, después de consultar el ábaco correspondiente, es de 42 mm.c.a por metro lineal.

Consultando con el ábaco adecuado al material y diámetro del tramo, obtendríamos una longitud equivalente para la curva de  $90^\circ$  de 0,70 m, siendo esta longitud equivalente muy baja en comparación con la longitud de la tubería.

#### TRAMO D-B

Es prácticamente igual al tramo anterior, excepto en su longitud. Casualmente, el valor de la pérdida de carga equivalente del accesorio es también de 0,70 m.

Por tanto, elegiremos el mismo diámetro de  $1\frac{1}{4}''$ , que dará lugar a la misma velocidad y pérdida de carga que en el tramo anterior, es decir, se deduce que:

la pérdida de carga total será de  $0,042 \times 70,70 = 2,97$  m.c.a.

#### TRAMO C-B

Éste es el ramal de alimentación a uno de los inmuebles con mayor porcentaje de consumo (1,40 l/s). Si mantuviéramos el mismo diámetro, tendríamos una velocidad demasiado elevada; por ello, adoptaremos un diámetro de  $1\frac{1}{2}''$ , que da lugar a una velocidad de 1,05 m/s y a una pérdida de carga unitaria de 50 mm.c.a por metro lineal de tubería.

Aquí tendremos una derivación que da 0,80 m, que habrá que añadir a la longitud del tramo, por lo que tendremos:

$60 + 0,80 = 60,80$  con una pérdida de carga total de  $60,80 \times 0,050 = 3,04$  m.c.a.

#### TRAMO B-E

Éste es el ramal parte de la tubería principal que actúa como distribuidor a cada una de las viviendas. El caudal máximo es de 3,00 l/s, que al suministrar agua a tres viviendas habrá que considerar cierta simultaneidad (K), atendiendo para ello a:

$$K(\text{coef.}) = \frac{19+3}{10(3+1)} = 0,55;$$

siendo el caudal simultáneo de  $3,00 \times 0,55 = 1,65 \text{ l/s.}$

Para este tramo se elige como referencia un diámetro superior a 2", que proporciona una velocidad de 0,75 m/s y una pérdida de carga unitaria de 25 mm.c.a/m.

Para el tramo considerado y dada su longitud (50 m) se obtiene una pérdida de carga total para el tramo de 1,25 m.c.a:

$$0,025 \text{ m.c.a} \times 50 \text{ m.} = 1250 \text{ mm.c.a} = 1,25 \text{ m.c.a.}$$

#### TRAMO H-G

Este tramo alimenta a una sola vivienda, cuyo consumo es de 0,8 l/s. Los resultados son análogos a los obtenidos en los tramos AB y BD, excepto por la longitud del tramo. La curva y la derivación dan 0,70 m. cada una, la longitud del tramo es de 40 m, con lo que tendremos:

$$(40 + 0,70 \text{ m.c.a}) \times 2 = 41,40 \text{ m.c.a.}$$

Ello dará lugar a una pérdida de carga total para el tramo de:

$$41,40 \times 0,042 = 1,74 \text{ m.c.a.}$$

#### TRAMO F-G

Es muy similar al anterior, excepto en su longitud.

La pérdida total para este tramo será de  $20 \times 0,042 = 0,84 \text{ m.c.a.}$

#### TRAMO G-E

Este tramo alimenta a dos viviendas, por lo que se recurrirá a calcular la simultaneidad:

$$K(\text{coef.}) = \frac{19+2}{10(2+1)} = 0,70;$$

siendo el caudal simultáneo de  $3,00 \times 0,70 = 1,12 \text{ l/s}$

Para ello elegimos un diámetro de  $1\frac{1}{2}''$ , lo que proporciona una velocidad de 0,83 m/s y una pérdida de carga unitaria de 35 mm.c.a/m.

En este tramo se incluyen una válvula y una té; la primera de ellas da 13 m.l.e y la segunda 0,80 m.l.e. Si la longitud del tramo es de 60 m, la longitud total equivalente será de 73,80 m. y la pérdida total de:

$$0,035 \times 73,80 = 2,58 \text{ m.c.a.}$$

#### TRAMO E-I

Este tramo forma parte de la tubería principal y alimenta a 5 viviendas con lo que:

$$K(\text{coef.}) = \frac{19+5}{10(5+1)} = 0,40;$$

siendo el caudal simultáneo de  $0,40 \times 4,6 \text{ m} = 1,84 \text{ l/s}$

Para este tramo se escoge un diámetro de 2", obteniendo una pérdida:

$$30 \text{ m} \times 0,032 = 0,96 \text{ m.c.a.}$$

#### TRAMO J-I

Será muy parecido al tramo C-B excepto en la longitud del tramo, que en este caso es de 40 m. La pérdida de carga total será en este caso de:

$$40 \text{ m} + 0,8 \text{ (de una té de derivación)}$$

$$40,8 \times 0,050 = 2,04 \text{ m.c.a}$$

#### TRAMO K-I

Es el tramo inicial de la tubería principal. Alimenta a las seis viviendas, por lo que el coeficiente de simultaneidad será de:

#### Figura

$$K(\text{coef.}) = \frac{19+6}{10(6+1)} = 0,36;$$

siendo el caudal simultáneo de  $0,36 \times 6 \text{ l/s} = 2,16 \text{ l/s}$

Elegimos para este tramo un diámetro de 2" (con la intención de no variar el diámetro respecto al tramo que lo sigue), que proporciona una velocidad de 1,05 m/s. Para este tramo se escoge un diámetro de 2", obteniendo una pérdida de carga unitaria de 40 mm.c.a/ml, teniendo una longitud para dicho tramo de 90 m. En este tramo se consideran una curva y una válvula, la primera provoca una pérdida equivalente de 1 m, mientras que la válvula da una pérdida de 17,5 m.l.e.

Longitud total equivalente para el tramo = 108,5 m;

obteniendo una pérdida de carga total de:

$$108,5 \times 0,040 = 4,34 \text{ m.c.a}$$

#### Cálculo de la presión residual disponible, en el punto más desfavorable

El punto más alejado de la red es el A, por lo que habrá que sumar la pérdida correspondiente a los tramos K-I, I-E, E-B, B-A. Será de:

$$4,34 + 0,96 + 1,25 + 4,23 = 10,78 \text{ m.c.a.}$$

Si la presión disponible en K es de 50 m.c.a, en A se obtendrá la siguiente presión residual disponible.

50 m.c.a – 20 m. (de altura) – 10,78 m.c.a = 19,22 m.c.a; podemos considerar esta presión como adecuada y suficiente a pie de vivienda.

#### Cálculo de la presión residual a la entrada de la vivienda F

Para obtener la presión en F, se considerará la pérdida de los tramos K-I, I-E, E-G y G-F. Será de:

$$4,34 + 0,96 + 2,58 + 0,84 = 8,72 \text{ m.c.a.}$$

Al no haber desnivel y/o altura a considerar respecto a K, la presión residual disponible será de 50 m.c.a – 8,72 m.c.a = 41,28 m.c.a, que puede ser excesiva, por todo lo dicho en anteriores apartados y atendiendo a que será sobre una instalación interior.

Por lo que, teniendo en cuenta este dato, se estimará la posibilidad de instalar una válvula reductora de presión a la entrada de dicha instalación.

Tabla 4.13.

Tramo	Caudal instalado	Nº viviendas	Coef. Sim. (K)	Caudal Simultáneo	Ø pulgadas	Velocidad m/s	ΔP Unit. mm.c.a/m	Long. Tramo m.	Accesor.	Long. Equiv. Acces. mle.	Long. Final tramo	ΔP Total mm.c.a
A-B	0,8	1	1	0,8	1 1/4"	0,82	42	100	Codo	0,70	100,70	4,23
D-B	0,8	1	1	0,8	1 1/4"	0,82	42	70	Te deriv	0,70	70,70	2,97
C-B	1,4	1	1	1,4	1 1/4"	1,05	50	60	Te deriv	0,80	60,80	3,04
B-E	3,0	3	0,55	1,65	2"	0,75	25	50	----	---	50,00	1,25
H-G	0,8	1	1	0,8	1 1/4"	0,82	42	40	Codo + Te deriv	0,70 + 0,70	41,40	1,74
F-G	0,8	1	1	0,8	1 1/4"	0,82	42	20	----	---	20,00	0,84
G-E	1,6	2	0,70	1,12	1 1/2"	0,83	35	60	Válv. + Te deriv	13 + 0,80	73,80	2,58
E-I	4,6	5	0,40	1,84	2"	0,90	32	30	----	---	30,00	0,96
J-I	1,4	1	1	1,4	1 1/2"	1,05	50	40	Te deriv	0,80	40,80	2,04
K-I	6,0	6	0,36	2,16	2"	1,05	40	90	Codo + Valv.	1 + 17,5	108,50	4,34

### 5.3. Edificio de ámbito deportivo / servicios

Se trata de dimensionar una instalación destinada al suministro interior de agua para un edificio de usos deportivos distribuido en cuatro plantas.

Cada planta tiene una altura de techo a suelo de 3,50 m; el forjado correspondiente entre plantas tiene una altura de 0,30 m; el servicio sanitario por planta consiste en:

- 1) Planta baja / primera planta (entendiendo la planta baja como primera altura del inmueble)

Planta destinada a recepción, cafetería, guardarropía y aseos varios, con los siguientes servicios:

a) Cafetería

- 1 fregadero industrial
- 1 lavavajillas industrial
- 1 toma auxiliar (0,15 l/s)

b) Aseos para el personal

- 2 urinarios
- 2 lavabos
- 2 inodoros con fluxor

c) Servicio de limpieza y mantenimiento

- 1 vertedero

2) Planta segunda y tercera

Planta destinada a actividades deportivas, con los siguientes servicios por planta:

a) Vestuarios / servicios para hombres

- 6 duchas
- 2 inodoros con fluxor
- 4 lavabos
- 2 urinarios

b) Vestuarios / servicios para mujeres

- 6 duchas
- 2 inodoros con fluxor
- 4 lavabos

3) Planta cuarta

Planta destinada a actividades exteriores y diversas (solario, hidromasajes, etc.):

a) Bañeras colectivas, hidromasaje

- 1 bañera de hidromasaje para hombres (capacidad 8 personas)
- 1 bañera de hidromasaje para mujeres (capacidad 8 personas)

b) Vestuarios / servicios para hombres

- 3 duchas
- 2 inodoro con fluxor

- 2 lavabos
- 2 urinarios

c) Vestuarios / servicios para mujeres

- 3 duchas
- 2 inodoros con fluxor
- 2 lavabos

d) Servicios varios

- 1 toma auxiliar (0,15 l/s)

La conducción correspondiente a la tubería de alimentación será de polietileno-alta densidad PE-100, y tiene un recorrido total de 9 m.

La presión disponible en dicha red y en su conexión con la tubería de alimentación es de 5,5 bar.

Los montantes y circuitos interiores de distribución se ejecutarán con tubería de polipropileno PP-R PN20 o multicapa (PE-X/Alu/PE-AD) en función de los diámetros que resulten del cálculo, y se prevé un diseño mediante colectores sanitarios de distribución.

El suministro se ejecutará mediante dos contadores, uno para el suministro a la red de fluxores y otro para el resto. En la instalación se emplearán válvulas de retención (tipo clapeta) posterior a cada contador, así como válvulas y llaves de compuerta descendente en la instalación interior general y de compuerta rotativa o bola en el resto de tramos, con la instalación de una válvula de paso a la entrada de cada cuarto húmedo.

Para el cálculo se estimará una velocidad máxima admisible de 1 m/s en el tramo correspondiente a la tubería de alimentación general y de 1,2 m/s para el resto de la instalación.

El contador general será del tipo velocimétrico, de chorro único.

El cálculo de diámetros se realizará desde la tubería de alimentación pasando por las tuberías de distribución interior hacia cada aparato y hasta el punto más alejado a la toma de red, por ser el punto más desfavorable para la presión de suministro dada, entendiendo que los diámetros escogidos para el suministro a cada cuarto húmedo partirán del dimensionado mínimo para el tramo más desfavorable.

## 1. Dimensionado de la red con fluxores

Para determinar los diámetros necesarios para la red de fluxores, se tienen en cuenta las tablas que se indican a continuación:

Tabla 4.14.

Número de fluxores en todo el edificio	Diámetro del tubo ascendente y/o derivaciones	Diámetro de llaves de asiento paralelo en mm	Diámetro de llaves de asiento inclinado o compuerta en mm
1 a 4	40	50	40
5 a 20	50	60	50
21 a 50	50	80	50
51 a 200	60	100	60

Tabla 4.15

Número de fluxores en todo el edificio	Diámetro del contador en mm	Diámetro de llaves de asiento paralelo en mm	Diámetro de llaves de asiento inclinado o compuerta en mm
1 a 4	30	40	30
5 a 20	40	50	40
21 a 50	50	65	50
51 a 200	65	100	65

El número total de fluxores que hay que instalar es de 16, por lo que los diámetros serán los siguientes:

Tabla 4.16.

Tramo	Nº Fluxores	Diámetro
Tubo de alimentación	16 < 20	76,2
Contador	5 < 16 < 20	40
Válvulas de asiento inclinado	5 < 16 < 20	40
Montante y derivaciones	5 < 16 < 20	50
Montante y derivaciones	< 5	40

La conexión de cada fluxor a la derivación correspondiente se realizará con tubería de diámetro DN40.

Los diámetros comerciales correspondientes a los diámetros de diseño son los siguientes:

DN 76,2      PP-R 90 x 15  
 DN 40      PP-R 63 x 10,5

- 2 lavabos
- 2 urinarios

c) Vestuarios / servicios para mujeres

- 3 duchas
- 2 inodoros con fluxor
- 2 lavabos

d) Servicios varios

- 1 toma auxiliar (0,15 l/s)

La conducción correspondiente a la tubería de alimentación será de polietileno-alta densidad PE-100, y tiene un recorrido total de 9 m.

La presión disponible en dicha red y en su conexión con la tubería de alimentación es de 5,5 bar.

Los montantes y circuitos interiores de distribución se ejecutarán con tubería de polipropileno PP-R PN20 o multicapa (PE-X/Alu/PE-AD) en función de los diámetros que resulten del cálculo, y se prevé un diseño mediante colectores sanitarios de distribución.

El suministro se ejecutará mediante dos contadores, uno para el suministro a la red de fluxores y otro para el resto. En la instalación se emplearán válvulas de retención (tipo clapeta) posterior a cada contador, así como válvulas y llaves de compuerta descendente en la instalación interior general y de compuerta rotativa o bola en el resto de tramos, con la instalación de una válvula de paso a la entrada de cada cuarto húmedo.

Para el cálculo se estimará una velocidad máxima admisible de 1 m/s en el tramo correspondiente a la tubería de alimentación general y de 1,2 m/s para el resto de la instalación.

El contador general será del tipo velocimétrico, de chorro único.

El cálculo de diámetros se realizará desde la tubería de alimentación pasando por las tuberías de distribución interior hacia cada aparato y hasta el punto más alejado a la toma de red, por ser el punto más desfavorable para la presión de suministro dada, entendiendo que los diámetros escogidos para el suministro a cada cuarto húmedo partirán del dimensionado mínimo para el tramo más desfavorable.

## 1. Dimensionado de la red con fluxores

Para determinar los diámetros necesarios para la red de fluxores, se tienen en cuenta las tablas que se indican a continuación:

Tabla 4.14.

Número de fluxores en todo el edificio	Diámetro del tubo ascendente y/o derivaciones	Diámetro de llaves de asiento paralelo en mm	Diámetro de llaves de asiento inclinado o compuerta en mm
1 a 4	40	50	40
5 a 20	50	60	50
21 a 50	50	80	50
51 a 200	60	100	60

Tabla 4.15

Número de fluxores en todo el edificio	Diámetro del contador en mm	Diámetro de llaves de asiento paralelo en mm	Diámetro de llaves de asiento inclinado o compuerta en mm
1 a 4	30	40	30
5 a 20	40	50	40
21 a 50	50	65	50
51 a 200	65	100	65

El número total de fluxores que hay que instalar es de 16, por lo que los diámetros serán los siguientes:

Tabla 4.16.

Tramo	Nº Fluxores	Diámetro
Tubo de alimentación	16 < 20	76,2
Contador	5 < 16 < 20	40
Válvulas de asiento inclinado	5 < 16 < 20	40
Montante y derivaciones	5 < 16 < 20	50
Montante y derivaciones	< 5	40

La conexión de cada fluxor a la derivación correspondiente se realizará con tubería de diámetro DN40.

Los diámetros comerciales correspondientes a los diámetros de diseño son los siguientes:

DN 76,2      PP-R 90 x 15  
 DN 40      PP-R 63 x 10,5

## 2. Dimensionado de la red sin fluxores

### a) Estimación de caudales por punto de consumo

A partir de los caudales instantáneos de la tabla que se reproduce a continuación se obtienen los caudales por punto de consumo.

Tabla 4.17.

Punto de consumo	Caudal instantáneo
Lavamanos	0,05 l/s
Lavabo	0,10 l/s
Ducha	0,20 l/s
Bañera >1,4 m	0,30 l/s
Bidé	0,10 l/s
Inodoro con cisterna	0,13 l/s
Inodoro con fluxor	1,25-2,00 l/s
Urinarios con grifo temporizado (12 s)	0,15 l/s
Urinarios con cisterna (<4 uds.) (c/u)	0,04 l/s
Fregadero doméstico	0,20 l/s
Fregadero no doméstico	0,30-0,60 l/s
Lavavajillas doméstico (12 servicios)	0,15 l/s
Lavavajillas industrial (20 servicios)	0,25 l/s
Lavadero	0,20 l/s
Lavadora doméstica de 5 kg	0,20 l/s
Lavadora industrial de 8 kg	0,60 l/s
Vertedero	0,20 l/s
Boca de riego Ø 30 mm	1,15 l/s
Boca de incendio equipada Ø 25 (BIE)	1,6 l/s
Boca de incendio equipada Ø 45 (BIE)	3,3 l/s
Hidrante de incendio Ø 80 mm	8,3 l/s
Hidrante de incendio Ø 110 mm	16,66 l/s

Para determinar el caudal correspondiente a las bañeras de hidromasaje de ocho plazas, será necesario tener en cuenta las exigencias técnicas impuestas por el fabricante de los equipos o, en su defecto, se estimará el caudal instantáneo por comparación con una bañera de hidromasaje convencional.

En este sentido, se considera una capacidad de unos 2.000 litros para dicha bañera, que es cuatro veces superior a la capacidad de una bañera de hidromasaje individual (500 litros).

A partir de aquí, y empleando la fórmula,

$$Q_Pi = \sum Qi$$

se pueden determinar los caudales por equipo y por conjunto de equipos que se resumen en la tabla siguiente.

Tabla 4.18.

Servicio	nº	Caudal instantáneo unitario	Caudal instantáneo total	Caudal instantáneo por planta
		Qi (l/s)	nº x Qi (l/s)	S(nº x Qi) (l/s)
<b>Planta Cuarta</b>				
Bañera Hidromasaje para hombres (8 plazas)	1	1,20	1,2	
Bañera Hidromasaje para mujeres (8 plazas)	1	1,20	1,2	
Vestuarios/Servicios para hombres				
duchas	3	0,20	0,6	
lavabo	2	0,10	0,2	4,45
urinario (con grifo temporizado)	2	0,15	0,3	
Vestuarios/Servicios para mujeres				
duchas	3	0,20	0,6	
lavabo	2	0,10	0,2	
toma auxiliar	1	0,15	0,15	
<b>Planta Tercera</b>				
Vestuarios/Servicios para hombres				
duchas	6	0,20	1,2	
lavabo	4	0,10	0,4	3,50
urinario	2	0,15	0,3	
Vestuarios/Servicios para mujeres				
duchas	6	0,20	1,2	
lavabo	4	0,10	0,4	
<b>Planta Segunda</b>				
Vestuarios/Servicios para hombres				
duchas	6	0,20	1,2	
lavabo	4	0,10	0,4	3,50
urinario	2	0,15	0,3	
Vestuarios/Servicios para mujeres				
duchas	6	0,20	1,2	
lavabo	4	0,10	0,4	

Servicio	nº	Caudal instantáneo unitario	Caudal instantáneo total	Caudal instantáneo por planta
		Qi (l/s)	nº x Qi (l/s)	S(nº x Qi) (l/s)
Planta Baja/primera				
Cafetería				
fregadero industrial	1	0,50	0,5	
lavavajillas industrial	1	0,25	0,25	
toma auxiliar	1	0,15	0,15	1,60
Aseos para personal				
lavabo	2	0,15	0,3	
urinario	2	0,10	0,2	
Servicio de limpieza y vertedero				
vertedero	1	0,20	0,2	

### b) Cálculo del caudal simultáneo por planta y total simultáneo

El caudal total simultáneo por planta se determina a partir de la expresión:

$$Q_{ps} = K \cdot \sum(n \cdot Qi)$$

en donde K es el coeficiente de simultaneidad, que se determina por medio de la expresión:

$$k = \frac{1}{\sqrt{n-1}}$$

siendo n el número de equipos. Esta expresión determina una curva de simultaneidad que proporciona unos valores adecuados para viviendas. En este caso, por tratarse de una instalación de uso deportivo, cabe pensar que la simultaneidad será algo menor. Por este motivo se tendrá en cuenta el coeficiente de simultaneidad obtenido a partir de la gráfica correspondiente (ver ventana adjunta) a un uso escolar.

Este coeficiente se determinará sumando los puntos de consumo para cada planta. Se considerará, eso sí, que el conjunto de duchas forman un único punto de consumo. Esto se justifica teniendo en cuenta que los horarios de funcionamiento de las instalaciones se ceñirán a franjas horarias muy estrechas, por lo que es muy probable que se empleen todas las duchas a la vez.

El número de puntos de consumo y los coeficientes de simultaneidad por planta son los indicados en la tabla siguiente:

Tabla 4.19

Servicio	nº	k	Caudal instantáneo total	Caudal simultáneo
			nº x Qi (l/s)	k x Σn x Qi (l/s)
Planta Cuarta	11	0,48	4,45	2,136
Planta Tercera	12	0,47	3,5	1,645
Planta Segunda	12	0,47	3,5	1,645
Planta Baja/primera	8	0,52	1,6	0,832
<b>TOTAL</b>	<b>43</b>	<b>0,33</b>	<b>13,05</b>	<b>4,3065</b>

Por tanto, el caudal total simultáneo a proporcionar a la instalación en la red sin fluxores es de:

$$Q_{ts} = 4,3 \text{ L/S}$$

### c) Estimación de diámetros en el montante

A partir de los caudales simultáneos para cada planta y el número de equipos alimentados por cada tramo, se puede determinar el caudal simultáneo por tramo en el montante.

Tabla 4.20.

Tramo	nº	k	Caudal acumulado	Caudal simultáneo por tramo
			Sn x Qi (l/s)	k x Σn x Qi (l/s)
4 (de planta 3 a 4)	11	0,48	4,45	2,136
3 (de planta 2 a 3)	23	0,38	7,95	3,021
2 (de planta 1 a 2)	35	0,34	11,45	3,893
1 (entrada)	43	0,33	13,05	4,3065

En base a estos caudales y empleando la expresión:

$$V = Q / S$$

Siendo V la velocidad, Q el caudal y S la sección, se calculan los diámetros mínimos necesarios para cada caudal, que aseguren una velocidad máxima de 1,2 m/s.

Tabla 4.21.

Tramo	Caudal simultáneo por tramo	Caudal simultáneo por tramo	Velocidad máxima	Sección mínima	Diámetro mínimo
	$k \times \Sigma n \times Q_i (l/s)$	l/h	m/s	cm <sup>2</sup>	mm
4 (de planta 3 a 4)	2,136	7.689,60	1,2	17,8	47,61
3 (de planta 2 a 3)	3,021	10.875,60	1,2	25,175	56,62
2 (de planta 1 a 2)	3,893	14.014,80	1,2	32,44	64,27
1 (entrada)	4,3065	15.503,40	1,2	35,88	67,60

A partir de estos diámetros, se eligen los diámetros comerciales en tubería PP-R, recalculando para cada tramo la velocidad real. En la tabla siguiente se indican las velocidades reales.

Tabla 4.22.

Tramo	Diámetro comercial PP-R			Diámetro Interior	Velocidad real
	D ext (mm)		Espesor	mm	m/s
4 (de planta 3 a 4)	75	x	12,50	50,00	1,09
3 (de planta 2 a 3)	90	x	15,00	60,00	1,07
2 (de planta 1 a 2)	110	x	18,30	73,40	0,92
1 (entrada)	110	x	18,30	73,40	1,02

La pérdida de carga lineal por tramo se puede obtener del gráfico adjunto para tuberías de polipropileno.

Para determinar la pérdida de carga acumulada en el montante, es necesario considerar la longitud real de la instalación. Para tener en cuenta las pérdidas de carga singulares se incrementa en un 20% la longitud real del tramo (3,8 x 1,2 m), siendo la longitud equivalente de 4,56m.

La pérdida de carga acumulada en el montante es de 364,8 mm.c.a, tal y como se justifica en el cuadro siguiente.

Tabla 4.23.

Tramo	Pérdida de carga lineal	Longitud equivalente	Pérdida de carga por tramo	Pérdida de carga acumulada
	mmca/m	m	mmca	mmca
4 (de planta 3 a 4)	30,00	4,56	136,80	136,80
3 (de planta 2 a 3)	20,00	4,56	91,20	228,00
2 (de planta 1 a 2)	15,00	4,56	68,40	296,40
1 (entrada)	15,00	4,56	68,40	364,80

#### d) Estimación de diámetros en la instalación interior

Para dimensionar la instalación interior se toma como ejemplo la planta cuarta, que permitirá encontrar a su vez la presión disponible en el punto más alejado. El resto de plantas se dimensionará de igual modo.

En esta planta es necesario atender a los puntos de consumo teniendo en cuenta la simultaneidad en cada tramo. Es importante recordar que los grupos de duchas se han considerado como un único punto de consumo y que, al diseñarse la instalación empleando colectores, los tramos de tubería reducen a aquellos necesarios para alimentar a cada colector. Se prevé la instalación de un colector por cada aseo. De este modo los tramos a dimensionar son los siguientes:

Tabla 4.24.

Puntos de consumo o colector	Caudal instantáneo por grupo	Nº de puntos de consumo		K	Caudal acumulado	Caudal simultáneo acumulado
		nº x Qi (l/s)	n	Sn	(gráfica)	S n x Qi (l/s)
Bañera Hidromasaje (hombres)	1,2	1	1	1	1,2	1,2
Bañera Hidromasaje (mujeres)	1,2	1	2	1	2,4	2,4
Duchas (hombres)	0,6	1	3	0,8	3	2,4
lavabo (hombres)	0,5	4	7	0,54	3,5	1,89
duchas (mujeres)	0,6	1	8	0,52	4,1	2,132
lavabo (mujeres) + toma aux	0,35	3	11	0,48	4,45	2,136

A partir de aquí el procedimiento es el mismo que el empleado para el montante una vez definidos los tramos y los caudales por tramo.

Tabla 4.25.

Tramo	caudal por tramo	Caudal simultáneo por tramo	velocidad máxima	Sección mínima	Diámetro mínimo	Diámetro comercial PP-R						
						k*Sn*Qi (l/s)	l/h	m/s	cm <sup>2</sup>	mm	D ext (mm)	Espesor
1	1,2	4.320,00	1,2	10,00	35,68	50	x	8,40				
2	2,4	8.640,00	1,2	20,00	50,46	75	x	12,50				
3	2,4	8.640,00	1,2	20,00	50,46	75	x	12,50				
4	2,415	8.694,00	1,2	20,13	50,62	75	x	12,50				
5	2,501	9.003,60	1,2	20,84	51,51	75	x	12,50				
6	2,5365	9.131,40	1,2	21,14	51,88	75	x	12,50				

Tabla 4.26.

Tramo	Diámetro	Velocidad	Pérdida de	Longitud	Pérdida	Pérdida
	Interior	real	carga lineal	equivalente	de carga	de carga
	mm	m/s	mmca/m	m	mmca	mmca
1	33,20	1,39	80,00	20,00	1.600,00	1.600,00
2	50,00	1,22	30,00	20,00	600,00	2.200,00
3	50,00	1,22	30,00	20,00	600,00	2.800,00
4	50,00	1,23	35,00	20,00	700,00	3.500,00
5	50,00	1,27	40,00	20,00	800,00	4.300,00
6	50,00	1,29	40,00	20,00	800,00	5.100,00

La pérdida de carga acumulada en la instalación interior es de 5.100,00 mm.c.a.

Para dimensionar los diámetros correspondientes a cada punto de consumo se emplea la tabla siguiente.

Tabla 4.27.

Aparato o punto de consumo	Caudal instantáneo	Diámetro del ramal de enlace	
		Tubo de acero (")	Tubo de cobre o plástico (mm)
Lavamanos	0,05	1/2	12
Lavabo, bidé	0,10	1/2	12
Ducha	0,15	1/2	12
Bañera	0,30	3/4	20
Inodoro con cisterna	0,13	1/2	12
Inodoro con fluxor	1,25-2,00	1- 1 1/2	25-40
Urinario con grifo temporizado	0,15	1/2	12
Urinario con cisterna	0,02-0,07	1/2	12
Fregadero doméstico	0,15	1/2	12
Fregadero industrial	0,25	3/4	20
Lavavajillas doméstico	0,15	1/2 (rosca a 3/4)	12
Lavavajillas industrial	0,25	3/4	20
Lavadora doméstica	0,20	3/4	20
Lavadora industrial	0,60	1	25
Vertedero	0,20	3/4	20

Los diámetros seleccionados se indican en el esquema adjunto.

Para dimensionar la tubería de alimentación a cada colector se aplica de nuevo el procedimiento anterior:

Tabla 4.28.

Ramal a punto de consumo o colector	Caudal instantáneo por tramo	Caudal instantáneo por tramo		velocidad máxima	Sección mínima	Diámetro mínimo
		l/s	l/h			
Bañera Hidromasaje (hombres)	1,2	4.320,00		1,2	10,00	35,68
Bañera Hidromasaje (mujeres)	1,2	4.320,00		1,2	10,00	35,68
Duchas (hombres)	0,6	2.160,00		1,2	5,00	25,23
lavabo (hombres)	0,5	1.800,00		1,2	4,17	23,03
duchas (mujeres)	0,6	2.160,00		1,2	5,00	25,23
lavabo (mujeres) + toma aux	0,35	1.260,00		1,2	2,92	19,27

Tabla 4.29.

Ramal a punto de consumo o colector	Diámetro comercial PP-R			Diámetro Interior	Velocidad real
	D ext (mm)		Espesor	mm	m/s
Bañera Hidromasaje (hombres)	50	x	8,40	33,20	1,39
Bañera Hidromasaje (mujeres)	50	x	8,40	33,20	1,39
Duchas (hombres)	40	x	6,70	26,60	1,08
lavabo (hombres)	40	x	6,70	26,60	0,90
duchas (mujeres)	40	x	6,70	26,60	1,08
lavabo (mujeres) + toma aux	32	x	5,40	21,20	0,99

#### e) Presión residual disponible en el punto más alejado

La presión residual se calcula restando a la presión disponible la altura manométrica y las pérdidas por rozamiento, por lo que:

$$P_r = P_T - P_r H_g - \Delta p_t$$

La presión total a la entrada es de 5,5 bar o 55 m.c.a.

La altura manométrica es de 15,2 m.c.a, teniendo en cuenta las cuatro alturas de 3,8 m cada una.

Las pérdidas acumuladas en montante e instalación interior es de 5,46 m.c.a (suma de 5,1 y de 0.364 m.c.a).

Por tanto,

$$P_r = 55 \text{ m.c.a.} - 15,2 \text{ m.c.a.} - 5,46 \text{ m.c.a.}$$

$$P_r = 34,34 \text{ m.c.a.}$$

La presión residual disponible es superior a 15 m.c.a, por lo que es suficiente en el punto más desfavorable.

### 3. Dimensionado de la acometida

Para dimensionar la acometida es necesario conocer el caudal total simultáneo de todo el conjunto, es decir, de la red de fluxores y del resto. La red sin fluxores se ha dimensionado a partir de los caudales, por lo que el caudal simultáneo es un dato conocido:

$$Q_{ts \text{ GRIFERIA}} = 4,3 \text{ L/S} =$$

Para calcular el caudal simultáneo de la red de fluxores, se considerará un caudal de 0,2 l/s por fluxor, con una simultaneidad correspondiente a la gráfica de uso escolar.

Por tanto:

$$Q_{ts \text{ FLUXOR}} = K \cdot N \cdot 0.2 \text{ L/S}$$

$$Q_{ts \text{ FLUXOR}} = 0.43 \cdot 16 \cdot 0.2 \text{ L/S}$$

$$Q_{ts \text{ FLUXOR}} = 1,376 \text{ L/S} = 4.953 \text{ L/S}$$

Por tanto el caudal total simultáneo es:

$$Q_{ts} = 4,3 + 1,376 \text{ L/S} = 5,676 \text{ L/S} = 20.433 \text{ L/H}$$

Para este caudal, el diámetro necesario según el cálculo de velocidad es:

Tabla 4.30

Caudal instantáneo por tramo	Caudal instantáneo por tramo	velocidad máxima	Sección mínima	Diámetro mínimo	Diámetro comercial PP-R	
l/s	l/h	m/s	cm <sup>2</sup>	mm	D ext (mm)	Espesor
5,676	20.433,60	1,2	47,30	77,60	110	x 18,30

