

INSTALACIONES HIDROSANITARIAS

Fontanería y Saneamientos

*Biblioteca
del
Instalador*

PARANINFO



E. GARNICER ROYO
C. MAINAR HASTA

696
CAR
ins

HASL

INSTALACIONES HIDROSANITARIAS

Fontanería y Saneamiento

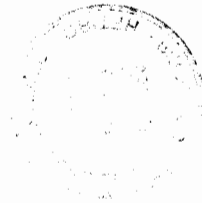
R.5425221

X

ENRIQUE CARNICER ROYO
CONCEPCION MAINAR HASTA

INSTALACIONES HIDROSANITARIAS

Fontanería y Saneamiento





© Editorial Paraninfo
ITP An International Thomson Publishing company
Magallanes, 25; 28015 Madrid ESPAÑA
Teléfono: 4463350 Fax: 4456218
(itesparaninfo.pedidos@mad.servicom.es)

© ENRIQUE CARNICER ROYO
CONCEPCIÓN MAINAR HASTA

Para más información:

ITE/LATIN AMERICA
Séneca. 53
Colonia Polanco
11560 México D.F. México
Tel: 525-281-2906 Fax: 525-281-2656
(ewinter@mail.internet.com.mx)

Puerto Rico/Caribbean/Venezuela
Michael Rabell, Senior Sales Rep.
268 Muñoz Rivera Ave.
Suite 510, 5th Floor
Hato Rey, PR 00918
Tel: 787 758 7580 Fax: 787 758 7573
(102154.1127@compuserve.com)

Brasil/Argentina/Chile/Uruguay
Luis Devore
Llano Subercaseaux, 3833/Depto. 202
San Miguel, Santiago, Chile
Tel/Fax: 56 255 5 9751
(ldevore@ibm.net)

INTERNATIONAL THOMSON PUBLISHING
FRANCE
Tour Maine- Montparnasse
33 Avenue du Maine
75755 Paris Cedex 15, France
Tel: 331 40 647600 Fax: 331 40 647601
(samantha@itp.fr)

INTERNATIONAL THOMSON PUBLISHING
One Main Street, 6th Floor
Cambridge, MA 02142
Tel: 617 528 3104 Fax: 617 423 43 25

© Diseño de cubierta: Rosa Garrido

Reservados los derechos para todos los países de lengua española. De conformidad con lo dispuesto en el artículo 270 del Código Penal vigente, podrán ser castigados con penas de multa y privación de libertad quienes reprodujeran o plagiaran, en todo o en parte, una obra literaria, artística o científica fijada en cualquier tipo de soporte sin la preceptiva autorización. Ninguna parte de esta publicación, incluido el diseño de la cubierta, puede ser reproducida, almacenada o transmitida de ninguna forma, ni por ningún medio, sea éste electrónico, químico, mecánico, electro-óptico, grabación, fotocopia o cualquier otro, sin la previa autorización escrita por parte de la Editorial.

Impreso en España
Printed in Spain

ISBN: 84-283-2428-X

Depósito Legal: M-41855-1997

(111/56/33)

PEÑALARA. Carretera de Villaviciosa de Odón a Pinto, km. 15,180. Fuenlabrada (Madrid)

Indice

PROLOGO	7
1. INTRODUCCION	9
1.1. Carta del agua	9
1.2. Caracteres de los líquidos	10
1.2.1. El Agua	11
1.2.2. La dureza del agua	13
1.2.3. Análisis de aguas	13
1.3. Unidades y definiciones	14
2. CAUDALES DE AGUA Y PRESIONES	21
2.1. Caudales de agua en viviendas	21
2.2. Coeficiente de simultaneidad	24
2.3. Presiones	29
2.4. Caudales de agua para usos varios	30
2.5. Abastecimiento de agua a núcleos de viviendas	32
→ 3. COMPONENTES DE UNA INSTALACION	35
→ 3.1. Acometida	35
3.2. Contadores	38
3.2.1. Diámetro de los contadores	44
3.3. Bombas. Grupos de sobreelevación	48
3.3.1. Bombas	49
3.3.1.1. Cavitación	52
3.3.1.2. Golpe de ariete	52

INDICE

3.3.2. Grupos de sobreelevación	53
3.3.2.1. Cálculo de un grupo de sobreelevación	61
3.4. Fluxores	64
4. TUBERIAS DE DISTRIBUCION	73
4.1. Nociones de hidráulica	73
4.1.1. Caudal	74
4.1.2. Presión	75
4.1.3. Velocidad de circulación	76
4.2. Cálculo de tuberías. Abacos	77
4.3. Tuberías interiores	85
4.4. Ejemplos de instalaciones	94
5. AGUA CALIENTE	105
6. SISTEMAS ALTERNATIVOS. BOMBA DE CALOR	113
7. MONTAJE DE TUBERIAS	119
7.1. Consideraciones	119
8. TUBERIAS DE EVACUACION	125
8.1. Unidad de descarga	126
8.2. Evaluación de aguas residuales	128
8.3. Ventilación	141
9. PRUEBAS REGLAMENTARIAS	145
Inspecciones	145
Pruebas de las instalaciones	146

Prólogo

Desde tiempos remotos la historia de la ingeniería sanitaria está jalonada por avances importantes. Desde los hombres primitivos, que acampaban cerca de los ríos, a la civilización actual, existe un paso trascendental que se encuentra relacionado con la instalación de sistemas de tuberías para abastecer de agua potable a la población mediante dispositivos adecuados, así como el desalojo de las aguas negras y encauzar la evacuación de las aguas pluviales provenientes de la lluvia y recogidas por tejados, patios, terrazas, etc. Es evidente, las excavaciones arqueológicas de restos de ciudades antiguas lo atestiguan, que las civilizaciones del pasado se preocuparon hondamente por desplegar sistemas de fontanería que protegieran su salud y resolvieran sus problemas hidrosanitarios.

Hoy en día, con el florecimiento de la tecnología, el ser humano contemporáneo disfruta de unas condiciones sanitarias inmejorables. Nuevos diseños aportados por la aplicación de proyectos I+D (Investigación y Desarrollo) se dan en los aparatos sanitarios y griferías avalados por una fabricación eficiente y por el recurso de materiales idóneos. Su habitual cooperación hacen del arquitecto-decorador un realizador de sueños, con resultados visuales altamente llamativos que complacen las necesidades y estilos de vida de sus clientes.

Sin embargo, un handicap ennegrece el lúcido panorama. La carencia de agua que padece el mundo, nos compromete a ser precavidos y a ejercer un colectivo eslogan: ahorremos agua. Y a ello debemos ponernos con todo el ímpetu de que seamos capaces. Ahorrando agua, gastando menos y aquilatando su pérdida, tendremos asegurado su suministro. Que nos salga agua por los grifos. De otra manera, la escasez se apoderará de nuestro próspero mundo, imponiendo desagradables restricciones.

PRÓLOGO

Los autores, en este libro, han tratado de explicar con llaneza, sin escatimar datos y teoría para hacerlo asequible, todos aquellos fundamentos que dan origen a las instalaciones hidrosanitarias, teniendo como soporte las «Normas Básicas para las Instalaciones Interiores de Suministro de Agua (NIA)», Orden de 9 de Diciembre de 1975 («BOE» del 13-1-76 y corrección de errores en el «BOE» de 12-2-76), y que son de obligado cumplimiento en España, recomendando consultar las Normas Tecnológicas de la Edificación NTE-IFF «Instalaciones de Fontanería, Agua fría» y la NTE-IFC «Agua caliente» aprobadas por la Orden de 7 de Junio de 1973.

Los Autores

1

Introducción

1.1. CARTA DEL AGUA

Todos los años, el día 22 de marzo se celebra el «DIA MUNDIAL DEL AGUA» por decisión de la Asamblea General de las Naciones Unidas, quien promovió esta iniciativa durante la Cumbre de la Tierra celebrada en Río de Janeiro en el año 1992.

En esta fecha se recuerdan los doce puntos redactados en la Carta del Agua, que fue firmada en Estrasburgo, mayo 1968, para valorar un bien común de recursos escasos que a todos nos atañe como medio de vida, entrando en una nueva cultura del agua bajo el lema «ahorrar y depurar».

Un libro cuya disciplina es el tema del agua, hemos creído oportuno iniciarlo con la reproducción de los doce puntos de la Carta del Agua, en la confianza de que su lectura nos forzará a reflexionar sobre la manera de evitar un consumo desorbitado y a conservar cada una de las áreas medioambientales: el aire, el agua y los residuos, para proteger los bienes naturales de nuestro planeta.

CARTA DEL AGUA

- 1) Sin agua no hay vida posible. Es un bien preciado, indispensable a toda actividad humana.
- 2) Los recursos en agua dulce no son inagotables, es indispensable preservarlos, controlarlos y, si es posible, acrecentarlos.

- 3) Alterar la calidad del agua es perjudicar la vida del hombre y de los otros seres vivos que de ella dependen.
- 4) La calidad del agua debe ser preservada de acuerdo con normas adaptadas a los diversos usos previstos y satisfacer especialmente las exigencias sanitarias.
- 5) Cuando las aguas, después de utilizadas, se reintegran a la Naturaleza, no deberán comprometer el uso ulterior, público o privado, que de ésta se haga.
- 6) El mantenimiento de la cobertura vegetal adecuada, preferentemente forestal, es esencial para la conservación de los recursos hídricos.
- 7) Los recursos hídricos deben inventariarse.
- 8) Para una adecuada administración del agua es preciso que las autoridades competentes establezcan el correspondiente plan.
- 9) La protección de las aguas implica un importante esfuerzo, tanto en la investigación científica como en la preparación de especialistas y en la información del público.
- 10) El agua es un patrimonio común, cuyo valor debe ser reconocido por todos. Cada uno tiene el deber de utilizarla con cuidado y no desperdiciarla.
- 11) La administración de los recursos hidráulicos debiera encuadrarse más bien en el marco de las cuencas naturales que en el de las fronteras administrativas y políticas.
- 12) El agua no tiene fronteras. Es un recurso común que necesita de la cooperación internacional.

1.2. CARACTERES DE LOS LIQUIDOS

El estado líquido es un estado particular de la materia, intermedio entre el estado gaseoso y el estado sólido, por lo que presenta propiedades que están entre ambos. De esta manera, los líquidos tienen esencialmente un volumen fijo, carecen de forma y avanzan rápidamente para llenar los recipientes que los contienen.

Al igual que los gases, los líquidos poseen las mismas propiedades en todas las direcciones y, por ello, reciben el nombre de **isotrópicos** y gozan de **fluidez**, es decir, se deslizan empleando poco tiempo en desplazarse de un sitio a otro cuando se les aplica una presión a causa de la considerable movilidad de sus moléculas; pero, al igual que los sólidos, son **densos** y **poco compresibles**, siendo aceptable considerar que su densidad no varía a lo largo de un conducto. Disfrutan de atributos que están determinados en gran medida por la naturaleza y magnitud de las fuerzas intermoleculares. Si se atiende a las fuerzas de atracción, los líquidos van a ser **viscosos**, es decir, van a oponer resistencia al movimiento entre capas. En cualquier caso, un fluido perfecto sería aquel cuyas moléculas tuviesen una movilidad extrema, sin cohesión alguna y sin que se produjesen frotamientos entre ellas ni al contacto con otros cuerpos. Este fluido perfecto podría admitirse como **incompresible**.

1.2.1. El agua

En condiciones óptimas, el agua es un líquido incoloro, inodoro e insípido, y, en grandes masas, refracta la luz. En estado natural ocupa las tres cuartas partes de la superficie terrestre. Es fundamental para la vida pues los procesos fisiológicos se realizan en solución acuosa. Gran parte de los fenómenos químicos que tienen lugar día a día en la Tierra ocurren en los océanos, lagos y fluidos biológicos, siendo todos ellos soluciones acuosas.

Químicamente, el agua es un compuesto estructurado por la combinación de dos átomos de hidrógeno (H) y uno de oxígeno (O), representándose por el símbolo H_2O , y da origen, por ejemplo, a los ácidos-oxoácidos formados al juntar los óxidos no metálicos y algunos metales (cromo y manganeso) con el agua, entre otros compuestos. Es un **gran disolvente** y completamente miscible en disoluciones de líquidos en líquidos.

El agua se puede manifestar en la Naturaleza en tres estados físicos: sólido (hielo), líquido (agua) y gaseoso (vapor), pudiendo cambiar de estado según sea la aportación o sustracción de calor. Se evapora a la temperatura ambiente. Contiene, como añadidos, una proporción variable de anhídrido carbónico, nitrógeno, cal, potasa, magnesio, ácidos sulfúrico, nítrico y silíceo, óxido de hierro, alúmina, cloruros, bromuros y yoduros de diferentes metales, materias orgánicas y otros elementos.

Peculiaridades

Por **Solidificación** entenderemos el paso de un cuerpo del estado líquido al estado sólido al sustraer calor. Los cuerpos, excepto alguno como el agua, al solidificarse disminuyen de volumen. El agua, por el contrario, aumenta de volumen. Aproximadamente 10 litros de agua se convierten en 11 de hielo. Esta es la razón por la cual algunas cañerías que conducen agua se rompan al helarse el agua de su interior.

El paso de una sustancia sólida a la fase líquida se conoce por **fusión**. Si aportamos calor al estado sólido se convierte en líquido; llamándose **vaporización** o **evaporación** al paso del estado líquido al estado gaseoso por suministro o absorción de calor, y se denomina **vapor** al nuevo estado.

Resumiendo: si tomamos un trozo de hielo y lo calentamos pasa al estado líquido: es la fusión. Si seguimos calentando toda la masa de agua obtenida, al elevar progresivamente la temperatura y llegar a los $100^{\circ}C$, cuando su presión de vapor se iguala a la presión externa, empieza la ebullición y pasa al estado de vapor o vaporización.

De modo opuesto, si recogemos el vapor de agua en un recipiente de paredes frías, parte del vapor se condensa: es la licuación. Si el agua contenida dentro del recipiente la enfiamos a una temperatura inferior a $0^{\circ}C$, el agua se congela: solidificación, cristalizando en formas exagonales.

El **volumen específico** del agua varía con la temperatura y la presión, teniendo un mínimo de 1 litro/kg a la temperatura de $4,08^{\circ}C$ y a la presión de 1 bar. De todas

formas, las variaciones del volumen específico del agua a la presión atmosférica, de 0° C a 100° C que son las temperaturas de solidificación y ebullición, respectivamente, son tan pequeñas que, a efectos prácticos, se considera un volumen específico constante e igual a 1 litro/kg.

El volumen específico cambia con el contenido de sales disueltas en el agua; un aumento de salinidad de 1 g/l hace disminuir el volumen específico en 0,0008 l/kg o aumentar su densidad en 0,0008 kg/l.

La **densidad** del agua es 1000 kg/m³ y su **volumen específico** resulta:

$$\frac{1}{1000} \text{ m}^3/\text{kg}$$

El **calor específico del agua** es: $c = 1 \text{ kcal/kg}^\circ \text{C}$, en el Sistema Técnico, equivalente a 4,18 kJ/kg° C en el S.I. (Sistema Internacional).

Calor latente de cambio de estado es el calor que, sin afectar a la temperatura, es necesario adicionar o sustraer a una sustancia para el cambio de su estado físico. Especialmente en psicrometría, el calor latente de fusión del hielo es de 79,92 kcal/kg, y para la ebullición y la condensación (a 100° C y a la presión normal): es de 539 kcal/kg.

Conductividad eléctrica: el agua pura es ligeramente conductora, teniendo una resistividad de 0,238 M Ω n. La conductividad aumenta cuando se disuelven sales en el agua.

Constante dieléctrica: es una de las más altas que se conocen, lo que propicia el elevado poder ionizante del agua.

Tensión superficial: Es una propiedad que caracteriza la superficie de separación entre las fases líquido y vapor; la tensión superficial tiende a reducir la extensión de la superficie.

La **dilatación** de los líquidos es menor que la de los gases. En general, el volumen de los líquidos aumenta con la temperatura. Pero el agua no sigue exactamente esa ley. Entre 0° C y 4° C, el volumen del agua se contrae. El volumen que ocupa la unidad de masa a 4° C es mínimo; por tanto, su densidad a esa temperatura es máxima y vale 1 g/cm³.

Por encima de 4° C, el agua se dilata de acuerdo con la ley general de los líquidos y, hacia los 8° C, vuelve a tomar el volumen que tenía a 0° C.

El **punto triple del agua** es la temperatura única en la que coexiste el agua en equilibrio en los estados sólido, líquido y gaseoso.

1.2.2. La dureza del agua

El exceso de sales convierte a las aguas en impropias para los usos domésticos, teniendo la desventaja de que disuelven malísimamente el jabón y no hace espuma, y, además, las legumbres no se cuecen bien. Estas aguas con abundancia de sales, se conocen, generalmente, como **aguas duras**.

Al atravesar las capas de la atmósfera, el agua de lluvia (H_2O) se carga de gas carbónico (CO_2) y pasa a ser ligeramente ácida.

El agua ácida tiene la capacidad de disolver ciertas sales minerales (tales como las sales de calcio y de magnesio) cuando atraviesa las diferentes capas del suelo. Según la composición de este último, el agua se cargará más o menos de carbonato cálcico ($CaCO_3$), que determinará su dureza, siendo la medida de referencia $1^\circ TH = 10 \text{ mgr } CaCO_3$ por litro de agua.

En ciertas condiciones, y particularmente cuando el agua está caliente, se desarrolla un proceso inverso al descrito anteriormente: el gas carbónico (CO_2) se libera del bicarbonato de calcio (soluble) y hay formación de carbonato de calcio (insoluble) que se cristaliza bajo la configuración de cal.

Se observa que el carbonato de calcio puede presentarse en dos formas distintas y, según las condiciones ambientales, cristalizar en calcita o en aragonita, provocando, en ocasiones, incrustaciones más o menos resistentes.

Las consecuencias que se derivan de estas acumulaciones de cal son conocidas por todos: una disminución de los diámetros de las tuberías de conducción de agua y la consiguiente pérdida de presión y de caudal por estrechamiento, bloqueo de válvulas y dificultades en la hermeticidad de los grifos, obturación de los atomizadores de grifos y teléfonos de ducha, manchas en los sanitarios y un largo etcétera de inconvenientes todos ellos muy incómodos.

Por otra parte, la cal es mala conductora del calor y su adherencia en las resistencias eléctricas, en los serpentines de las calderas y otros intercambiadores de calor o en las instalaciones de aire acondicionado, resta una parte importante de energía disminuyendo su eficacia.

Por consiguiente, cuando el problema se agudice, habrá necesariamente que recurrir al mercado de aparatos descalcificadores.

1.2.3. Análisis de aguas

Entre otras finalidades, el análisis químico de las aguas puede estar dirigido a comprobar: su potabilidad para abastecimiento de poblaciones; su calidad como agua de mesa; a la posibilidad de su uso como agua de calderas. En la actualidad tiene también interés el control químico de las aguas residuales.

Las técnicas de análisis de aguas están recogidas en diversas publicaciones nacionales e internacionales, tales como «Normas Internacionales para el Agua Potable», Organización Mundial de la Salud (OMS), y en España existen disposiciones que reflejan los métodos oficiales de análisis físico-químicos para las aguas potables de consumo público.

Por medio de estos análisis se determina la temperatura, transparencia, olor, color y sabor del agua, aparte de los otros elementos que la componen. Para el análisis químico general se necesita como mínimo una muestra de 2 litros, recogida en un frasco limpio provisto de tapón de vidrio, en los que se anotará la hora y lugar en que se captó la muestra, enviándola sin retraso al laboratorio ya que, en ningún caso, deben de transcurrir más de 72 horas entre la recogida de la muestra y la realización de su análisis.

La temperatura del agua se tomará en el sitio donde se realice la extracción de la muestra.

Para el análisis químico del color se compara la coloración del agua colocada en tubos de Nessler con una disolución de platino-cobalto. El olor se determina diluyendo el agua problema con agua inodora hasta que deje de percibirse éste. Y el sabor queda delimitado por la finura del sentido del gusto del operador, incorporando para todos los análisis diferentes elementos químicos y una variada metodología.

1.3. UNIDADES Y DEFINICIONES

El Sistema Internacional de Unidades, conocido con las siglas S.I., ha sido aceptado universalmente y es, por consiguiente, con el que se opera en todas las ramas de la ciencia y la técnica. En la tabla 1.1. se extractan las unidades más habituales. Todas las unidades del sistema S.I. se definen a partir de las unidades básicas.

Las unidades de longitud, superficie y volumen son coincidentes con las unidades del sistema hasta ahora tradicionalmente empleado: el Sistema Técnico. Así, el metro (m), el metro cuadrado (m²) y el metro cúbico (m³) tienen la misma validez en ambos sistemas.

Seguidamente definiremos algunos conceptos de uso corriente en el conocimiento industrial.

La **masa** de una sustancia se mide en kg en los sistemas S.I. y Técnico.

La **densidad** es la masa de sustancia por unidad de volumen y se expresa en kg/m³, tanto en los sistemas S.I. como en el Técnico.

El **volumen específico** es el volumen por unidad de masa. Se mide en m³/kg en cualquiera de los dos sistemas.

Tabla 1.1. UNIDADES FUNDAMENTALES DEL SISTEMA INTERNACIONAL (S.I.)

Magnitud	Unidad	Símbolo
Longitud	Metro	m
Superficie	Metro cuadrado	m ²
Volumen	Metro cúbico	m ³
Masa	Kilogramo	Kg
Tiempo	Segundo	s
Velocidad	Metro por segundo	m/s
Aceleración	Metro por segundo cuadrado	m/s ²
Fuerza	Newton	N
Presión	Pascal	Pa
Trabajo	Julio	J
Potencia	Vatio	W
Masa por unidad de volumen	Kilos por metro cúbico	kg/m ³
Caudal	Metros cúbicos por segundo	m ³ /s
Cantidad de movimiento	Kilogramo metro por segundo	kgm/s
Momento cinético	Kilogramo metro cuadrado por segundo	kgm ² /s
Momento de inercia	Kilogramo metro cuadrado	kg/m ²
Viscosidad cinemática	Metro cuadrado por segundo	m ² /s

Temperatura. Es la magnitud que indica la sensación de calor de un cuerpo. La unidad de temperatura en el S.I. es el grado Kelvin (K) (Temperatura absoluta) y en el Técnico es el grado Celsius (° C).

De esta manera:

— Temperatura en ° C = temperatura en K -273,15.

— Temperatura en K = temperatura en ° C +273,15.

en la práctica corriente se toma la cifra de 273.

Se leen : K Kelvin y ° C grados Celsius (no centígrados).

Potencia mecánica. Es el trabajo realizado en la unidad de tiempo.

$$P = \frac{dW}{dt} \text{ (J/s)}$$

La unidad de potencia es el vatio (W) en el S.I. El vatio es igual a 1 Julio por segundo (W = J/s).

INTRODUCCION

Trabajo. Si suponemos que sobre un cuerpo, situado inicialmente en cierta posición A, se aplica una fuerza F, trasladándole a otra posición B, se podría definir el trabajo realizado por la fuerza como el producto de ésta por el desplazamiento producido o espacio recorrido (e).

$$T = F \cdot e$$

Su unidad en el S.I. es el Julio (J).

$$\text{Rendimiento de una máquina: } R = \frac{\text{Potencia útil}}{\text{Potencia total}}$$

Fuerza es toda causa capaz de deformar un cuerpo o de modificar su estado de reposo o movimiento, expresando que la fuerza es igual a la masa por la aceleración ($F = m \cdot a$).

Energía. Es la capacidad que tienen los cuerpos para realizar un trabajo. La unidad de energía en el S.I. es el Julio (J). En el Sistema Técnico, la unidad es la Kcal.

La caloría (cal) es la cantidad de calor necesaria para elevar en un grado Celsius la temperatura de un gramo de agua, siendo una Kcal igual a mil calorías (1 Kcal = 1000 cal).

La relación existente entre una y otra unidad es : 1 cal = 4,18 Julios (J).

Las equivalencias térmicas son: 860 Kcal/h igual a 1 kW o 636 calorías/hora por CV y 1 Kcal igual a 1,16 W.

La **energía eléctrica**, o consumo de energía, es el producto de la potencia por el tiempo que se está empleando.

La unidad más conocida es el Kilovatio hora (kWh), que representa:

$$1 \text{ kWh} = 1000 \text{ W} \cdot 3600 \text{ s} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ julios}$$

El cálculo de la energía eléctrica puede llevarse a cabo mediante la fórmula:

$$E = P \cdot t \text{ o } V \cdot I \cdot t = I^2 \cdot R \cdot t$$

en donde,

E = energía en julios.

P = potencia en vatios.

t = tiempo en segundos.

V = potencial en voltios.

I = intensidad en amperios.

R = resistencia del conductor en ohmios.

Intensidad de la corriente eléctrica es la cantidad de carga eléctrica que pasa por la sección recta de un conductor en la unidad de tiempo: $I = Q/t$, donde I se mide en amperios (A), Q , flujo de carga eléctrica, en culombios (C) y t , en segundos (s). La unidad amperio segundo (A . s) se llama culombio y es la unidad de carga eléctrica. Si tomamos la unidad como base: 1 Amperio = 1 Coulomb/s.

Potencia eléctrica. Es la capacidad que posee un cuerpo para producir trabajo o para consumir energía eléctrica.

La potencia se mide en vatios (W) que es el julio por segundo (J/s) y equivale al voltio amperio ($V \cdot A$). El vatio se define como la potencia necesaria para que circule por un conductor una intensidad de un amperio cuando en sus extremos se aplica una diferencia de potencia de un voltio.

La expresión:

$$P = V \cdot I$$

$$P = I \cdot R \cdot I = I^2 \cdot R$$

nos permite obtener la potencia eléctrica, siendo:

P = potencia en vatios.

V = potencial en voltios.

I = intensidad en amperios.

R = resistencia del conducto en ohmios.

Diferencia de potencial. La diferencia de potencial entre dos puntos, A y B, de un conductor viene medida por el trabajo que precisa gastar para que pase un culombio del uno al otro, venciendo la resistencia que opone al avance de las cargas eléctricas la porción de conductor comprendida entre ambos puntos.

La unidad para medir diferencias de potencial es el voltio y equivale a la diferencia de potencial necesaria para mantener la corriente de un amperio a través de un conductor cuya resistencia valga un ohmio.

Resistencia (R) de un conductor es la oposición que ofrece al paso de la corriente eléctrica; su unidad es el ohmio.

Presión: es la fuerza ejercida por una superficie. Por definición, la presión es el cociente de dividir una fuerza por la superficie que recibe su acción; $P = F/S$.

En el S.I., la unidad de medida es el Pascal (Pa):

$$1 \text{ pascal} = \frac{1 \text{ newton}}{1 \text{ m}^2}$$

Esta unidad de medida tiene el inconveniente de ser demasiado pequeña para la mayor parte de las aplicaciones. No se usa como múltiplo del Pa el kPa (10^3 Pa) o el

INTRODUCCION

4.6.2.2.

MPa (10^3 Pa) que es lo que parecería lógico, sino el bar = 10^5 cuyo valor es muy próximo al de las unidades tradicionales, quedando:

$$1 \text{ bar} = 10^5 \text{ pascal} = 1,0204 \text{ kg/cm}^2$$

En el Sistema Técnico, la unidad de presión es la atmósfera técnica, que es el valor de la presión atmosférica al nivel del mar, y que es de $1,033 \text{ kg/cm}^2$, llegándose en la práctica habitual a la siguiente identidad considerada como equivalentes:

$$1 \text{ bar} = 1 \text{ atm} = 1 \text{ kg/cm}^2 \approx 10 \text{ m de c.d.a.}$$

10 000 mm de c.d.a.

En el campo industrial también tienen vigencia otras unidades de presión. Por ejemplo:

mm c.d.a.: (milímetros de columna de agua).

m c.d.a. : (metro de columna de agua).

mm. c.d.m. (milímetro de columna de mercurio).

puediendo establecerse,

$$1 \text{ mm de c.d.a.} = 0,07355 \text{ mm de c.d.m.}$$

$$1 \text{ mm de c.d.m.} = 13,6 \text{ mm de c.d.a.}$$

$$1 \text{ atmósfera} = 10000 \text{ mm de c.d.a.}$$

$$1 \text{ bar} \approx 10 \text{ m de c.d.a.}$$

Se conoce por **presión efectiva, relativa o manométrica** comúnmente a la diferencia entre la presión reinante en un recipiente menos la presión atmosférica; y **presión absoluta** cuando se toma a partir de la presión cero absoluto. Los manómetros industriales miden la presión efectiva.

Desde este momento y salvo en los casos en que se especifique lo contrario, al hablar de presión nos referiremos a la presión relativa, ya que para encontrar la presión absoluta habremos de añadir la presión relativa a la presión atmosférica que corresponda al lugar que se considere bajo esta fórmula:

$$P. \text{ abs. (Pa)} = P. \text{ rel. (Pr)} + P \text{ atmosférica}$$

Para usos normales, la fórmula se simplifica:

$$Pa = Pr + 1$$

Caudal. Se define el caudal como el volumen de fluido que atraviesa una sección transversal determinada de una conducción por unidad de tiempo. Como se deduce de la definición, el caudal es una magnitud compuesta que relaciona el volumen y el tiempo. Por tanto, sus unidades estarán expresadas como el cociente entre unidades de volumen y unidades de tiempo.

Las unidades empleadas son litros partidos por minuto (l/min) y metros cúbicos partidos por horas (m^3/h).

Para pasar de m^3/h a l/min se efectúa la siguiente transformación:

$$1 \text{ m}^3/\text{h} = \frac{1 \text{ m}^3}{1 \text{ h}} \cdot \frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min}} \cdot \frac{1000 \text{ l}}{1 \text{ m}^3}$$

$$1 \text{ m}^3/\text{h} = \frac{100}{6} \text{ l/min}$$

Al cociente $100/6$ se le denomina factor de transformación entre m^3/h y l/min. Para pasar de una a otra unidad basta multiplicarlo (o dividir) por dicho factor de transformación. Por ejemplo:

$$20 \text{ m}^3/\text{h} \text{ son } \frac{20 \cdot 100}{6} \text{ l/min}$$

y

$$12 \text{ l/min} \text{ son } \frac{12 \cdot 6}{100} \text{ m}^3/\text{h}$$

Otra unidad que se contempla son los litros/segundo (l/s) que pasaremos de litros/minuto (l/min) a l/s dividiendo los l/min por 60 segundos que tiene un minuto.

2

Caudales de agua y presiones

Caudal de agua, gasto o consumo de los aparatos caseros, de cualquiera de estas maneras que se denomine, es la cantidad de agua que trasiega por los mismos, y su medida depende fundamentalmente del servicio que realice la instalación.

2.1. CAUDALES DE AGUA EN VIVIENDAS

El apartado 1.2. de las Normas Básicas para las Instalaciones Interiores de Suministro de Agua (NIA), abreviatura de que nos serviremos a lo largo del libro para aludir a las Normas Básicas, estima que cada uno de los aparatos domésticos de uso común debe recibir, con independencia del estado de funcionamiento de los demás, una demanda unitaria de **caudales instantáneos mínimos** de agua de acuerdo con la tabla 2.1.

Los **fluxores**, como se verá en el capítulo correspondiente, precisan de caudales comprendidos entre 1,25 y 2 l/s, muy superior al de los aparatos descritos en la tabla 2.1.

El apartado 1.3 de la NIA especifica que se entenderá por **caudal instalado** en un suministro a la **suma de los caudales instantáneos mínimos** correspondientes a todos los aparatos ubicados en el local, y, según la cuantía de dicho caudal instalado, se establece una clasificación de suministros que reflejamos en la tabla 2.2.

Aclararemos que:

- Suministro tipo **A**, corresponde a locales dotados de servicio de agua en la cocina, lavadero y un sanitario.

Tabla 2.1. CAUDALES INSTANTANEOS MINIMOS DE LOS DISTINTOS APARATOS SANITARIOS

Lavabo	0,10 l/s.
Bidet	0,10 l/s.
Inodoro con depósito	0,10 l/s.
Bañera	0,30 l/s.
Ducha	0,20 l/s.
Fregadera	0,20 l/s.
«Office»	0,15 l/s.
Lavadero	0,20 l/s.
Lavavajillas	0,20 l/s.
Lavadora automática	0,20 l/s.

- Suministro tipo **B**, incumbe a locales provistos de servicio de agua en la cocina, lavadero y un cuarto de aseo.
- Suministro tipo **C**, atañe a locales con servicio de agua en la cocina, lavadero y un cuarto de baño completo.
- Suministro tipo **D**, concierne a locales dotados de servicio de agua en la cocina, «office», lavadero, un cuarto de baño y otro de aseo.
- Suministro tipo **E**, trata de locales que tengan servicio de agua en la cocina, «office», lavadero y dos cuartos de baño y otro de aseo.
- Suministro con caudal superior a los 3 l/s, se efectuará el cálculo particular que corresponda.

Tabla 2.2. CLASIFICACION DE SUMINISTROS

Tipo de vivienda	Suma de consumos de todos los aparatos instalados en la vivienda
A	Menor a 0,6 l/s
B	Desde 0,6 a 1 l/s
C	Desde 1 a 1,5 l/s
D	Desde 1,5 a 2 l/s
E	Desde 2 a 3 l/s

Como síntesis de todo lo expuesto se incluye la tabla 2.3 que facilita el **caudal instalado**, el **coeficiente de simultaneidad** y el **caudal máximo instantáneo** (caudal máximo previsible).

Tabla 2.3. CAUDAL INSTALADO. COEFICIENTE DE SIMULTANEIDAD Y CAUDAL MÁXIMO INSTANTÁNEO

Viviendas tipo	Fregadero	Lavadero	Office	Lavadora	Lavavajillas	Bañeras	Ducha	W.C.	Lavabos	Bidet	N.º Total de aparatos	Caudal instalado	Coefficiente Simultaneidad Kv	Caudal Instantáneo PROBABLE Q.(l/s)
A	1	1						1	1		4	0,60	0,58	0,35
B	1	1					1	1	1		6	0,90	0,45	0,41
C	1	1		1		1		1	1	1	7	1,20	0,41	0,49
D	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	12	1,95	0,30	0,59
E	1	1	1	1	1	2	1	3	3	3	17	2,65	0,25	0,60

Para incluir una vivienda dentro del tipo que le pertenece, independientemente de que no se ajuste estrictamente al cupo de aparatos que se reseñan en cada una de las descripciones de Suministros, se sumarán los caudales instantáneos mínimos y se comparará con la tabla 2.2.

Ejemplo:

En una vivienda se montarán los siguientes aparatos, con los caudales que se especifican de acuerdo con la tabla 2.1.

1 Fregadero	0,20 l/s
1 Lavavajillas	0,20 l/s
1 Lavadora automática	0,20 l/s
2 Bañeras	0,60 l/s
2 Inodoros	0,20 l/s
2 Lavabos	0,20 l/s
1 Bidet	0,10 l/s

Suma Total 1,70 l/s

La vivienda quedará encuadrada dentro del tipo D, al ser su caudal instalado superior a 1,5 l/s e inferior a 2 l/s, lo cual tendremos presente para el cálculo de tuberías y demás elementos que integran el conjunto de la instalación.

En instalaciones con **Suministros de varios tipos**, para el dimensionado de las partes comunes de la instalación, (acometida, tubería de alimentación y caudal de la bomba) se reducirán los distintos Suministros al tipo de Suministro más común en la instalación, tomando la tabla 2.4 como centro de operaciones.

Un ejemplo nos aclarará la cuestión.

Supongamos que tenemos un edificio con 8 Suministros B, 8 Suministros D, y 16 Suministros C, y preferimos pasar todos los Suministros al C por ser el más común del edificio.

Tabla 2.4. REDUCCION DE SUMINISTROS AL MAS COMUN EN LA INSTALACION

	A	B	C	D	E
A	1	0,5	0,3	0,2	0,15
B	2	1	0,6	0,4	0,3
C	3,33	1,66	1	0,66	0,5
D	5	2,5	1,5	1	0,75
E	6,66	3,33	2	1,33	1

Tomando como base el Suministro C, por ser mayoritario, y la tabla 2.4., haremos:

$$\begin{array}{r}
 8 \text{ Suministros B} = 8 \times 0,6 = 4,8 = 5 \text{ C} \\
 8 \text{ Suministros D} = 8 \times 1,5 = 12 \text{ C} \\
 16 \text{ Suministros C} = 16 \times 1 = 16 \text{ C} \\
 \hline
 \text{Total} \dots\dots\dots 33 \text{ C}
 \end{array}$$

De la misma manera actuaríamos si deseásemos pasar a otro tipo de Suministro.

Es obvio que el cálculo definitivo del consumo hay que hacerlo en función de los aparatos consumidores de agua o de los que tengamos que colocar a petición del cliente, haciendo la salvedad de que el consumo total no es regular ni continuo, sino totalmente intermitente.

2.2. COEFICIENTE DE SIMULTANEIDAD

El consumo de agua varía con las horas del día y la actividad de los ocupantes de la vivienda o inmueble, donde se tenga que instalar la red interior de suministro de agua. Así, por ejemplo, se sabe que se emplea mucha agua por la mañana para el aseo y que una lavadora de ropa puede funcionar a la vez que un lavavajillas. Esta coincidencia de consumos, o grifos que pueden ser abiertos al mismo tiempo, se llama **simultaneidad**, y su conocimiento es importante para el cálculo de los diámetros de tuberías, como determinante del gasto o caudal que han de proporcionar las mismas.

Coefficiente de simultaneidad en función del número de aparatos

Es necesario conocer el valor del **caudal instalado**, que llamaremos Q_i . Se obtiene, como ya hemos mencionado, sumando los caudales instantáneos mínimos de todos los aparatos radicados en la vivienda. Es decir, para calcular el caudal instalado, se supone que todos los aparatos instalados funcionan simultáneamente, o sea, todos a la vez. Como esto no ocurre en la práctica diaria, es obligado recurrir a unas cifras que se asemejen a la realidad cotidiana y, para ello, buscaremos un **coeficiente de simultaneidad**, factor menor que la unidad, el cual al multiplicarlo por el caudal instalado, nos proporcionará una cantidad menor que debemos considerar.

El llamado **coeficiente de simultaneidad** se designa por el símbolo K_v y puede hallarse a partir de la fórmula:

$$K_v = \frac{1}{\sqrt{n-1}} \quad [1]$$

donde,

n = número de aparatos instalados.

El caudal máximo ^{PROBABLE} ~~instalado~~, que emplearemos en los cálculos de proyecto para la instalación que denominaremos Q , se obtendrá multiplicando el caudal instalado (Q_i) por el coeficiente de simultaneidad (K_v):

$$Q = Q_i \cdot K_v \quad [2]$$

reflejando Q el caudal máximo probable.

Extrayendo de la tabla 2.3 el **coeficiente de simultaneidad** lo podemos clasificar en:

Suministro tipo A	0,58
Suministro tipo B	0,45
Suministro tipo C	0,41
Suministro tipo D	0,30
Suministro tipo E	0,25

Otros autores estiman para el coeficiente de simultaneidad los valores siguientes:

Suministro tipo A	0,50
Suministro tipo B	0,45
Suministro tipo C	0,40
Suministro tipo D	0,35
Suministro tipo E	0,30

Es perceptible que entre unas y otras cifras estimadas existen diferencias mínimas, que pueden ser causa de criterios diversos, dejando al lector que elija el coeficiente de simultaneidad de acuerdo con su entendimiento, en virtud de que en una vivienda particular es sólo cuestión de sentido común saber cuándo va a consumirse agua simultáneamente en varios puestos. Por el contrario, cuando se trate de una instalación general en un bloque de viviendas con diferentes departamentos, es muy aleatorio saber con exactitud cuándo se producirá un uso coincidente.

Ejemplo:

Recurriendo a la tabla 2.3., aceptaremos como ejemplo una vivienda tipo A o Suministro A y, por la tabla 2.1., apuntaremos los caudales instantáneos mínimos que serán:

1 Fregadero	0,20 l/s
1 Lavadero	0,20 l/s
1 Inodoro (W.C)	0,10 l/s
1 Lavabo	0,10 l/s
4 Unidades	0,60 l/s

Al darnos el caudal instalado (Q_i) la suma de 0,60 l/s, por la tabla 2.2. Clasificación de Suministros, observamos que está bien incluida en la categoría Suministro A, siendo el número total de aparatos de 4 unidades.

Para hallar el coeficiente de simultaneidad partiremos de la expresión [1] que estima el número total de grifos o tomas instaladas. Se pueden considerar equiparables el número de grifos al de aparatos, en razón a que si bien la mayoría de los aparatos disponen de dos grifos (agua caliente y agua fría), se abren normalmente por turno, y si lo hacen a la vez el caudal total es igual al que corresponde a cada uno de los dos, respondiendo a la tendencia actual de los fabricantes de grifería sanitaria con su amplia gama de grifos mezcladores.

$$K_v = \frac{1}{\sqrt{4-1}} = 0,58$$

Y, ahora, el caudal máximo instantáneo Q se averiguará por la fórmula [2].

$$Q = \overset{\text{TUBERÍAS}}{Q_i} \cdot K_v = 0,60 \cdot 0,58 = 0,35 \text{ l/s}$$

resultado que nos servirá para encontrar los diámetros de tuberías.

Repetiendo las operaciones para los diferentes Suministros, llegaríamos a las conclusiones que se tabulan en la tabla 2.3.

De esta manera podemos resolver cualquier problema que se nos presente en una instalación interior de suministro de agua en una vivienda, recomendando, en general, no tomar el valor de K_v por debajo de 0,20.

Coeficiente de simultaneidad según el número de viviendas

Se puede dar el caso, bastante común por otro lado, de que la vivienda forme parte de un conjunto más complejo: un edificio o incluso varios edificios destinados a viviendas. En esta ocasión será oportuno multiplicar el resultado anterior (Q) por un nuevo coeficiente de simultaneidad que examine la que existe entre viviendas. Este nuevo factor lo designaremos con el símbolo k y se calcula mediante la fórmula

$$k = \frac{19 + N}{10(N + 1)} \quad [3]$$

siendo,

N = número de suministros que abastecen cada tramo que se esté calculando.

Si conocemos el caudal Q correspondiente a la vivienda, para obtener el correspondiente a un edificio o bloque de viviendas (Q_1), multiplicaremos el caudal Q por el coeficiente de simultaneidad k.

$$Q_1 = Q \cdot k = Q_i \cdot K_v \cdot K \quad [4]$$

donde Q_1 es la suma de los caudales parciales del edificio o caudal total.

Nota: Para que este cálculo sea correcto, o entre dentro de límites correctos, es obligado que todas las viviendas tengan un consumo similar, diferenciándose muy poco unas de otras.

Ejemplo:

Supongamos que deseamos establecer el caudal de un tramo de tubería general que alimenta a tres viviendas. Los aparatos situados en cada compartimento dan los siguientes caudales instalados.

1.^a Vivienda

1 Lavadero	0,20	l/s
1 Fregadera	0,20	l/s
1 Bañera	0,30	l/s
1 Lavabo	0,10	l/s
1 Inodoro	0,10	l/s
<hr/>		
5 Unidades	0,90	l/s

2.^a Vivienda

Con características iguales a la anterior.

3.^a Vivienda

1 Lavadero	0,20	l/s
1 Fregadera	0,20	l/s
1 Lavadora automática	0,20	l/s
1 Ducha	0,20	l/s
1 Lavabo	0,10	l/s
1 Inodoro	0,10	l/s
1 Bidet	0,10	l/s
<hr/>		
7 Unidades	1,10	l/s

Resumiendo los datos anteriores nos quedaría:

1. ^a Vivienda	5 aparatos	0,90 l/s
2. ^a Vivienda	5 aparatos	0,90 l/s
3. ^a Vivienda	7 aparatos	1,10 l/s
<hr/>		
	17 aparatos	2,90 l/s

Calcularemos el primer factor de simultaneidad mediante la fórmula [1]:

$$K_v = \frac{1}{\sqrt{17-1}} = 0,25$$

y dado que se trata de tres viviendas, hallaremos el segundo factor de simultaneidad por intermedio de la expresión [3]:

$$k = \frac{19 + 3}{10(3 + 1)} = \frac{22}{40} = 0,55$$

De esta manera, el caudal corresponderá a (fórmula 4):

$$Q_1 = 2,9 \cdot 0,25 \cdot 0,55 = 0,40 \text{ l/s}$$

que como se puede confrontar es bastante menor que el total sumado para los tres consumos instalados.

Se advierte que en la contrariedad de que haya demasiados aparatos y el factor de simultaneidad k fuese muy pequeño, por debajo de 0,20, se aconseja que se acepte el valor de 0,20 como base de cálculo o un poco más a criterio del proyectista.

Coefficiente de simultaneidad en fluxores

En todas las situaciones, si hay fluxores, grifos de descarga directa, deben considerarse por separado para decidir el coeficiente de simultaneidad y dotarlos de una canalización independiente para su alimentación.

Para estimar el gasto punta de los fluxores se admite como funcionamiento simultáneo:

- 1 Fluxor si la instalación tiene un número inferior o igual a 3;
- 2 Fluxores cuando la instalación comprenda de 4 a 12;
- 3 Fluxores si la instalación tiene de 13 a 24;
- 4 Fluxores en el momento en que la instalación supere los 24.

2.3. PRESIONES

La **presión mínima a la entrada de un Suministro** en un edificio de viviendas y/o locales comerciales, puede estimarse en 5 m de c.d.a., si atendemos a las recomendaciones del apartado 1.6.2.2 de la NIA, donde se concretan las condiciones en el caso de que haya depositos elevados, fijándose un mínimo de 4 metros de altura del agua sobre el techo de la planta más alta a alimentar.

La **presión máxima a la entrada de cada Suministro**, según la 1.6.2.3 de la NIA, especifica que en la acometida debe ser del orden de 35 m de c.d.a. ($3/3,5 \text{ kg/cm}^2$), con el fin de evitar que la presión en los aparatos situados en las plantas más bajas no sea excesiva.

Para la **presión mínima en el punto de alimentación de cada aparato** puede considerarse de 2 m de c.d.a.

Referente a los fluxores, en el apartado 4.1.1 de la NIA, se especifica que la **presión residual del agua a la entrada del aparato** no será inferior a 7 m de c.d.a. Para edificios de una misma altura, la existencia de fluxores exige una presión 5 m de c.d.a. más alta que la necesaria con sólo aparatos corrientes.

Hay que hacer la salvedad de que algunos aparatos necesiten presiones superiores a las mencionadas, debiendo asegurarse, cuando montemos un aparato, de la presión y caudal de agua que va a necesitar y a consumir.

2.4. CAUDALES DE AGUA PARA USOS VARIOS

La tabla 2.5 nos facilita una muestra de consumos medios de agua para distintos usos, teniendo que insistir en que el consumo de agua varía mucho de estación a estación (verano o invierno, por ejemplo), de día a día y de hora a hora, dentro de cada día, bien sean viviendas particulares, edificios públicos, industrias u otros múltiples servicios que gasten agua de ordinario.

Para una gran ciudad puede aceptarse que el consumo máximo mensual (mes de julio) es, aproximadamente, de 30 % superior al consumo mensual del año; el consumo máximo diario de un domingo o de un lunes es un 20 % superior al consumo diario medio del resto de la semana, y el consumo medio horario (de once a doce y de doce a una) viene a gastar un 50 % más que el consumo medio horario.

Ante esta fluctuación de consumos hay que prever las diferentes variaciones y el posible crecimiento del servicio que estamos calculando, para no quedarnos cortos en el suministro de agua y que resulte deficiente la instalación.

Cuando en la tabla 2.5 queramos conocer los litros/segundo o descarga mínima a considerar, haremos:

$$Q_{\min} = \frac{C_s}{86.400}$$

en la cual,

Q_{\min} = caudal instantáneo a considerar en l/s.

C_s = consumo diario.

86400 = número de segundos en 24 horas.

Tabla 2.5. ESTIMATIVA DE CONSUMOS MEDIOS DIARIOS DE AGUA

MUESTREO DE CONSUMOS PARA DISTINTOS USOS	CLASIFICACION DE LA INSTALACION litros/día		
	Máxima	Normal	Económica
Ciudad grande (por persona, incluida la p.p. de servicios públicos)	330	250	220
Poblaciones con menos de 50.000 habitantes (por persona, incluida la p.p. de servicios públicos)	120	80	60
Medio rural (por persona)	100	75	60
Casa corriente de una ciudad (por persona)	190	125	100
Casa de un solo piso, de un barrio extremo (por persona)	90	70	60
Casa de verano (por persona)	225	165	120
Hotel (por huésped)	300	200	150
Residencia o institución (por residente)	280	190	130
Apartamento (por persona)	300	200	150
Escuela con internado (por alumno)	175	115	100
Escuela sin internado (por alumno)	—	20	—
Cuartel, por plaza (aseo, comida y usos higiénicos)	—	70	—
Prisión (por recluso)	—	60	—
Hospital, sin incluir riego ni lavandería (por paciente)	600	450	300
Oficina (por oficinista)	70	50	40
Mercados, limpieza (por m ²)	—	5	—
Matadero (por res grande sacrificada)	—	350	300
Matadero (por res pequeña sacrificada)	—	175	150
Fábrica (por persona)	—	80	50
Establecimiento de baño (por baño instalado)	5.000	4.000	3.000
Establecimiento de baño (por ducha instalada)	950	600	480
Lavaderos públicos (por plaza)	—	1.200	—
Urinarios públicos, con lavado continuo (por plaza)	5.950	4.800	3.600
Riego de calles (por m ²)	—	1,2	—
Jardines públicos, época estival (por m ²)	—	2,0	—
Jardines privados, época estival (por m ²)	—	4,0	—
Caballos, vacas, etc. (por cabeza)	—	75	—
Corderos, cerdos, etc. (por cabeza)	—	12	—
Colocación en obra de 1.000 ladrillos	—	750	—
Garajes (por coche lavado)	—	200	—

La tabla 2.6. refleja valores de consumo de agua para riego e incendio, y la tabla 2.7. el caudal en calentadores.

Tabla 2.6. CONSUMOS DE AGUA PARA RIEGO E INCENDIOS
Caudal instantáneo en l/s.

Aspersor	0,15
Boca de riego de 20 mm	0,25
Boca de riego de 30 mm	0,50
Boca de riego de 40 mm	0,75
Boca de incendio de 80 mm	10
Boca de incendio de 100 mm	20

Tabla 2.7. CAUDAL EN CALENTADORES

Calentador gas	0,10/0,20 l/s.
Calentador eléctrico	0,15/0,25 l/s.

2.5. ABASTECIMIENTO DE AGUA A NUCLEOS DE VIVIENDAS

Aunque este libro no alcanza a desarrollar el tema que se menciona en el encabezamiento, ya que se sale de los límites que nos hemos marcado, como información incluimos la tabla 2.8 de la Norma Tecnológica de la Edificación (NTE) referencia IFA Abastecimiento, para complementar los datos sobre consumos que se exponen en las páginas que anteceden.

Tabla 2.8. ABASTECIMIENTO



NTE

Cálculo

Abastecimiento

Water supply. Calculation



IFA

1976

1. Número de viviendas de cálculo

↓
Número de
habitantes
del núcleo

→ Uso → Viviendas

Tabla 1

Se obtendrá sumando a las viviendas reales las equivalentes a otros usos, determinadas en la Tabla 1, en función del número de habitantes del núcleo residencial y del uso considerado. El uso de incendio solamente se tendrá en cuenta a efectos de comprobación de la red, según se especifica en el apartado 5.

Se ha considerado una medida familiar de 4,2 individuos.

Uso	Número de habitantes del núcleo		
	< 1.000	1.001 a 6.000	6.001 a 12.000
Boca de incendio Tipo 100	555	475	415
Tipo 80	280	240	210
Piscinas públicas	250	215	190
Hoteles cada 100 plazas	160	140	120
4 y 5 estrellas	100	90	80
3 estrellas	70	60	50
1 y 2 estrellas	125	100	95
Mercados cada 100 puestos	155	130	115
Hospitales cada 100 camas	40	35	30
Oficinas cada 1.000 m ²	35	30	25
Centros comerciales cada 1.000 m ²	20	17	15
Colegios cada 100 plazas	2	1,5	1,5
Superficies ajardinadas cada 1.000 m ²			
	Viviendas		

2. Consumo diario y caudal punta total

↓
Número de
habitantes
del núcleo
↓
Dotación
↓
Caudal punta

Tabla 2

El consumo diario y el caudal punta totales, se obtendrán multiplicando el número N de viviendas de cálculo por la dotación y caudal punta unitario determinados en la Tabla 2, en función del número de habitantes. En las dotaciones están incluidas las pérdidas en la red.

	Número de habitantes del núcleo		
	≤ 1.000	1.001 a 6.000	6.001 a 12.000
Dotación l/viv/día	630	945	1.260
Caudal punta l/viv/seg	0,030	0,035	0,040

3. Redes ramificadas

Esquema de cálculo

Acometidas

Quando se conozca la situación de las acometidas domiciliarias se señalarán en el plano, anotando el número de viviendas servidas por cada una de ellas. Si estuvieran muy próximas entre sí, su conjunto se podrá dividir en grupos sustituyendo cada uno de ellos, a efectos de Cálculo, por una acometida virtual equivalente situada en el centro de gravedad del grupo al que sustituye. Cuando en un núcleo o parte de él se desconozca la situación y características de la edificación, se dividirá en zonas, suponiendo cada zona suministrada por una acometida. El número de viviendas servidas por cada acometida se obtendrá multiplicando el área de la zona servida por la densidad de vivienda.

Conducciones

Se señalará en cada tramo el número de viviendas servidas a partir del mismo, entendiendo por tramo la conducción comprendida entre dos acometidas virtuales, entre una acometida virtual y un nudo o entre dos nudos. Cuando en una calle sea necesario instalar una conducción en cada acera se considerará a efectos de Cálculo como si la conducción fuera única.

Tabla 2.8. ABASTECIMIENTO (continuación)

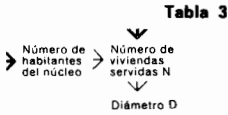
Cálculo de diámetros

Conducción de alimentación, arterias y distribuidoras

Las Tablas 3, 4 y 5 permiten determinar, para cada tipo de tubería, el diámetro D, en mm, de cada tramo en función del número N de viviendas por él servidas y del número de habitantes del núcleo.

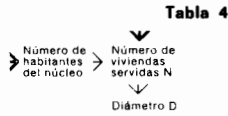
Cualquiera que sea el diámetro obtenido, no se dispondrá en ningún caso inferior al que figura en el apartado de diámetros mínimos.

Para la conducción de alimentación se tomará el diámetro inferior al obtenido en dichas Tablas.



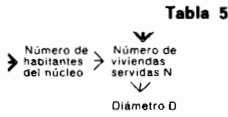
Fundición

Número de habitantes del núcleo	Número de viviendas servidas N											
	≤ 1.000	1.001 a 6.000	6.001 a 12.000	60	70	80	100	125	150	175	200	
≤ 1.000	0 63 90 119 185 291 426 605 861 1.349 2.186 3.007	62 89 118 184 290 425 604 860 1.348 2.185 3.006 4.670	0 54 77 102 159 249 365 518 739 1.157 1.874 2.578	53 76 101 158 248 364 517 738 1.156 1.873 2.577 4.003	0 47 67 90 139 218 320 454 646 1.012 1.640 2.256	46 66 89 138 217 319 453 645 1.011 1.639 2.255 3.503						
Diámetro D en mm												



Fibroemento

Número de habitantes del núcleo	Número de viviendas servidas N										
	≤ 1.000	1.001 a 6.000	6.001 a 12.000	60	70	80	100	125	150	175	200
≤ 1.000	0 66 94 126 195 306 449 637 909 1.421 2.306 3.169	65 93 125 194 305 448 636 903 1.420 2.305 3.168 4.940	0 57 81 108 168 233 385 546 779 1.218 1.977 2.717	56 80 107 167 262 384 545 778 1.217 1.976 2.716 4.234	0 50 71 96 147 230 337 478 692 1.066 1.730 2.377	49 70 94 146 229 336 477 681 1.065 1.729 2.376 3.705					
Diámetro D en mm											



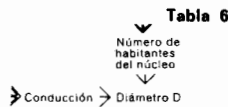
P.V.C

Número de habitantes del núcleo	Número de viviendas servidas N										
	≤ 1.000	1.001 a 6.000	6.001 a 12.000	63	75	90	110	125	140	160	180
≤ 1.000	6 64 92 132 192 245 317 430 525 695 888 1.142 1.470 1.927 2.646	63 91 131 191 244 316 429 524 694 887 1.141 1.469 1.926 2.645 4.092	0 50 79 113 165 210 272 369 450 569 761 979 1.260 1.651 2.268	49 78 112 164 209 271 368 449 595 760 978 1.259 1.650 2.267 3.608	0 48 69 99 144 184 238 323 394 521 666 857 1.102 1.445 1.985	47 68 93 143 183 237 322 393 520 665 856 1.101 1.444 1.984 3.069					
Diámetro D en mm											

Diámetros mínimos

La Tabla 6 permite determinar los diámetros mínimos D, en mm, en función del número de habitantes del núcleo y del tipo de conducción.

El diámetro de una conducción con bocas de riego será como mínimo de 80 mm. Con bocas de incendio con salidas de 100 y 70 mm el diámetro mínimo será de 150 mm y con bocas de incendio con salidas de 70 y 45 mm será de 100 mm.



Conducción	Número de habitantes del núcleo		
	≤ 1.000	1.001 a 6.000	6.001 a 12.000
Arteria	100	125	175
Distribuidor	60	80	100
Diámetro D en mm			

Diámetros equivalentes

Cuando dos conducciones paralelas, situadas en ambas aceras de una calle, se hayan sustituido, a efectos de cálculo, por una única, se le dará a ambas el mismo diámetro, obtenido en la Tabla 7 en función del diámetro calculado y del tipo de tubería.



Tipo de tubería	Diámetro calculado en mm														
Fundición y fibroemento P.V.C	60	70	80	100	125	150	175	200	250	300	350	400			
Fundición y fibroemento P.V.C	63	75	90	110	125	140	160	180	200	225	250	280	315	355	400
Fundición y fibroemento P.V.C	60	60	70	80	100	125	150	175	200	250	300	350			
Fundición y fibroemento P.V.C	63	63	75	90	110	125	140	160	180	200	225	250	280	315	355
Diámetro equivalente en mm															

3

Componentes de una instalación

Una instalación hidrosanitaria comprende diversos elementos: acometida, dimensionado de los conductos a partir del caudal, o sea, longitud, diámetro y tipo de tubería; selección de depósitos, bombas, válvulas, grifos y material sanitario propiamente dicho (lavabos, bidet, bañeras, etc.) y cualquier otro componente que forme parte en el montaje final de la instalación.

La instalación interior de agua sanitaria en una vivienda o en un edificio, se fundamenta, por lo general, en una tubería que se une a la red de agua del Ayuntamiento o Empresa suministradora, un contador para medir el consumo de agua y, partiendo de él, de una serie de tuberías que se esparcen por el inmueble distribuyendo el agua a las diferentes viviendas y, posteriormente, ya en la vivienda, a cada aparato consumidor que presta una función sanitaria.

En este capítulo se hace mención a diversos términos técnicos, cuya definición, y, en algunos casos, sus dimensiones, se han extraído de las Normas Básicas para las Instalaciones Interiores de Suministro de Agua (NIA) y de las Normas Tecnológicas de la Edificación (NTE) correspondientes al asunto que nos ocupa.

→ 3.1. ACOMETIDA

Por acometida designaremos a la tubería que enlaza la instalación general interior del inmueble con la tubería de la red de distribución. Es la parte de la instalación que, tomando el agua de las tuberías de servicio de los Ayuntamientos o compañías de abastecimiento público, la llevan al interior de los edificios. Limitando conceptos,

podemos abreviar diciendo que va desde el punto de toma en la red de distribución hasta la llave de paso general.

Las acometidas vienen impuestas por las compañías suministradoras, que siguen las normas o reglamentos que rigen tanto a nivel nacional como de Ayuntamiento o Comunidades Autónomas, que indican la disposición de la acometida, los accesorios y demás detalles técnicos, y el resto de los elementos integrantes son montados por un instalador autorizado.

La tubería atravesará el muro de cerramiento del edificio por un orificio practicado por el propietario o abonado, de modo que el tubo quede suelto y le permita la libre dilatación, si bien deberá ser rejuntado de forma que a la vez el orificio quede impermeabilizado.

La figura 3.1 muestra la disposición general de una acometida para abastecer de agua a un edificio.

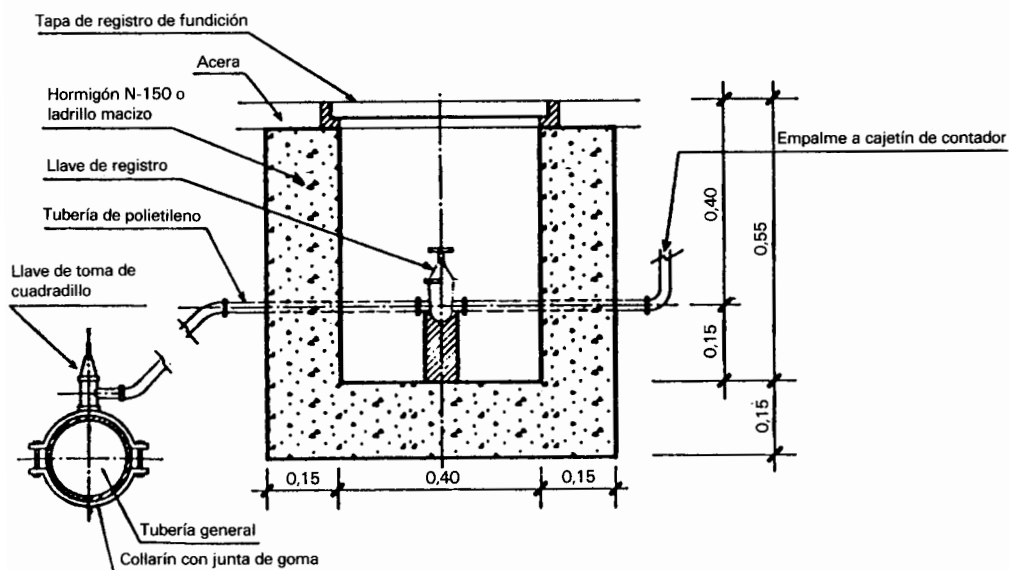


Fig. 3.1. Toma de agua.

La llave de toma se encuentra colocada sobre la tubería de la red de distribución y abre el paso a la acometida. Su instalación es conveniente, porque permite hacer tomas en la red y maniobras en las acometidas, sin que la tubería deje de estar en servicio.

Por otro lado, la llave de registro estará situada sobre la acometida en la vía pública, junto al edificio. Al igual que la llave de toma, la maniobrará exclusivamente el suministrador o persona autorizada.



COMPONENTES DE UNA INSTALACION

Se intercala en el ramal de acometida antes de llegar al terreno de la finca que se abastece, pues su misión más inmediata es la de cortar el paso de agua por la compañía suministradora y dejar sin servicio al usuario, sin necesidad de solicitar permiso del dueño de la finca.

La llave de registro, que será de compuerta, va dispuesta en un hueco practicado en el terreno y acondicionado con obra de albañilería, recibiendo el nombre de **arqueta**. La arqueta está construida conforme las normas de la compañía, siguiendo los reglamentos oficiales; la figura 3.1 enseña las dimensiones y características de una de estas arquetas, aunque las normas pueden variar en detalles, la disposición es fundamentalmente la misma. Por precaución, y a fin de que no pueda quedar inundada, se le facilitará de un desagüe natural.

Esta arqueta tendrá que quedar enlucida y cubierta con una tapa registro de hierro fundido u otro material de resistencia adecuada, acoplado a su correspondiente marco, que se fijará a la obra. De quedar en calzada, el registro será de hierro; la cara superior del registro quedará al mismo nivel que la acera o calzada.

En cuanto a la tubería de polietileno, cumplirá las especificaciones de la norma UNE 53188, para 10 atm de presión y se ajustarán a lo indicado en la norma UNE 53131.

Esta tubería se montará empleando los enlaces a rosca. El enlace de salida del collarín, o en su caso de la llave de toma, será metálico, con objeto de que pueda absorber los esfuerzos a que dicha pieza queda sometida, y de un material resistente a la corrosión.

Para el montaje de tuberías en zanjas de gran longitud se procurará colocarlas serpenteantes de lado a lado de las citadas zanjas, en evitación de posibles tensiones por dilatación o deformación del terreno.

La **llave de paso** estará situada en la unión de la acometida con el tubo de alimentación, junto al umbral de la puerta en el interior del inmueble. Si fuera preciso, bajo la responsabilidad del propietario del inmueble o persona responsable del local en que estuviese instalada, podrá cerrarse para dejar sin agua la instalación interior de todo el edificio.

La llave de paso quedará alojada en una cámara impermeabilizada, construida por el propietario o abonado, y con acceso desde el zaguán o local de uso común a los vecinos del edificio. Podrá también disponerse la llave de paso en el cuarto de contadores, cuando éste se instale junto al muro de cerramiento.

Cuando la acometida, después de atravesar el muro de cerramiento, acceda por un sótano de uso común, podrá equiparse con la llave de paso sin necesidad de cámara de alojamiento.

Por **tubo de alimentación** entenderemos a la tubería que enlaza la llave de paso del inmueble con la batería de contadores o el contador general. A ser posible, quedará visible en todo su recorrido, y de existir inconvenientes constructivos para ello,

quedará enterrado, alojado en una canalización de obra de fábrica rellena de arena, que dispondrá de un registro en sus extremos que permita la inspección y control de posibles fugas.

3.2. CONTADORES

Para medir el caudal de agua que gasta el usuario de un servicio y, posteriormente, ser cobrado por la compañía suministradora, se colocan los llamados **contadores** que se intercalan en la tubería y controlan el consumo de agua doméstica, registrando la cantidad en una esfera de lectura directa o lectura a distancia, mediante la conexión de los contadores de agua a un interface serial de un PC. El contador puede ser para agua fría o para agua caliente, y responderá a modelos oficialmente aprobados y homologados por el Ministerio de Industria y Energía, tal como señala la Norma Básica 1.1.3.

Hay dos maneras de disponer los contadores:

- A) Contador general.
- B) Contadores divisionarios.

Si la acometida abastece a un solo usuario o abonado, o está centralizado el consumo general, se ubica un único contador, al que suele conocerse como **contador general**, y mide la totalidad de los consumos producidos en el edificio o el del abonado.

De modo opuesto, si la acometida surte de agua a varios abonados, se han de colocar tantos contadores como abonados haya con la finalidad de medir los consumos particulares de cada abonado, recibiendo el nombre de **contadores divisionarios**. Estos pueden colocarse repartidos por toda la instalación general, a la entrada del piso particular de cada abonado, o pueden concentrarse en un lugar determinado a la salida de la acometida mediante baterías, designándose por **contadores divisionarios centralizados**.

El **alojamiento del contador general** se situará lo más próximo posible a la llave de paso, evitando total o parcialmente, el tubo de alimentación. Se aposentará en un **armario** y, en casos excepcionales, debidamente justificados, en una **cámara**, bajo el nivel del suelo.

El armario llevará, junto con la llave de acometida, un grifo de comprobación, contador, llave de paso general y válvula antirretorno, como se muestra en la figura 3.2. **Las llaves y la válvula de retención habrán de tener el mismo diámetro que la tubería de alimentación.**

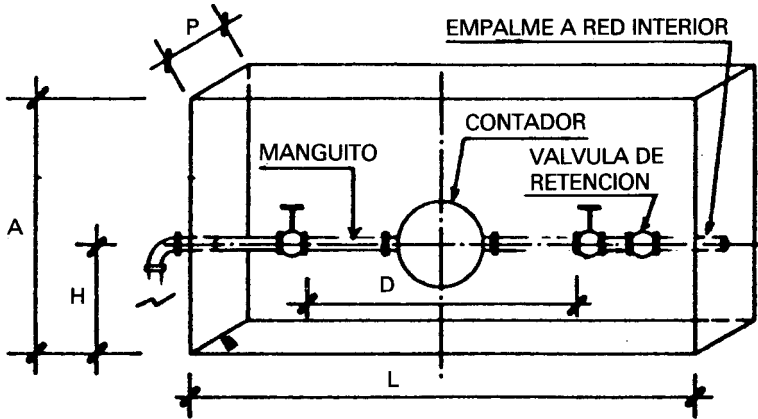


Fig. 3.2. Armario.

La similitud entre armario y cámara es evidente pues la disposición de las llaves y contador son iguales. La diferencia estriba en que, según las normas españolas, se emplea armario cuando el ramal de acometida es de un diámetro de hasta 40 milímetros, y se dispone en cámara si el ramal de acometida es superior a los 40 milímetros.

Tanto si se trata de un armario como de una cámara de acometida, se dispondrán en un lugar inmediato a la entrada de la conducción de agua en el edificio, fácilmente accesible. Estarán cerrados con puertas, de una o de dos hojas de acuerdo con el tamaño, e irán provistos de cerradura y llave para evitar la manipulación incontrolada de las llaves de paso y acometida o del contador.

En el suelo del armario y en el fondo de la cámara, se dispondrá de un sumidero con desagüe para recoger el agua que pueda derramarse al hacer las comprobaciones del funcionamiento del contador, o por si accidentalmente ocurriese alguna pérdida de agua.

Las dimensiones del armario y cámara serán tales que permitan espacios libres para los posibles trabajos y operaciones de revisión y obras suplementarias.

Hay normas en la NIF que fijan dimensiones mínimas conforme el diámetro de acometida y contador, presentando seguidamente algunas. Para el armario de acometida incluimos dimensiones del departamento de Vialidad y Aguas de Zaragoza, correspondiente a la figura 3.2, tabla 3.1. Respecto a la cámara se facilitan las tablas 3.2 y 3.3.

Los **contadores divisionarios** se disponen en edificios que comprendan diversos suministros, y se colocan en **baterías** para centralizar los contadores de agua. Las baterías responderán a modelos oficialmente aprobados y homologados por el Ministerio de Industria y Energía, o en su defecto autorizados por el Departamento correspondiente de la Comunidad Autónoma a que pertenezca. La instalación de

Tabla 3.1. DIMENSIONES DEL ARMARIO EN FUNCION DEL CONTADOR

CONTADOR			DIMENSIONES DEL ARMARIO			
Calibre contador	Pulgadas manguitos	(d) Distancia entre llaves (mm.)	L	A	P	H
7-10-13	3/8-3/8-1/2	185	45	28	20	10
15	1/2-3/4	265	55	35	25	12
20	3/4	265	55	35	25	12
25	1	355	70	35	27	15
30	1 1/4	355	70	35	27	15
40	1 1/2	420	80	40	30	17
50	2	330 P. M.	60	50	20	
65	2 1/2	360				
80	3	395	90	50	30	
80 W	3					
100	4	440	130	60	50	

MEDIDAS EN CENTIMETROS

Tabla 3.2. DIMENSIONES DE LAS CAMARAS DE ACOMETIDA SEGUN LA NORMA TECNOLOGICA DE LA EDIFICACION (NTE)

Diámetro de la acometida mm		A mm	B mm	h mm
Tubo de acero	Tubo de cobre o PVC			
50	40	2.100	700	700
65	60	2.100	700	700
80	80	2.200	800	800
100	100	2.500	900	800
125	125	3.000	1.000	800
150	150	3.000	1.000	800

baterías de contadores divisionarios requerirá previa autorización de la correspondiente Delegación Provincial del Ministerio de Industria.

Las baterías de contadores divisionarios se montan al final del tubo de alimentación. Está formada por un conjunto de tubos horizontales y verticales que alimentan los contadores divisionarios, sirviendo de soporte a dichos aparatos y a sus llaves. Constituirán un circuito cerrado, habiendo como máximo 3 tubos horizontales. Los tubos de la batería tendrán como mínimo el mismo diámetro que el tubo de alimentación.

**Tabla 3.3. DIMENSIONES DE LAS CAMARAS DE ACOMETIDA
SEGUN LA NORMA BASICA**

Diámetro de la acometida mm	A mm	B mm	h mm
40	1.500	600	400
60	2.100	700	700
80	2.200	800	800
100	2.500	900	800
150	3.000	1.000	800

A partir de 18 contadores se les dotará de doble alimentación.

En el origen de cada montante se colocará una válvula de retención y un grifo de purga.

En la figura 3.3. se representan esquemáticamente dos modelos tipo cuadro de baterías, con una única alimentación a partir de la llave general de corte. Se fabrican en diámetros de 2", 2 1/2" y 3" de acuerdo con el número de contadores a sustentar, y, todos los tubos de que constan, tienen el mismo diámetro.

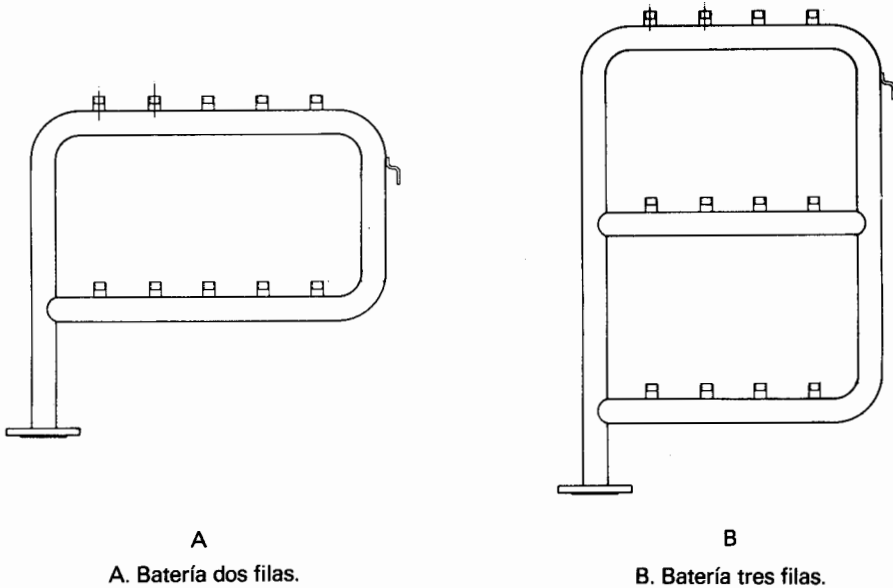


Fig. 3.3. Baterías para contadores divisionarios.

En el sistema centralizado de contadores divisionarios, estos se agrupan para constituir una unidad común, como demuestra la figura 3.4., montándose el contador entre dos llaves: una, fijada al soporte y otra de salida, que da paso a la tubería o montante de alimentación del abonado o usuario.

Hay que hacer observar que, aparte de que la batería cuente con el número de suministros adecuados, los fabricantes de baterías no suelen distinguir entre los diversos tipos de suministros, construyéndolas como si en todos los casos los suministros correspondiesen al de vivienda tipo E, afectando al cálculo del diámetro de la tubería que se hace para este modelo. De esta manera, los convierten en reglamentarios para viviendas A, B, C, D o E indistintamente, sustituyendo a la doble alimentación.

Aparte de los dispositivos antirretorno situados al comienzo de cada montante, es forzoso poner, entre la llave general de corte y la tubería de alimentación, una válvula de retención, que habrá de tener el mismo diámetro que la tubería de alimentación, para eludir el retorno a la red.

Continuando con las indicaciones del apartado 1.1.2.2. de las Normas Básicas, las baterías pueden alojarse en un cuarto cerrado, impermeabilizado, situado en un lugar de fácil acceso y de uso común en el inmueble, generalmente en la planta baja del edificio con acceso directo desde el portal.

Dispondrá de sumidero. Los sumideros de locales destinados a contadores, depósitos, grupos, etc. que se encuentren a cota superior a la red de alcantarillado, verterán a esta directamente por gravedad, mediante dispositivo sifónico. La capacidad de desagüe será equivalente al caudal máximo que pueda aportar cualquiera de las conducciones derivadas de la batería, en caso de salida libre de agua.

Cuando la cota de estos desagües fuese inferior a la del alcantarillado, el vertido se hará a pozos no filtrantes, dimensionados en consonancia con la importancia de la instalación, desde los que se elevará mediante bombas hasta la red de alcantarillado. El funcionamiento de estas bombas será automático, mediante sistemas electrónicos o eléctricos y su caudal será igual o superior al de llenado del pozo del desagüe.

El cuarto se dotará de iluminación eléctrica, y las dimensiones vendrán en función del número de contadores que tenga la batería, con el contador más elevado situado a 1,50 m del suelo como máximo y el contador más bajo a 0,60 m del suelo como mínimo, sin olvidar que quede un espacio libre a cada lado de la batería y otro de 0,75 a 1,20 m delante de la propia batería, una vez colocados los contadores y las llaves, para permitir su inspección.

Igualmente, la puerta deberá ser de una o más hojas que al abrirse dejen libre todo el ancho del cuarto, dotada de cerradura con llave para evitar manipulaciones extrañas en los contadores.

Cuando se instale la batería en el cuarto de bombas, han de mantenerse libres para la batería los espacios mínimos. De la misma manera, estarán suficientemente separadas de otras dependencias destinadas a la centralización de contadores de gas y electricidad.

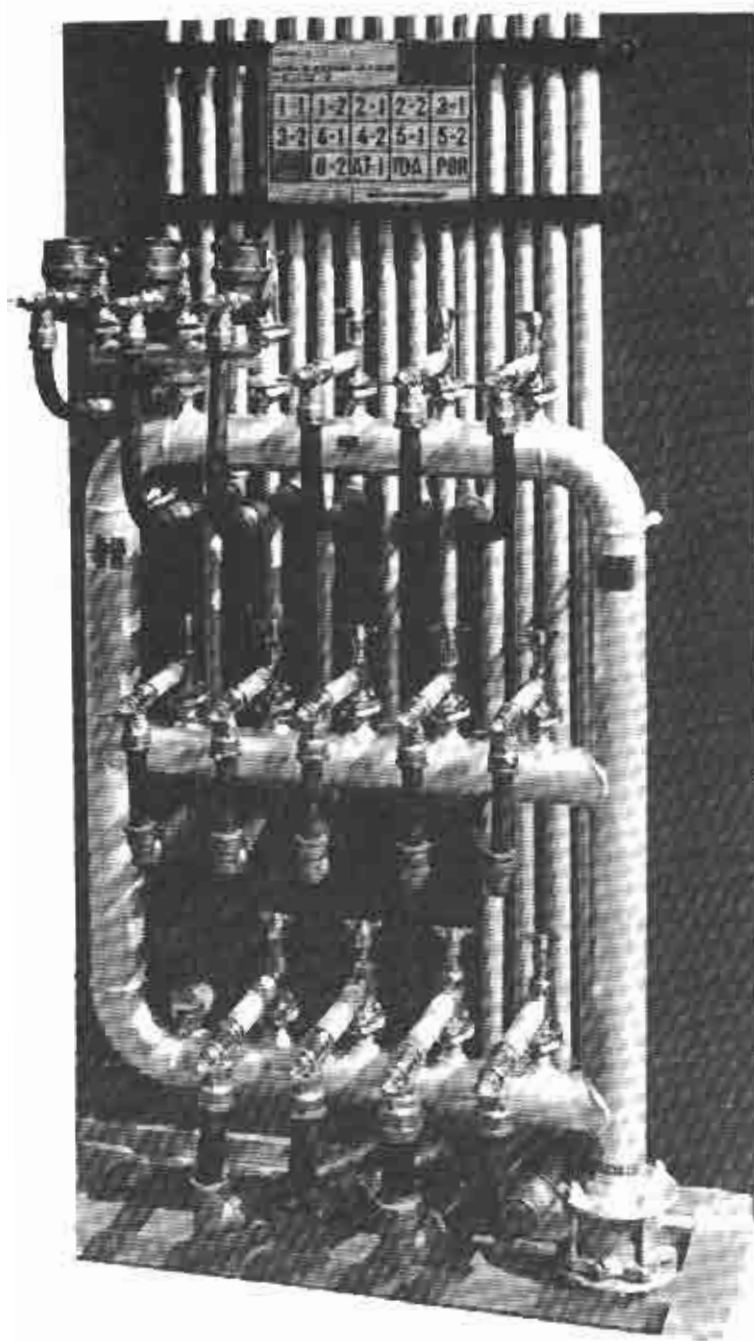


Fig. 3.4. Vista general de una batería de contadores.

Tanto si los contadores se ubican en cuartos cerrados como en armarios, en lugar destacado y de manera bien visible, se pondrá un cuadro o esquema en el que, sin que se pueda borrar, queden debidamente señalizados los distintos montantes y salidas de batería, y su correspondencia con las viviendas y locales.

Los tubos montantes es obligado que salgan de las baterías con tubo flexible y en disposición vertical.

El método centralizado representa múltiples ventajas frente a los individuales en razón a que facilita la toma de lecturas de los consumos al llevarse a cabo todas en el mismo lugar, por lo cual es el que se recomienda para las instalaciones de los edificios con locales o viviendas de varios pisos.

Ya hemos dejado apuntado que los fabricantes de contadores están diseñando contadores de agua con emisor de impulsos para lectura a distancia.

3.2.1. Diámetro de los contadores

El diámetro de los contadores divisionarios se establece de acuerdo con la altura que tengan los techos de locales o viviendas respecto a la calzada, apartado 1.5.4. de las Normas Básicas, clasificándose en dos grupos: igual o menor de 15 metros y mayor de 15 metros.

Las tablas 3.4. y 3.5. indican los diámetros de contadores y llaves para los diversos suministros.

Tabla 3.4. DIAMETRO CONTADOR ALTURA DESDE CALZADA MENOR DE 15 METROS

Diámetro del contador divisionario o centralizado para viviendas cuya altura respecto a la calzada sea menor de 15 metros.				
Tipo de vivienda	N.º de aparatos sanitarios	Diámetro contador mm	Separación llaves mm	Diámetro llaves
Suministro A	4 o menos de cuatro	10 ó 13	185	1/2"
Suministro B	entre 5 y 6	10 ó 13	185	1/2"
Suministro C	7	13	185	1/2"
Suministro D	entre 8 y 12	15	265	1/2"
Suministro E	entre 13 y 17	20	265	3/4"

Las llaves empleadas en las instalaciones deben ser de buena calidad y no producir pérdidas de presión excesivas cuando se encuentren totalmente abiertas.

Se clasifican en dos tipos:

- Llaves de asiento inclinado y de compuerta.
- Llaves de asiento paralelo.

Las primeras, y en general, son todas aquéllas que, estando totalmente abiertas, produzcan una pérdida de presión menor que una longitud de tubería de su mismo diámetro y paredes lisas igual a 50 veces dicho diámetro.

Las segundas, y en general, son todas aquellas que producen una pérdida de presión mayor que la indicada anteriormente. En ningún caso se admitirán llaves cuya pérdida de presión sea superior a la de una longitud de tubería de su mismo diámetro y paredes lisas igual a 600 veces dicho diámetro.

Tabla 3.5. DIAMETRO CONTADOR ALTURA CALZADA MAYOR DE 15 METROS

Diámetros del contador divisionario o centralizado para viviendas cuya altura respecto a la calzada sea mayor de 15 metros.				
Tipo de vivienda	N.º de aparatos sanitarios	Diámetro contador mm	Separación llaves mm	Diámetro llaves
Suministro A	4 o menos de cuatro	10	185	1/2"
Suministro B	entre 5 y 6	13	185	1/2"
Suministro C	7	15	265	1/2"
Suministro D	entre 8 y 12	20	265	3/4"
Suministro E	entre 13 y 17	20	265	3/4"

Los datos técnicos más sobresalientes que conviene conocer en el momento de seleccionar un contador son:

- **Caudal máximo** ($Q_{\text{máx}}$) m^3/h . Es el caudal máximo al que el contador puede funcionar sin sobrepasar los límites de pérdida de presión.
- **Caudal nominal** (Q_n) m^3/h . Es el caudal normal de funcionamiento del contador, y suele ser igual a la mitad del caudal máximo.
- **Caudal mínimo** ($Q_{\text{mín}}$) l/h . Es el caudal a partir del cual el contador trabaja respetando los márgenes de error previstos, que pueden hallarse mediante diagramas.
- **Caudal de arranque** l/h . Significa que existe un caudal inferior al mínimo, que es el de arranque. Es decir, que hasta que no se consume un determinado caudal el contador no arranca, no se pone en marcha, dejando la Empresa de

medir consumos muy pequeños. El caudal de arranque es, por lo general, función del caudal nominal, y, por lo tanto, cuanto más pequeño sea éste más pequeño es el de arranque, lo que puede repercutir en la elección de un contador por la compañía suministradora.

- **Presión máxima de trabajo.** Es la presión máxima que puede tolerar el contador sin variar sus características técnicas.

Como presión de trabajo estándar se da la cifra de 10 bars.

- **Pérdida de presión o de carga.** Se llama pérdida de presión a la resistencia que opone el contador al paso del agua. Se deduce de los gráficos de curvas de pérdida de presión que facilitan los fabricantes. En una batería de contadores divisionarios viene a ser del orden de 1,5 m de c.d.a.
- **Temperatura.** Los contadores se fabrican en dos versiones: para agua fría hasta 30/40° C y para agua caliente hasta 90° C.
- **Filtro.** Todos los contadores tienen que estar provistos de un filtro a la entrada de agua para evitar ser dañados por pequeñas partículas sólidas, y la esfera protegida por una tapa metálica con bisagra.
- **Normativa.** Cualquier avería o funcionamiento irregular del contador se ha de comunicar a la sociedad proveedora y es ilegal manipularlo bajo ningún pretexto.

Las clases de contadores de agua más frecuentemente fabricados son los siguientes:

- Contadores de volumen.
- Contadores de velocidad (de turbina y de molinete).
- Contadores combinados.

Como los contadores de velocidad es el tipo más empleado en España, a ellos nos ceñimos con una breve reseña.

Los contadores de velocidad reciben este nombre en razón a que su funcionamiento estriba en la velocidad de circulación del agua, la cual proporciona una velocidad de giro adecuada a una turbina. O sea, para un mismo diámetro de un conducto, el gasto o cantidad de agua que pasa por el contador es proporcional a la velocidad del agua o giro de turbina movida por el agua.

Se basan, pues, en el número de vueltas que da un elemento móvil (turbina o molinete) al ser arrastrado por el agua, siendo su velocidad proporcional al gasto;

este movimiento es transmitido a través de un sistema de engranajes, hasta un totalizador que proporciona la equivalencia de un número determinado de vueltas con los metros cúbicos de gasto o consumo.

Los de tipo **velocidad** pueden ser de turbina, de molinete o combinados. En los primeros, el elemento móvil es una turbina que el agua impulsa al pasar orientada por unos orificios; los de molinete están constituidos por un simple eje vertical en el que va acoplada una rueda de paletas que es girada por la corriente de agua. Los combinados son dos contadores: uno, de turbina y otro de molinete, acoplados, que se emplean cuando el gasto tiene con facilidad variaciones importantes.

Entre los contadores de velocidad cabe distinguir preferentemente los modelos:

- De chorro único.
- De chorro múltiple.
- De hélice o tipo W.
- Y los proporcionales.

Los **contadores de chorro único** son aquéllos en los que la turbina está montada en un eje vertical y es impulsada por un solo chorro de agua que actúa tangencialmente sobre las paletas.

Los **contadores de chorro múltiple** tienen la turbina montada en un eje vertical y la cámara dispone de múltiples orificios en su periferia por donde penetra el agua haciendo girar la turbina.

Como regla general, debe tenerse presente que para pequeños gastos (viviendas) los más adecuados son los de turbina; para gastos grandes conviene los de molinete.

Los contadores de agua de chorro único (fig. 3.5.) son los que se emplean para medir volúmenes relativamente bajos, cuyas características se tabulan en la tabla 3.6., y sus calibres o diámetros son: 7, 10, 13, 15 y 20. Es el tipo de contador más usado para sondear el consumo de agua en las viviendas. Los de chorro múltiple miden volúmenes medios de agua, siendo los más utilizados en viviendas grandes y en industrias pequeñas, y sus calibres o diámetros son: 25, 30, 40, 50, 65, 80, 100 y mayores.

Los de **hélice** se adoptan para caudales medios y grandes. Llevan una hélice que se conoce con el nombre de su inventor Robert Woltmann.

Los **proporcionales** suelen colocarse en instalaciones de riego porque deja pasar libremente cualquier materia sin entorpecer su marcha.



Fig. 3.5. Contador doméstico de chorro único.

Tabla 3.6. CARACTERISTICAS DE LOS CONTADORES

Calibre	mm	7	13	13	15	20
Longitud sin racores	mm	115	100	115	115	115
Caudal máximo ($Q_{m\acute{a}x}$) $\pm 2\%$	$m^3/h.$	1,2	3	3	3	5
Caudal nominal (Q_N) $\pm 2\%$	m^3	0,6	1,5	1,5	1,5	2,5
Caudal de transición (Q_t) $\pm 2\%$	l/h	48	120	120	120	200
Caudal mínimo ($Q_{m\acute{i}n.}$) $\pm 5\%$	l/h	12	30	30	30	50
Caudal de arranque	l/h	4	8	8	8	12
Capacidad de registro desde/hasta	m^3	0,0001/100.000				

3.3. BOMBAS. GRUPOS DE SOBREELEVACION

Cuando la presión de la red sea insuficiente para que el agua pueda alcanzar por gravedad a las viviendas altas, se dispondrá de un grupo de sobreelevación que impulse el agua o aumente su presión para que pueda llegar a todos los servicios.

La forma más elemental de solventar el problema es colocar una bomba que aspire el agua y la introduzca en la red del edificio, proporcionándole la presión necesaria. Las bombas se emplean, corrientemente, para elevar a un nivel más alto un líquido bombeable.

3.3.1. Bombas

Como sea que en este capítulo se va a tratar de las bombas como un elemento integrante del conjunto, creemos oportuno explicar un mínimo de teoría.

En general, las bombas hidráulicas son máquinas que engendran energía hidráulica por transformación de la energía mecánica que viene desde el exterior (motor), la cual se añade a la energía cinética y potencial del líquido que pasa a través de ellas. Estas máquinas mueven el líquido como consecuencia de un intercambio de energía por rozamiento. La transferencia de energía se ocasiona por medio del movimiento rotacional del líquido conducido por la parte que asume una función activa de la máquina que se denomina **rodete**. El proceso energético ocurre en dos etapas sucesivas; en primer lugar, por efecto del movimiento rotacional, se origina un crecimiento de la energía cinética del líquido; y, en segundo lugar, el líquido pasa por entre distintos canales de sección transversal variable donde dicha energía cinética se transforma en energía de presión. La parte de la máquina en donde se encuentran los mencionados canales se conoce por el nombre de **cámara espiral o caracol**.

Los dos tipos más comunes de bombas son:

- Bombas centrífugas,
- Bombas rotativas,

pero, habitualmente, las más usadas en las instalaciones para el suministro de agua limpia, a temperatura normal, en edificaciones, son las **bombas centrífugas** con motor eléctrico y a las que nos atenderemos. En comparación con otros tipos de bombas, éstas pueden funcionar a velocidades relativamente elevadas y, para una presión y caudal dados, son menores y más ligeras. En ellas, el líquido sale con un flujo sin intermitencias.

Los datos que caracterizan una bomba centrífuga pueden resumirse en: **gasto o caudal** que ha de rendir en litros/minuto o litros/hora; **altura manométrica**, que es la presión o carga en metros que ha de proporcionar el agua para que llegue a la altura deseada, y el **número de revoluciones** por minuto.

Antes de pasar adelante, daremos algunas definiciones, insertando la figura 3.6. para una mejor interpretación.

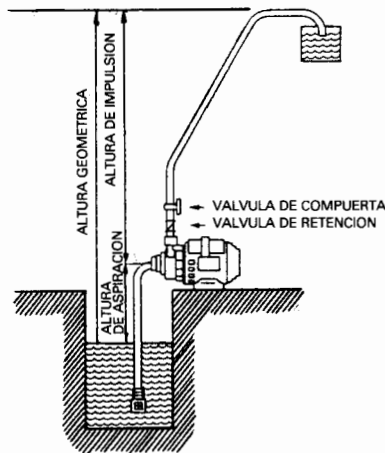


Fig. 3.6. Datos elementales.

Altura geométrica de elevación es la altura medida verticalmente desde el nivel del agua o líquido a elevar, hasta el punto más alto. O bien, es la diferencia (desnivel) existente entre el nivel más alto del líquido en la impulsión (descarga) y el nivel más bajo en la aspiración, y se expresa en metros.

Esta altura se divide en dos: **altura de aspiración** y **altura de impulsión**.

La **altura de aspiración** comprende la distancia vertical desde el nivel del agua hasta la cota del eje de la bomba (turbina). La **altura total de aspiración** es la suma de su altura más las pérdidas de carga; y la **altura de impulsión** se mide desde el eje de la bomba (turbina) hasta el punto de máxima elevación. La **altura total de impulsión** es la suma de su altura, más las pérdidas de carga.

Altura manométrica es la presión efectiva que ha de vencer la bomba para elevar el agua desde su nivel más bajo hasta el punto de elevación más alto. Se compone de la altura total de aspiración, más la altura total de impulsión.

Conviene añadirle un tanto por ciento de margen como altura de seguridad. Aproximadamente un 5 %.

Pérdidas de carga son las fuerzas que se oponen al avance del agua en las tuberías, producidas por rozamiento interno debido a su rugosidad, diámetro, longitud y velocidad con que circula el agua, y a la viscosidad del líquido a elevar. También influyen los **accesorios**, como curvas, válvulas de retención y compuerta, etc., además de otros factores, como la temperatura del agua y la altura sobre el nivel del mar. Por todo ello, de acuerdo con las leyes físicas, se producen pérdidas de presión que se pueden describir como pérdidas de altura.

La **potencia** del motor (P_{cv}) que acciona la bomba, potencia motriz en CV (caballos de vapor), será:

$$P_{cv} = \frac{\gamma \cdot Q \cdot H}{75 \cdot \eta}$$

en donde,

Q = caudal a elevar en l/s.

H = altura manométrica total en m.

γ = peso específico del líquido en kg/dm³.

η = rendimiento mecánico total de la bomba en tantos por 100.

Para el agua, siendo $\gamma = 1$ y expresada en m³, la fórmula anterior quedará:

$$P_{cv} = \frac{1.000 \cdot Q \cdot H}{75 \cdot \eta}$$

siendo,

Q = caudal en m³/s.

H = altura manométrica en m.

η = rendimiento mecánico total de la bomba en tantos por 100.

El rendimiento varía de 30 a 80 %, conforme al tipo de bomba y a las condiciones de Q y H para una misma operación. De igual manera, la potencia del motor se recomienda aumentar de un 15 a un 20 % para tener margen para posibles sobrecargas y bajas tensiones de la red, variación de las condiciones de trabajo, errores en el cálculo de pérdidas de carga, etc.

La instalación de las bombas centrífugas es relativamente sencilla, pero deben tenerse en cuenta ciertos puntos que son de la mayor importancia pues de lo contrario podrían experimentarse dificultades en el servicio, señalando:

- La bomba tiene que estar correctamente alineada. La exacta alineación de la bomba y los ejes del accionador es esencial para su buen funcionamiento, cualquiera que sea el tipo de accionamiento empleado. Un mal asentamiento de la bomba daría lugar a graves desgastes en el interior de la bomba.
- Procurar que la bomba no tenga que soportar el peso de las tuberías. Es decir, sujetarlas bien.
- No montar tuberías de diámetro interior, inferior al recomendado por el fabricante. Es correcto colocar tuberías, aun cuando su diámetro interior sea superior al recomendado.

- Que la tubería, aspiración e impulsión, coincida perpendicularmente con los tubulares de la bomba y que se mantengan rectas.
- Si la bomba y su conjunto han de soportar temperaturas bajo cero, hay que vaciar el agua durante los períodos en que no funcione.
- Cuando las bombas han de trabajar a una presión superior a los 15 m., es indicado instalar una válvula de retención a la salida de la bomba para evitar los golpes de ariete y la posible avería en el interior del cuerpo de bomba.
- Es muy conveniente intercalar, a la salida de la bomba y comienzo del tubo de impulsión, una llave de paso o de regulación, para ajustar el caudal al volumen previsto, evitando extralimitaciones que podrían ocasionar desperfectos en el motor, por sobrecarga.

3.3.1.1. Cavitación

Cuando la bomba opera con una aspiración excesiva, la presión en la tubería de aspiración cae por debajo de un cierto valor crítico. La presión disminuye hasta que puede crearse un vacío y el líquido se convierte en vapor, y es arrastrado por la corriente. Las burbujas de vapor llamadas **cavidades** (de ahí el nombre de cavitación) desaparecen bruscamente cuando alcanzan zonas de presión más altas en su camino a través de la bomba. El ruido que se oye en el interior de la bomba es causado por la explosión de las burbujas de vapor.

Los males comunes derivados de la cavitación son picaduras, vibración y ruidos. Una cavitación severa viene generalmente acompañada por ruido excesivo y daños a la bomba; una cavitación moderada puede no producir más que una pequeña reducción del caudal, altura, rendimiento y desgaste prematuro de la bomba.

El comportamiento de una bomba frente al fenómeno de cavitación se define por medio del valor NPSH (*Net Positive Suction Head*). El valor NPSH es específico de cada impulsor y corresponde a la presión mínima que debe haber sobre la bomba cuando ésta trabaja en aspiración.

3.3.1.2. Golpe de ariete

En general, se entiende como **golpe de ariete** en tuberías o aparatos a un súbito aumento de la presión (onda de presión) que frecuentemente sobrepasa en mucho el esfuerzo del servicio normal. La onda de presión se desplaza a la velocidad del sonido, pudiendo provocar la deformación elástica e incluso la rotura de elementos de la instalación. Los golpes de ariete se reconocen, normalmente, por los duros estampidos que causan.

Las variaciones bruscas de caudal (parada de bomba, cierre de válvulas, puesta en marcha de bomba) en las conducciones de agua, engendran ondas de sobrepresión

que, dado que los líquidos son prácticamente incompresibles, la onda de presión se propaga en todas las direcciones. La onda de presión tiene un movimiento oscilatorio, perdiendo lentamente intensidad hasta su anulación.

Es posible atenuar las ondas de presión intercalando los llamados calderines de aire (antiariete) que transforman con facilidad las oscilaciones de onda en oscilaciones de masa líquida y las absorbe, limitando así la sobrepresión a valores aceptables.

3.3.2. Grupos de sobreelevación

Cuando la presión de agua en la red general es insuficiente para cubrir la demanda, especialmente a ciertas horas del día, se recurre a grupos de sobreelevación.

Las Normas Básicas, en su apartado 1.6, que desarrollaremos, trata sobre ello especificando las prestaciones de las bombas y la capacidad del depósito. Dichas Normas Básicas son de aplicación en algunos sectores, mientras que en otros dependen más de los cálculos de ingenierías, consultings, etc., dándose una diversidad de soluciones.

Se advierte que los edificios de **más de 15 plantas** requerirán un proyecto específico redactado por técnico competente, ya que por su altura será necesario **subdividir las sobreelevaciones**. En el caso de **baterías de contadores divisionarios**, las plantas con sobreelevación dispondrán de **una batería independiente** de la que alimente las plantas que no requieran sobreelevación. La sobreelevación se conseguirá acumulando agua en un **recipiente de aire a presión** o bien en un **depósito abierto elevado**.

Si la instalación interior requiere una presión más elevada que la disponible en la red del distribuidor, el abonado deberá aumentarla por medio de una instalación de bombeo alimentada desde un depósito o aljibe. Las bombas no se conectarán directamente a las tuberías de llegada del agua de suministro, salvo que, excepcionalmente, se autorice la conexión directa del grupo a la red. En este caso, se equipará con los dispositivos de aislamiento que se determine en cada caso (apartado 2.6.1. y 2.6.2. de la NIA).

El apartado 1.6.1 de la NIA señala claramente que el **equipo de presión irá situado en la planta baja o en el sótano del edificio**.

La puesta en marcha o paro del grupo motobomba será mandado por un presostato encargado de mantener la presión entre dos valores, que se determinan de modo que garanticen el funcionamiento correcto de todos los aparatos instalados. El volumen del recipiente auxiliar debe ser tal que no se produzcan paradas y puestas en marcha demasiado frecuentes.

El equipo motobomba con **depósito abierto irá situado en la parte alta del edificio**.

La puesta en marcha o paro del grupo motobomba estará mandado por los niveles máximo y mínimo de agua en el depósito, mediante flotador, sondas de nivel

u otro medio equivalente. El volumen del depósito auxiliar debe ser tal que no se produzcan paradas y puestas en marcha demasiado frecuentes, ni la renovación del agua sea tan lenta que altere sus propiedades.

Para ambos casos, el caudal de bomba, funcionando en el límite más alto de presión, dependiendo del número de viviendas y el tipo de suministro, se decidirá por la tabla 3.7., insistiendo las Normas Básicas que para caudales de bombeo mayores de 10,8 m³/h hasta 36 m³/h se empleen 2 bombas trabajando en paralelo.

Tabla 3.7. CAUDAL DE BOMBA

Tipo suministros N.º de viviendas	A	B	C	D	E	Caudal bombeo m ³ /h
	0 - 10	1,5	2,1	3	3,6	
11 - 20	2,4	3,6	5,1	6	7,5	
21 - 30	3,6	4,5	6,6	8,4	10,8	
31 - 50	5,4	9	10,8	13,2	16,8	
51 - 75	9	13,2	15	17,7	19,2	
76 - 100	12	16,2	17,4	19,2	—	
101 - 150	15	18	19,2	—	—	

La **presión mínima** del agua en el recipiente de presión, en metros de columna de agua (m. c.d.a.) se obtendrá añadiendo 15 metros a la altura, en metros sobre la base del recipiente, del techo de la planta más elevada que tenga que alimentar.

La **presión máxima** del agua en el recipiente de presión será superior en 30 metros de columna de agua (m. c.d.a.) a la presión mínima.

Ejemplo:

La altura manométrica mínima o de arranque en metros columna de agua (m. c.d.a.) será igual o superior a la altura geométrica desde el equipo de presión (planta baja o sótano) hasta el techo de la última planta más 15 metros.

De esta manera, un edificio con 7 pisos de 3 m. cada uno, más planta baja y con el equipo situado en el primer sótano, supondrá un total de 9 plantas a elevar, y, por consiguiente, la presión de arranque es: 9 plantas \times 3 m. + 15 = 42 m. c.d.a.

La altura manométrica de parada será entre 15 m. c.d.a. (presión mínima) y 30 m. c.d.a. (presión máxima) superior a la de arranque. Así pues, en el caso expuesto, la altura manométrica de parada estará entre 57 (42 + 15) y 72 (42 + 30) metros columna de agua (m. c.d.a.).

Por otro lado, cuando el número de suministros pase de los máximos indicados en la tabla 3.7., se establecerá para el cálculo de la bomba una proporción entre el número mayor de suministros reflejado en la tabla 3.7. y el número de suministros que queramos calcular. Cualquier otra modalidad de cálculo requerirá su aceptación por la Delegación de Industria.

Ejemplo:

Deseamos calcular la bomba necesaria para 90 suministros tipo E. Tomaremos la cifra más próxima y será:

$$\begin{array}{l} 75 \text{ Suministros E} \text{ ————— } 19,2 \text{ m}^3/\text{h} \\ 90 \text{ Suministros E} \text{ ————— } x \end{array}$$

despejando x tendremos,

$$x = \frac{90 \cdot 19,2}{75} = 23 \text{ m}^3/\text{h}$$

Los grupos de sobreelevación o presión serán necesarios cuando la presión de la acometida se encuentre por debajo de la reseñada en la tabla 3.8., y las plantas quedarán atendidas por el grupo de bombeo.

Cuando en la acometida exista una presión superior a la que refleja la tabla 3.9, se aconseja colocar una válvula reductora con el fin de que mantenga la presión dentro de los límites aconsejados, independiente de la presión primaria.

Tabla 3.8. PRESION MINIMA PARA COLOCAR GRUPO DE PRESION

Emplazamiento de la planta más alta		1.º	2.º	3.º	4.º	5.º	6.º	7.º	8.º	9.º	10.º	11.º	12.º	13.º	14.º	15.º
Presión mínima admisible en la acometida m. c.d.a.	Grifos	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54
	Fluxores	17	20	23	26	29	32	35	38	41	44	47	50	53	56	59

Tabla 3.9. PRESION MAXIMA PARA COLOCAR VALVULA REDUCTORA

Emplazamiento de la planta más baja		1.º	2.º	3.º	4.º	5.º	6.º	7.º	8.º	9.º	10.º	11.º	12.º	13.º	14.º	15.º
Presión máxima admisible en la acometida m. c.d.a.	Grifos	39	42	45	48	51	54	57	60	63	66	69	72	72	72	72
	Fluxores	44	47	50	53	56	59	62	65	68	71	74	74	74	74	74

Es frecuente que en edificios de gran altura la colocación de un solo grupo de presión haga inoperante la instalación, ya que hay que considerar que, al igual que el agua, debe salvar la altura real más las pérdidas de carga producidas por rozamiento, y tiene que respetar unas presiones máximas en su impulsión, que pueden ser en algunos casos excesivas para otros puntos de la instalación que se está realizando.

Parecería en principio incoherente tener que colocar un grupo de impulsión y a la vez válvulas reductoras en algunas derivaciones, siendo por ello recomendable estudiar concienzudamente las necesidades verdaderas, y la subdivisión de las unidades de impulsión por zonas independientes para garantizar un mejor funcionamiento de todo el conjunto.

A su vez, es aconsejable disponer de una bomba de reserva, igual a la que esté en marcha para poder sustituir a ésta en caso de una avería o reparación. Los fabricantes de conjuntos hidroneumáticos a presión ofrecen en sus catálogos grupos con varias bombas, una de ellas de repuesto, con dispositivos de alternancia para la maniobra.

Las Normas Básicas determinan que el **volumen del depósito de presión** o volumen total del depósito (agua y aire), en **litros** será igual o superior al resultado de multiplicar el número de viviendas por el coeficiente K que se indica en la tabla 3.10., según sea el tipo de vivienda (Suministro A, B, C, D o E) y el modelo de acumulador (con inyectores, de membrana o con compresores).

Ejemplo:

Supongamos que tenemos un edificio con 35 viviendas/suministro B, a la que le correspondería un depósito de $50 \times 35 = 1.750$ litros si fuera de inyectores, o de $18 \times 35 = 630$ litros con membrana o compresor.

Tabla 3.10. COEFICIENTES DEPOSITO DE PRESION

SUMINISTRO	A	B	C	D	E
Depósito con inyectores K =	40	50	60	70	80
Depósito de membrana o con compresor K =	15	18	20	23	26

El funcionamiento de los grupos hidroneumáticos es sencillo. La entrada en marcha y parada de la bomba se logra mediante un presostato de alta y baja, regulado en el punto más alto.

La presión de parada de la bomba es la presión máxima a la que está sometido el depósito, y, por consiguiente, el máximo volumen del depósito, que coincide con el máximo volumen del líquido almacenado.

La bomba no entra en funcionamiento hasta que vuelve a recibir la orden del presostato de baja, que será, ciertamente, cuando el acumulador haya restituido el líquido almacenado, estando el mismo con la mínima presión.

Los depósitos hidroneumáticos vienen en la mayoría de los casos cargados de gas, que puede ser nitrógeno o aire, y para el llenado y vaciado llevan una válvula convenientemente protegida.

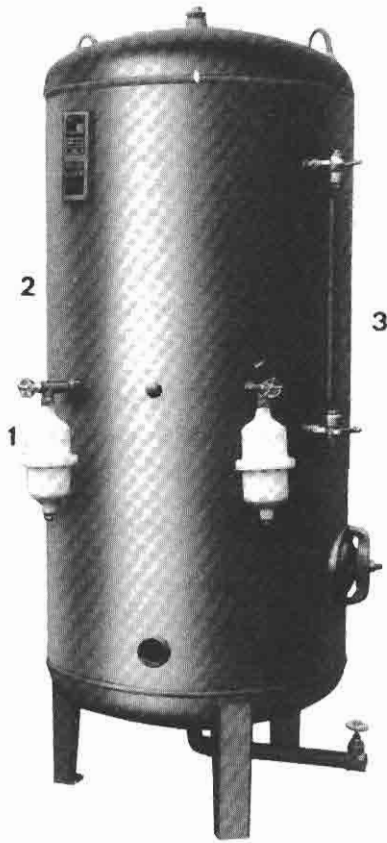
Hemos dejado dicho que en los depósitos de presión se da la existencia de agua y aire. En el momento que el grupo entra en movimiento, el agua sube de nivel, comprimiendo el volumen del aire en la cámara superior del depósito. El aire así comprimido mantiene la presión en el depósito, hasta alcanzar el valor mínimo, en el que arranca el grupo. El aire, lógicamente, se va disolviendo en el agua, pudiendo reponerse por medio de inyectores, llevando uno por cada bomba que contenga el módulo de bombeo (fig. 3.7). Las limitaciones de este procedimiento obligan a disponer de depósitos de capacidad relativamente elevada, como puede deducirse del ejemplo.

Es necesario reseñar que no se recomienda instalar inyectores para presiones de trabajo superiores a 8 bar, ya que la recuperación del aire resulta insuficiente.

El volumen del depósito de presión puede ser menor que el anterior si nos valemos de un compresor de aire capaz de comprimir el aire del recipiente, antes de su puesta en funcionamiento y en ausencia de agua en su interior, a una presión comprendida entre 30 y 35 m. c.d.a., o sea, 3 y 3,5 bar de presión en el aire comprimido que entra.

Igualmente, el mercado de depósitos acumuladores ofrece una gama que tiene la particularidad de que el agua no tiene contacto con el aire, manteniendo inalterables las propiedades de higiene del agua potable. Son los llamados de membrana (fig. 3.8.), que poseen una membrana elástica en su interior, recambiable, en donde está el agua, manteniendo total y permanentemente separados el agua y el aire, siendo la capacidad del depósito idéntica a los de compresor.

La solución más comúnmente adoptada son los grupos de sobreelevación con depósito de presión acoplado, pues tienen sobre los depósitos abiertos situados en la parte alta del edificio las siguientes ventajas:



1. Inyectores.
2. Depósito de chapa de acero decapado y galvanizado para evitar la corrosión.
3. Nivel transparente.

Fig. 3.7. Depósito de presión con inyectores.

1. Depósito de acero.
2. Vejiga recambiable alimentario.
3. Unión de la brida y contrabrida de sujeción de la vejiga.
4. Orificio de alimentación de agua.
5. Válvula de hinchado protegida.
6. Argolla de suspensión.
7. Válvula de seguridad.
8. Placa de seguridad.
9. Patas.

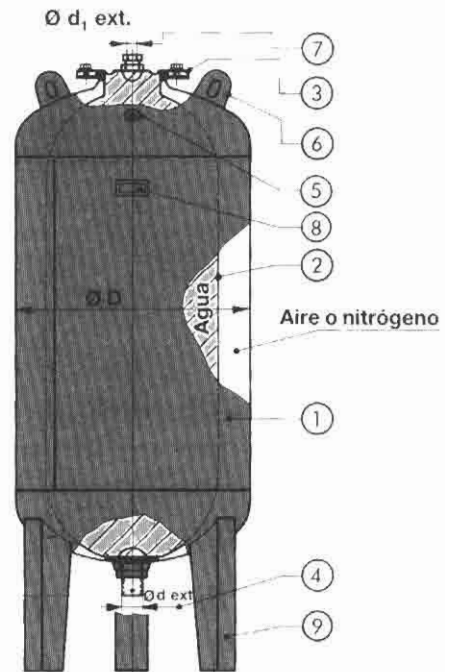


Fig. 3.8. Depósito de presión con membrana.

- Se evita la contaminación del agua y su posible alteración o ensuciamiento de la misma, por ser el depósito herméticamente cerrado.
- En las redes de distribución se puede garantizar la presión deseada, mientras que en los depósitos abiertos está supeditada a la que da la altura de ubicación de los mismos.
- Se soslaya el problema de acomodar un peso fuerte de agua en el desván o terraza, descargando la estructura del edificio.

Como contrapartida podemos citar: mayor coste de la instalación, ligero aumento de ruido y el no poder disponer de un depósito grande de reserva para el caso de una reparación general de la instalación o falta de energía eléctrica.

Como última sugerencia, y atendiendo a las Normas Complementarias de las Básicas para instalaciones interiores de suministro de agua, si tuviera que colocarse un grupo de sobreelevación, deberá ponerse previamente a dicho grupo, un depósito de acumulación o de rotura de presión (fig.3.9.). En este caso se considerará **acometida** la tubería que enlaza la red de distribución con el grifo flotador de entrada al depósito de acumulación, siendo su sección constante y de igual calibre que la llave de toma que emplace la Empresa Suministradora.

Estos depósitos de acumulación, contruidos con materiales totalmente impermeables y resistentes a la corrosión, estarán dotados de un rebosadero en su parte superior, de **un diámetro al menos vez y media el calibre del tubo de acometida**. Asimismo, llevará su tapa correspondiente.

El **volumen mínimo** de estos depósitos expresado en **litros**, será el que resulte de **multiplicar los coeficientes** que se relacionan en la tabla 3.11. por el **número de suministros** que alimentan los depósitos.

Tabla 3.11. COEFICIENTES DEPOSITO DE ACUMULACION

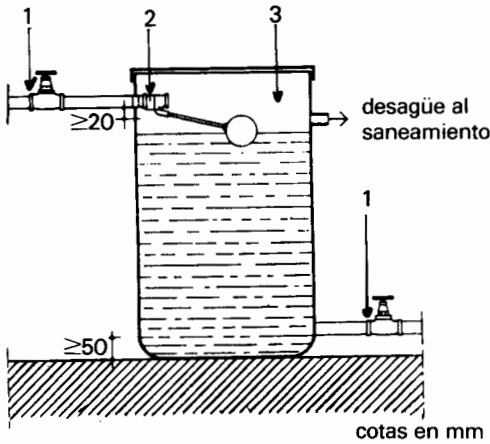
Tipo de suministro	A	B	C	D	E
Coefficiente	40	50	60	70	80

Para no tener una retención excesiva de agua, se recomienda que el volumen máximo de los depósitos no llegue a ser mayor que dos veces el volumen mínimo.

Los depósitos de acumulación, así como los grupos de sobreelevación, que pueden estar en la misma sala, se ubicarán en un local independiente de salas de calderas, cuartos de máquinas, garajes o cualquier otra dependencia en la que puedan surgir atmósferas de gases, polvo u otra sustancia contaminante o corrosiva.

COMPONENTES DE UNA INSTALACION

Este local estará debidamente ventilado y dotado de su correspondiente sumidero.



1. Llave de compuerta roscada o embreada a la entrada y salida del depósito.
2. Válvula de flotador roscada al tubo de alimentación.
3. Depósito acumulador provisto de rebosadero que se conectará a la red de saneamiento.

Fig. 3.9. Depósito acumulador

En el caso de montar el equipo motobomba con **depósito abierto** la altura mínima del depósito se establecerá en **cuatro metros** de altura sobre el techo de la planta más alta a alimentar.

Con el fin de evitar que la presión en los aparatos situados en las plantas más bajas no sea excesiva, la diferencia de altura entre éstos y el nivel máximo de agua en el depósito no será mayor de 35 metros.

El **volumen útil del depósito en litros**, es decir, el determinado por los niveles máximo y mínimo del agua, será igual o superior al que resulte de multiplicar los coeficientes de la tabla 3.12. por el número de Suministros que alimenta el recipiente.

Para que no se origine una retención excesiva del agua, es conveniente que el depósito no llegue a ser mayor que 10 veces el volumen calculado por los coeficientes.

Tabla 3.12. COEFICIENTES DEPOSITO ABIERTO

Tipo de suministro	A	B	C	D	E
Coficiente	8	10	12	14	16

Aunque el nivel del agua debe estar en comunicación con la atmósfera, el depósito será cerrado y se garantizará la estanqueidad de las piezas y empalmes que están

unidos a él. Asimismo, no se tolerará en la fabricación de depósitos para reserva de agua ningún material que sea absorbente o poroso, y se dispondrá de forma que sea fácil y eficaz su limpieza periódica.

3.3.2.1. Cálculo de un grupo de sobreelevación

Supongamos que tenemos que hallar el caudal de una bomba para atender a un edificio que contenga 7 plantas y 5 pisos por planta. Cada piso se compone de un baño completo, un aseo y cocina.

Calcularemos el caudal instantáneo mínimo por vivienda para conocer el tipo de vivienda/Suministro a que pertenece.

Baño completo

1 Lavabo	0,10 l/s
1 Bidet	0,10 l/s
1 Inodoro	0,10 l/s
1 Bañera	0,30 l/s
<hr/>	
4 Unidades	0,60 l/s

Aseo

1 Lavabo	0,10 l/s
1 Inodoro	0,10 l/s
1 Ducha	0,20 l/s
<hr/>	
3 Unidades	0,40 l/s

Cocina

1 Fregadero	0,20 l/s
1 Lavadora	0,20 l/s
1 Lavavajillas	0,20 l/s
<hr/>	
3 Unidades	0,60 l/s

Sumando los datos anteriores nos quedaría:

Baño completo	4 aparatos	0,60 l/s
Aseo	3 aparatos	0,40 l/s
Cocina	3 aparatos	0,60 l/s
<hr/>		
	10 aparatos	1,60 l/s

Con estos datos, la vivienda corresponderá, de acuerdo con la tabla 2.2. Clasificación de Suministros, al tipo D.

Por otra parte, el número de viviendas será:

$$7 \cdot 5 = 35 \text{ viviendas}$$

Yendo a la tabla 3.7. Caudal de bomba, y fijándonos en el número de viviendas, vemos que está entre 31 y 50 y como el Suministro es del tipo D, a la bomba le corresponderá un caudal de 13,2 m³/h. Observaremos que el caudal de la bomba es mayor de 10,8 m³/h que estipulan las Normas Básicas, y, por consiguiente, se montarán 2 bombas de 6,6 m³/h trabajando en paralelo, que cubrirán el total del caudal encontrado.

El grupo de bombeo, de acuerdo con las Normas Básicas, se colocará en el sótano (altura 4 m.), la planta calle (altura 4 m) y 3 m. de altura cada planta, hacen un total de:

$$7 \text{ plantas} \cdot 3 \text{ m} = 21 \text{ m}$$

si le sumamos la planta calle y el sótano, resultará:

$$21 + 4 + 4 = 29 \text{ m}$$

La presión mínima (arranque) de la bomba, según las Normas Básicas, queda reflejada por:

$$29 + 15 = 44 \text{ m. c.d.a.}$$

y la presión máxima (parada) es:

$$29 + 15 + 30 = 74 \text{ m. c.d.a.}$$

En la práctica corriente, las bombas trabajan a una presión intermedia entre la presión mínima y la presión máxima. Es decir, la presión máxima igual a la mínima más 15 metros.

Si elegimos un depósito de presión de membrana, por la tabla 3.10., para 35 viviendas Suministro D, el coeficiente sería 23 y, por lo tanto, el volumen del depósito de presión resultaría:

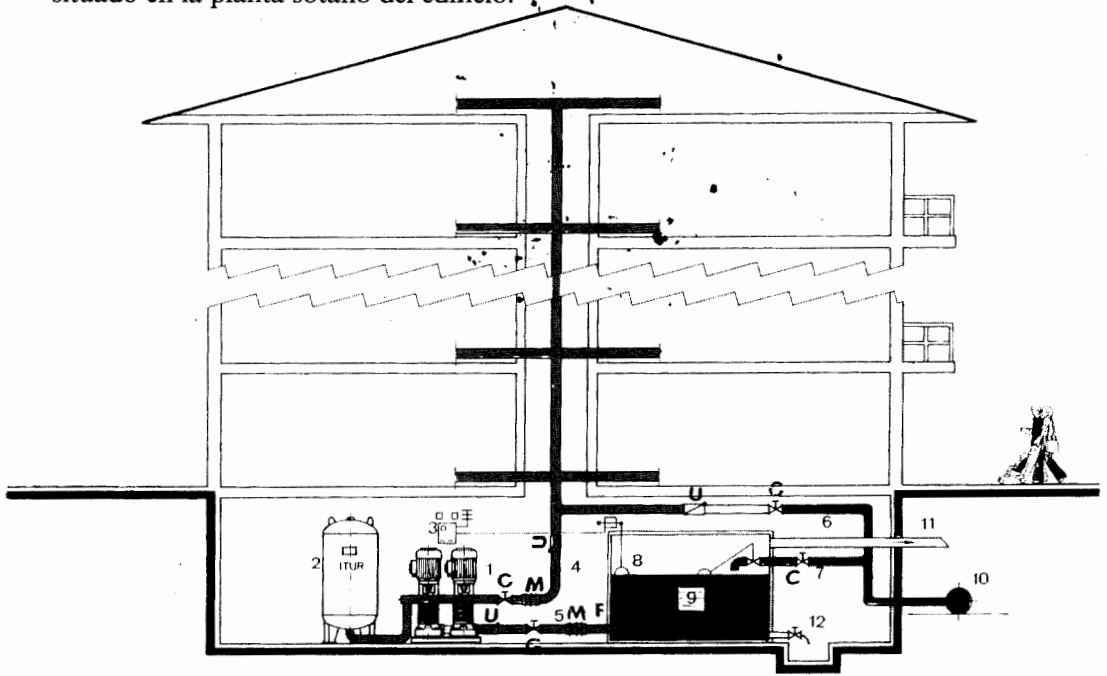
$$35 \cdot 23 = 805 \text{ litros}$$

El depósito acumulador, también conocido como aljibe, se hallará por la tabla 3.11., quedando:

$$35 \text{ viviendas tipo D} \cdot 60 = 2.100 \text{ litros}$$

Cuando las viviendas sea cada una diferente, se recurrirá a la tabla 2.4. para reducir los suministros al más común en la instalación, procediendo al cálculo de la misma manera que el ejemplo.

La figura 3.10 muestra el conjunto del grupo de presión y el depósito acumulador situado en la planta sótano del edificio.



1. Módulo de bombeo. 2. Depósito de presión. 3. Cuadro eléctrico. 4. Tubería de impulsión bombas.
5. Tubería de aspiración bombas. 6. By-pass de la red general. 7. Tubería de llenado depósito acumulador.
8. Boya de seguridad por nivel mínimo. 9. Depósito acumulador. 10. Red general. 11. Rebotadero. 12. Desagüe al alcantarillado.

Letras: U. Válvula de retención. C. Válvula de compuerta. F. Filtro. M. Manguito elástico.

Fig. 3.10. Esquema de montaje de grupos de presión y depósito acumulador.

En situación de golpe de ariete, el efecto puede subsanarse colocando un anti-ariete con vejiga separadora entre gas y líquido en el circuito, conforme se ilustra en el esquema orientativo de la figura 3.11., que recibe el primer impacto del retroceso del líquido a causa de la presión existente en el depósito. El cierre de la válvula de retención es, de ese modo, progresivo y silencioso, evitando con el tiempo un deterioro de la válvula y de los prensa-estopos o cierres mecánicos de las bombas, en aquellos grupos en que la válvula de retención se encuentra en la aspiración de la bomba. Con ello se eluden las posibles fugas que aumentarían la cadencia de funcionamiento del presostato de puesta en marcha y paro del grupo moto-bomba.

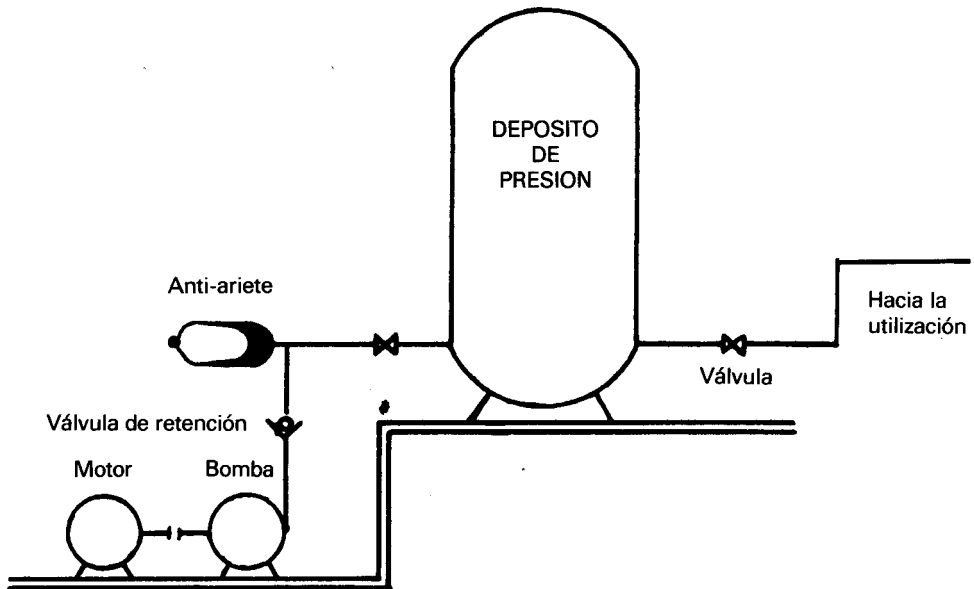


Fig. 3.11. Montaje del anti-ariete en grupos de presión.

Hay que cuidar, en los grupos hidroneumáticos, hasta qué altura máxima puede alimentar cada uno de ellos, ya que una alta presión en el interior del grupo para alimentación de una planta de elevada altura puede ser excesiva en una de las inferiores, si éstas están servidas por el mismo grupo sobreelevador.

La experiencia aconseja que un grupo de presión no debe alimentar más de 9 ó 10 plantas simultáneamente, en razón a que la presión mínima en la planta superior a la décima puede ser excesiva en la planta primera, con lo cual el conjunto de la instalación puede verse afectado, siendo más conveniente instalar varios grupos alternativos de elevación que alimenten diferentes alturas del edificio.

3.4. FLUXORES

Se entiende por fluxor o válvula de descarga a un grifo de cierre automático que se coloca sobre la derivación de una instalación interior de agua para ser utilizado en los inodoros, urinarios y vertederos, en sustitución de los tanques de descarga altos y/o bajos, siendo aconsejable su emplazamiento en lugares de carácter público.

Su diseño es estético (fig. 3.12.), ocupan menos espacio que los habituales depósitos de descarga, con lo cual, en algunos casos, el inodoro puede situarse más cerca de la pared ganando espacio útil en los baños. A su vez, la duración del ruido es menor en

comparación con el que se origina en las instalaciones corrientes cuando se almacena agua para la siguiente descarga. Tiene la ventaja de que a los pocos segundos de haberse efectuado la descarga puede volver a usarse nuevamente. No presentan ningún inconveniente si se montan en circuito independiente o compartido con otros aparatos.

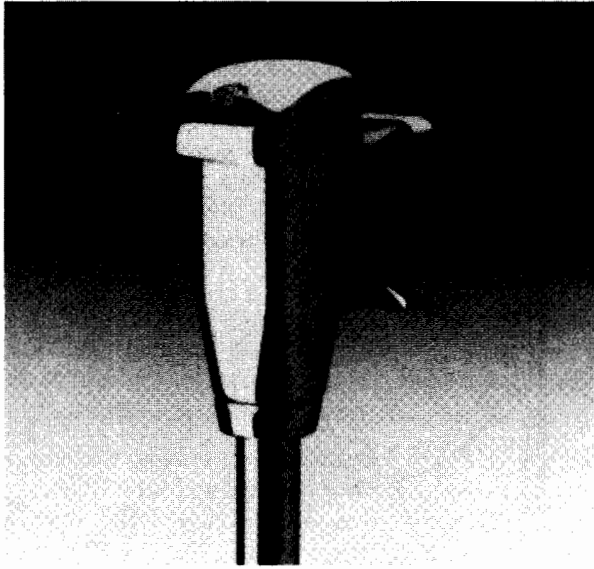


Fig. 3.12. Apariencia externa de un fluxor.

Va provisto de un pulsador que, al ejercer una presión manual sobre el mismo con la yema de los dedos de la mano, se causa una descarga de agua procedente de la red de distribución o de un depósito acumulador intermedio. La expulsión del agua tiene lugar mientras dura la acción del pulsador, iniciándose sistemáticamente y de una manera suave la interrupción de la salida del agua, después de cesar la presión sobre él y sin golpe de ariete .

Hay que hacer observar que cuando la instalación sea mixta, es decir, común a fluxores y a otros aparatos corrientes, puede existir una pérdida de presión en el conjunto de la acometida e instalación interior durante el empleo del fluxor. Se recomienda realizar un exhaustivo estudio y un adecuado diseño, o sea, estar suficientemente dimensionada la red de alimentación.

En los fluxores es preceptivo poder regularse bien el tiempo de descarga o la cantidad de agua a verter mediante un dispositivo de regulación de caudal y ajuste del volumen de descarga, para que no traspase la demanda con un elevado caudal instantáneo, haciendo compatible la perfecta limpieza y evacuación del W.C. y urinarios con un consumo mínimo de agua.

COMPONENTES DE UNA INSTALACION

La existencia de fluxores lleva aparejada una presión hidrodinámica a partir de 0,5 bar (presión de trabajo 0,5/5 bar) superior a la necesaria para una instalación con griferías corrientes, tomando, según modelos, un caudal medio estimado de 0,3 litros/segundo regulable (volumen descarga 2/6 litros), montándose como mínimo a 200 mm por encima del borde superior de las tazas de los urinarios y a 1 m aproximadamente del suelo en los inodoros. Estarán provistos de válvula antirretorno para evitar el retroceso de aguas sucias.

Las figuras 3.13. y 3.14. presentan: la primera, montaje de fluxores en urinarios y, la segunda, en inodoros.

El diámetro mínimo de la tubería conectada al fluxor de urinario será de 1/2" y en caso de condiciones de presión desfavorables se aumentará a 3/4" en acero galvanizado o de 16/18 diámetro en tubería de cobre, efectuando conexión a la red de 1" para fluxor automático de W.C.

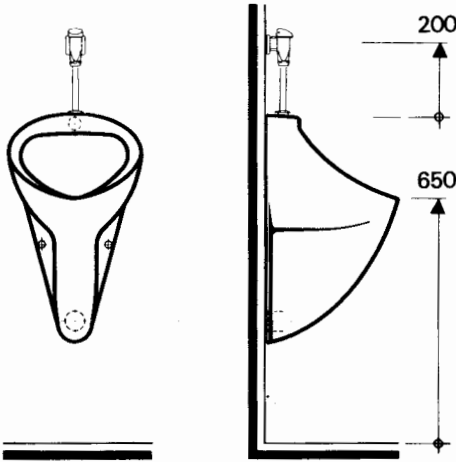


Fig. 3.13. Fluxor de Urinario.

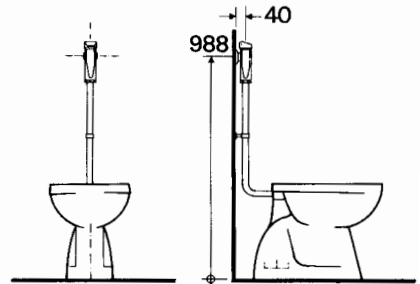


Fig. 3.14. Fluxor de W.C.

La tubería que se deriva de la general para alimentar de agua a los fluxores, cuando éstos actúen independientemente, vendrá delimitada por el número de urinarios en servicio. Así, para 2 fluxores, colocaremos tubería de 3/4" diámetro ; de 3 a 5 tubería de 1" con ramal a 3/4" y bajantes de 1/2", y, para un número superior de 1 1/4" con ramal transversal de 3/4" y bajantes de 1/2".

Instalaciones con contador

El título 4.º de las Normas Básicas para las Instalaciones Interiores de Suministro de Agua, se dedica enteramente a dar pautas para el empleo de fluxores en las

instalaciones de agua sanitaria. A partir del apartado 4.2 se extiende a los casos de instalaciones con contador general único y a otras variantes.

Cuando existe contador general único se dice taxativamente:

El estudio particular, que siempre será necesario cuando se utilicen fluxores, requiere un cálculo previo para comparar, mediante el coeficiente de simultaneidad previsible, los caudales probables demandados por los fluxores, por un lado, y los correspondientes a todos los demás servicios, por otro. En el caso de que estos últimos sean iguales o superiores a los primeros, no será necesario tomar disposiciones especiales, bastando una instalación normal calculada correctamente. De resultar el segundo caudal inferior al de los fluxores, se recurrirá a las disposiciones especiales que se establecen en la norma 4.3.

En las instalaciones en que, alimentadas por un contador general único, el número de fluxores sea superior a 200, se considerará, sin necesidad de comprobación, que se da el primero de los dos casos.

La norma 4.3. dedicada a *instalaciones dotadas de batería de contadores divisionarios* o que, teniendo contador general, no es de aplicación la norma 4.2., señala que al objeto de evitar, en lo posible, los inconvenientes propios de la colocación de fluxores en estas instalaciones, se recomienda aplicar alguno de estos dos sistemas:

- A) Contador exclusivo para la medición de los caudales destinados a los fluxores, los cuales formarán una instalación interior independiente. Otro u otros contadores medirán la alimentación del resto de los aparatos.
- B) Contador o contadores comunes para los fluxores y el resto de los aparatos de la instalación, estando aquéllos conectados indirectamente a la instalación interior única por medio de un depósito de acumulación.

Dentro de estos dos sistemas caben cuatro disposiciones distintas de las instalaciones interiores, a saber:

- 1) Instalación centralizada de fluxores conectados directamente a la red por medio de contador independiente de los restantes consumos.
- 2) Instalación centralizada de fluxores con depósito de acumulación abierto.
- 3) Instalación centralizada de fluxores con depósito de acumulación con aire a presión.
- 4) Instalación individual de fluxores con depósitos de acumulación a presión.

Las características y dimensiones que se establecen son consecuentes con un caudal por fluxor comprendido entre 1,25 y 2 l/s, dejando una presión residual de 7 m de c.d.a. a la entrada del aparato y deben ser consideradas como las mínimas exigibles para garantizar el funcionamiento correcto de estas instalaciones.

En las instalaciones correspondientes al apartado 1 el dimensionado de la acometida, llaves (deben ser de compuerta y su diámetro igual al de la acometida) y tubo de

alimentación, elementos comunes en el sistema de distribución del edificio, vendrá determinado por el consumo de los fluxores, dado que el caudal consumido por los mismos es muy alto con respecto al de todos los demás aparatos.

En los casos más corrientes, en ausencia de consumos extraordinarios, puede fijarse una relación entre los consumos de ambos grupos de aparatos, de modo que los diámetros de la acometida, llaves de paso, registro y tubo de alimentación, se relacionen con el número de fluxores según la tabla 3.13.

Tabla 3.13. DIAMETRO INTERIOR DE LA ACOMETIDA Y DEL TUBO DE ALIMENTACION

Número de fluxores en todo el edificio	Diámetro interior de la acometida en mm	Diámetro interior del tubo de alimentación en mm
1 a 20	60	76,2
21 a 50	80	88,9
Más de 50	100	101,6

Para el contador y sus llaves, que puede formar parte de la batería de contadores divisionarios del edificio o se derivará de la misma acometida; aceptando que si hay contador general único para los demás servicios, se monte uno independiente para este fin. En los dos casos, los diámetros del contador y de las llaves se ajustarán a la tabla 3.14.

Tabla 3.14. DIAMETRO DEL CONTADOR Y DE LAS LLAVES DE CONTADOR

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

El tubo ascendente 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, según la tabla 3.15.

Los diámetros que figuran en la tabla están previstos para que en el conjunto de la derivación horizontal y sus subdivisiones se instale un máximo de dos llaves de paso.

Tabla 3.15. DIAMETRO DEL TUBO ASCENDENTE O DERIVACIONES Y DE LAS LLAVES

Número de fluxores en todo el edificio	Diámetro tubo ascendente o derivaciones 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
Más de 50	60	100	60

En la situación del apartado 2, la introducción de un depósito de acumulación constituye un medio de regulación que convierte al fluxor en un aparato corriente, similar desde el punto de vista de su demanda de caudal a un sanitario con depósito (por ejemplo un W.C. con depósito de descarga) cuyo consumo es de 0,1 l/s, por lo que el dimensionado de la acometida, llaves y tubo de alimentación corresponde a los de una instalación normal.

El diámetro del contador y sus llaves se dan en la tabla 3.16; forman parte de la batería de contadores divisionarios. El tubo de alimentación al depósito de acumulación partirá del contador y llegará hasta dicho depósito con diámetro interior uniforme igual, como mínimo, al calibre del contador.

Tabla 3.16. DIAMETRO DEL CONTADOR Y DE LAS LLAVES DE CONTADOR

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 20	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

El fondo del depósito de acumulación estará situado, por lo menos, 8 m por encima del fluxor más elevado. El volumen útil será, como mínimo el que indica la siguiente tabla 3.17.

Tabla 3.17. VOLUMEN DEL DEPOSITO

Número de fluxores en todo el edificio	Volumen en litros
1 a 5	100
6 a 10	150
11 a 30	200
31 a 80	300
Más de 80	500

El depósito de acumulación estará en contacto con la atmósfera a través de una sección superior a cuatro veces la sección máxima del bajante.

El tubo ascendente o montante entrará por la parte superior del depósito, descargando por lo menos dos centímetros por encima del nivel del aliviadero, el cual tendrá una sección superior al doble del tubo ascendente o montante. Este terminará en una válvula de cierre por flotador, antes de la cual se dispondrá una llave de paso del mismo diámetro que el tubo ascendente o montante.

El diámetro de cada tramo de bajante y derivación vendrá determinado por el número de fluxores correspondiente; el mismo criterio se aplicará a cada una de las derivaciones generales o parciales. Los diámetros correspondientes serán los indicados en la tabla 3.18.

Los diámetros de la tabla se han considerado en el supuesto de un máximo de dos llaves de paso, dentro del conjunto total o parcial de cada una de las derivaciones horizontales que parten del bajante.

Tabla 3.18. DIAMETRO BAJANTE O DERIVACIONES Y LLAVES

Número de fluxores	Diámetro bajante o derivaciones 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
Más de 20	60	70	60

Cuando consideremos el apartado 3, cuya concepción es muy parecida a la expuesta anteriormente, con la única diferencia del depósito a presión, la acometida, llaves y tubo de alimentación se dimensionarán como si se tratase de una instalación interior normal.

Las condiciones de trabajo del contador y sus dimensiones corresponde a lo indicado en la tabla 3.14. Para el tubo ascendente y derivaciones se harán de acuerdo con la tabla 3.15.

Con depósito de acumulación a presión, depósito con aire a presión sin compresor, o sea, aire comprimido por la presión de la red, la capacidad total (aire y agua) vendrá determinada por la tabla 3.19.

Tabla 3.19. CAPACIDAD DEL DEPOSITO A PRESION

Número de fluxores en todo el edificio	Capacidad total del depósito a presión en litros
Hasta 4	100
5 a 10	150
11 a 15	200
16 a 30	300
31 a 50	400
51 a 75	600
Más de 100	800

Igualmente, cabe utilizar uno o varios depósitos cerrados, sin aire, de paredes elásticas. La capacidad del conjunto debe ser tal, que permita en un tiempo máximo de 15 segundos la descarga de un cierto volumen de agua, que dependerá del número total de fluxores instalados, sin que ello provoque una disminución sensible de la presión. Los volúmenes de descarga se dan en la tabla 3.20.

Y, por último, en el apartado 4, la acometida, llaves, tubo de alimentación, contador y tubo ascendente, se diseñarán como si se tratase de aparatos corrientes. Como consecuencia de la regulación introducida por un depósito de acumulación, el fluxor pasa a ser un aparato corriente.

Con referencia al depósito de acumulación, puede utilizarse un sólo depósito para todos ellos, o un depósito para cada fluxor. También cabe cualquier solución intermedia.

Tabla 3.20. VOLUMEN DE DESCARGA

Número de fluxores en todo el edificio	Volumen de descarga en litros
Hasta 4	30
5 a 15	60
16 a 30	100
31 a 50	130
51 a 75	175
76 a 100	200
Más de 100	300

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 dependen de cada depósito, será las que figuran en la tabla 3.21.

También cabe utilizar depósitos cerrados, sin aire, de paredes elásticas. Su capacidad debe ser tal que permita en 15 segundos la descarga de un cierto volumen de agua que depende del número total de fluxores sin que se provoque una disminución sensible de presión. Los volúmenes de descarga se dan en la tabla 3.22.

Tabla 3.21. CAPACIDAD DEL DEPOSITO A PRESION

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

Tabla 3.22. VOLUMEN DE DESCARGA

Número de fluxores en la instalación	Volumen de descarga en litros
1	15
2 a 4	30
Más de 4	60

Tuberías de distribución

Cada instalación, sea sencilla o complicada, está constituida por un conjunto de tubos que sirven para conducir el agua desde la toma hasta los aparatos que van a utilizarla.

Aquí trataremos de las tuberías de distribución interior para el suministro de agua en edificaciones, que se diferencian de las exteriores en la dimensión de los tubos y en la presión de servicio.

Antes de introducirnos en este campo, expondremos unos elementales conocimientos de Hidráulica.

4.1. NOCIONES DE HIDRAULICA

La parte de la Mecánica que estudia el equilibrio de los fluidos (líquidos y gases) se llama **Hidrostática**, o estática de los fluidos, y la que se ocupa del movimiento de los mismos, **Hidrodinámica**, constituyendo ambas la Mecánica de los fluidos; la parte de la Mecánica que estudia el equilibrio y movimiento de los líquidos con aplicaciones a problemas de índole práctica es la **Hidráulica**.

Esta ciencia nació en el siglo XVII, como resultado de la ordenación de los trabajos de Bernoulli, Torricelli, etc.

Para lograr que un fluido, en este caso agua, circule o se mueva por el interior de una tubería de sección circular, es preciso la existencia de una cantidad de líquido,

que designaremos por **caudal**, una fuerza que lo impulse conocida como **presión** y una tubería delimitada por su **sección**.

Al moverse el agua a través de una tubería entra en función un nuevo concepto denominado **velocidad de circulación**.

4.1.1. Caudal

Entenderemos por **gasto o caudal** circulante por una tubería a la cantidad de líquido que atraviesa el área plana de la misma en la unidad de tiempo. O bien, que el gasto o caudal es el volumen del líquido que atraviesa una sección transversal cualquiera de una conducción en la unidad de tiempo.

Llamando v a la velocidad, su expresión es:

$$Q = S \cdot v \quad [1]$$

en donde,

Q = caudal en m^3/s . Unidad de caudal en el S.I.

S = área o sección de la superficie transversal interior del conducto, normal a la dirección de la circulación del flujo en m^2 .

v = velocidad de circulación en m/s .

Conociendo dos de estas magnitudes se calcula la tercera, pudiendo escribirse la fórmula [1] de la siguiente manera:

$$S = \frac{Q}{v} \quad [2]$$

$$v = \frac{Q}{S} \quad [3]$$

Para conductos de sección circular el área de la superficie transversal interior es igual a:

$$S = \frac{\pi}{4} d^2$$

de donde fácilmente se deduce el diámetro interior, d , del tubo redondo, o conociendo su diámetro hallar el área.

Un concepto básico en el movimiento de fluidos es la **ecuación de continuidad** (conservación de la masa). En un conducto por el que circula un fluido, la ecuación de continuidad nos dice, al suponer el fluido incompresible y en régimen permanente, que el caudal entrante es igual al saliente.

Cuando se presenta un estrechamiento o un ensanchamiento (tes y bifurcaciones), igualmente se cumple la ley.

Como los dos volúmenes (entrante y saliente) deben ser iguales y, por tanto, $S_1 \cdot v_1 = S_2 \cdot v_2$, ó

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{S_2}{S_1}$$

que representa la ecuación de continuidad y expresa que las **velocidades están en razón inversa de las áreas**, o que la velocidad del líquido está en razón inversa de su sección, permaneciendo el caudal constante.

Esto nos viene a indicar que si la tubería es de un diámetro pequeño y ha de pasar por ella una cantidad de agua idéntica a la que transita por una tubería de diámetro grande, la velocidad a la que circulará el agua por la tubería pequeña será mayor a la del agua que se mueva por la tubería grande.

4.1.2. Presión

El agua ejerce un empuje o presión sobre la pared de la tubería o depósito que la contiene y se expresa en kilogramos por centímetro cuadrado (atmósfera o metros por columna de agua). En el seno de una corriente uniforme, el valor es el mismo para todos los puntos de cada sección transversal.

Por consiguiente, definiremos la presión como la fuerza de empuje que necesita tener el agua dentro de una tubería para poder circular a través de ella, manteniéndolo presente que en el seno de la sección de la tubería, y con una corriente uniforme, la presión obligatoriamente ha de ser la misma en todos los puntos de la tubería.

La presión necesaria para alimentar un punto de consumo en una instalación se aproxima a un valor mínimo en acometida de:

$$P_{\text{acometida}} = 1,20 H + 10 \text{ m. c.d.a.}$$

siendo H la altura del punto que se pretende alimentar del edificio, o tomando como principio lo reseñado en las Normas Básicas y que hemos comentado en capítulos anteriores.

Un eventual desnivel supondrá una variación de presión por un valor igual (en metros de columna de agua) a la diferencia de nivel.

El valor encontrado debe ser suficiente para que el agua llegue a los puntos más altos de la instalación por sí sola; de lo contrario, precisará de un grupo de sobreelevación supletorio para compensar esta deficiencia de la red de distribución.

La empresa suministradora de agua informará al proyectista sobre la presión estática mínima en el punto de enlace con la red, siendo la presión más habitual de 3 bar (kg/cm^2). La presión de origen será medida después del contador o grupo de contadores y de las tuberías intercaladas entre la acometida y el punto de partida, lo que proporciona una presión residual a tener en cuenta para el cálculo de las tuberías, estimándose esta presión residual sobre 1,5 bar (kg/cm^2) (véase apartado 2.3).

4.1.3. Velocidad de circulación

Las velocidades de circulación del agua por el interior de una tubería se establecen entre unos valores acotados, ya que es necesario resaltar que la elección de la velocidad de circulación es fundamentalmente un problema económico, en razón a que una velocidad alta requiere tuberías de menor sección y, por consiguiente, de más bajo coste; pero, por contra, los valores altos pueden producir fenómenos de golpe de ariete importantes, e incluso, aparición de ruidos por vibraciones y una gran erosión interior.

Las velocidades bajas facilitan el proceso de sedimentación y la formación de depósitos calcáreos, motivados por la gran cantidad de materias en disolución que lleva el agua.

Como norma general, se estima una velocidad de circulación de:

- Velocidad mínima 0,5 m/s.
- Velocidad máxima 2 m/s.

Algunos fabricantes de material de grifería propugnan como velocidad aconsejada en pisos y locales de 1,8 m/s.

Sin embargo, como pauta que se sigue, puede tomarse una velocidad admisible en la acometida, alimentación, ascendente e instalación de 1,50 m/s.

De cualquier modo, la velocidad debemos fijarla entre 0,5 y 2 m/s, de manera que tenga una relación íntima con la presión.

La tabla 4.1. es una guía que indican la relación entre ambas.

Para presiones entre 20 m. c.d.a. y 50 m. c.d.a., se puede hallar la velocidad por la fórmula de Mougny, que da un resultado aproximado, en donde D = diámetro.

$$1,5 \sqrt{D + 0,05}$$

Tabla 4.1. VELOCIDADES RECOMENDABLES EN FUNCION DE LA PRESION

Presión m. c.d.a.	Velocidad m/s
1 - 5	0,50-0,60
5 - 10	0,60-1,00
10 - 20	1,00-1,50
20 o más	1,50-2,00

4.2. CALCULO DE TUBERIAS. ABACOS

Para que un fluido se mueva dentro de una tubería hace falta, como ya hemos mencionado, que exista una presión que le obligue a ello y que compense los rozamientos que se producen cuando el fluido se traslada por ella y, al mismo tiempo, mantenga la velocidad de circulación.

Cuando el agua transita a lo largo de un conducto pasa tocando sus paredes, lo que supone una pérdida de energía del agua que se manifiesta en una disminución de la presión total. Esta pérdida de presión es lo que llamamos **pérdida de carga o caída de presión**.

Estudios experimentales realizados por diferentes investigadores en base a las leyes de semejanza en tuberías y contrastados con la realidad, condujeron a diferentes expresiones para calcular la pérdida de carga en tuberías. Estas expresiones son las de Darcy, Weisbach, Colebrook, etc. No obstante, todas ellas responden a una expresión teórica de la misma forma:

$$J = \frac{1}{g} \cdot \frac{v^2}{R} \cdot f(\text{Re}, \epsilon)$$

donde,

J = Pérdida de carga en la tubería expresada en metros de caída de presión por cada metro de tubería (m/m).

g = Aceleración de la gravedad = 9,81 (m/s²).

$f(\text{Re}, \epsilon)$ = Coeficiente de fricción. Es una función experimental de Re y ϵ .

Re = Número de Reynolds adimensional.

ϵ = Coeficiente dimensional que depende de la rugosidad relativa de las paredes de la tubería.

v = Velocidad media del agua en la tubería (m/s).

R = Radio hidráulico de la tubería (m).

Por otro lado, el empleo de fórmulas o ábacos de tipo práctico es más sencillo que la utilización de estas leyes anteriores. Antes de proceder al manejo de dichos ábacos se van a subdividir las pérdidas de carga en dos tipos o especies diferentes:

- A) Pérdidas de carga, teniendo en cuenta solamente los tramos rectos de la tubería sin contabilizar los accesorios. La caída de presión depende de la velocidad del flujo, la disposición física del tubo, su diámetro, la rugosidad de la superficie interior y las propiedades físicas del fluido que circula por él (densidad y viscosidad).
- B) Pérdidas de carga que corresponden exclusivamente a los accesorios motivados por estrangulamientos, expansiones, codos bruscos, tes, diversas válvulas y otros.

En este sentido, la pérdida total de presión o pérdida de carga, dentro de la tubería, se compone de la pérdida de presión en la tubería recta con diámetro constante y, además, de la pérdida de presión causada por los accesorios.

La determinación de la pérdida de presión en los contadores de agua y en aparatos, se hace por separado, aparte del cálculo de la pérdida de presión en la tubería general. La caída de presión originada en los contadores y aparatos depende de la construcción de éstos y de la corriente-volumen máxima que pasa por ellos. Los fabricantes suelen indicar la caída de presión para una corriente-volumen definida. En una batería de contadores divisionarios se puede tomar como pérdida de carga aproximada la cifra de 1,5 m. c.d.a.

Ordinariamente, se recomienda que la pérdida de presión en tuberías esté cercana a los 10 y 30 mm. c.d.a. por metro lineal de tubería.

Las tuberías pueden dimensionarse una vez conocido el caudal que lleva cada tramo, y con la velocidad que ensayemos, podremos encontrar el diámetro de la tubería partiendo de la fórmula 1.

Así tendremos:

$$Q = S \cdot v \qquad \text{ó} \qquad Q = v \frac{\pi}{4} D^2$$

de donde,

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{v \cdot \pi}} \qquad \text{en metros}$$

Al elegir un diámetro comercial, interesa conocer la velocidad verdadera del tramo. Por ello, aplicaremos la fórmula:

$$v = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot D^2} \qquad \text{en m/s}$$

y comprobaremos si dicha velocidad se encuentra comprendida dentro de los límites establecidos para la velocidad de circulación. En el caso de que no se cumpla, volveremos a intentarlo con otro diámetro, sirviéndonos de orientación la ecuación de continuidad.

Una vez fijada la velocidad y perfilado el diámetro de tubería, nos será fácil averiguar la pérdida de carga si operamos con la fórmula empírica de Flamant, cuya expresión es:

$$J \text{ (m. c.d.a.)} = F \cdot v^{1,75} \text{ (m/s)} \cdot D^{-1,25} \text{ (m)}$$

siendo F un factor dependiente del tipo de tubería que se emplee en cada tramo y cuyos valores son:

— Tuberías rugosas	0,00070
— Tuberías lisas	0,00056

De esta forma vamos calculando cada tramo de la instalación con sus diámetros, velocidades, pérdidas de carga y presiones, comprobando si éstas son admisibles y, también determinar la presión más desfavorable para, en su caso, realizar el cálculo del grupo de presión, advirtiendo que la base de los cálculos tiene como condición que se divida la totalidad de la tubería en secciones o tramos.

Ahora bien, para facilitar la tarea de cálculo presentamos en la figura 4.1. un ábaco que permite efectuar las operaciones anteriores con más sencillez, bien entendido que con los ábacos se consiguen valores aproximados muy cercanos a la realidad.

Su manejo es muy simple. Basta unir con una recta el caudal y la velocidad para que hallemos el diámetro de tubería. En el ejemplo se ha unido el caudal (1 l/s) y la velocidad (1,5 m/s) para que obtengamos el diámetro bien en pulgadas o en milímetros (30 mm).

Pérdida de carga

Ya hemos dejado apuntado que para conocer la pérdida de carga causada por el rozamiento se puede recurrir a resolver algunas de las varias fórmulas existentes, entre ellas la de Flamant, que trata el problema. Sin embargo, el manejo de ábacos resuelve la cuestión con relativa facilidad. En instalaciones de agua, las clases de tuberías que tienen una mayor aplicación son las de **acero galvanizado, las de cobre y las de materias plásticas.**

También hay ábacos comunes para diversos materiales como el que se enseña en la figura 4.2. (Afta) que facilita la pérdida de carga en tuberías de acero galvanizado y cobre. Para encontrar la pérdida de carga de una tubería de acero galvanizado de una 1" siendo el caudal de agua circulante de 2000 l/h, se va al eje horizontal que indica los caudales y buscamos el valor de 2000. Subiendo verticalmente vamos al

TUBERIAS DE DISTRIBUCION

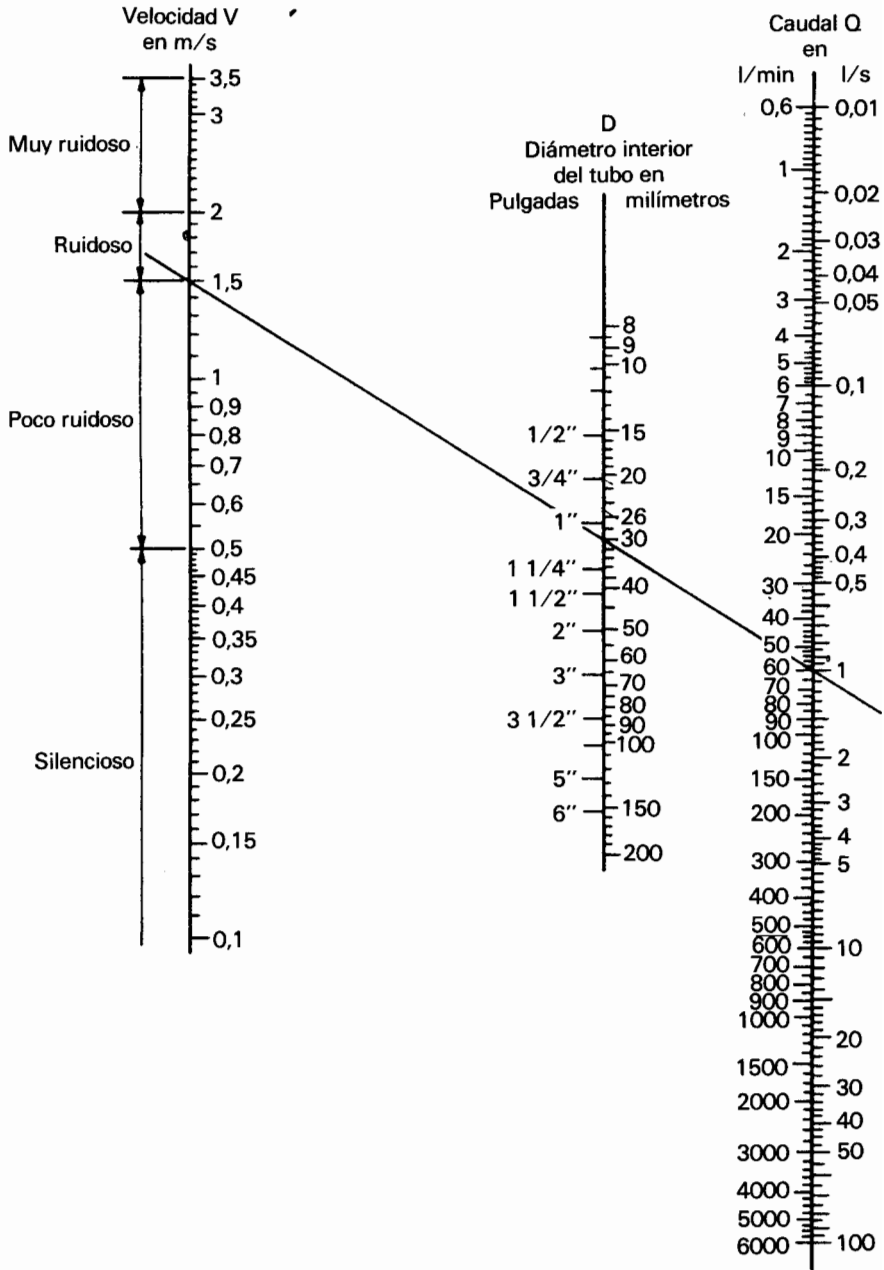


Fig. 4.1. Abaco para el cálculo del diámetro de tubería.

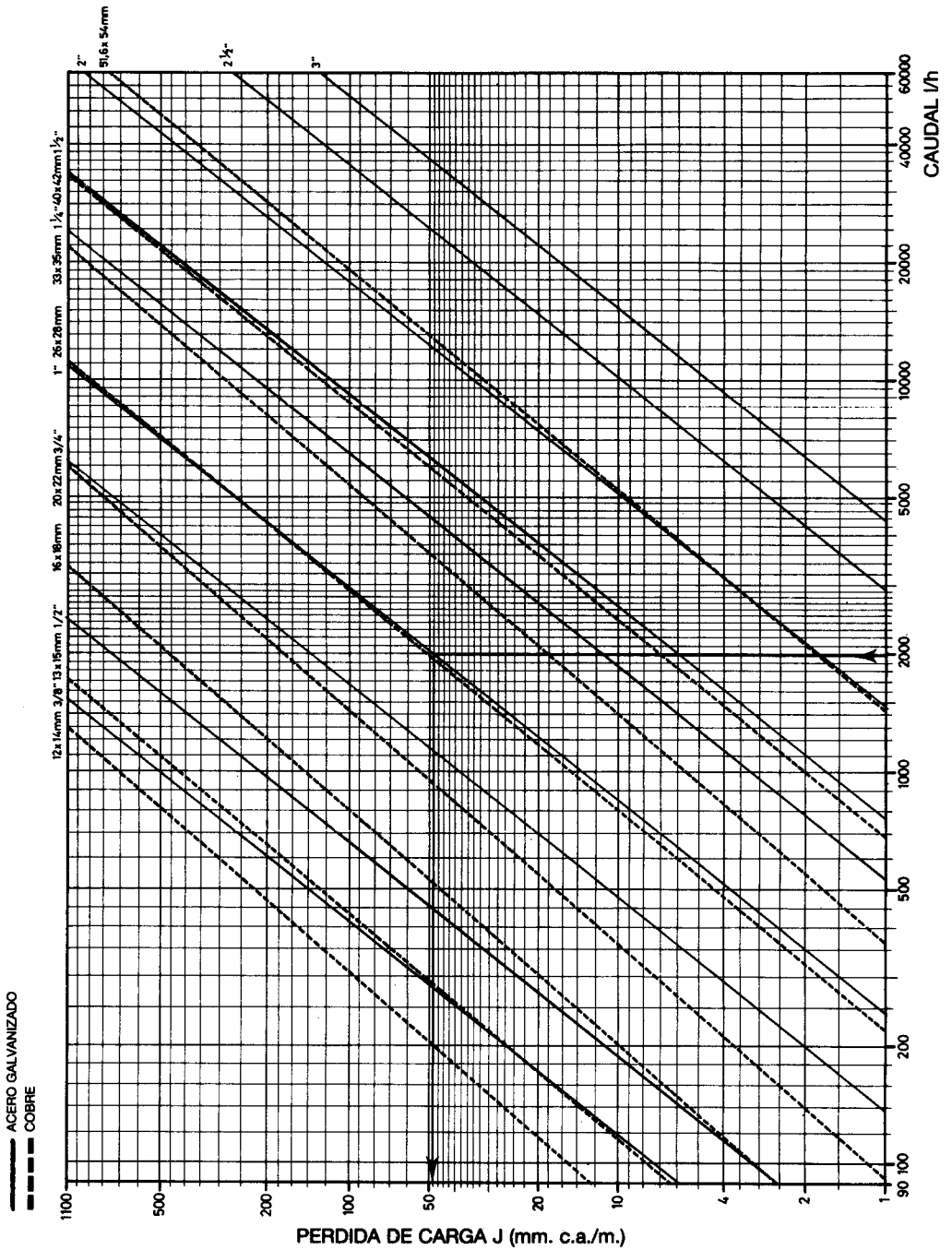


Fig. 4.2. Abaco para el cálculo de la pérdida de carga en tubos de acero galvanizado y cobre.

encuentro de la intersección de la línea oblicua, que corresponde a 1", indicado en la parte superior del diagrama. Desde ese punto en el que se cortan las líneas vamos hacia la izquierda, horizontalmente, obteniendo así en el eje vertical el valor de 48. Luego la pérdida de carga es de 48 milímetros de columna de agua por metro de tubería (mm. c.d.a./m).

Para tubería de cobre obraríamos de igual manera, pero ahora centrándonos en la línea discontinua de puntos.

El ábaco de la figura 4.3. nos sirve para encontrar, tanto el diámetro de la tubería como la pérdida de carga, en tuberías de cobre con agua fría a 10° C, sirviéndonos del proceso de tirar una línea recta. En el ejemplo 1, los datos son: $Q = 7$ l/min y $D = 10$ mm (tubo de cobre de 12×1); y la solución: $J \approx 340$ mm. c.d.a./metro, $v \approx 1,5$ m/s. Para el ejemplo 2, los datos son: $J = 8$ mm. c.d.a./metro y $Q = 670$ l/min; y la solución: $D \approx 110$ mm., $v \approx 1,0$ m/s.

La pérdida de carga en accesorios puede averiguarse mediante gráficos, ábacos o tablas, conforme al tipo de accesorios y sus dimensiones, expresándose la pérdida de carga en **metros de tubería recta equivalente**, que habrá de añadirse a la longitud real de la tubería recta para darnos una longitud total imaginaria de tubería, evidentemente superior a la real, que multiplicada por la pérdida de carga unitaria nos dará la pérdida de carga total, pues no debemos olvidar que las pérdidas de carga se facilitan por metro de tubería.

La pérdida de carga la obtendríamos en milímetros de columna de agua por metro (mm. c.d.a./m). Si deseamos pasar a metros columna de agua (m. c.d.a.), dividimos por 1000.

Para encontrar la pérdida de carga en accesorios se incluye la tabla 4.2., que puede emplearse indistintamente para los tres tipos de tubería considerados, ya que todos ellos tienen pérdidas de carga similares. Para otra sección o accesorios parecidos pueden deducirse por similitud sin incurrir en error apreciable.

Ejemplo:

Imaginemos que deseamos hallar las pérdidas de carga en una tubería de alimentación, siendo:

— Longitud real de la tubería de alimentación	15 m
— Longitud suplementaria equivalente por diversos accesorios	25 m
	<hr/>
Longitud total de cálculo	40 m

Hemos encontrado que para dicha tubería la pérdida de carga unitaria es de 0,01 m. c.d.a./m.

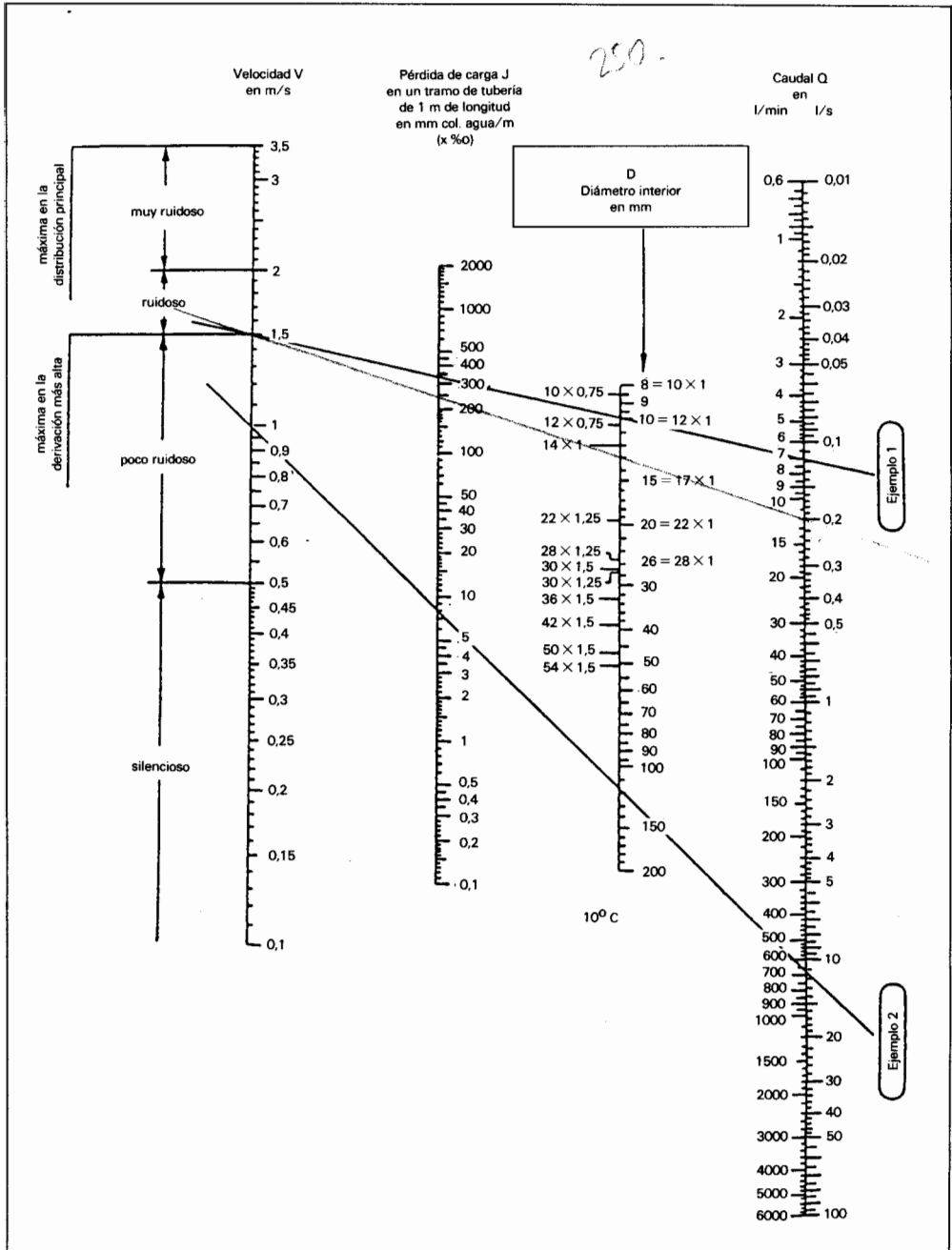


























Fig.4.3. Abaco para el cálculo de pérdidas de carga en tuberías de cobre con agua fría a 10° C.

Tabla 4.2. LONGITUD EN METROS DE TRAMO RECTO DE CONDUCCION EQUIVALENTE A LAS PERDIDAS DE CARGA DE DIVERSOS ACCESORIOS

Clase de resistencia aislada	Diámetros de las tuberías (*) (mm)	3/8	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	3	4	5	6
		10	15	20	25	32	40	50	65	80	100	125	150
 manguito de unión		0,00	0,00	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,09	0,12	0,15	0,20	0,25
 cono de reducción		0,20	0,30	0,50	0,65	0,85	1,00	1,30	2,00	2,30	3,00	4,00	5,00
 codo o curva de 45°		0,20	0,34	0,43	0,47	0,56	0,70	0,83	1,00	1,18	1,25	1,45	1,63
 curva de 90°		0,18	0,33	0,45	0,60	0,84	0,96	1,27	1,48	1,54	1,97	2,61	3,42
 codo de 90°		0,38	0,50	0,63	0,76	1,01	1,32	1,71	1,94	2,01	2,21	2,94	3,99
 te de 45°		1,02	0,84	0,90	0,96	1,20	1,50	1,80	2,10	2,40	2,70	3,00	3,30
 te arqueada o de curvas (pantalones)		1,50	1,68	1,80	1,92	2,40	3,00	3,60	4,20	4,80	5,40	6,00	6,60
 te confluencia de ramal (paso recto)		0,10	0,15	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00	1,20
 te derivación a ramal		1,80	2,50	3,00	3,60	4,10	4,60	5,00	5,50	6,20	6,90	7,70	8,90
 válvula retención de batiente		0,20	0,30	0,55	0,75	1,15	1,50	1,90	2,65	3,40	4,85	6,60	8,30
 de pistón		1,33	1,70	2,32	2,85	3,72	4,67	5,75	6,91	8,40	11,1	12,8	15,4
 válvula retención paso de escuadra		5,10	5,40	6,50	8,50	11,50	13,0	16,5	21,0	25,0	36,0	42,0	51,0
 válvula de compuerta abierta		0,14	0,18	0,21	0,26	0,36	0,44	0,55	0,69	0,81	1,09	1,44	1,70
 válvula de paso recto y asiento inclinado		1,10	1,34	1,74	2,28	2,89	3,46	4,53	5,51	6,69	8,80	10,8	13,1
 válvula de globo		4,05	4,95	6,25	8,25	10,8	13,0	17,0	21,0	25,0	33,0	39,0	47,5
 válvula de escuadra o ángulo (abierta)		1,90	2,55	2,35	4,30	5,60	6,85	8,60	11,1	13,7	17,1	21,2	25,5
 válvula de asiento de paso recto		—	3,40	3,60	4,50	5,65	8,10	9,00	—	—	—	—	—
 intercambiador		—	—	—	2,10	5,00	12,5	13,2	14,2	25,0	—	—	—
 radiador		2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00	5,75	6,50	7,00	7,50	8,00	10,0
 radiador con valvulería		3,75	4,40	5,25	6,00	6,75	7,50	8,80	10,1	11,4	12,7	14,0	15,0
 caldera		2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00	5,75	6,50	7,00	7,50	8,00	10,0
 contador general													4,5 m.c.d.a.
 individual o divisionario													10 m.c.d.a.
 *													Para tuberías lisas ($k \approx 0,05$ mm) multiplicar los valores del cuadro por 1,40.

Multiplicando la longitud (40 m) por la pérdida de carga unitaria (0,01 m. c.d.a./m) tendremos:

$$40 \cdot 0,01 = 0,4 \text{ m. c.d.a.}$$

Si añadimos la pérdida de carga en batería de contadores o en contador individual, la suma será:

— Pérdida de carga total en tubería	0,4 m. c.d.a.
— Pérdida de carga en batería de contadores	1,5 m. c.d.a.
<hr/>	
Total pérdida de carga	1,9 m. c.d.a.

Que habrá que restar de la presión disponible para averiguar la que nos queda.

4.3. TUBERIAS INTERIORES

Cuando se trata de una instalación de cierta importancia es necesario realizar un cálculo metódico de la misma para detallar los pormenores que le incumben y asegurar su correcto funcionamiento. Ahora bien, si lo que se pretende es llevar a la práctica una instalación sencilla o que afecte únicamente al interior de una vivienda, al grupo húmedo del piso, puede tomarse las que figuran en las Normas Básicas y que, para comodidad del lector, transcribiremos seguidamente con algunos comentarios.

Las Normas Básicas apuntan las condiciones que tienen que cumplir las tuberías. Son las siguientes:

- Deberán ser resistentes a la corrosión y totalmente estables con el tiempo en sus propiedades físicas.
- No alterarán ninguna de las características del agua (sabor, olor, potabilidad, etc.).
- No se emplearán tuberías de sustancias plásticas para el agua caliente.
- La presión de trabajo no será inferior a 15 kg/cm^2 .

Por otro lado, según la rugosidad de las paredes, las clasifican en:

- Tuberías de paredes lisas (plomo, cobre, aluminio o materias plásticas).
- Tuberías de paredes rugosas (hierro galvanizado).

Hoy en día, las tuberías de hierro galvanizado han desaparecido prácticamente del montaje en instalaciones interiores de edificios de viviendas. Puede aceptarse como sustitutivas las de acero galvanizado, que con buen criterio se entienden como

tuberías lisas, al presentar unas pérdidas de carga muy semejantes a las tuberías de cobre o de materias plásticas.

De esta manera, el campo de tuberías puede resumirse:

- **Acero galvanizado**, con uniones por accesorios roscados de fundición maleable norma UNE 19491.
- **Cobre**, con uniones a base de piezas especiales y soldadura por capilaridad.
- **Polietileno reticulado**, con uniones a base de accesorios de latón y ensamblado por presión.

La tabla 4.3 informa sobre las dimensiones de la tubería de acero galvanizado, que tiene una presión de servicio superior a los 25 kg/cm² con lo que cumple los requisitos exigidos por las Normas Básicas.

Tabla 4.3. TUBERIA ACERO GALVANIZADO UNE 19047

Tamaño (Pulgadas)	Diámetro nominal	Diámetro interior (mm)
3/8	DN 10	12,6
1/2	DN 15	16,1
3/4	DN 20	21,7
1	DN 25	27,3
1 1/4	DN 32	36
1 1/2	DN 40	41,9
2	DN 50	53,1
2 1/2	DN 65	68,9
3	DN 80	80,9
4	DN 100	106,3
5	DN 125	129,7
6	DN 150	155,1

La tubería de más auge en este momento para su uso en las instalaciones interiores de suministro de agua, es la tubería de cobre que refleja las Normas del Ministerio de Industria y Energía, la cual hace obligatorias las dimensiones de las Normas UNE 37.141-76, así como el marcado de dichos tubos a intervalos regulares no superiores a 500 milímetros.

La tabla 4.4 es indicativa de los diámetros y espesores nominales de los tubos de cobre, y la tabla 4.5 de las presiones de trabajo que están siempre por encima de los 15 Kg/cm² legislados.

Tabla 4.4. TUBERIA DE COBRE UNE 37.141-76

Diámetro exterior nominal mm	Espesor nominal en mm					
	0,75	1	1,2	1,5	2	2,5
	Diámetro interior mm					
6	4,5	4				
8	6,5	6				
10	8,5	8				
12	10,5	10				
15	13,5	13				
18	16,5	16				
22		20	19,6	19		
28		26	25,6	25		
35		33	32,6	32		
42		40	39,6	39		
54			51,6	51		
63				60	59	
80				77	76	
100					96	95

Tabla 4.5. PRESION DE TRABAJO DE TUBOS DE COBRE

Diámetro exterior nominal mm	Espesor nominal en mm					
	0,75	1	1,2	1,5	2	2,5
	Presión de trabajo P_r , kg/cm ²					
6	147	220				
8	102	146				
10	78	110				
12	63	88				
15	49	68				
18	40	55				
22		44	53	69		
28		33	41	53		
35		27	32	41		
42		22	27	34		
54			20	26		
63				22	29	
80				17	23	
100					18	23

Como final, incluimos la tabla 4.6 que facilita los diámetros de tubo de cobre equivalentes a los tubos de acero galvanizado y a la inversa. Las equivalencias son aproximadas y los diámetros correspondientes a tubo de cobre son exteriores.

Tabla 4.6. DIAMETROS EQUIVALENTES ENTRE TUBOS DE ACERO Y DE COBRE

Tubos de acero Diámetro en pulgadas	Tubos de cobre Diámetro en mm
1/4"	10
3/8"	12
1/2"	15
3/4"	18
1"	22
1 1/4"	28
1 1/2"	35
1 1/2 a 2"	42
2"	54

Para el polietileno hemos recogido un cuadro (tabla 4.7.), entre los varios catálogos consultados, cuyas dimensiones corresponden a la Norma UNE 53131 y UNE 53133.

Tabla 4.7. TUBOS DE POLIETILENO

Paso nominal (pulg.)	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	3
∅ exterior (mm)	20	25	32	40	50	63	75	90
Diámetro interior (mm)	{ PN 4 PN 6 PN 10	—	21	28	35	43,6	55	65,6
		16	20,4	26	32,6	40,8	51,4	61,2
		14,2	17,8	22,8	28,4	35,6	45	53,4

Cuando calculemos un diámetro de tubería adoptaremos los diámetros nominales especificados en las Normas Básicas, o bien los más aproximados por exceso, de acuerdo con las dimensiones comerciales.

Notas importantes

- Las tuberías de agua fría irán por debajo y separadas 40 mm como mínimo de las redes de agua caliente sanitaria y calefacción.

Tabla 4.8. ACCESORIOS DE FUNDICION MALEABLE

Accesorios		Fig.	Accesorios		Fig.
		1			280
		2			281
		3			290
		40			291
		41			300
		60			312
		90			320
		92			320E
		95			321M
		96			330
		97			331
		98			340
		130			341
		131			370
		132			371
		165			372
		180			374
		182			380
		220			381
		221			382
		223			471
		224			490
		240			529
		241			531
		245			592
		246			597
		260			598
		261			732
		270			950
		271			

Tabla 4.9. ACCESORIOS DE COBRE PARA SOLDADURA POR CAPILARIDAD

Fig. 5001 a	Fig. 5002 a	Fig. 4002 ag	Fig. 5040	Fig. 5041	Fig. 5060	Fig. 5085	Fig. 5086
Fig. 5090	Fig. 4090 g	Fig. 4090 gl	Fig. 5092	Fig. 4092 g	Fig. 4096	Fig. 4096 g	Fig. 4098 g
Fig. 5130 Fig. 5130, red.	Fig. 4130 g	Fig. 5180	Fig. 5240	Fig. 5243 Fig. 4243 g	Fig. 5243 g	Fig. 5246 g	Fig. 5270
Fig. 5270 g Fig. 4270 g	Fig. 5280 g	Fig. 5290	Fig. 5301	Fig. 5340 Fig. 4340	Fig. 5340 g Fig. 4340 g	Fig. 5341 g Fig. 4341 g	Fig. 4359 g
Fig. 4471 g	Fig. 5870	Fig. 1005					

5001 a. Curva macho y hembra. 5002 a. Curva hembra. 4002 ag. Curva macho rosca hembra y junta plana. 5040. Curva 45° macho y hembra. 5041. Curva 45° hembra. 5060. Curva 180° hembra. 5085. Curva puente hembra. 5086 Curva puente macho y hembra. 5090 Codos iguales o de reducción hembra. 4090 g. Codos hembra y rosca. 4090 gl. Codos largos hembra y rosca hembra. 5092. Codos macho y hembra. 4092 g. Codos hembra y rosca macho. 4096 Codos hembra con junta cónica. 4096 g. Codo hembra, rosca hembra y junta cónica. 4098 g. Codo hembra, rosca macho y junta cónica. 5130. Tes reducidas. 4130 g. Tes hembra y rosca hembra. 5180. Cruces iguales hembras. 5240. Manguitos reducción hembra. 5243. Manguitos reducción. 5243 g. Manguitos reducción hembra y rosca macho. 5246 g. Manguitos reducción macho y rosca hembra. 5270. Manguito hembra. 5270 g. Manguitos hembra y rosca hembra. 5280 g. Machones rosca macho. 5290. Tapones macho. 5301. Tapas hembra. 5340. Enlace. 5340 g. Enlaces. 5341. Enlaces. 4359 g. Medias uniones. 4471 g. Codos con placa. 5870. Liras hembra. 1005. Manguitos para evitar electrolisis.

- Las tuberías no estarán en contacto con ninguna conducción de energía eléctrica o de telecomunicación, con el fin de evitar los efectos de corrosión que una derivación puede ocasionar, debiendo preverse siempre una distancia mínima de 30 cm a las conducciones eléctricas y de 3 cm a las tuberías de gas más cercanas, desde el exterior de la tubería o del aislamiento, si lo hubiese.
- En una red mixta de circuito abierto acero-cobre, el acero se situará siempre antes que el cobre con relación al sentido de circulación del agua. En la unión de tuberías de acero y cobre se dispondrá un manguito de latón.
- En instalaciones centralizadas, la acometida de la red de agua caliente a la red interior de agua fría se hará después de cada grupo de presión o válvula reductora, cuando éstos sean necesarios, según cálculo.

Para una mejor orientación sobre accesorios, se introduce la tabla 4.8 sobre accesorios de función maleable para tuberías de acero galvanizado, y la tabla 4.9 que muestra los accesorios para tubería de cobre para soldadura por capilaridad, cumpliendo ambas tablas las Normas UNE.

Volviendo a las Normas Básicas, éstas nos obligan a tomar diversos diámetros de acuerdo con el número máximo de suministros, que resumimos en las tablas 4.10. y 4.11.

Tabla 4.10. DIAMETRO DE LA ACOMETIDA CON LLAVES DE ASIENTO PARALELO

Número máximo de suministros					Tubería rugosa (mm)	Tubería lisa (mm)
A	B	C	D	E		
2	1	1	—	—	25,4	20
5	3	2	1	1	31,75	25
8	5	4	3	2	38,10	30
25	15	12	8	5	50,8	40

Tabla 4.11. DIAMETRO DE LA ACOMETIDA CON LLAVES DE COMPUERTA O DE ASIENTO INCLINADO

Número máximo de suministros					Tubería rugosa (mm)	Tubería lisa (mm)
A	B	C	D	E		
2	1	1	—	—	25,4	20
6	4	3	2	1	31,75	25
15	11	9	7	5	38,10	30
60	40	33	22	17	50,8	40

Para la tabla 4.10., las Normas Básicas nos advierten de su uso cuando la acometida sea igual o menor que 6 metros.

Para la tabla 4.11., nos señalan que cuando la longitud de la acometida está comprendida entre 6 y 15 metros, estos diámetros deben ser aumentados en 12,7 ó 10 milímetros según que la tubería sea de paredes rugosas o lisas.

Si la longitud excede de 15 metros, dichos diámetros deben ser aumentados en 25,4 ó 20 milímetros, respectivamente.

Tabla 4.12. DIAMETRO DEL TUBO DE ALIMENTACION

Número máximo de suministros					Tubería rugosa (mm)	Tubería lisa (mm)
A	B	C	D	E		
2	1	1	—	—	31,75	30
5	3	2	2	1	38,10	40
25	16	14	10	6	50,8	50
75	50	45	40	30	63,5	60
120	90	80	70	60	76,2	80

Las Normas Básicas resaltan que estos datos son básicos si la longitud es igual o menor de 15 metros, tabla 4.12.

Si la longitud está comprendida entre 15 y 40 metros, estos diámetros deben ser aumentados en 12,7 ó 10 milímetros, según que la tubería sea de paredes rugosas o lisas.

Si la longitud excede de 40 metros, dichos diámetros deben ser aumentados en 25,4 ó 20 milímetros, respectivamente.

El diámetro de la columna, llamada también ascendente o montante, según el tipo de suministro y la altura de la entrada del tubo respecto al nivel de la calzada en la acometida, se hace constar en la tabla 4.13.

Por la tabla 4.14 podremos hallar los valores adecuados a los diámetros de las tuberías de derivación del suministro.

Y, para final, la tabla 4.15. nos señala los datos correspondientes a los ramales o bajadas de la tubería que sale de la derivación y abastece a los aparatos, de acuerdo con el tipo de aparato, suministro y material.

Tabla 4.13. DIAMETRO DEL TUBO ASCENDENTE, MONTANTE O COLUMNA

Altura	Diámetro en milímetros				
	Tipo de tubería	Suministros			
		A	B y C	D	E
Menor o igual a 15 m	Lisa	15	20	20	25
	Rugosa	19,5	25,4	25,4	31,75
Mayor de 15 m	Lisa	20	20	25	30
	Rugosa	25,4	25,4	31,75	31,75

Tabla 4.14. DIAMETROS DE LA DERIVACION

Tipo de tubería	Suministros		
	A	B, C y D	E
Lisa	15	20	25
Rugosa	19,05	25,4	31,75

**Tabla 4.15. DIAMETRO DEL RAMAL O DERIVACION A LOS APARATOS
(En milímetros)**

Ramal o derivacion	Tubería de paredes lisas			Tubería de paredes rugosas		
	Suministros			Suministros		
	A	B	C, D y E	A	B	C, D y E
Lavabos	—	10	10	—	12,7	12,7
Bidet	—	—	10	—	—	12,7
Sanitario	10	10	10	12,7	12,7	12,7
Bañera	—	—	15	—	—	19,05
Ducha	—	12	12	—	12,7	12,7
Fregadera	12	12	12	12,7	12,7	12,7
Office	—	—	12	—	—	12,7
Lavadero	12	12	15	12,7	12,7	19,05

Hay que tener siempre en mente que cuanto mayor es la demanda de agua, más baja es la presión y que el caudal es proporcional a la sección del tubo. Por lo tanto, habrá que evitar conectar muchos aparatos a la misma tubería. Si un grifo tiene, por ejemplo, un caudal de 150 l/h y está alimentado por un tubo conectado a una tubería que lleva un caudal de 250 l/h, es indudable que cuando se le acople a esta última una segunda tubería que alimente a otro grifo de 150 l/h, los dos grifos abiertos al mismo tiempo no podrán funcionar correctamente.

Ecuación de los tubos

A veces, es obligado conocer qué número de tubos de un cierto diámetro equivale a un sólo tubo de un diámetro mayor. Suponiendo que la velocidad de los diferentes tubos sea la misma, el volumen suministrado por dos tubos de diferentes diámetros está en proporción directa al cuadrado de sus diámetros. Sin embargo, se ha de tener presente que la velocidad en los tubos más pequeños en iguales condiciones es siempre mayor que los tubos grandes y, por dicha circunstancia, los volúmenes suministrados por los diferentes tubos están en proporción aproximada a la raíz cuadrada de la quinta potencia de sus diámetros. La tabla 4.16 está calculada sobre este principio.

Ejemplo:

¿Cuántos tubos de 3", o sea 75 mm diámetro interior, equivalen a un tubo de 5", es decir, 125 mm diámetro interior?

El proceso es muy simple. Se desciende por la primera columna hasta encontrar las 5" y siguiendo desde allí horizontalmente hasta la columna de los tubos de 3", se hallará el número que corresponde a 3,5, lo que nos viene a decir que 1 tubo de 5" equivale a 3,5 tubos de 3".

4.4. EJEMPLOS DE INSTALACIONES

Los ejemplos de instalaciones de agua fría que incluimos a continuación corresponden a las Normas Tecnológicas de la Edificación (NTE) aprobadas en 1973 y hacen mención a la distribución de agua fría para uso en cocinas y aseos, desde la acometida interior del inmueble hasta los aparatos de consumo, en edificios con un máximo de 20 plantas.

Los esquemas de distribución de la red interior se ajustan a las siguientes situaciones:

- A) Contador único y distribución vertical por grupos múltiples de columnas (fig. 4.5.).

Tabla 4.16. TUBOS EQUIVALENTES

∅	pulg.	1/8	1/4	3/8	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	3	3 1/2	4	4 1/2	5	6
int.	m/m	3	6	10	13	19	25	32	38	50	64	75	90	100	113	125	150
pulg.	m/m																
1/8	3	1															
1/4	6	2,1	1														
3/8	10	4,5	2,1	1													
1/2	13	8	3	1,8	1												
3/4	19	16	8	3,6	2	1											
1	25	30	14	6,6	3,7	1,8	1										
1 1/4	32	60	28	13	7	3,6	2	1									
1 1/2	38	88	41	19	11	5,3	2,9	1,5	1								
2	50	164	77	36	20	10	5,5	2,7	1,9	1							
2 1/2	64	255	120	56	31	16	8	4,3	2,9	1,6	1						
3	75	439	206	97	54	27	15	7	5	2,7	1,7	1					
3 1/2	90	632	297	139	78	38	21	11	7	3,9	2,5	1,4	1				
4	100	867	407	191	107	53	29	15	10	5,3	3,4	2	1,4	1			
4 1/2	113	1148	539	253	141	70	38	19	13	7	4,5	2,6	1,8	1,3	1		
5	125	1525	716	335	188	93	51	26	17	9	6	3,5	2,4	1,8	1,3	1	
6	150	2414	1133	531	297	147	80	40	28	15	9	5,5	3,8	2,8	2,1	1,6	1
7	175	3483	1635	766	428	212	116	58	40	21	14	8	5,5	4	3	2,3	1,4
8	200	4795	2251	1054	590	292	160	80	55	29	19	10,9	7,6	5,5	4,2	3,1	2
9	225	6369	2990	1401	783	388	212	107	73	39	25	14	10	7,3	5,5	4,2	2,6
10	250	8468	3976	1862	1042	516	282	142	97	52	33	19	13	10	7,4	5,6	3,5
11	275	10693	5020	2352	1315	651	356	179	122	65	42	24	17	12	9,3	7	4,4
12	300	13191	6240	2923	1635	809	443	223	152	81	52	30	21	15	12	8,7	5,5

B) Contador único y distribución vertical por grupo único de columnas (fig. 4.6.).

C) Contadores divisionarios centralizados (fig. 4.7.).

D) Contadores divisionarios en cada vivienda o local (fig.4.8).

Para una mejor interpretación se incluye la figura 4.4. sobre signos normalizados para dibujo y la nomenclatura relacionada con los números que representan materiales en los esquemas.

Nomenclatura

IFF-17. Contador general. Se empleará para controlar el consumo total de agua en las soluciones A, B y D.

IFF-18. Llave general. Realizará el corte general de la instalación en la solución C. En las A, B y D queda incorporada al contador general.

IFF-19. Contador divisionario. Se situará en lugar accesible para su lectura.

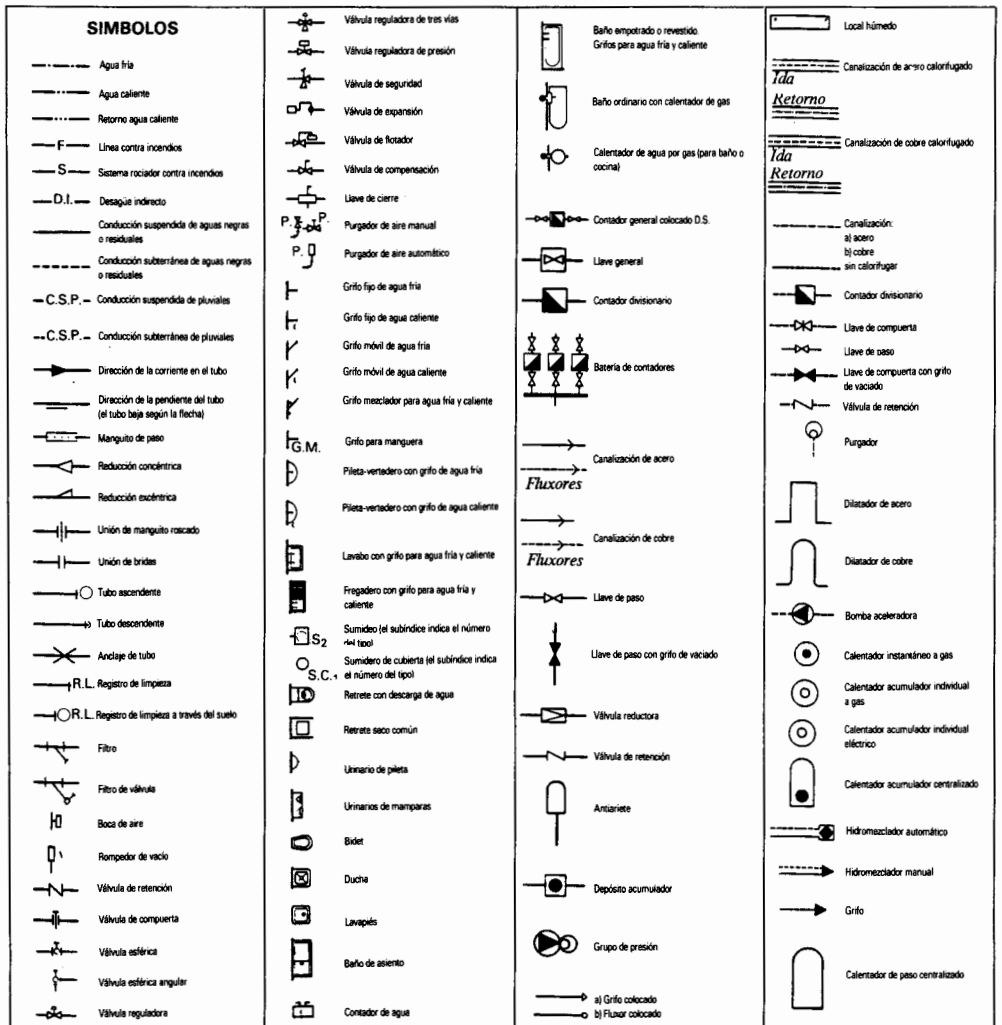


Fig. 4.4. Símbolos normalizados para representación gráfica en planos.

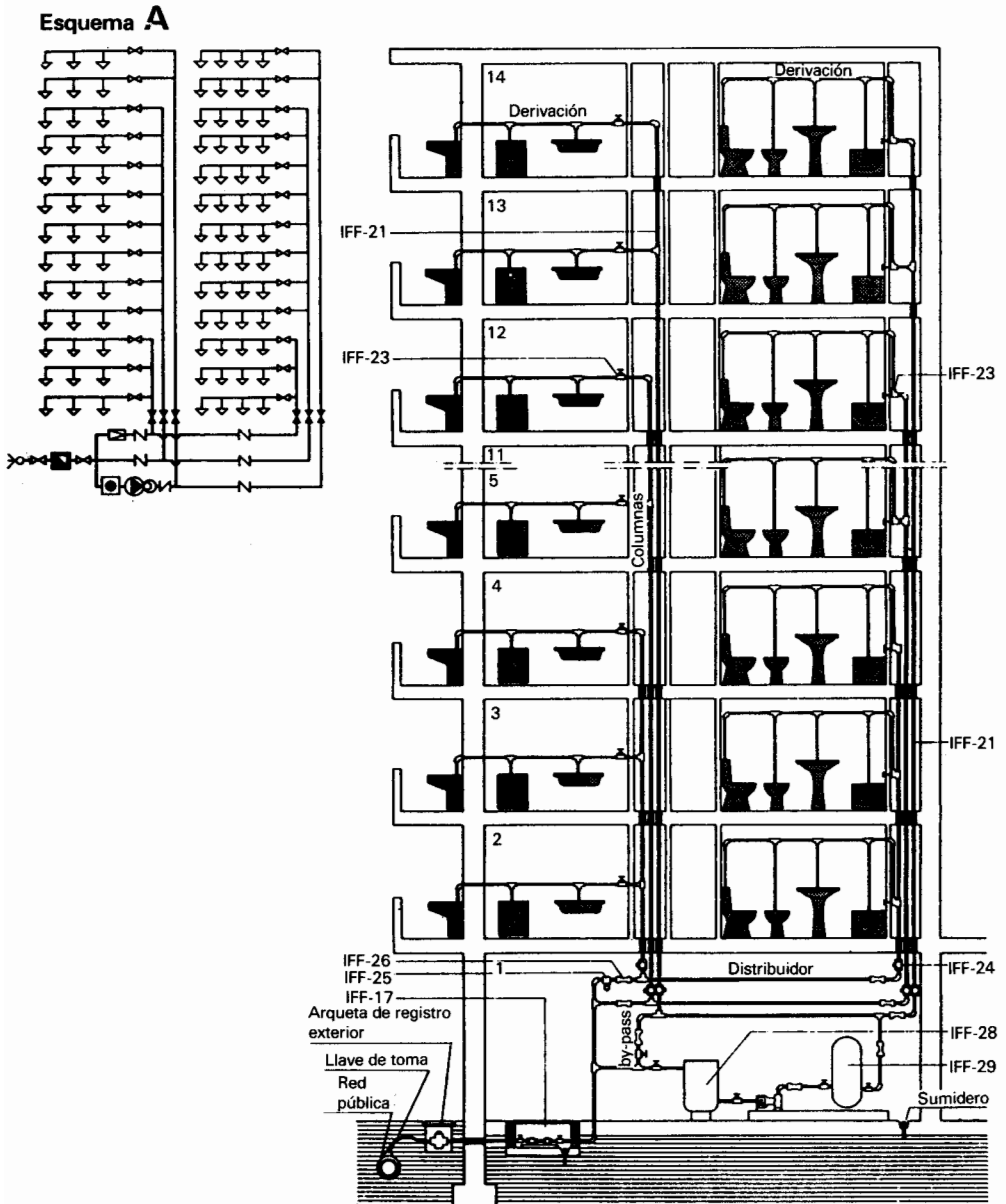


Fig. 4.5. Contador único y distribución vertical por grupos múltiples de columnas.

Esquema B

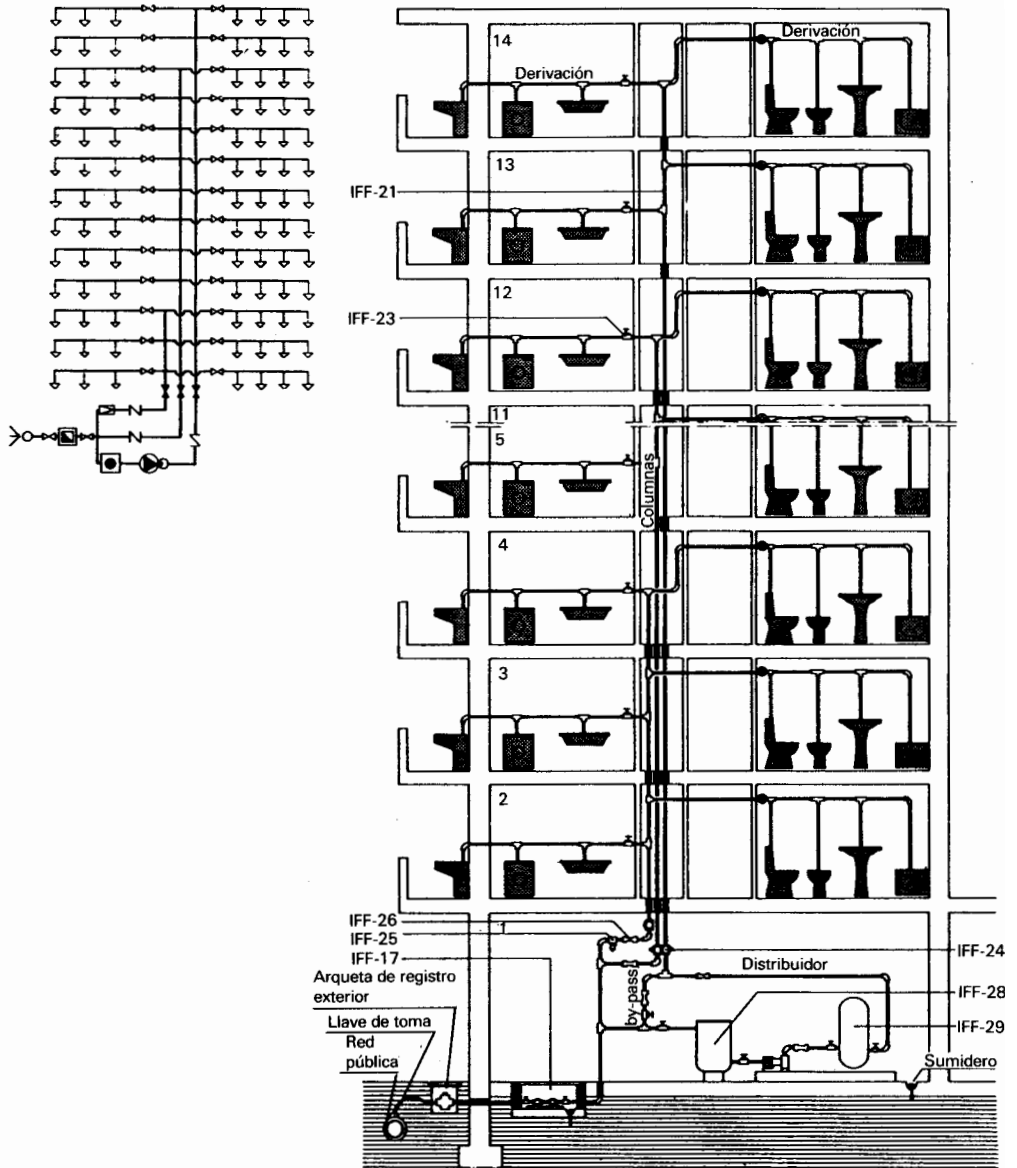


Fig. 4.6. Contador único y distribución vertical por grupo único de columnas.

Esquema C

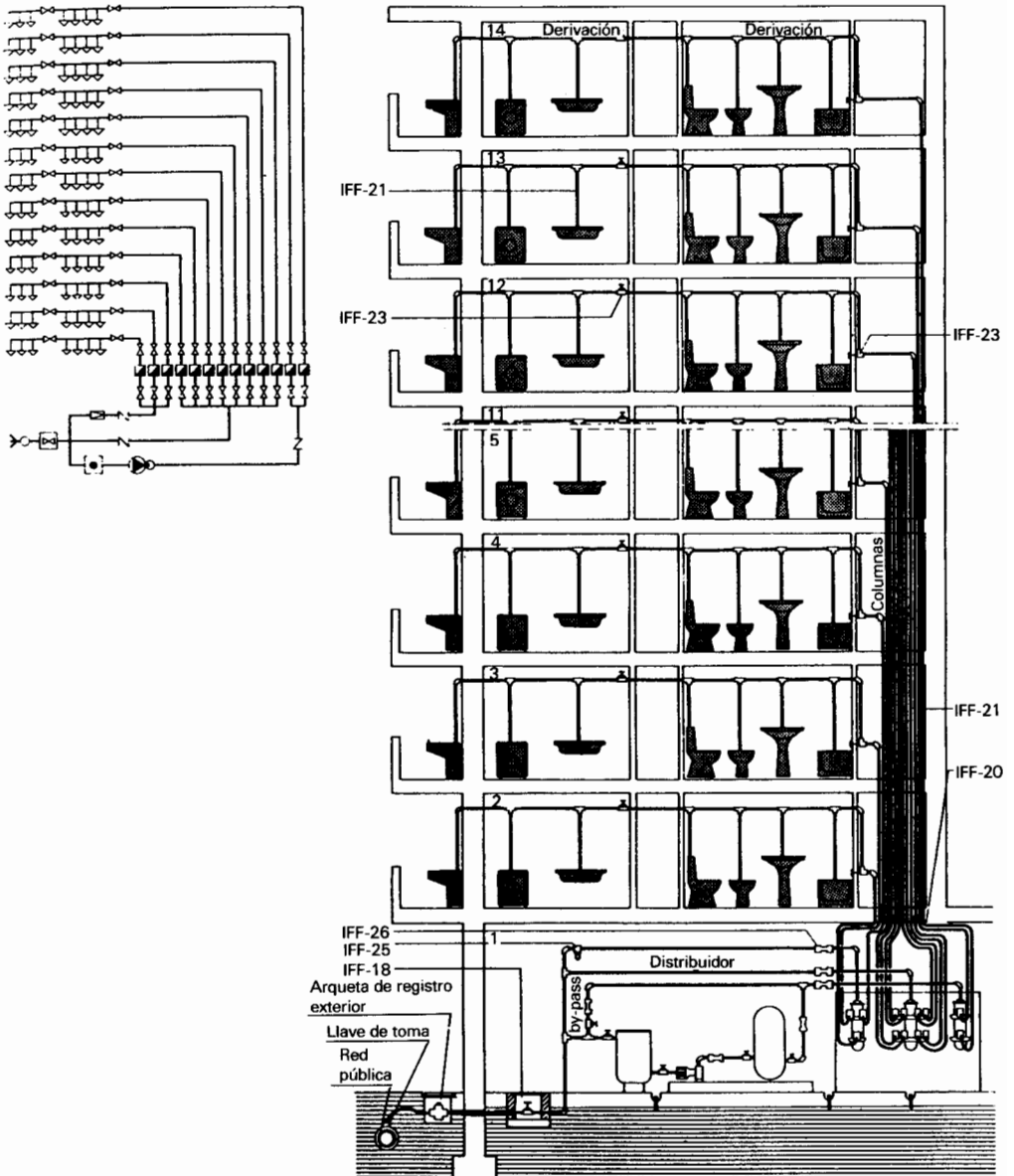


Fig. 4.7. Contadores divisionarios centralizados.

Esquema D

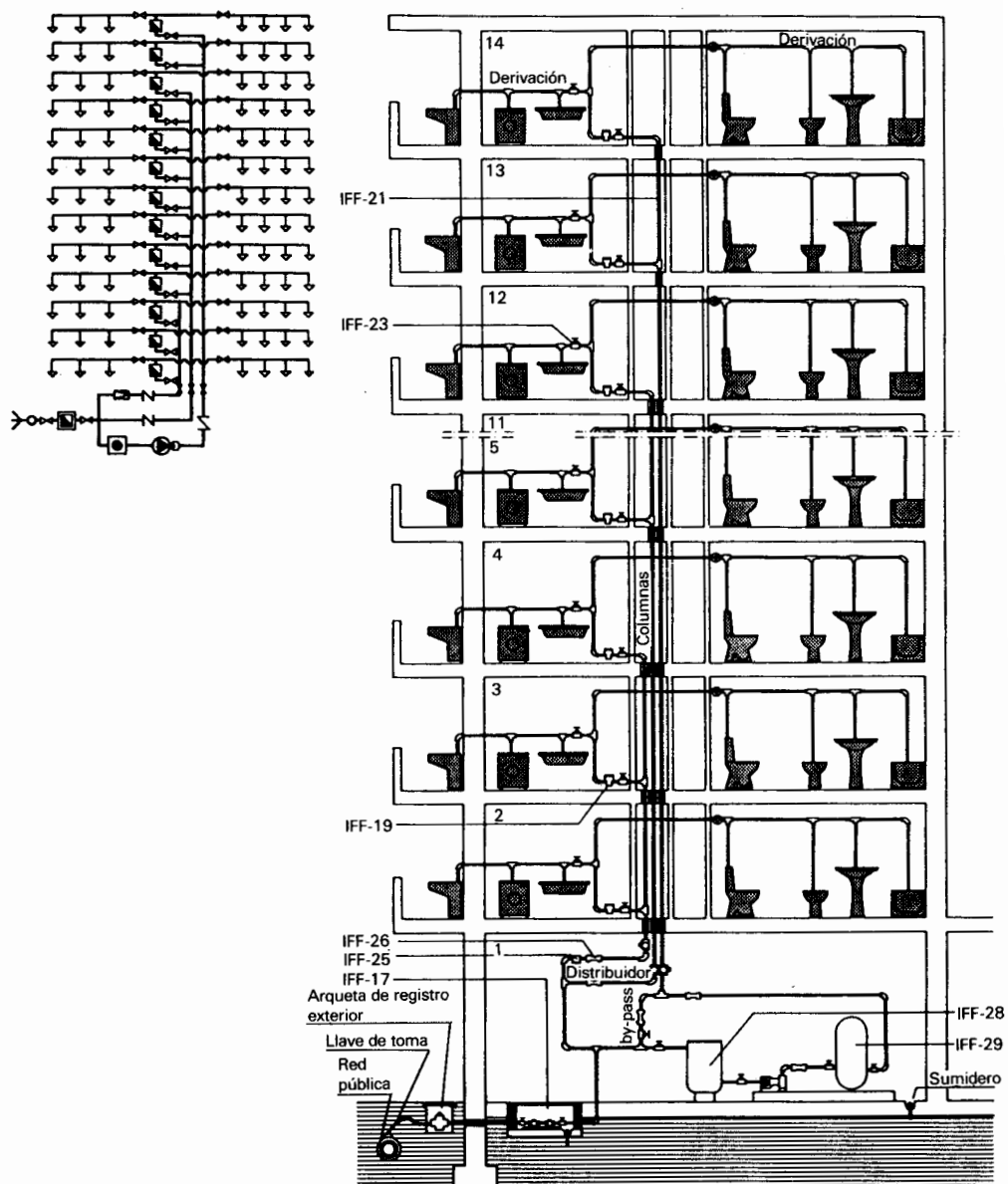


Fig. 4.8. Contadores divisionarios en cada vivienda o local.

- IFF-20. Batería de contadores. Contadores individuales centralizados.
- IFF-21. Canalización. Comprende distribuidor, columna y derivación.
- IFF-23. Llave de paso. Ubicarla al principio de la derivación, en cada local húmedo y antes de los inodoros, lavaplatos y lavadora.
- IFF-24. Llave de paso con grifo de vaciado. Colocarla al pie de cada columna.
- IFF-25. Válvula reductora. Se colocará a continuación de la llave general o contador general cuando la presión sea excesiva, de acuerdo con las condiciones de cálculo.
- IFF-26. Válvula de retención. Se utilizará antes de cada columna en las soluciones A, B y D, o antes de la batería de contadores en la solución C.
- IFF-28. Depósito acumulador. Alimentará al grupo de presión y de reserva cuando el suministro sea discontinuo.
- IFF-29. Grupo de presión. Para la distribución del agua cuando la presión sea insuficiente.

Distribuidor

Tubería horizontal que va desde el contador hasta el pie de columna.

Material: Acero galvanizado o cobre.

Columna

También llamada **ascendente** o **montante**. Tubería vertical que va desde el distribuidor hasta la derivación.

Material: Acero galvanizado o cobre.

Derivación

Tubería horizontal que va desde la columna hasta cada local de consumo.

Material: Acero galvanizado o cobre.

Instalación: Aconsejable a media altura o cerca del techo (fig. 4.9.).

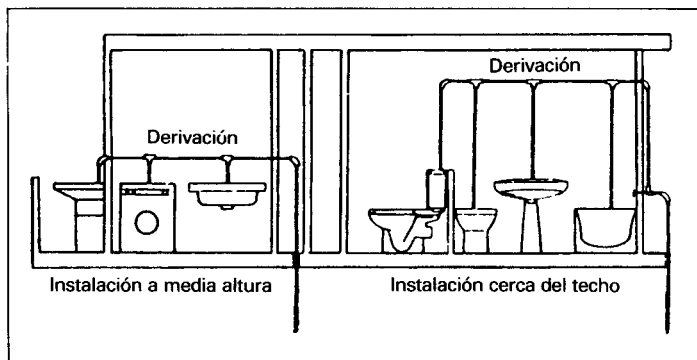


Fig. 4.9. Montaje tuberías derivación.

Ramal

Tramos de tubería que parte de la derivación y termina en la proximidad del aparato sanitario.

Material: Acero galvanizado o cobre.

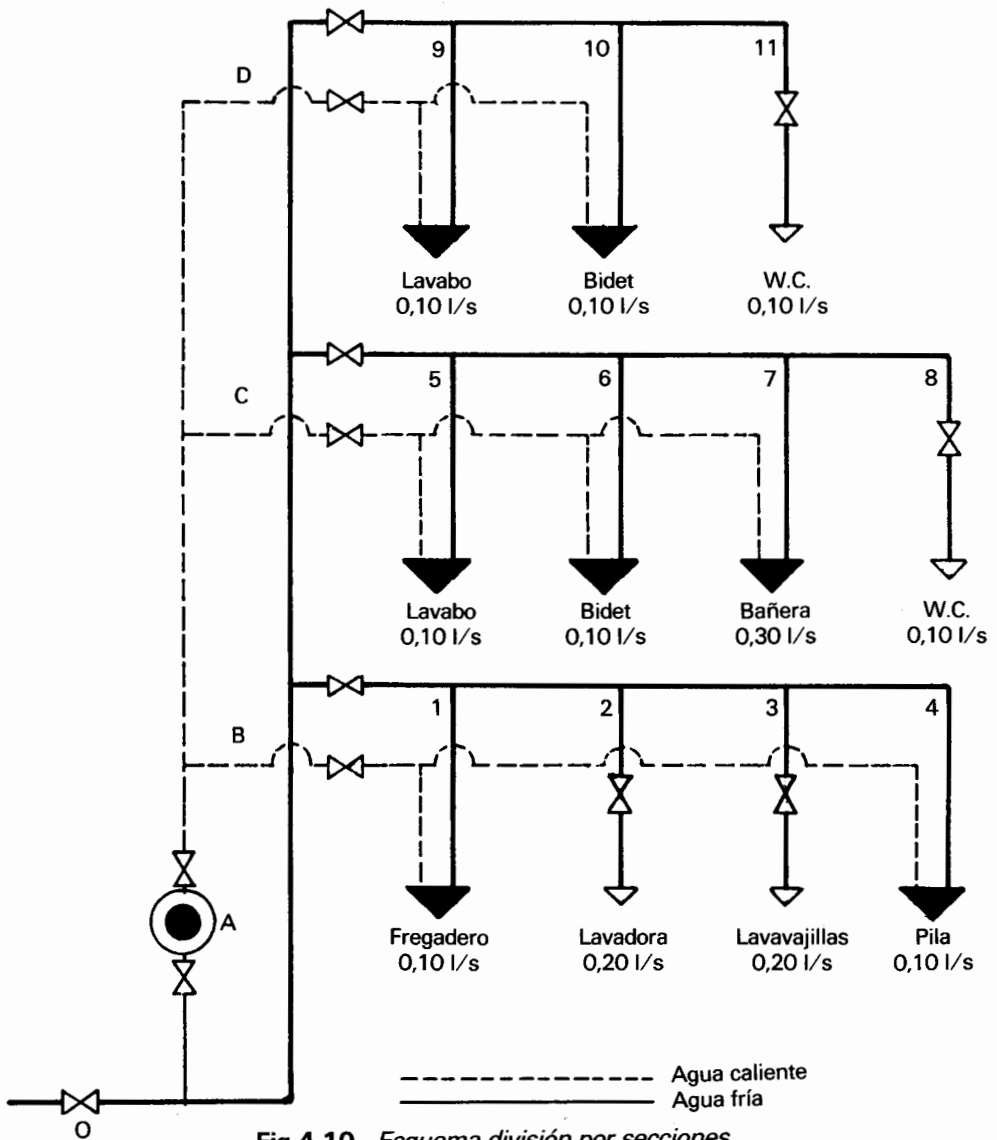
Las Normas Básicas indican que en las bañeras, lavabos, bidets, fregaderos, lavadoras, y, en general, todos los recipientes y aparatos que de forma usual se alimentan de la distribución del agua, el nivel inferior de la llegada del agua debe verter libremente a 20 milímetros, por lo menos, por encima del borde superior del recipiente o, por lo menos, del nivel máximo del aliviadero.

Se prohíbe la denominada alimentación «por abajo», o sea la entrada de agua por la parte inferior del recipiente.

Las instalaciones interiores que contengan aparatos descalcificadores, cualquiera que sea el tipo de aparato, deben estar previstas de un dispositivo que impida el retorno, situando dicho dispositivo antes de los aparatos descalcificadores, lo más cerca posible de los contadores.

Es muy importante para la distribución interior del agua en la vivienda, y en general para el conjunto de canalizaciones, que la base de los cálculos tengan como condición que se divida la totalidad de la tubería en secciones, como se sugiere en la figura 4.10. para una vivienda/suministro D.

Es recomendable realizar un plano, o un sencillo dibujo a mano alzada, en el que figuren todas y cada una de las tuberías de agua fría y agua caliente, así como los aparatos sanitarios con sus consumos, añadiendo la representación de válvulas, el contador y la toma de red. Se dividirán las tuberías en secciones, señalando en el plano la longitud de cada una. Las secciones se determinan de aparato a aparato, o sea que dentro de estas secciones, el diámetro, el volumen y la velocidad de la corriente son constantes. Esto significa que, con cada bifurcación/ramal, y también con cada reducción del diámetro habrá que introducir una sección más. En este



sentido, podemos decir que una sección comienza con una resistencia (accesorio) y finaliza con el tubo recto.

Si no complicamos mucho el esquema, es interesante representar los codos y cambios de dirección de las tuberías para la estimación de las pérdidas de carga.

Proceder al cálculo de cada sección de acuerdo con el cálculo de tuberías explicado en páginas anteriores (véase apartado 4.2).

5

Agua caliente

El propósito principal del sistema de producción de agua caliente sanitaria es suministrar a cada aparato de consumo el caudal de agua caliente que demanda, a la temperatura adecuada y en el momento preciso, teniendo presente que se mezcla con agua fría.

El agua fría procedente de la red de suministro se recibe a una temperatura que oscila, según la zona geográfica y la época del año, entre 6 y 14° C.

Para usos sanitarios, higiénicos, etc., es necesario calentar este agua a una temperatura entre 40 y 45° C.

El Reglamento de Instalaciones de Calefacción, Climatización y Agua Caliente Sanitaria, en su apartado IT.IC. 04.8.2, dice que la preparación del agua caliente para destinos sanitarios en **instalaciones centralizadas** se realizará con sistemas de acumulación.

El agua caliente para servicios sanitarios se preparará a una temperatura máxima de 58° C y se distribuirá a una temperatura máxima de 50° C medida a la salida de los depósitos acumuladores.

En cuarteles, colegios, centros deportivos y, en general, siempre que la utilización prevista sea para duchas, lavabos o lavapiés, la temperatura de distribución, medida a la entrada de la red de distribución, será de 42° C.

Esta limitación de temperaturas tiene como objetivos principales:

- Reducir las pérdidas de calor en el sistema, aunque esté debidamente aislado.
- Aminorar la precipitación de sales cálcicas y la agresividad del agua sobre el sistema.

- Evitar el deterioro del recubrimiento galvánico que se produce por encima de los 58° C prescritos.

El consumo diario de agua caliente es variable en función del tipo de edificio, del tipo de actividad, nivel de vida, costumbres, etc. Por lo tanto, los valores que se reproducen a continuación sobre consumos son orientativos; los valores tomados para el proyecto tienen que ser minuciosamente estudiados y, cada vez que sea posible, contrastados con los reales de edificios existentes.

La tabla 5.1. indica las temperaturas de consumo resaltando que la temperatura máxima de utilización para la limpieza corporal es de 42° C, y la tabla 5.2. presupone los consumos de agua caliente sanitaria para distintos modelos de edificios.

Tabla 5.1. TEMPERATURA DE USO DEL AGUA CALIENTE

Para lavarse	30° a 40° C
Afeitado	42° C
Bidet	35° a 40° C
Bañeras	42° C
Duchas	38° a 42° C
Fregaderos (limpieza general)	45° a 50° C
Lavadoras de ropa (variable según el tipo de ropa)	60° C
Lavavajillas	55° a 60° C

Tabla 5.2. CONSUMOS DE AGUA CALIENTE
(litros/hora)

Aparatos	Hospitales	Oficinas	Industrias	Viviendas	Hoteles
Bañera	60	—	—	60	60
Lavadero	130	—	—	95	130
Lavabo privado	10	10	10	10	10
Lavabo público	40	30	45	20	20
Ducha	375	—	450	375	375
Cocina	75	—	—	40	75
Lavado de vajilla a mano	7	—	—	6	6
Lavado de vajilla a máquina ..	17	—	—	12	12

Existe una notable disminución del consumo en los meses estivales, debido a las vacaciones y, en menor medida, a un descenso de la temperatura de utilización, notándose un fuerte incremento del consumo durante los días del fin de semana.

Otro dato que hay que tener en cuenta para realizar el proyecto es la red de distribución de tubería, que tiene que ser diseñada, de tal manera que la circulación del agua caliente, desde el punto de preparación hasta el punto más distanciado y más alto, sea con el aprovechamiento máximo de la presión disponible de la red.

Usualmente, en los pisos o locales se prodiga el **sistema individual** equipado con termos eléctricos, con capacidades que van desde 30 a 200 litros, o calentadores instantáneos a gas cuya gama comprende desde 5 l/min. a 13 l/min, de acuerdo con marca y fabricante.

En el caso del termo eléctrico, si deseamos ahorrar energía eléctrica contratando la Tarifa Nocturna, habrá que elegir un termo capaz de acumular el agua caliente que se va a consumir al día siguiente. El funcionamiento del termo, preferentemente por la noche, solamente será posible si contamos con reserva de agua caliente para atender las necesidades del consumo diario. Cuando ocurra lo contrario, resultaría imprescindible calentar el agua también durante el día, sin aprovechar el descuento que ofrece la Tarifa Nocturna.

La capacidad adecuada depende del número de aparatos sanitarios que deba atender, del número de personas de la vivienda y sus hábitos, facilitando en la tabla 5.3. cifras más o menos próximas a la realidad.

Tabla 5.3. CAPACIDAD MINIMA DEL TERMO ACUMULADO

Viviendas con	Capacidad del termo (litros)
Dos personas (baño, aseo y cocina)	100-110
Cuatro personas (2 baños, aseo y cocina)	140-150
Seis personas (3 baños, aseo y cocina)	200-300

La disposición del termo será:

- Lo más cerca posible del lugar donde se necesite agua caliente, para que no se originen pérdidas de calor.
- Si los puntos a servir están muy distantes entre sí, resulta más aconsejable disponer dos termos (uno junto a cada punto de consumo) que de uno solo de mayor capacidad.
- Situar el termo en el lugar menos frío posible.
- Comprobar que los grifos quedan cerrados después de su empleo. Un grifo goteando a un ritmo de 10 gotas por minuto, desperdiciaría 170 litros de agua caliente (o agua fría) al mes, más de 2000 litros al año.

- La longitud máxima de distribución no será superior a 12 metros.
- Se situarán los calentadores de forma que no queden en contacto con el techo.

La figura 5.1. muestra un ejemplo de instalación de agua caliente individual a partir de cualquier esquema de agua fría, correspondiente a las Normas Tecnológicas de la Edificación (NTE) aprobadas en 1973, y su ámbito de aplicación abarca desde la toma de la red interior de agua fría hasta los aparatos de consumo, en edificios con un máximo de 20 plantas.

Entre los sistemas de abastecimiento de agua caliente en el interior de una vivienda o local, cabe hacer mención de dos casos:

- Con recirculación del agua caliente.
- Sin recirculación del agua caliente.

Generalmente, se adopta la segunda solución, respetando así el principio en una red mixta de «cobre después de hierro», a los efectos de corrosión, si tenemos una caldera de hierro galvanizado o similar para elevar la temperatura del agua fría y lograr su calentamiento. La particularidad de este sistema estriba en la necesidad de evacuar con antelación el agua fría contenida en la tubería, antes de que por el grifo salga el agua caliente.

Recordamos que la conducción de agua caliente se dispondrá a una distancia superior a 40 mm de la de agua fría y nunca por debajo de ésta.

El cálculo de las tuberías de agua caliente es similar al del agua fría, es decir, se sigue un procedimiento idénticamente igual al explicado para calcular los diámetros en las distribuciones de agua fría.

De esta manera, se fija en primer lugar el gasto mínimo de cada grifo, igual al que le corresponde para el grifo de agua fría del mismo aparato, (así, siguiendo los caudales instantáneos mínimos, para un lavabo, 0,10 l/s; en un baño, 0,30 l/s; ducha, 0,20 l/s, etcétera). Se sigue averiguando, en cada ocasión, la simultaneidad correspondiente para encontrar el caudal o gasto que debe llevar cada tramo.

Seguidamente, conocidos los caudales de los tramos y asignando al agua unas velocidades teóricas, las mismas que para el agua fría, hallaremos los valores correspondientes a los diámetros, asegurándonos que son los definitivos mediante el cálculo de las pérdidas de carga en el tramo incluyendo accesorios, y rectificando si no son correctos.

Por ello, conociendo la presión P en la red general y después de deducir todas las pérdidas de carga que se produzcan en su longitud, la presión residual P_r que perdura en el empalme de todo grifo o aparato, sea, por lo menos, igual al mínimo necesario para asegurar el gasto normal.

Los valores de los diámetros que figuran en las Normas Básicas para agua fría pueden adoptarse para el agua caliente pues están en función de los Suministros y,

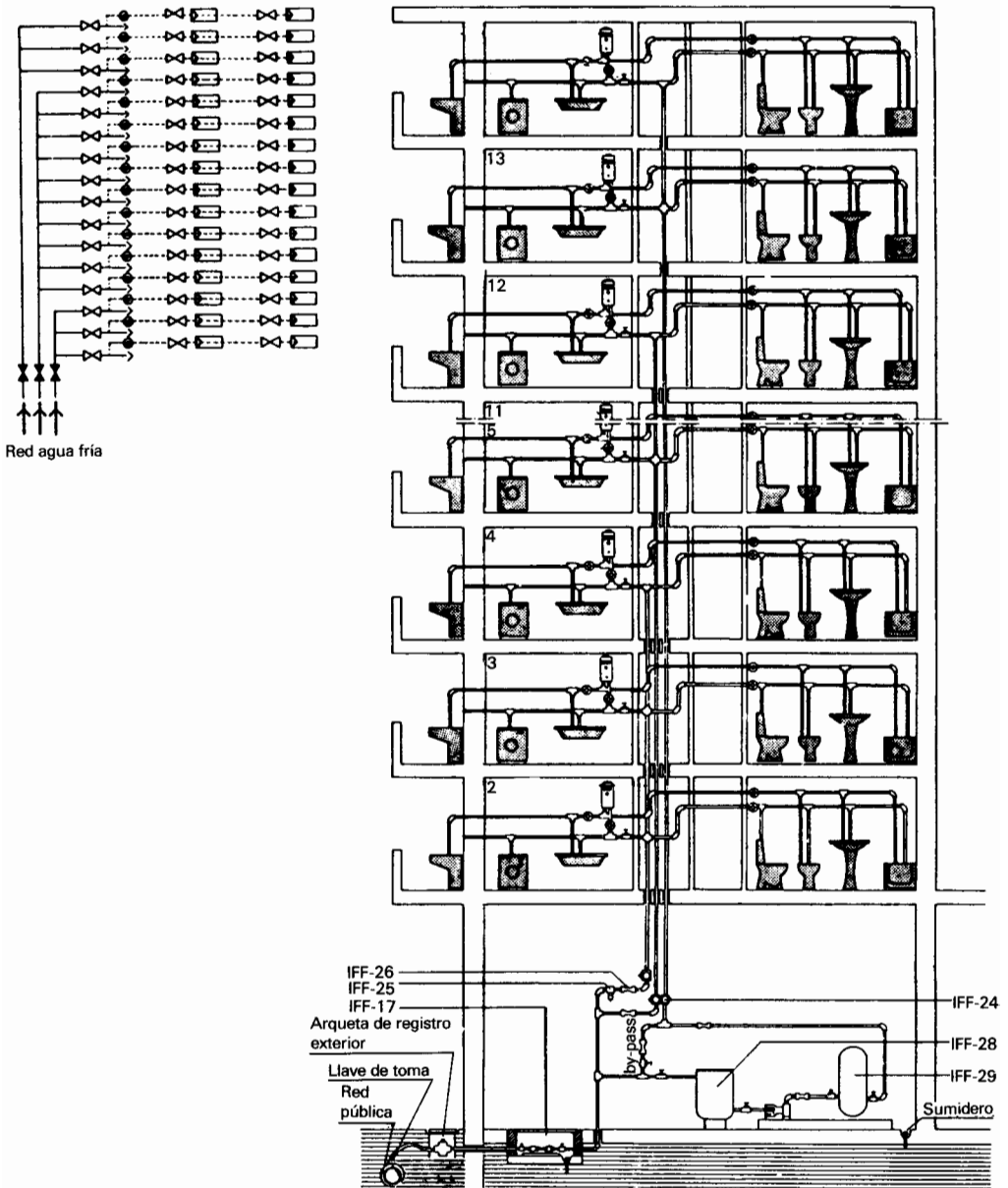


Fig. 5.1. Producción de agua caliente individual a partir de cualquier esquema de agua fría.

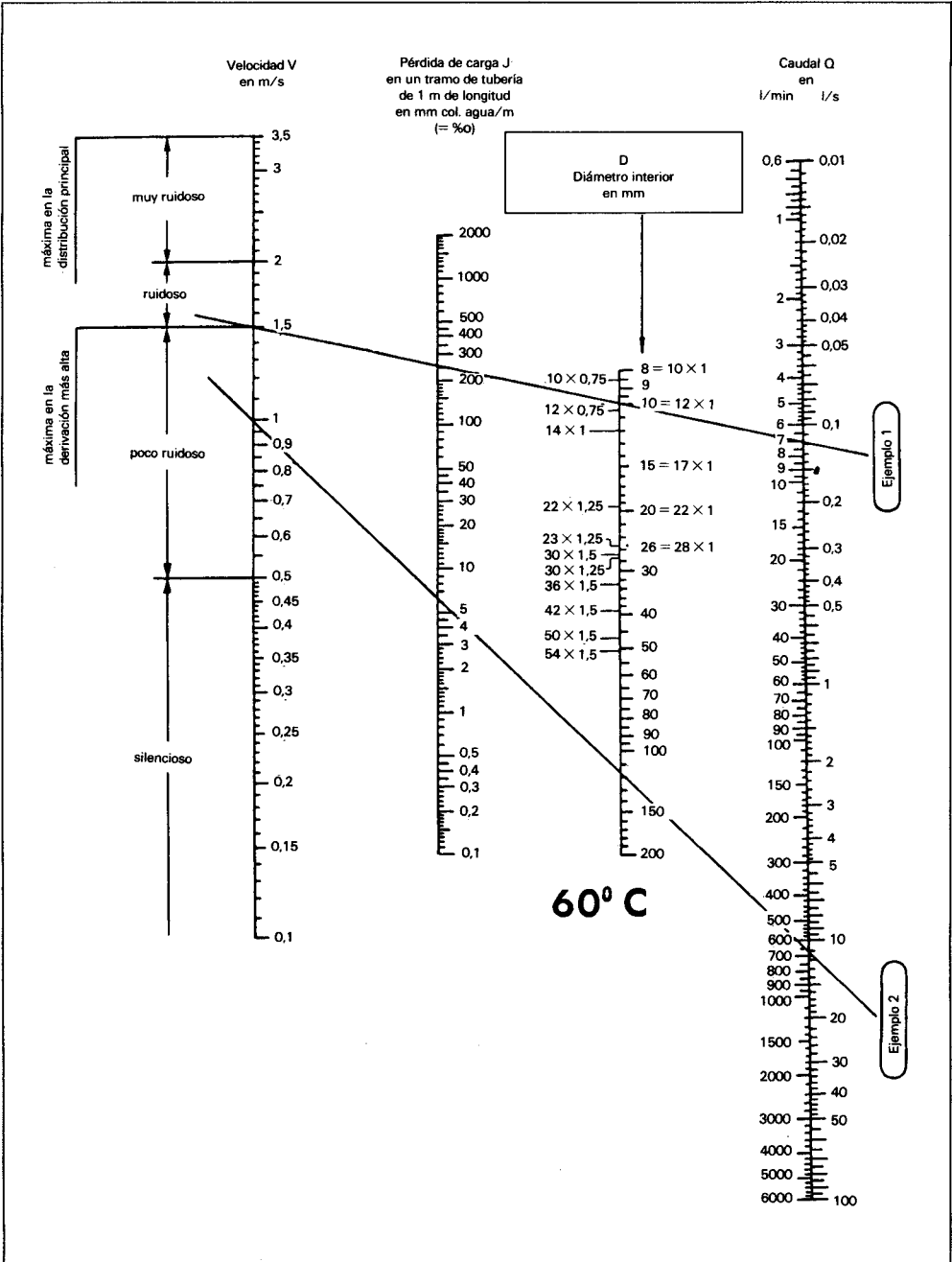


Fig. 5.2. Abaco para el cálculo de pérdidas de carga en tuberías de cobre con agua caliente a 60°C.

por consiguiente, son válidas las tablas 4.13., 4.14. y 4.15., así como el resto de comentarios técnicos, y **nunca** instalar secciones inferiores a las reglamentadas.

Existe una costumbre muy generalizada, como es la de montar para la tubería de agua caliente desde el calentador individual hasta los puntos de consumo, un diámetro inferior a las tuberías de agua fría. Esta práctica es contraproducente, pues si a la entrada de la acometida de la vivienda tenemos una presión, al pasar por el calentador se originará una pérdida de carga superior a la del tramo frío; pero si añadimos la pérdida de presión que se causará si montamos una tubería de diámetro pequeño, entonces la diferencia de presión en el punto de consumo frente al agua fría será considerable, por lo que al abrir un grifo mezclador, enseguida la presión del agua fría se impondrá ante la menor de la caliente, apagando el calentador.

Hay que asegurarse siempre de las pérdidas de carga que producen los equipos que interpongamos en un circuito, bien sea de agua caliente o de agua fría, pues ello disminuye la presión que tengamos para la impulsión.

Incluimos el ábaco de la figura 5.2. para averiguar los datos pertinentes para agua a 60° C, aunque, el Reglamento de Agua Caliente fija, como ya sabemos, una temperatura máxima de 58° C.

El citado ábaco nos sirve para encontrar tanto el diámetro de la tubería como la pérdida de carga, sirviéndonos del proceso de trazar una línea recta que una los parámetros conocidos. En el ejemplo, 1 los datos son: $Q = 7$ l/min y $D = 10$ mm (tubo de cobre de 12×1); y la solución es: $J \approx 260$ mm c.d.a./metro, $v \approx 1,5$ m/s. Para el ejemplo 2, los datos son: $D = 119$ mm y $Q = 670$ l/min; y la solución: $J \approx 6,4$ mm. c.d.a./metro, $v = 1,0$ m/s.

Advertimos que la presión mínima en las derivaciones de alimentación a los diversos aparatos, no debe ser nunca inferior a 1-2 m. c.d.a. en las situaciones más desfavorables, salvo en circunstancias que aconsejen tomar otros valores.

Sistemas alternativos. Bomba de calor

Lo que vamos a tratar seguidamente, si bien en modo alguno compete con exactitud al tema que estamos desarrollando, sí creemos que su inserción constituye una sugerencia muy meritoria para enfocar de otra manera la producción de agua caliente sanitaria y la calefacción.

La IT.IC. 04.8.2 del Reglamento de Instalaciones de Calefacción, Climatización y Agua Caliente Sanitaria, especifica las condiciones de trabajo de estos elementos, matizando que cuando se emplee una bomba de calor, la relación entre potencia eléctrica de apoyo transformable en calor por efecto Joule y potencia eléctrica en los bornes del compresor será igual o inferior a 1,2.

El dibujo de la figura 6.1. muestra el acoplamiento de una bomba de calor aire-agua, significando esta última frase que aprovecha el calor obtenido de una fuente de energía que es el agua, no reversible (sin inversión automática del circuito), en conexión con un acumulador y una caldera de agua caliente, resultando un sistema idóneo que se incorpora al proceso de producción de agua caliente o de calefacción a un bajo costo, no siendo apta la bomba de calor para funcionar con temperaturas exteriores por debajo de los 8° C del termómetro de bulbo húmedo, constanding de potencias nominales entre 48 a 174 kW para una temperatura de salida del agua caliente de 40/55° C.

En el mencionado dibujo se contempla una disposición de los diversos componentes que conforman el sistema, describiendo: 1) Bomba de calor, no reversible, con ventiladores centrífugos, 2) Bombas de circulación, 3) Caldera de agua caliente, 4) Depósito de agua sanitaria, 5) Depósito de expansión, 6) Válvulas de control, 7) Paneles radiantes, 8) Convectores, 9) Radiadores, 10) Unidades calefactoras, 11) Aerocalentadores, 12) Agua caliente doméstica.

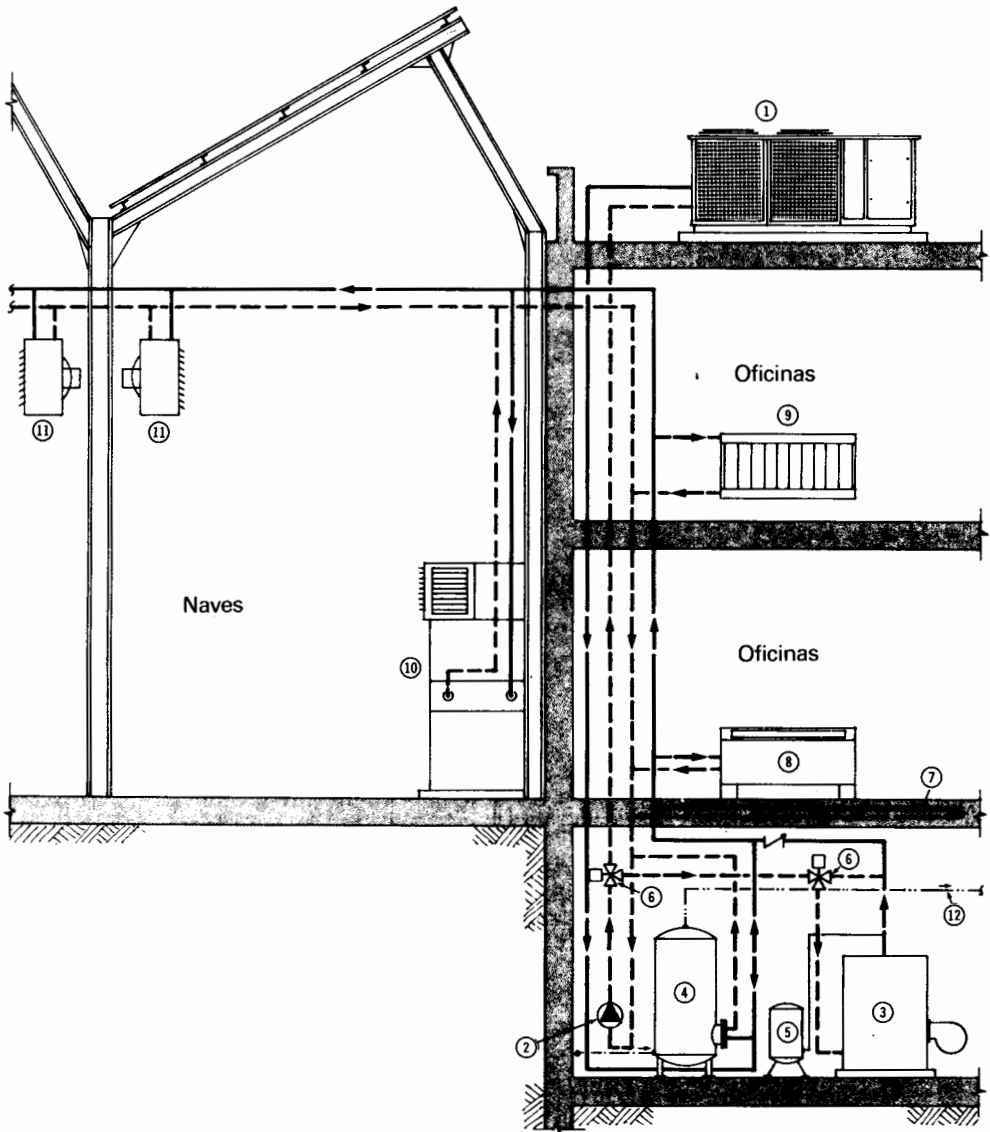


Fig. 6.1. Montaje de una bomba de calor aire-agua, no reversible, en unión de un acumulador y una caldera de agua caliente.

En la figura 6.2. se enseña una unidad capaz de actuar como enfriadoras de agua con recuperación de calor, produciendo agua fría en el evaporador (temperatura de entrada del agua a 12° C y salida del agua a 7° C) conectado al circuito de climatización, y simultáneamente, agua caliente en el condensador auxiliar (temperatura de entrada

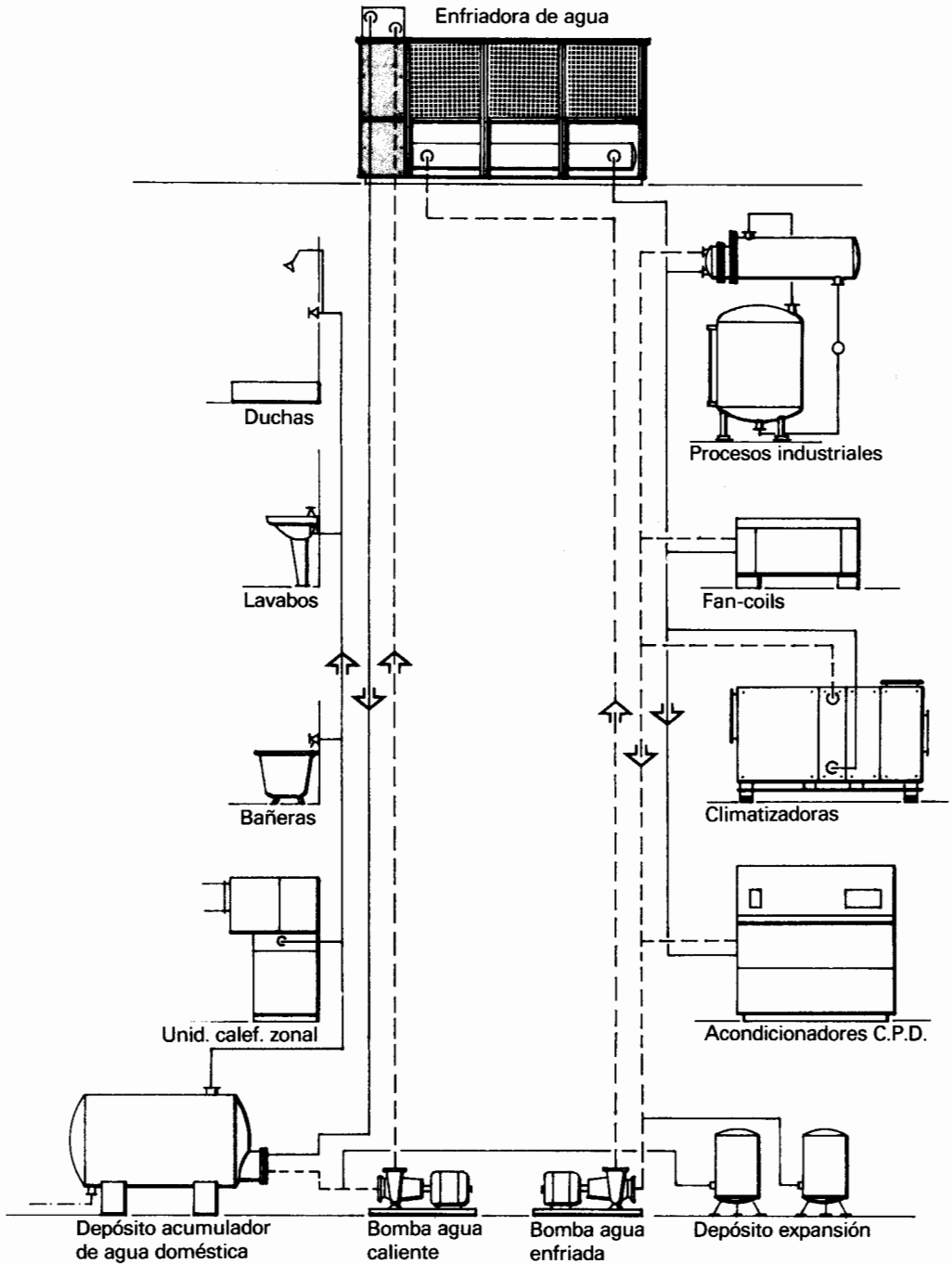


Fig. 6.2. Enfriadora de agua con recuperación de energía condensada por aire.

del agua 45° C y salida del agua a 50° C). La recuperación del calor puede ser total, parcial, o nula, disipando el exceso de calor en las baterías condensadoras exteriores o en torres de refrigeración.

Desde el punto de vista del sistema, la máquina utilizada en recuperación de calor, difiere muy poco de la empleada en un sistema convencional de acondicionamiento de aire o refrigeración, incorporando los siguientes elementos adicionales: un depósito de almacenamiento de agua caliente, algunas tuberías y válvulas suplementarias que permitan el acumulamiento momentáneo del calor sobrante en el depósito de almacenamiento, pendiente de su utilización durante el funcionamiento nocturno, y, el resto del calor sobrante, se elimina por medio de una torre de refrigeración, como se indica en la figura 6.3.

El tipo de refrigerante que se use limita la temperatura máxima que puede conseguirse en el condensador, así con el R-22 la máxima temperatura lograda es de aproximadamente 50° C. Con el R-12, esta temperatura se sitúa sobre los 70° C.

Los dos ejemplos que se incluyen representan esquemas básicos con diferentes variantes para instalaciones de recuperación de energía, y son exclusivamente una guía general, pues cada instalación ha de responder a unos criterios de funcionalidad especial, por lo que es obligado un análisis previo y llevarlo a la práctica de un modo individual y para cada caso en particular.

El cálculo de los caudales de agua puede hacerse conociendo la potencia frigorífica y la potencia calorífica de la máquina para un determinado salto térmico (normalmente, los fabricantes consideran un salto térmico en el evaporador y en el condensador auxiliar de 5° C), llevando a efecto las siguientes operaciones en el sistema métrico:

$$\text{Caudal de agua enfriada (m}^3\text{/h)} = \frac{\text{Potencia frigorífica (frig/h)}}{1000 \times \text{salto térmico (}^\circ\text{C)}}$$

$$\text{Caudal de agua caliente (m}^3\text{/h)} = \frac{\text{Potencia calorífica (Kcal/h)}}{1000 \times \text{salto térmico (}^\circ\text{C)}}$$

Los datos resultantes pueden ser tomados como aproximados para saltos térmicos comprendidos entre 4 y 6° C.

Los antecedentes que hay que conocer para la selección de una máquina de recuperación de energía, son los que se citan a continuación:

- 1) Indagación de las cargas térmicas necesarias en función de la temperatura exterior.
- 2) Nivel de la temperatura de agua caliente en relación con la temperatura exterior.

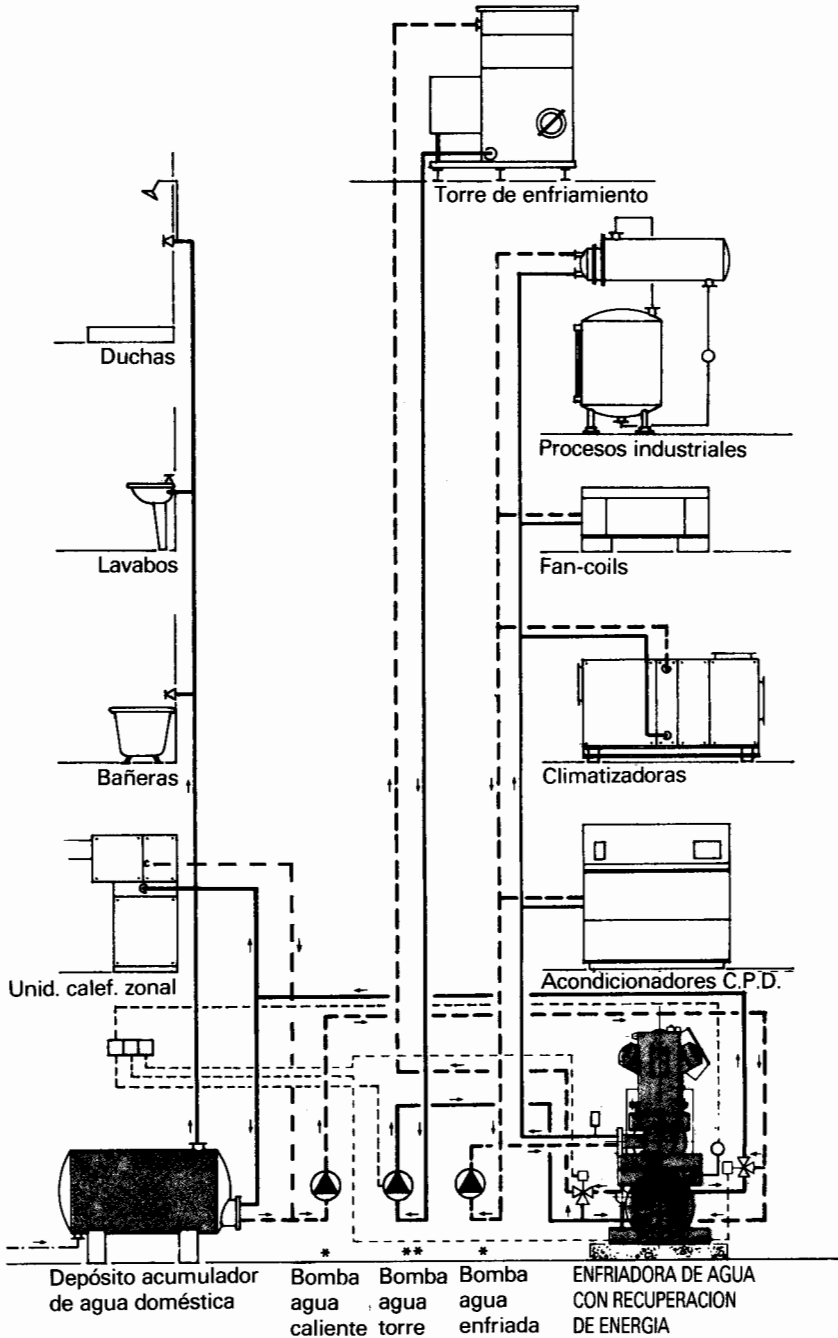


Fig. 6.3. Enfriadora de agua con recuperación de energía condensada por agua y torre de refrigeración.

- 3) Constantes de invierno (temperatura exterior mínima).
 - Carga de calefacción indispensable.
 - Temperatura del agua caliente.
 - Salto térmico en el agua caliente (temperatura de entrada y salida).
 - Carga frigorífica disponible en kg.
 - Temperatura del agua fría.
 - Salto térmico del agua fría (temperatura de entrada y salida).
- 4) Valor de la temperatura del agua fría en función de la temperatura exterior.
- 5) Constantes de verano (temperatura exterior máxima).
 - Carga frigorífica imprescindible en kg.
 - Temperatura del agua fría.
 - Salto térmico del agua fría (temperaturas de entrada y salida).
 - Temperatura entrada agua al condensador.
 - Salto térmico de la temperatura en el agua de condensación (temperaturas de entrada y salida).

7

Montaje de tuberías

Para conocimiento del lector vamos a explicar algunos contenidos elementales del montaje de tuberías, puesto que las mismas han de dar un servicio muy continuado y duradero, por lo tanto, su colocación ha de hacerse con sumo cuidado y siguiendo unas simples reglas.

7.1. CONSIDERACIONES

Las tuberías, en principio, pueden montarse para ser vistas o empotradas. Para evitar la formación de tensiones o grietas, es conveniente que las tuberías vayan forradas en papel rugoso con material plástico en tubos o fabricados para ello, o bien, espumas aislantes autoendurecibles. En general, es aconsejable que el tubo no quede en contacto con los materiales de obra. Para tuberías de agua fría puede ser suficiente introducir el tubo en otro del tipo coarrugado, de los que habitualmente se emplean en las instalaciones eléctricas.

Cuando la tubería atraviese muros, tabiques o forjados, se dispondrá un manguito pasamuros con holgura mínima de 10 mm y se rellenará el espacio libre con masilla plástica (fig. 7.1.).

Deberán evitarse en los recorridos verticales de los circuitos, la existencia de zig-zags o bucles por la posible aparición de bolsas de aire que dificultarían la circulación del agua.

La uniones y soldaduras deben ser perfectas y limpias de fundentes o escorias corrosivas.

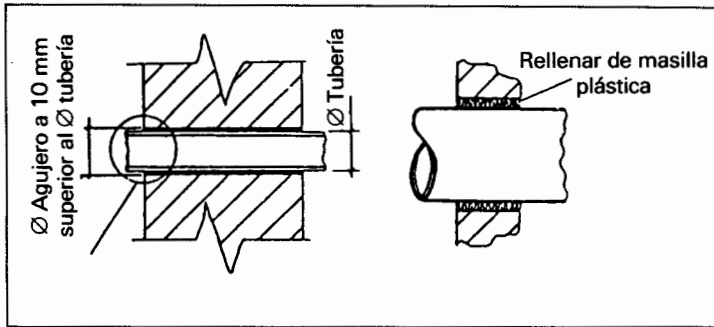


Fig. 7.1. Pasamuros para la tubería.

Apoyar las tuberías de modo que el peso de los tubos cargue sobre los soportes y nunca sobre las mismas y las uniones. Las separaciones de los soportes están en función de los diámetros de tubería. Cuanta menor sección, menos distancia.

Los tubos de cobre se fijarán a lo largo de las paredes o se colgarán del techo por medio de abrazaderas, de las que existen una gran variedad en el mercado. Serán de materiales tales como latón o cobre.

Las tuberías de agua caliente descubiertas o enterradas deberán aislarse térmicamente, con algún material aislante que disminuya las pérdidas de calor. En el caso de tuberías enterradas, el propio material aislante permite absorber las variaciones de longitud por dilatación, si dejamos un espacio suficiente relleno de dicho material aislante en los extremos del tubo, con posibilidades de ser comprimido. En el mercado se pueden encontrar infinidad de tipo de aislamientos que se adaptan perfectamente a cada diámetro, y así aprovechar mejor el componente energético de la instalación.

Siempre habrá que prevenir la contracción y la dilatación de las tuberías con los cambios de temperatura. No debe impedirse la dilatación en dirección radial y axial de las tuberías instaladas al aire libre.

En el caso de tubos para agua caliente, si van montados al descubierto, es necesario colocar adecuadamente los puntos de fijación para que queden permitidas las dilataciones por cambios de temperatura. Por consiguiente, los puntos fijos forzosamente se colocarán fuera de los ángulos o esquinas y se dispondrán en los tramos rectos, lo cual facilita la dilatación de la tubería de cobre.

En la circunstancia de que hay tuberías de agua caliente con mucha longitud, como es el caso de los montantes en instalaciones de agua caliente centralizada, deberá preverse compensadores como liras de dilatación o dispositivos de dilatación axial o de fuelle, pues resulta imposible la compensación de otro modo (fig. 7.2.).

Para un montaje bien hecho de las tuberías de cobre hay que tener muy presente la dilatación térmica de las mismas.

En efecto, el coeficiente de dilatación térmica del cobre es de $16,5 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ lo que significa que un metro de tubo se alarga 1,65 mm cuando su temperatura aumenta en 100°C .

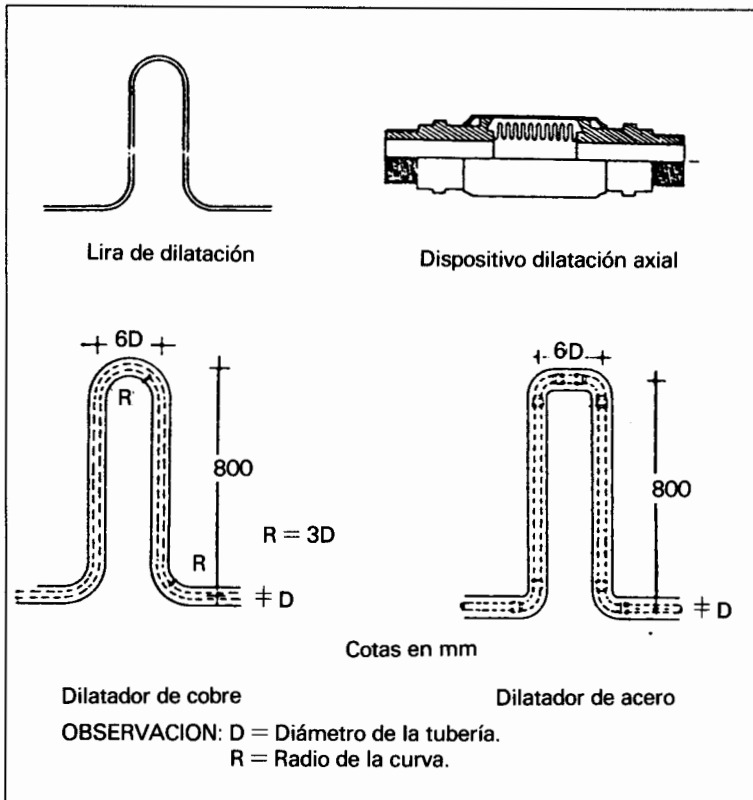


Fig. 7.2. Modelos de dilatadores.

Es decir, que la dilatación térmica del cobre es, aproximadamente, vez y media mayor que la del hierro y, por lo tanto, es absolutamente necesario tener en cuenta este factor en el montaje de tuberías de cobre.

Como guía general y para un cálculo rápido, puede aceptarse que cada metro de tubería de cobre se alarga 1 milímetro.

El diagrama de la figura 7.3. permite determinar fácilmente la dilatación térmica de tramos de tubo de hasta 10 m de longitud.

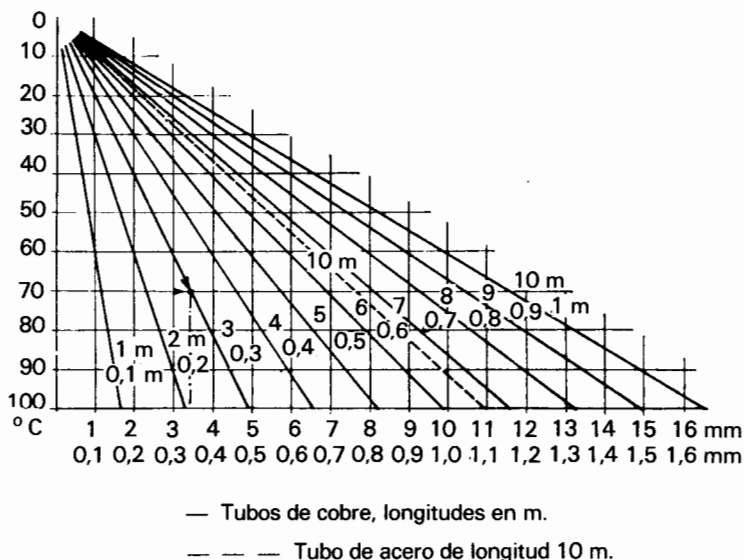


Fig. 7.3. Dilatación de los tubos de cobre en función de la diferencia de temperaturas.

Las variaciones de longitud se deducen de la siguiente fórmula:

$$\Delta L = 0,0165 \cdot L \cdot \Delta t$$

ΔL = variación de longitud en mm.

siendo:

L = longitud inicial del tubo, en m.

Δt = diferencia de temperatura, en ° C.

Se considera como diferencia de temperaturas la diferencia entre la temperatura ambiente en el momento del montaje y la temperatura máxima de servicio.

Por consiguiente, las tuberías o conducciones que están expuestas a variaciones de temperatura deben ser sujetas adecuadamente, de modo que se puedan dilatar y contraer con los cambios de temperatura.

Hay que recalcar que las variaciones de longitud producidas por los cambios de temperatura son mayores en todos los plásticos que en los metales.

Para una mejor visión de la dilatación del tubo de cobre se incorpora la tabla 7.1. en donde aparecen los valores de temperatura del agua y la dilatación del metal por cada metro lineal.

Tabla 7.1. DILATACION TERMICA EN mm SEGUN TRAMOS Y TEMPERATURA DEL AGUA

° C	Longitud del tramo en metros										° C
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
10	0,165	0,330	0,495	0,660	0,825	0,990	1,155	1,320	1,485	1,650	10
20	0,330	0,660	0,990	1,320	1,650	1,980	2,310	2,640	2,970	3,300	20
30	0,495	0,990	1,485	1,980	2,475	2,970	3,465	3,960	4,455	4,950	30
40	0,660	1,320	1,980	2,640	3,300	3,960	4,620	5,280	5,940	6,600	40
50	0,825	1,650	2,475	3,300	4,125	4,95	5,775	6,600	7,425	8,250	50
60	0,990	1,980	2,970	3,960	4,950	5,940	6,930	7,920	8,910	9,900	60
70	1,155	2,310	3,465	4,620	5,775	6,930	8,085	9,240	10,395	11,550	70
80	1,320	2,640	3,960	5,280	6,600	7,920	9,240	10,560	11,880	13,200	80
90	1,485	2,970	4,455	5,940	7,425	8,910	10,395	11,880	13,365	14,850	90
100	1,650	3,300	4,950	6,600	8,250	9,900	11,550	13,200	14,850	16,500	100

Tuberías de evacuación

Vamos hacer una somera descripción de las redes de evacuación o desagüe de aguas residuales que recogen las aguas de desecho en los edificios que, indirectamente, vienen a formar parte de la red de agua sanitaria, aunque el propósito de este libro es fijar la atención sobre la distribución del agua sanitaria y no de la recogida o salida de las aguas sucias.

Las instalaciones de evacuación o desagüe tienen como principal misión recoger las aguas sucias y materias fecales de los sitios donde se originan y conducir las fuera del inmueble para verterlas en lugares apropiados para ello: red de alcantarillado, fosas sépticas, pozos de filtración, etc.

Las aguas pueden ser:

- **Blancas.** Procedentes de la lluvia o nieve, recogidas por el drenaje en sumideros o canalones de cubierta.
- **Amarillas o residuales,** que proceden de los aparatos sanitarios de limpieza y aseo.
- **Negras o fecales,** que arrastran materias fecales y orina.

Las partes principales de una red de evacuación son:

- Las tuberías de evacuación.
- Los sifones.
- Las tuberías de ventilación.

Los sifones son dispositivos en los que se mantiene el agua, impidiendo que el aire pase de la red de evacuación al interior del edificio. Por otra parte, el sifón debe

permitir que circulen a través de su conducto las materias sin que queden retenidas obstruyendo el sifón. Se fabrican en modelos sencillos y dobles.

Toda red de evacuación debe ir acompañada de una tubería de ventilación conjugada con la anterior y cuya finalidad expresa es la de dar salida al exterior del aire (generalmente fétido) de las columnas de tuberías.

La red de evacuación, propiamente dicha, está constituida por un conjunto de tuberías, pudiendo diferenciarse distintas partes, análogas a las que considerábamos al tratar la red de distribución, pudiendo distinguir:

- **Derivaciones.** Unen los aparatos sanitarios con las columnas.
- **Columnas o bajantes** son las tuberías de evacuación verticales en las que se reúnen las aguas residuales procedentes de las derivaciones.
- **Colectores o Albañales.** Son tuberías horizontales con una pendiente mínima de 1,5 ‰, que recogen el agua al pie de las columnas y las conducen al exterior del inmueble, vertiéndolas en la red de alcantarillado.

Las derivaciones pueden ser simples cuando sirven a un sólo aparato y colectivas cuando se emplean para varios.

Las derivaciones de fregaderos, lavaderos y aparatos de bombeo se harán con sifón individual.

La organización del resto de los aparatos puede realizarse con bote sifónico o con sifones individuales.

Para los sistemas de evacuación pueden emplearse los materiales PVC, polipropileno (P.P.) o fibrocemento, que con características distintas según formen derivaciones, columnas o colectores, se unen entre sí, dando como resultado el sistema general.

8.1. UNIDAD DE DESCARGA

Para poder hallar los diámetros de tuberías, puesto que las fórmulas estudiadas en los apartados precedentes no encajan por existir factores volubles e imprevisibles, se ha comenzado por marcar una unidad que sirva para medir los gastos de los diversos aparatos sanitarios. Esta unidad, que recibe el nombre de **unidad de descarga**, se ha fijado en 28 litros por minuto, que resulta ser, aproximadamente, la cantidad de descarga de un lavabo común.

Los valores de las descargas de los diferentes aparatos se miden en unidades de descarga. Por ejemplo, decir que la descarga de un inodoro es de 4 unidades, significa que el gasto a considerar representa una cantidad de $28 \times 4 = 112$ litros por minuto.

Como las descargas son plurales y no puede establecerse una regla fija, pues dependen de la categoría y el uso de los aparatos, se ha determinado proponer tres clases de instalaciones:

Primera clase (privada). Se atribuye a instalaciones en viviendas, cuartos de baños privados en hoteles, y alojamientos parecidos dedicados al uso de un individuo o de una familia.

Segunda clase (semipública). Se aplica a instalaciones en oficinas, fábricas, entidades públicas, etc. o sea, donde los aparatos son utilizados por el número de personas que ocupan el edificio.

Tercera clase (pública). Incumbe a instalaciones donde no hay limitación de personas ni del número de utilizations, como retretes y lavabos públicos, en estaciones de ferrocarril, aeropuertos, etc., y también en edificios, como grandes almacenes, hoteles, etc.

De acuerdo con esta clasificación, la tabla 8.1. da las unidades de descarga relacionadas con los distintos aparatos, facilitando el diámetro mínimo del sifón y de la derivación de descarga que se debe tomar.

Cuando una derivación sirve a varios aparatos, se denomina **derivación en colector** y, para calcular su diámetro, se inserta la tabla 8.2. que facilita sus dimensiones en función del diámetro y de las unidades de descarga que recoge.

Tabla 8.1. UNIDADES DE DESCARGA Y DIAMETRO MINIMO DEL SIFON Y DE LA DERIVACION

Modelo de aparato	Unidades de descarga			Diámetro mínimo del sifón y de la derivación, en mm		
	Clase			Clase		
	1. ^a	2. ^a	3. ^a	1. ^a	2. ^a	3. ^a
Lavabo	1	2	2	32	32	32
Inodoro	4	5	6	110	110	110
Baño	3	4	4	40	50	50
Bidet	2	2	2	32	32	32
Baño completo	7	—	—	110	110	110
Ducha	2	3	3	40	50	50
Urinario	—	4	4	—	50	50
Fregadero	3	—	—	40	—	—
Lavadora	3	3	—	40	40	—
Lavapiés	2	2	—	40	40	—
Lavavajillas	3	8	8	40	—	—
Sumidero corriente	3	3	3	50	50	50

Tabla 8.2. DIAMETRO DE LAS DERIVACIONES DE COLECTOR

Diámetro de la derivación en colector, en mm	Máximo número de las unidades de descarga		
	Pendiente 1 %	Pendiente 1 %	Pendiente 1 %
32	1	1	1
40	2	2	2
50	5	6	8
75 (in W.C.)	12	15	18
90 (sin W.C.)	24	27	36
90 (sin más de 2 W.C.)	15	18	21
110	84	96	114
125	180	234	280
160	330	440	580
200	870	1180	1680
250	1740	2500	3600
315	3000	4200	6500

8.2. EVACUACION DE AGUAS RESIDUALES

Las aguas residuales o sucias de un edificio están integradas por:

- El agua empleada en el fregadero de la cocina y en la lavadora. Es un agua que contiene grasas y detergentes en disolución.
- El agua procedente del baño, duchas y lavabos. La principal característica es la presencia de detergentes usados en la composición jabonosa del aseo personal y de la limpieza de los aparatos sanitarios.
- El agua que sale de los inodoros. Destaca en ella el alto porcentaje de sustancias sólidas y elementos orgánicos.
- Según el sistema de evacuación que adoptemos, podemos incluir también las aguas de lluvia.

La salida al exterior de las aguas sucias de una casa tiene lugar por medio de una serie de tuberías que forman el conjunto de la red de evacuación. En el caso de que por la misma red salgan las aguas de lluvia y las residuales, el sistema se denomina **unitario**. Si hay dos tuberías distintas, una para las aguas de lluvias y otras para las aguas residuales, el sistema se conoce con el nombre de **separativo**.

De esta manera, el diseño y trazado de la red se ajustará a uno de los dos sistemas mencionados. Es decir, bien por el sistema unitario que evacúa todo tipo de aguas

por una sola red de evacuación y que las Normas Tecnológicas de la Edificación indican que se utilice preferentemente, o por el sistema separativo que emplea dos redes independientes: una para aguas pluviales o blancas y otra para aguas residuales exclusivamente. Se recomienda este sistema cuando exista estación depuradora, fosa séptica o sistema separativo de alcantarillado, es decir, en diferentes redes de alcantarillado si existen.

En cualquier caso, los aparatos sanitarios se situarán buscando la agrupación alrededor de la bajante y quedando los inodoros, vertederos y placas turcas, a una distancia de ésta no mayor de 1 metro.

El desagüe de inodoros, vertederos y placas turcas, se hará siempre directamente a la bajante. El desagüe de fregaderos, lavaderos y aparatos de bombeo, se llevará a cabo con sifón individual.

El desagüe de los aparatos sanitarios puede ser:

- Con bote sifónico, figura 8.1.
- Con sifones individuales, figura 8.2.

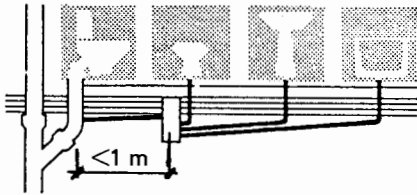


Fig. 8.1. Desagüe de los aparatos sanitarios con bote sifónico.

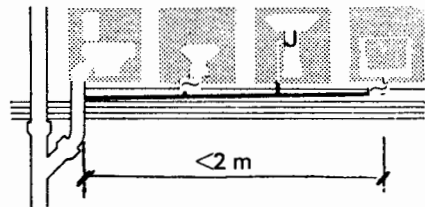


Fig. 8.2. Desagüe de los aparatos sanitarios con sifones individuales.

Entre otras condiciones se debe cumplir, para la figura 8.1, que:

- La distancia del bote sifónico a la bajante no sea mayor de 1 metro, y que la distancia del aparato más alejado del bote sifónico, no pase de los 2,5 metros.

Para la figura 8.2, las observaciones que se guardarán se resumen en:

- La distancia del sifón más alejado al manguetón o bajante, será inferior a los 2 metros.
- Se preverán arquetas en la red enterrada y registros en la red suspendida, en los pies de bajante, encuentros de colectores, y, en general, en todos los puntos de la red en los que se puedan producir atascos. La conducción entre registros y arquetas será de **tramos rectos y pendiente uniforme**.

- Todas las bajantes quedarán **ventiladas**, por su extremo superior o mediante su conducto de igual diámetro con abertura dispuesta en lugar adecuado. En edificios que superen las 10 plantas se instalará además una columna de ventilación paralela a la bajante.
- En los casos en que la red de evacuación o parte de ella quede a nivel inferior de la red de alcantarillado, se proveerá a la instalación de un equipo de bombeo.
- Cuando al saneamiento viertan aguas con gran contenido de grasas o fangos se interpondrá, antes de la arqueta general o pozo de registro, un separador de grasas y fangos.
- La acometida a la red de alcantarillado, se hará ateniéndose a las Ordenanzas y Reglamentos locales.

Los ejemplos de instalaciones de aguas residuales de evacuación corresponden a las Normas Tecnológicas de la Edificación (NTE) aprobadas en 1973 y hacen mención a los sistemas de red unitaria con bote sifónico para edificios de menos de 10 plantas (fig. 8.3) y a la red unitaria con sifones individuales para edificios de más de 10 plantas y menos de 15 (fig. 8.4).

En la figura 8.3 puede observarse que los desagües del cuarto de baño (derecha del dibujo) llevan bote sifónico, mientras que la lavadora y el fregadero llevan sifón individual.

Nomenclatura

Para la figura 8.3 el detalle es como sigue:

- ISS-22. Desagüe de lavabos y bidés a bote sifónico.
- ISS-25. Desagüe de fregadero de dos senos.
- ISS-26. Desagüe de bañera a bote sifónico.
- ISS-30. Desagüe de aparatos de bombeo.
- ISS-34. Desagüe de inodoros y vertederos.
- ISS-36. Sumidero sifónico para locales húmedos.
- ISS-39. Sumidero para azoteas no transitables y sin gravilla.
- ISS-41. Bote sifónico colocado.
- ISS-42. Bajante de fibrocemento.
- ISS-45. Colector enterrado de hormigón.

ISS-50. Arqueta a pie de bajantes.

ISS-51. Arqueta de paso.

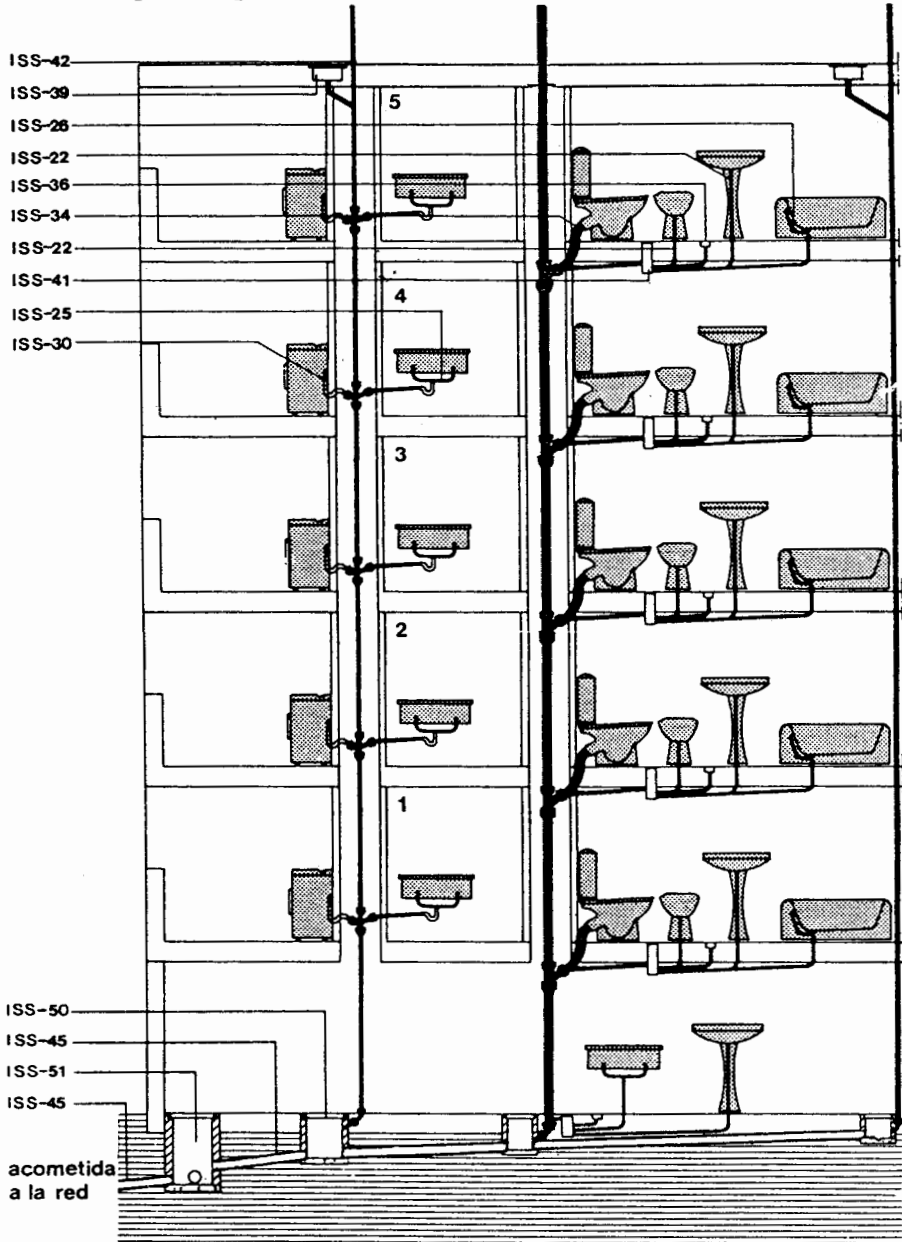


Fig. 8.3. Esquema de red unitaria con bote sifónico y colector enterrado en edificios de menos de 10 plantas.

Para la figura 8.4 el despiece se desglosa en:

ISS-23. Desagüe de lavabos y bidés con sifón individual.

ISS-25. Desagüe de fregaderos de dos senos.

ISS-27. Desagüe de bañeras con sifón individual.

ISS-30. Desagüe de aparatos de bombeo.

ISS-34. Desagüe de inodoros y vertederos.

ISS-39. Sumidero para azoteas no transitables y sin gravilla.

ISS-42. Bajante de fibrocemento.

ISS-44. Columna de ventilación.

ISS-45. Colector enterrado de hormigón.

ISS-50. Arqueta a pie de bajantes.

ISS-55. Pozo de registro.

En la red de evacuación pueden diferenciarse distintas partes, tales son: derivaciones, columnas o bajantes, colectores o albañales, manguetones y arquetas, aparte de los ya conocidos botes sifónicos y sifones.

Derivaciones

Las **derivaciones** son las tuberías que enlazan los aparatos sanitarios con las bajantes. Recogen las aguas residuales de los desagües de los aparatos sanitarios para conducirlos a las bajantes como se representa en la figura 8.5.

Estas suelen estar formadas por tubo de 30 a 50 milímetros de diámetro, disponiéndose horizontalmente con una pendiente mínima del 2,5 por ciento y máxima del 10 por ciento. Pueden ir empotradas o bajo el pavimento. En este último caso se sujetarán mediante bridas o ganchos dispuestos cada 700 milímetros para tubos de diámetro no superior a 50 milímetros y cada 500 milímetros para diámetros superiores.

El dimensionado se efectúa en función del uso a que esté destinado el edificio (público o privado), y al número de unidades de descarga correspondiente a los distintos aparatos (véase tabla 8.1).

Cuando una derivación sirve a varios aparatos sanitarios (derivación en colector), para calcular su diámetro se usa la tabla 8.2.

El bote sifónico se utilizará para recoger y evacuar, por debajo del forzado hasta el manguetón del inodoro o bajante, las aguas residuales procedentes de los aparatos sin sifón individual.

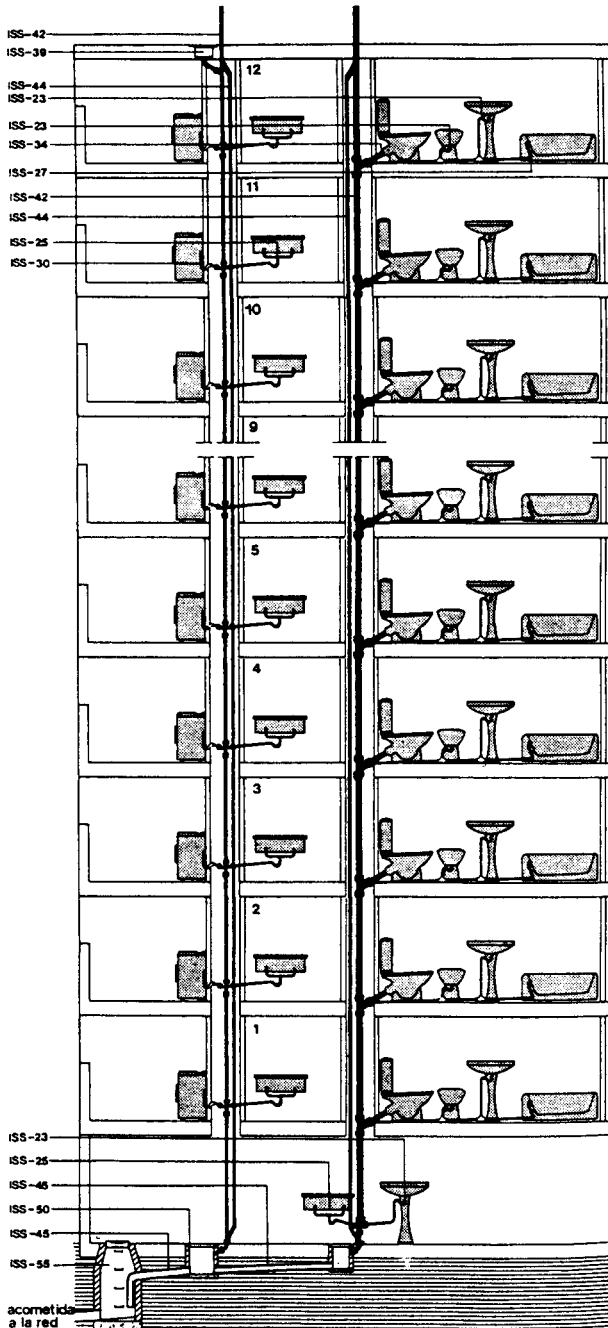


Fig. 8.4. Esquema de red unitaria con sifones individuales y colector enterrado en edificios de más de 10 plantas y no más de 15.

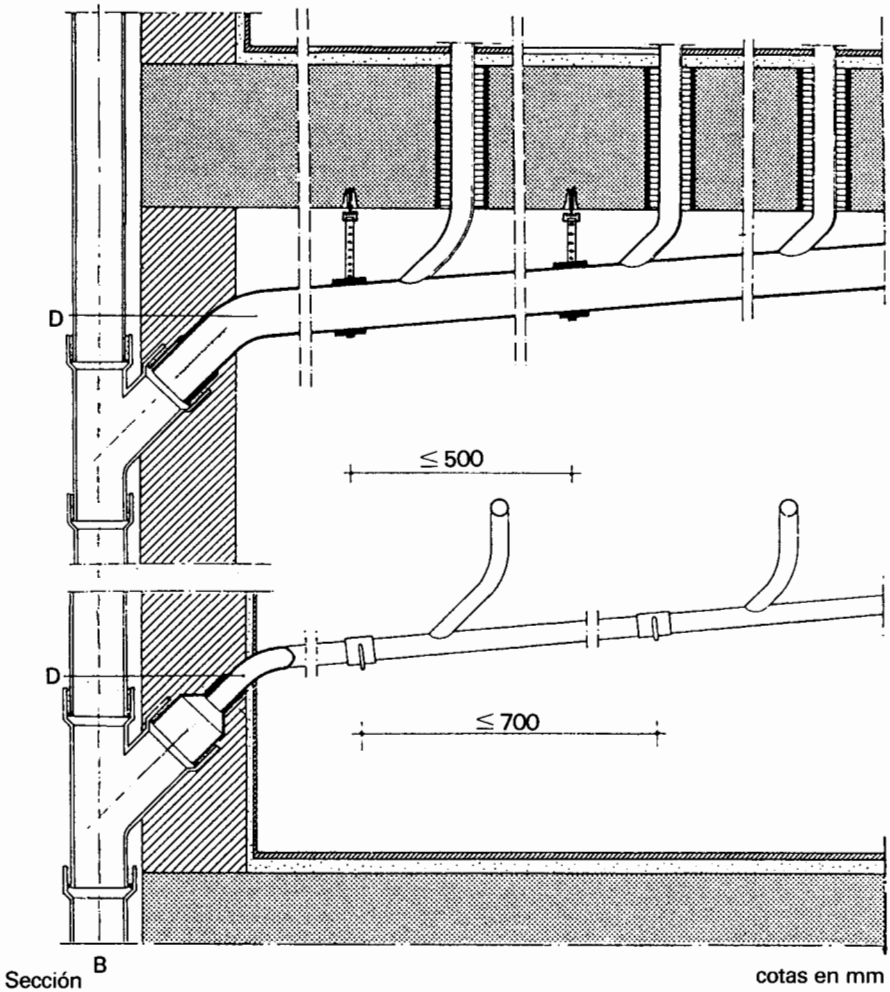


Fig. 8.5. Conjunto derivación y bajante.
 D. Derivación
 B. Bajante

Manguetones

Los desagües de los aparatos sanitarios en que se originan las aguas negras (aquéllas que arrastran materias fecales y orina), deben siempre conectarse directamente a las bajantes mediante un tubo de diámetro amplio. A estos tubos se les conoce con el nombre de **manguetones**, usándose con frecuencia piezas de plástico (PVC).

La forma y disposición de los manguetones presenta diversas modalidades de acuerdo con el tipo de aparato sanitario y la situación de éste con respecto a la bajante.

Bajante

Las bajantes pueden ser de recogida de aguas fecales, de recogida de aguas pluviales o de recogida conjunta de ambas.

En general, las bajantes son tuberías verticales en las que se reúnen las aguas residuales procedentes de las derivaciones, para ser vertidas al exterior. Su diámetro oscila entre 8 y 20 cm y se instalan verticalmente con la mayor inclinación posible.

Las bajantes pueden ser de fibrocemento sanitario o de tubo y piezas especiales de PVC (cloruro de polivinilo) que se engarzan unos en otros y en los que se intercalan, enchufados a su vez, las piezas especiales para recibir las derivaciones.

Las bajantes han de estar **ventiladas** para dar salida al exterior al aire, generalmente fétido, que proviene de las aguas residuales, para lo cual se prolongan aquéllas hasta atravesar la cubierta o techo del edificio dejando abierto al aire libre su extremo superior.

La prolongación de la bajante que hace de tubería de ventilación se elevará sobre el punto más alto del edificio un mínimo de 2 metros, debiéndose proteger su extremo superior con una caperuza que permita la salida de los gases contenidos en la bajante e impida la entrada de cuerpos extraños en ésta.

Las bajantes se acoplan por su parte inferior a una arqueta de pie de bajante, si los colectores están cerrados, o se acopla al colector si éste es del tipo suspendido.

Para calcular el diámetro de las bajantes de aguas sucias se suman las unidades de descarga de todos los aparatos que desembocan en las bajantes. En la tabla 8.3 se dan los diámetros de bajantes para aguas sucias.

El diámetro de las bajantes de aguas pluviales se determina en función de la superficie de cubierta en proyección horizontal para un régimen pluviométrico de 100 mm/h. En la tabla 8.4 se han incluido los diámetros de las bajantes de recogida de aguas pluviales.

Para el dimensionado de las bajantes mixtas, aguas pluviales y sucias, hay que convertir la superficie de cubierta que se desaguará en unidades de descarga (UDs) por medio de la expresión.

$$1 \text{ UD} = 36 \text{ m}^2$$

Una vez convertidas en unidades de descarga se añaden a las obtenidas con las aguas sucias y se utiliza para dimensionar la tabla 8.3 correspondiente a las bajantes de aguas sucias.

La tabla 8.3 da el número de unidades de descarga en función del diámetro de la bajante para edificios de hasta tres plantas y de más de tres plantas, siempre que la bajante sea vertical.

Tabla 8.3. DIAMETRO BAJANTE DE AGUAS SUCIAS

Diámetro de la bajante mm.	Máximo número de unidades de descarga para altura de bajante de		Máximo número de unidades de descarga en cada ramal para bajante de	
	Hasta 3 pisos	Más de 3 pisos	Hasta 3 pisos	Más de 3 pisos
50	10	25	6	6
65	20	40	12	10
80	30(1)	60(1)	25(2)	15(2)
100	240	500	115	90
125	540	1.100	280	200
150	960	1.900	980	350
200	2.200	3.600	1.680	600
250	3.800	5.600	2.500	1.000
300	6.000	8.400	3.900	1.500

(1) Máximo 6 inodoros.

(2) Máximo 2 inodoros.

Tabla 8.4. DIAMETRO DE LA BAJANTE DE AGUAS PLUVIALES

Diámetro de la bajante mm	Superficie proyectada horizontalmente de cubierta m ² (régimen pluviométrico $i = 100$ mm/h)
50	65
65	120
80	205
100	430
125	805
150	1.255
200	2.700

Las bajantes se disponen en huecos especialmente encajados en la obra o adosadas a la cara exterior de los muros de los patios o patinillos. Van sujetas al muro, que no ha de tener menos de 12 cm de espesor, mediante abrazaderas, colocándose dos como mínimo en cada sección de tubo; una de las cuales se sitúa inmediatamente debajo de la copa de enchufe, para soportar el peso y evitar que éste cargue sobre los tubos inferiores; las restantes se colocan a distancias no superiores a 1,5 metros.

Cuando las bajantes han de atravesar forjados (techos y suelos) deben independizarse totalmente de la estructura del edificio. Si las bajantes son de fibrocemento se

dispone un contratubo de fibrocemento ligero con una holgura mínima de 10 mm que se rellena con masilla asfáltica. Para los tubos de fibrocemento basta con protegerlos con una capa de papel de 2 mm de espesor.

Si las bajantes llegan hasta el suelo (caso de colectores enterrados), la parte inferior se protegerá con un tubo exterior de fundición hasta una altura mínima de 2 metros.

Colectores o albañales

Los colectores o albañales son tuberías horizontales de evacuación con una pendiente mínima de 1,5 por 100, que recogen y conducen al exterior del edificio el agua de las bajantes. Pueden verterla a la red de alcantarillado, fosa séptica, pozo de filtración o equipo de depuración.

Los colectores pueden ser separativos, o mixtos de aguas fecales y pluviales, realizando su dimensionado en función del número de unidades de descarga que evacúan, y de la pendiente.

En la tabla 8.5 se recoge su dimensionado en función del número de unidades de descarga y de la pendiente.

Tabla 8.5. DIAMETRO DE LOS COLECTORES

Diámetro del colector mm	Máximo número de unidades de descarga		
	Pendiente 1 %	Pendiente 2 %	Pendiente 4 %
50		20	25
65		25	30
80		45	70
100	180	215	250
125	390	480	580
150	700	840	1.050
200	1.600	1.920	2.300
250	2.900	3.500	4.200
300	4.600	5.600	6.700
350	8.300	10.000	12.000

Cuando el sistema es separativo, hay que convertir la superficie de cubierta en unidades de descarga (UDs) igual que en las bajantes por medio de la expresión:

$$1 \text{ UD} = 36 \text{ m}^2$$

Una vez convertidos en unidades de descarga se añaden a las obtenidas con las agua sucias y se utiliza la tabla 8.5.

Por otro lado, los colectores pueden ser enterrados o suspendidos. A su vez, los colectores enterrados pueden ser enterrados de hormigón (fig. 8.6) y enterrados de fibrocemento (fig. 8.7).

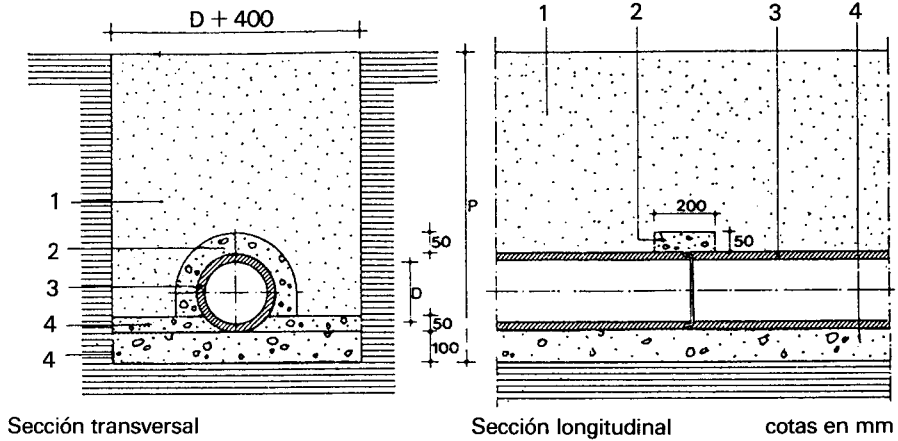


Fig. 8.6. Colector enterrado de hormigón. 1. Relleno de la zanja con tierra exenta de áridos mayores de 8 cm y apisonada. 2. Corchete de hormigón. 3. Conducto de hormigón. 4. Solera y recalde de hormigón.

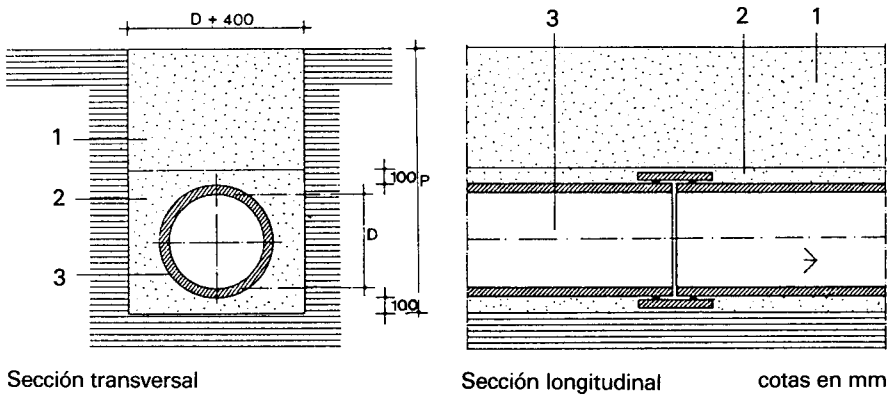


Fig. 8.7. Colector enterrado de fibrocemento. 1. Relleno de la zanja con tierra exenta de áridos mayores de 8 cm y apisonada. 2. Relleno de arena de río. 3. Conducto de fibrocemento de presión con manguito y juntas de caucho.

Los colectores enterrados se construyen normalmente cuando el nivel de la planta más baja del edificio está por encima del nivel de evacuación al exterior; y los suspendidos (fig. 8.8) se utilizan generalmente en edificaciones con sótano, cuando el punto de acometida a la red de alcantarillado está situado a un nivel superior al del suelo del sótano o planta más baja del edificio, o en los casos en que se quiera dejar la red registrable. Tendrá una pendiente mínima de 1,5 por 100.

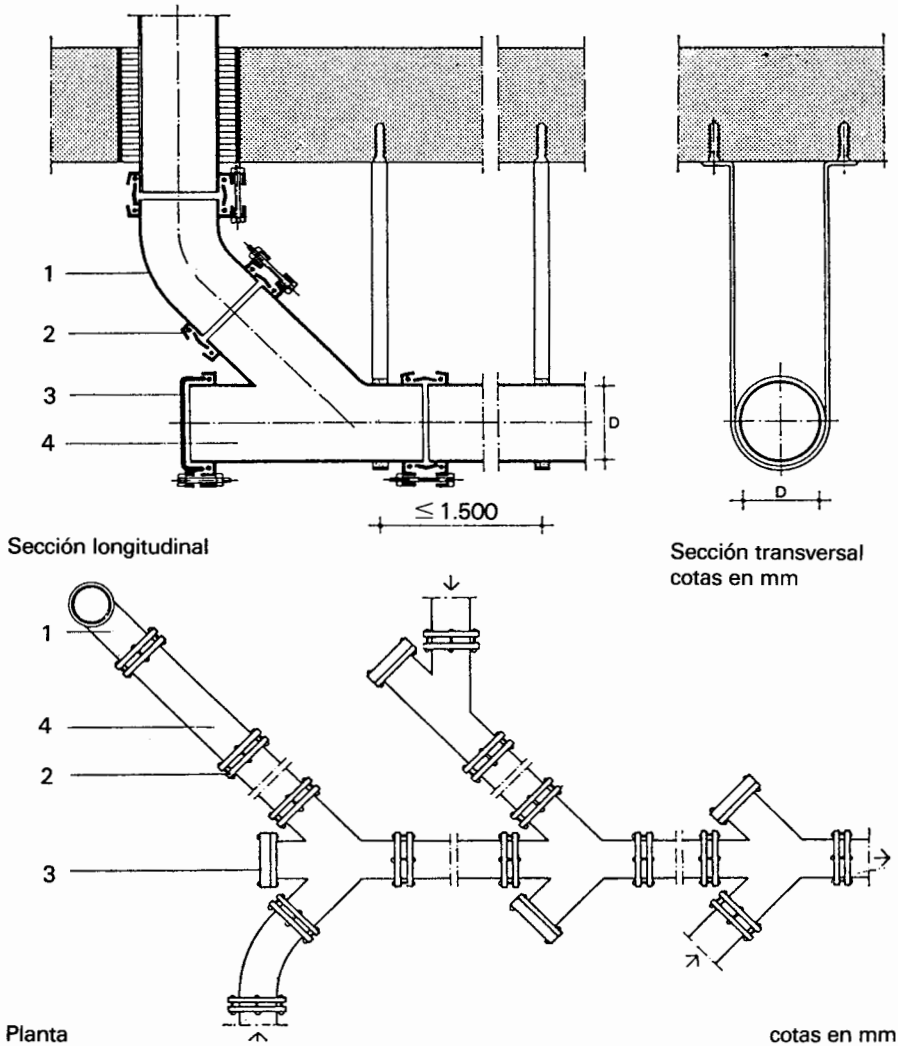


Fig. 8.8. Colector suspendido. 1. Codo de hierro fundido. 2. Unión Gibault. 3. Unión Gibault con brida ciega de registro. 4. Tubo y piezas especiales de fibrocemento de presión. D . Diámetro interior en mm.

Entre otros elementos auxiliares que integran el conjunto de la instalación, conviene citar:

- Arqueta a pie de bajantes.
- Arqueta de paso.
- Pozo de registro.
- Separador de grasas y fangos.

Arqueta a pie de bajante

Se empleará para registro al pie de las bajantes cuando la conducción a partir de dicho punto vaya a quedar enterrada.

Arqueta de paso

La arqueta de paso (fig. 8.9) se utilizará para registro de la red enterrada de colectores cuando se produzcan encuentros, cambios de sección, de dirección o pendiente y en los tramos rectos con un intervalo máximo de 20 metros.

Se colocará una arqueta general en el interior de la propiedad, de dimensiones mínimas de 63 × 63 cm para recoger todos los colectores antes de acometer a la red de alcantarillado.

A cada lado de la arqueta abordará un solo colector que formará ángulo agudo con la dirección de desagüe.

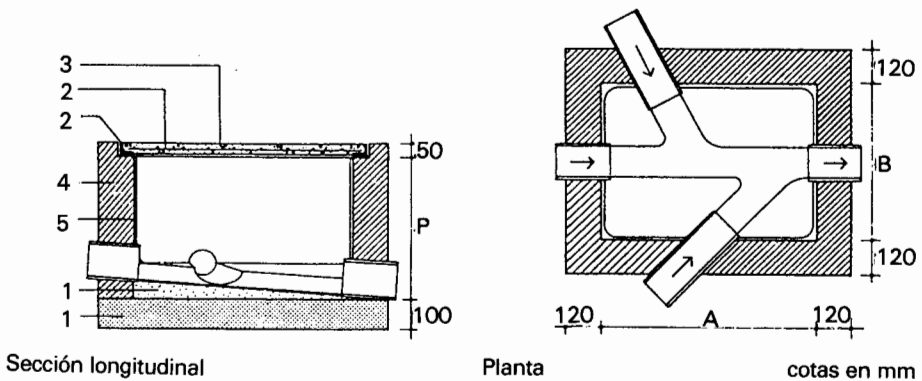


Fig. 8.9. Arqueta de paso. 1. Solera y formación de pendientes de hormigón en masa. 2. Armadura y cerco de perfil laminado. 3. Losa. 4. Muro de ladrillo macizo. 5. Enfoscado con mortero.

Pozo de registro

El pozo de registro (fig. 8.10) se construirá en el interior de la propiedad sustituyendo a la arqueta general, para registro del colector cuando éste acomete a una profundidad superior a 90 cm.

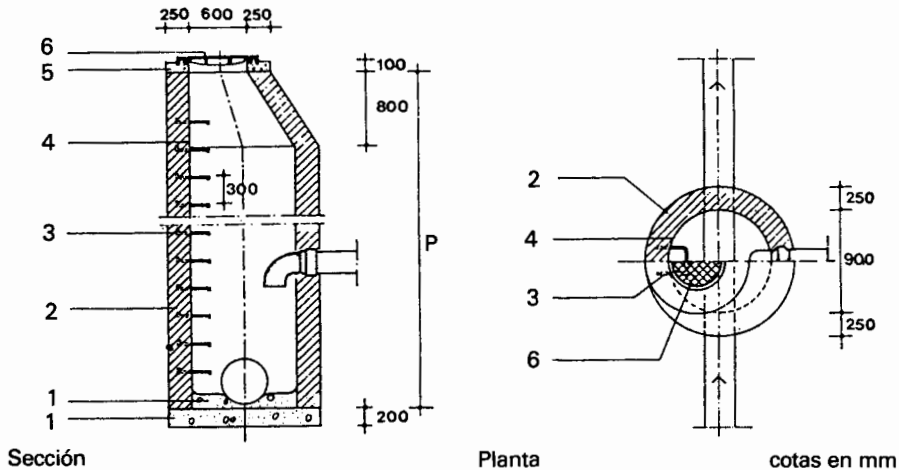


Fig. 8.10. Pozo de registro. 1. Solera y formación de pendiente de hormigón en masa. 2. Muro de ladrillo. 3. Pates empotrados. 4. Enfoscado con mortero. 5. Hormigón. 6. Tapa.

Separador de grasas y fangos

El separador de grasas y fangos (fig. 8.11) tendrá aplicación para separar grasas, aceites y/o fangos procedentes de grandes cocinas, garajes o edificios con triturador de basuras. Podrá utilizarse como arqueta sifónica.

8.3. VENTILACION

Es obvio que en un sistema de evacuación se necesita una ventilación, o, en casos concretos, una red de ventilación que evite el deterioro de los cierres hidráulicos de los sifones colocados en los aparatos sanitarios, es decir, importa, evidentemente, que el cierre hidráulico de un sifón sea eficaz, para lo cual la permanencia del agua en su interior está garantizada, pues, de lo contrario, pasarían los gases y malos olores de las tuberías de evacuación a los locales húmedos en que están colocados los aparatos sanitarios.

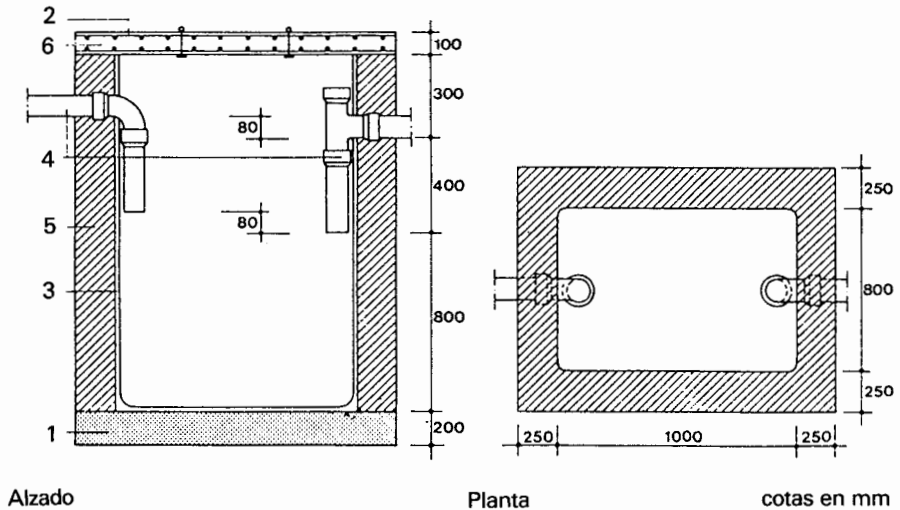


Fig. 8.11. Separador de grasas y fangos. 1. Solera de hormigón. 2. Armadura. 3. Enfoscado con mortero. 4. Tubería de fibrocemento. 5. Muro. 6. Losa-tapa.

En una bajante de cierta altura que atiende a varias plantas, se puede originar una acumulación de descargas simultáneas que llegan a llenar toda el área de la bajante, causando lo que se conoce por émbolo hidráulico, que al descenso brusco del volumen del líquido por la bajante comprime el aire que hay en ella; el aire comprimido empuja el agua del cierre hidráulico de los sifones pudiendo, eventualmente, producir una descarga de gases fétidos a través de ellos, originándose lo que se denomina **desifonamiento por compresión**. Por otro lado, el émbolo hidráulico, al pasar del desagüe de una acometida, puede provocar una depresión tras de él, succionar y arrastrar el agua de los sifones, dejando los aparatos sanitarios en comunicación directa con la tubería de evacuación sin que ningún cierre impida el paso de los malos olores causando lo que se llama un **desifonamiento por aspiración**.

Para evitar esto, basta poner los sifones en comunicación con la atmósfera empalmándolos, por medio del orificio de ventilación, con una tubería que se enlaza con la bajante, la cual estará también ventilada, con cuyo fin se dejará, como ya se ha dicho, abierto su extremo superior.

Los sistemas de ventilación que se utilizan son diversos y están de acuerdo con el riesgo de que se produzcan malos olores, y, en función del edificio (si tiene muchas o pocas plantas que se traduce en un mayor o menor número de unidades de descarga) a evacuar por la bajante.

Según la disposición de la ventilación, ésta se denomina **primaria, secundaria y terciaria**.

La ventilación **primaria** es la más común, y se basa en dejar abierta la bajante por la parte superior estableciendo una comunicación con la atmósfera, situándola, por

lo menos, 2 metros por encima del tejado del inmueble. De esta manera se evita el refluo de los malos olores, al mismo tiempo que soslaya el desifonamiento por aspiración. Esta modalidad de ventilación es suficiente en edificios de hasta 6 plantas, siendo su diámetro igual al de la bajante que sirve.

La ventilación **secundaria** consiste en disponer una tubería, llamada **columna de ventilación** (fig. 8.12) paralela a la bajante de evacuación y ensamblada con ella en la parte superior, en la parte inferior y en cada dos plantas (en edificios de 10 a 15 plantas) o en todas las plantas (en edificios de más de 15). Las conexiones en cada planta se realizará siempre por encima de la acometida de los aparatos sanitarios, y se presupone la existencia de la ventilación primaria en la bajante.

El diámetro de las columnas de ventilación se determina en función del diámetro de la bajante a que corresponde, del total de unidades de descarga a que sirva y de su longitud efectiva; siendo la columna de ventilación igual, por lo menos, a la mitad del diámetro de la bajante.

La ventilación **terciaria** se basa en ventilar todos los sifones y botes sifónicos con unas derivaciones que comunican con la bajante de ventilación. Es el sistema adecuado para edificios con más de 15 plantas.

El diámetro de los ramales de ventilación a los sifones de los aparatos sanitarios debe ser igual a la mitad del diámetro del ramal de desagüe y, como mínimo, igual a 32 milímetros.

Para inodoros, placas turcas y fregaderos, el diámetro de la tubería puede ser de 40 milímetros.

Puede prescindirse de la ventilación cuando:

- Un aparato sanitario descarga directamente en una bajada de por lo menos 80 mm de diámetro y la longitud de la derivación no es mayor de 600 mm, si el aparato sanitario es de fondo curvo, o de 1,20 m si es de fondo plano.
- Si en un cuarto de baño están seguidos el inodoro, el baño y el lavabo, puede limitarse la instalación al sifón del lavabo.

NOTA. En los dos casos considerados conviene que en la bajante no descargue más de un inodoro por encima de los aparatos no ventilados.

Los datos aportados sirven de orientación y enseñanza sobre los sistemas de ventilación, advirtiendo que, para efectuar un cálculo más preciso y tener mayor amplitud en lo referido al tema, hay que recurrir a las obras especializadas de construcción civil.

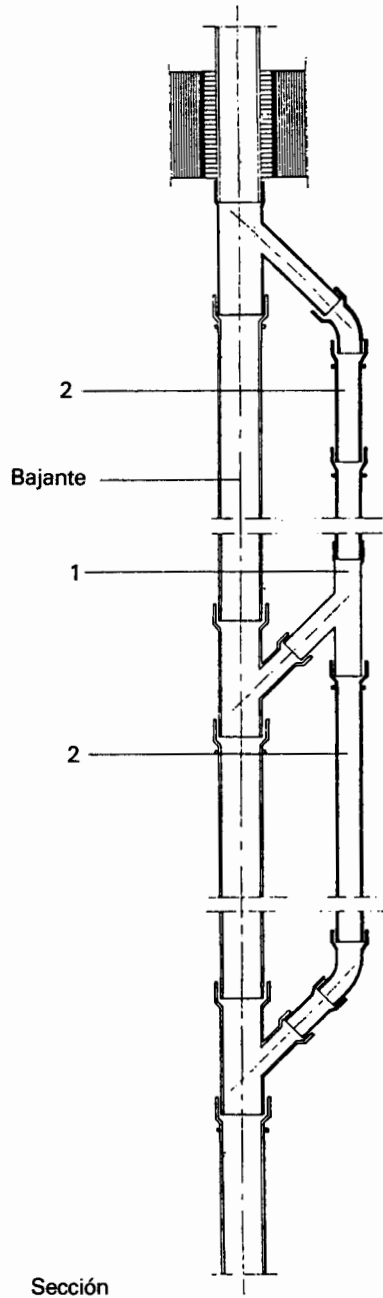


Fig. 8.12. Columna de ventilación para edificios de más de 10 plantas. 1. Tubo de diámetro interior de 60 mm. 2. Tubo y piezas especiales de fibrocemento ligero de diámetro interior de 60 mm.



9

Pruebas reglamentarias

Para el agua fría hay unas disposiciones de aplicación general que se dividen en Inspecciones y Pruebas de las Instalaciones.

INSPECCIONES

Antes de iniciarse el funcionamiento de las instalaciones, las empresas o personas instaladoras están obligadas a realizar las pruebas de resistencia mecánica y de estanqueidad previstas en el título 6.º de las Normas Básicas y deben dar cuenta de ello a la Delegación Provincial del Ministerio de Industria.

Si la Delegación Provincial considera que no es necesaria su presencia en dichas pruebas, facultará al instalador para que, con el usuario o propietario, las realice; una vez efectuadas las pruebas previstas, con o sin la presencia de representantes de la Delegación Provincial del Ministerio de Industria, se procederá a levantar un certificado del resultado, que debe estar suscrito, al menos, por el usuario o propietario y la empresa instaladora. Una copia de este certificado se envía posteriormente a la Delegación Provincial del Ministerio de Industria.

Se entiende que las instalaciones tienen la aprobación de funcionamiento de la Delegación Provincial del Ministerio de Industria si, transcurridos treinta días desde el envío de la copia de certificado, ésta no manifiesta objeción alguna al respecto.

Los servicios técnicos de la Delegación Provincial podrán realizar en las instalaciones las pruebas reglamentarias y efectuar las inspecciones, supervisiones y comprobaciones que consideren necesarias para asegurar el buen funcionamiento de las instalaciones objeto de las Normas Básicas.

PRUEBAS DE LAS INSTALACIONES

Todos los elementos y accesorios que integran las instalaciones serán objeto de las pruebas reglamentarias.

Antes de proceder al empotramiento de las tuberías, las empresas instaladoras están obligadas a efectuar la prueba de resistencia mecánica y estanqueidad. Dicha prueba se efectuará con presión hidráulica. Deben someterse a esta prueba:

- a) Todas las tuberías, elementos y accesorios que integran la instalación.
- b) La prueba se llevará a cabo a 20 kg/cm^2 . Para iniciar la prueba se llenará de agua toda la instalación, manteniendo abiertos los grifos terminales hasta que se tenga la seguridad de que la purga ha sido completa y no queda nada de aire. Entonces, se cierran los grifos que no han servido de purga y el de la fuente de alimentación. A continuación, se emplea la bomba, que ha sido previamente conectada y se mantiene su funcionamiento hasta alcanzar la presión de prueba. Una vez conseguida, se cierra la llave de paso de la bomba y se procede a reconocer toda la instalación para asegurarse de que no existe pérdida.
- c) A continuación, se disminuye la presión hasta llegar a la de servicio, con un mínimo de 6 kg/cm^2 y se mantiene esta presión durante 15 minutos. Se dará por buena la instalación si durante este tiempo la lectura del manómetro ha permanecido constante, debiendo apreciar el manómetro, con claridad, décimas de kg/cm^2 .
- d) Las presiones aludidas anteriormente se refieren a nivel de la calzada.

Todos los materiales, accesorios y elementos de las instalaciones deben estar homologados oficialmente. Las dudas y discrepancias que puedan surgir serán resueltas por las Delegaciones Provinciales del Ministerio de Industria.

Para el **agua caliente** hay que seguir el Reglamento de Instalaciones de Calefacción, Climatización y Agua Caliente Sanitaria, que indica que todas las instalaciones sujetas a este Reglamento deberán realizarse de acuerdo con uno o varios proyectos específicos, quedando excluidas de estas exigencias la preparación de ACS por medio de calentadores instantáneos, calentadores acumuladores y termos eléctricos, de potencia igual o inferior a 60 kW.

Por lo general, la referencia que se hace en su articulado con respecto al agua caliente está basada principalmente en la producción y utilización de la misma en edificios de carácter centralizado, no haciendo casi ninguna mención a edificios de uso individual; se menciona mayormente la producción del agua caliente, haciendo referencia a los diferentes sistemas de generación.

Igualmente señala que las instalaciones de agua caliente sanitaria (ACS), deberán cumplir las prescripciones especificadas en la IT.IC. 04, y en su cálculo deberán observarse las exigencias expresadas en la IT.IC.05 y el nivel de aislamiento indicado en la IT.IC.19.