

Manual de  
*Instalaciones de fontanería,  
evacuación y saneamiento  
y  
energía solar en edificación*





*Gemma Vázquez Arenas*

Área de Construcciones Arquitectónicas.

Departamento de Arquitectura y Tecnología de la Edificación.

ESCUELA DE ARQUITECTURA E INGENIERÍA DE EDIFICACIÓN.

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA.**

Autora: Gemma Vázquez Arenas.

Edita: Universidad Politécnica de Cartagena.

Julio 2011

url: <http://hdl.handle.net/10317/1735>

# Índice

Pág.

## ***INSTALACIONES DE SUMINISTRO DE AGUA***

### **1<sup>a</sup> PARTE. ABASTECIMIENTO DE AGUA FRÍA.**

1. Introducción .....	1
2. Descripción general de la instalación .....	3
2.1 Acometida .....	3
2.2 Instalación general del edificio .....	6
2.3 Instalaciones particulares .....	18
2.4 Derivaciones colectivas .....	20
3. Características de la instalación según normativa .....	21
3.1 Propiedades que debe cumplir la instalación .....	21
3.2 Señalización .....	24
3.3 Ahorro de agua .....	24
4. Esquemas de los tipos de trazados de abastecimiento de agua fría .....	24
5. Componentes de las instalaciones de agua fría .....	31
5.1 Tipos de tuberías .....	31
5.2 Tipos de contadores .....	43
5.3 Llaves y válvulas .....	44
5.4 Filtros .....	55
5.5 Fluxores .....	56
5.6 Accesorios de fijación y unión .....	60
6. Sistemas de sobreelevación: Grupos de presión .....	67
6.1 Depósito elevado abierto.....	67
6.2 Grupo hidroneumático de presión .....	70
6.3 Grupo de presión de accionamiento regulable .....	74
6.4 Dimensionado del grupo de presión .....	75
6.5 Situación del equipo .....	86
7. Sistemas de tratamiento de agua .....	87
7.1 Exigencias de funcionamiento .....	88
7.2 Dimensionado de los sistemas y tratamientos de agua .....	89
7.3 Situación del equipo .....	90

## **2<sup>a</sup> PARTE. INSTALACIONES PARA AGUA CALIENTE SANITARIA (ACS)**

1. Introducción .....	91
2. Sistemas de producción de agua caliente .....	92
2.1. Instalación individual .....	96
2.2 Instalación centralizada .....	107
3. Accesorios .....	112
3.1 Grifería mezcladora .....	112
3.2 Dilatadores .....	113
3.3 Materiales aislantes .....	113
4. Consideraciones generales de las instalaciones de ACS .....	114
4.1 Distribución .....	114
4.2 Regulación y control .....	116
4.3. Separación respecto a otras instalaciones .....	116
5. Dimensionado .....	119

## **3<sup>a</sup> PARTE. DIMENSIONADO DE LA INSTALACIÓN.**

1. Introducción .....	123
1.1 Proceso de cálculo .....	124
1.2 Comprobación de la presión .....	125
2. Caudales mínimos. Simultaneidades. ....	126
2.1 Coeficientes de simultaneidad .....	128
3. Presiones necesarias .....	133
4. Elección de la velocidad .....	134
5. Dimensionado de las conducciones .....	135
5.1 Método de las longitudes equivalentes .....	137
6. Trazado de la instalación en viviendas unifamiliares .....	143
BIBLIOGRAFÍA .....	147

# **INSTALACIONES DE EVACUACIÓN Y SANEAMIENTO EN EDIFICACIÓN**

## **1<sup>a</sup> PARTE. CARACTERÍSTICAS Y EJECUCIÓN.**

1. Introducción .....	151
1.1 Normativa básica .....	151
2. conceptos básicos de evacuación .....	153
2.1 Desagüe de aparatos. Pendiente hidráulica .....	153
2.2 Sifonado .....	154

2.3 Cierres hidráulicos .....	155
2.4 Problemas de sifonado en los cierres hidráulicos .....	156
2.5 Autosucción .....	157
2.6 Aplicación de los sifonados en los cierres hidráulicos de los inodoros .....	158
3. Aguas de evacuación .....	159
4. Partes principales de la red interior de evacuación .....	160
4.1 Tuberías de evacuación .....	161
4.2 Elementos auxiliares de la red de evacuación .....	170
4.3 Elementos especiales en la red de evacuación .....	187
5. Características principales de la red de evacuación .....	192
5.1 Recogida de aguas pluviales .....	195
6. Tipos de sistema de distribución en la red de evacuación y saneamiento .....	196
6.1 Sistema unitario .....	198
6.2 Sistema separativo .....	200
6.3 Sistema semiseparativo .....	201
6.4 Sistema de elevación forzada .....	202
6.5 Sistema mediante trituradores .....	204
7. Tipos de materiales utilizados .....	206
7.1 Materiales de las canalizaciones .....	206
7.1.1 Tuberías de fundición .....	206
7.1.2 Tuberías plásticas .....	209
7.1.3 Tuberías de gres .....	211
7.1.4 Tuberías de hormigón .....	212
7.2 Materiales de los accesorios .....	213
8. Ejecución en obra .....	214
8.1 Ejecución en los puntos de captación .....	214
8.1.1 Válvulas de desagüe .....	214
8.1.2 Sifones individuales y botes sifónicos .....	214
8.1.3 Calderetas o cazoletas y sumideros .....	215
8.1.4 Canalones .....	216
8.2 Ejecución de las redes de pequeña evacuación .....	217
8.3 Ejecución de bajantes y ventilaciones .....	217
8.3.1 Ejecución de las bajantes .....	217
8.3.2 Ejecución de las redes de ventilación .....	219
8.4 Ejecución de albañales y colectores .....	219

8.4.1 Ejecución de la red horizontal colgada .....	219
8.4.2 Ejecución de la red horizontal enterrada .....	220
8.4.3 Ejecución de las zanjas .....	221
8.4.4 Protección de las tuberías de fundición enterradas .....	222
8.4.5 Ejecución de los elementos de conexión de las redes enterradas .....	223
8.5 Ejecución de los sistemas de elevación y bombeo .....	225
8.5.1 Depósito de recepción .....	225
8.5.2 Dispositivos de elevación y bombeo .....	225
8.6 Pruebas .....	226
8.6.1 Pruebas de estanqueidad parcial .....	226
8.6.2 Pruebas de estanqueidad total .....	227
8.6.3 Prueba con agua .....	227
8.6.4 Prueba con aire .....	227
8.6.5 Prueba con humo .....	228

## **2ª PARTE. DIMENSIONADO**

1. Representación gráfica. Planos .....	229
2. Dimensionado .....	233
2.1 Dimensionado de la red de evacuación de residuales .....	233
2.1.1 Derivaciones individuales .....	234
2.1.2 Bajantes de aguas residuales .....	237
2.1.3 Colectores horizontales de aguas residuales .....	238
2.2 Dimensionado de la red de evacuación de aguas pluviales .....	241
2.2.1 Red de pequeña evacuación de aguas pluviales .....	242
2.2.2 Canalones .....	243
2.2.3 Bajantes de aguas pluviales .....	244
2.2.4 Colectores de aguas pluviales .....	244
2.3 Dimensionado de los colectores mixtos .....	245
2.4 Dimensionado de la red de ventilación .....	248
2.4.1 Ventilación primaria .....	248
2.4.2 Ventilación secundaria .....	248
2.4.3 Ventilación terciaria .....	250
2.5 Dimensionado de arquetas .....	250
2.6 Dimensionado de los sistemas de elevación y bombeo .....	253
2.6.1 Dimensionado del depósito de recepción .....	253
2.6.2 Cálculo de las bombas de elevación .....	253

BIBLIOGRAFÍA.....	257
-------------------	-----

## ***INSTALACIONES DE ENERGÍA SOLAR EN EDIFICACIÓN***

1. NORMATIVA .....	261
1.1. Ámbito de aplicación. ....	262
2. LA ENERGÍA SOLAR .....	263
2.1. Características de la radiación solar .....	264
2.1.1 Posición relativa sol-superficie horizontal .....	265
2.1.2 Radiación solar en la superficie de la tierra .....	266
3. INSTALACIÓN DE ENERGÍA SOLAR TÉRMICA .....	270
3.1. Aplicaciones de la energía solar térmica .....	271
3.1.1 Producción de agua caliente sanitaria .....	271
3.1.2 Instalaciones de calefacción .....	273
3.1.3 Climatización de piscinas .....	274
3.1.4 Otras aplicaciones. ....	275
3.2. Instalación Solar Térmica para la producción de ACS .....	275
3.2.1 Componentes principales de la instalación .....	277
A) Captadores Solares. ....	277
B) Fluido Caloportador .....	284
C) Acumuladores .....	284
D) Intercambiador de calor .....	288
E) Bombas de circulación. ....	289
F) Sistemas auxiliares .....	290
G) Tuberías. ....	292
H) Válvulas. ....	293
I) Vasos de expansión .....	293
J) Sistema eléctrico y de control. ....	294
3.2.2 Tipos de sistemas de aprovechamiento .....	295
A) Vivienda unifamiliar .....	296
B) Edificio de viviendas .....	297
3.3. Dimensionado y cálculo .....	301
3.3.1 Datos de partida .....	301
3.3.2 Dimensionado básico .....	302
3.3.3 Cálculo de las pérdidas por orientación e inclinación. ....	303
3.3.4 Cálculo de pérdidas de radiación solar por	

sombras .....	305
3.3.5 Distancia mínima entre filas de captadores .....	306
4. Sistemas solares fotovoltaicos .....	306
5. Cálculo de instalación solar térmica de a/cs. ....	311
6. Anexos .....	315
BIBLIOGRAFÍA .....	327

## ***INSTALACIONES EN PISCINAS***

Nociones básicas .....	331
Normativa .....	331
1. Partes básicas de una piscina .....	331
2. Clasificación de piscinas .....	332
3. Partes de la instalación .....	335
3.1 El abastecimiento de agua .....	335
3.2 El desagüe de la piscina .....	336
3.3 Tipos y clasificación de tratamientos de agua .....	336
3.3.1 Métodos físicos .....	337
3.3.2 Métodos químicos .....	348
3.3.3 Métodos químico-físicos .....	351
3.3.4 Control del pH .....	356
4. Accesorios .....	357
4.1 Accesorios para accesibilidad .....	357
4.2 Accesorios en la instalación hidráulica .....	357
4.3 Accesorios eléctricos .....	358
4.4 Accesorios de limpieza y mantenimiento .....	359
5. Energía solar aplicada a piscinas .....	360
Anexo: Recomendaciones según el reglamento técnico-sanitario de piscinas .....	364
BIBLIOGRAFÍA.....	369
<b><i>BIBLIOGRAFÍA GENERAL .....</i></b>	<b>371</b>

# *Instalaciones de suministro de agua en edificación*





## NSTALACIONES DE SUMINISTRO DE AGUA

### 1<sup>a</sup> PARTE

#### ABASTECIMIENTO DE AGUA FRÍA

### 1. INTRODUCCIÓN

Las instalaciones urbanas de abastecimiento de agua constan de una red integrada por, unos elementos de captación de agua, normalmente depósitos elevados, desde donde el fluido pasa a otros de reserva y regulación o partir de los cuales se organiza la red distribuidora o red público de distribución de agua.

Llamamos red pública de distribución, al conjunto de tuberías que, partiendo de los depósitos antes mencionados, tienen la finalidad de alimentar los aparatos hidráulicos de servicio público así como los ramales de los abonados o particulares.

La toma del servicio de la instalación y los elementos previos a esta, son patrimonio de la **Compañía Abastecedora** y dicha toma es realizada por ella o petición de las respectivas propiedades que soliciten el servicio del agua.

A partir del tramo de toma es donde comienza la instalación particular que constituye la red de abastecimiento del edificio. Incluye, además del ramal de acometida, los contadores, la red de tuberías que llevan el agua a los puntos de consumo. Esta parte ha seguido hasta la actualidad la Reglamentación descrito en las «Normas Básicas para las Instalaciones Interiores de Suministro de Agua» (ORDEN, de 9 de diciembre de 1975), pero en la actualidad se ha desarrollado una nueva normativa competente a dicha instalación incluida dentro del «Código Técnico de la Edificación» y es el Documento Básico HS-Salubridad, dentro del apartado HS-4 suministro de agua, cuyo conocimiento es obligado para todo proyectista que deba realizar de forma satisfactoria un estudio de este tipo.

En función de la presión existente en la red de distribución de agua se define el esquema general de la instalación. El esquema general de la instalación se puede realizar teniendo en cuenta el tipo de contabilización del agua, es decir si se colocará un contador único o general o si se realizará una contabilización múltiple a partir de contadores divisionarios, y también considerando que ningún montante alimente a un número mayor de 10 plantas mediante distribuidores ramificados o en anillo. La existencia de dos o más columnas montantes se debe habitualmente a la existencia, en edificios de cierta altura (más de 10 plantas); de una presión excesiva en los pisos bajos, e inferior o la exigida por la Norma en los últimos, mientras que puede ser adecuada para los situados en la zona media del inmueble.

Resumiendo, las normas que nos rigen las instalaciones de suministro de agua son:

- “**Código Técnico de la Edificación**”(CTE), dentro de este el Documento Básico HS – Salubridad, apartado 4: Suministro de agua. Tiene por objeto establecer reglas y procedimientos que permiten cumplir las exigencias básicas de salubridad. Y en este caso concreto, que los *edificios* dispongan de medios adecuados para suministrar al equipamiento higiénico previsto de agua apta para el consumo de forma sostenible, aportando caudales suficientes para su funcionamiento, sin alteración de las propiedades de aptitud para el consumo e impidiendo los posibles retornos que puedan contaminar la red, incorporando medios que permitan el ahorro y el control del agua.
- “**Normas Básicas para las instalaciones interiores de suministros de agua**”(NIA),(ORDEN, de 9 de diciembre de 1975) (BOE de 13 de enero de 1976; incluye las correcciones de errores publicadas en el BOE)

El objeto de esta norma era establecer las condiciones mínimas que deben exigirse a las instalaciones interiores para lograr un correcto funcionamiento en lo que se refiere a suficiencia y regularidad del suministro para condiciones de uso normales. Estas Normas Básicas, aunque ello no se indique en el texto normativo, estaban prácticamente redactadas para su utilización en edificios de varias plantas de viviendas, tipo bloque, de forma que su utilización está menos indicada para las viviendas unifamiliares y adosadas, en las cuales el dimensionamiento puede resultar excesivamente ajustado.

- “**Normas Técnicas de la Edificación**” (NTE), estas normas no son de obligado cumplimiento pero nos sirven para conocer las diferentes disposiciones constructivas que se pueden realizar de la instalación siempre y cuando se ajusten a la reglamentación o normativa obligatoria y no la contradigan.
- En el caso del Agua Caliente Sanitaria, el texto básico a utilizar además del CTE, será el “**Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios**” (RITE).

## 2. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA INSTALACIÓN

El suministro de agua de un edificio dependerá como ya se ha indicado anteriormente del tipo de contabilización que se haga en ella, y estará compuesta de:

- Acometida.
- Instalación General.
- Derivación Colectiva. Si se dispone de contador único o general
- Instalación Particular. Si existen contadores múltiples o divisionarios.

### 2.1 Acometida.

Es la tubería que enlaza la instalación general interior del inmueble con la tubería de la red de distribución exterior.

Debe de disponer de los elementos siguientes:

- Llave de toma
  - Tubo de acometida
  - Llave de corte
- Punto o llave de toma
- Se encuentra colocado sobre la tubería de la red de distribución y abre el paso a la acometida.
  - Cuando se abre deja libre todo el paso de la tubería y se cierra dando un cuarto de vuelta a la llave.

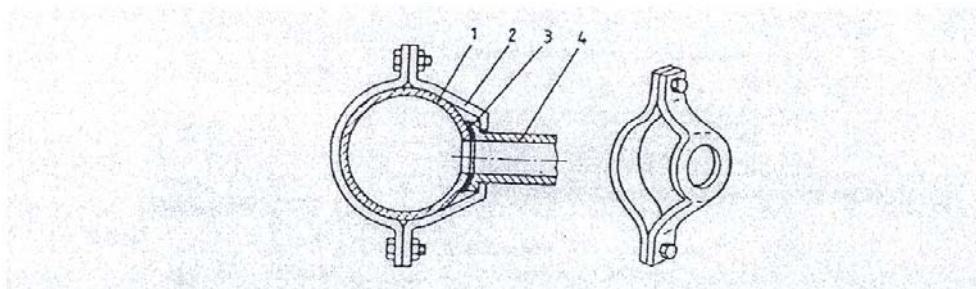
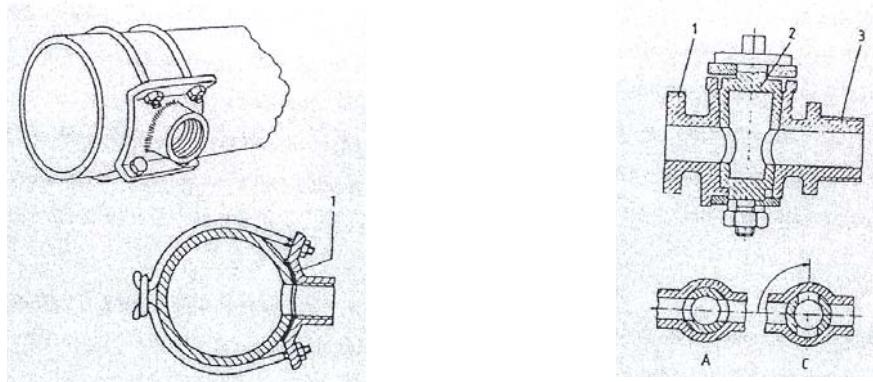


Fig. 1. Esquema toma de acometida: 1, tubería de la red de distribución; 2, brida de collar (la figura situada a la derecha se muestra de forma independiente); 3, junta de estanqueidad; 4, tubo de acometida<sup>7</sup>.



Brida de acometida con acoplamiento roscado para la colocación de la llave de toma. 1, junta de estanqueidad<sup>7</sup>.

Válvula tipo macho para la llave de toma: 1, brida de unión; 2, macho cónico; 3, extremo roscado para la unión con la brida de acometida. Posición A: llave abierta; Posición B: llave cerrada<sup>7</sup>.

Fig. 2.

- 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.
- Solo podrá ser maniobrada por el suministrador o persona autorizada.

➤ Tubo de acometida

- Enlaza la llave de toma, con la llave de corte general en el interior del edificio.
- 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. Para ello se dispone de un manguito pasamuros, compuesto por un contratubo de fibrocemento tomado con mortero de cal, dejando una distancia mayor de 10 mm, entre el interior del contratubo y el tubo de acometida.

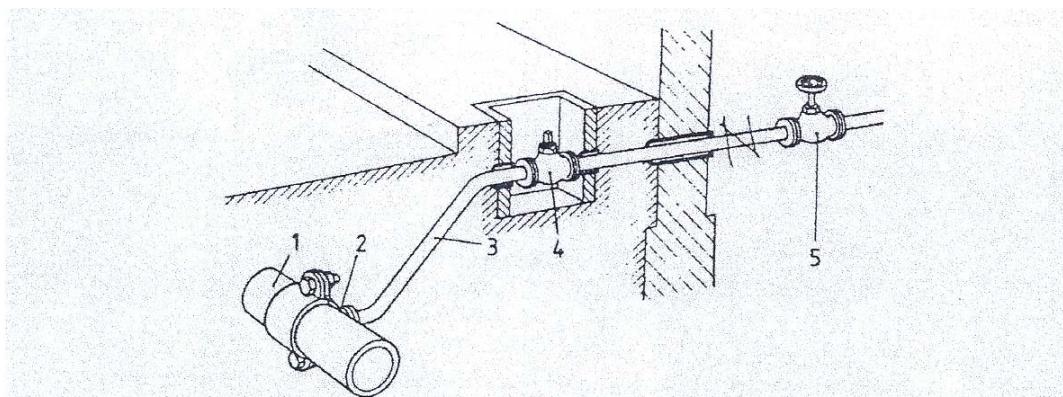


Fig.3. Esquema de disposición de la acometida. 1, tubería de la red pública; 2, punto de toma de acometida; 3, tubo de acometida; 4, llave de corte exterior (llave de registro); 5, llave de corte general<sup>7</sup>.

- Deberá ser rejuntado de forma que a la vez el orificio quede impermeabilizado mediante masilla plástica que permita los movimientos del tubo.
- Los diámetros nominales del tubo de acometida suele ser: 20, 30, 40, 50, 65, 80, 100, 125, 150, 200, 250 mm.

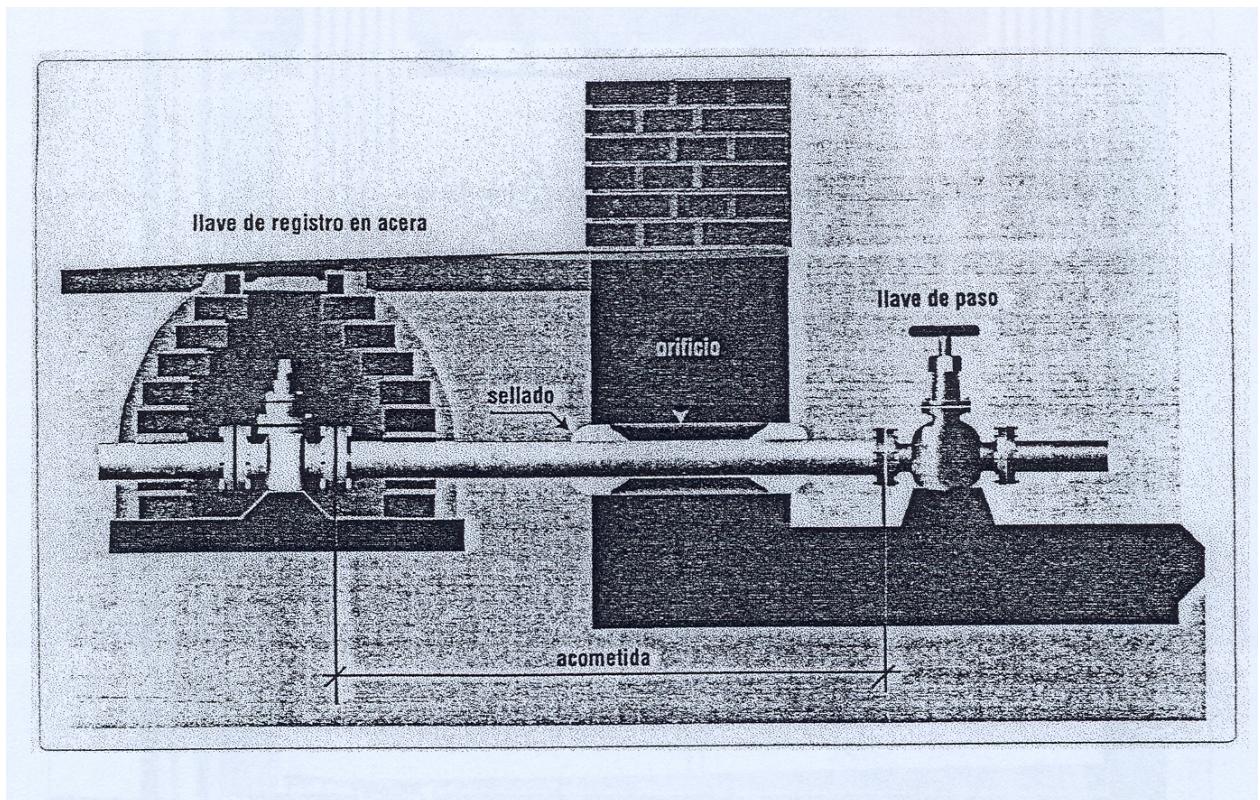


Fig. 4. Disposición de acometida atravesando el muro del edificio<sup>8</sup>.

➤ Llave de corte en el exterior de la propiedad

- Antes era conocida como la llave de registro.
- Estará situada vía pública, junto al edificio.
- Alojada en arqueta de fabrica de ladrillo sobre acera.
- Como la anterior, la maniobrará exclusivamente el suministrador o persona autorizado, sin que los abonados, propietarios ni terceras personas puedan manipularla.

Si la acometida se realizará desde una captación privada o en zonas rurales en las que no existe una red general de suministro de agua, los equipos a instalar (además de la captación propiamente dicha) serán los siguientes:

- válvula de pie,
- bomba para el trasiego del agua,
- válvulas de registro y general de corte.

El número de acometidas a un edificio, lo fijará la compañía suministradora de agua, en base a la demanda de cada tipo de edificio, disponibilidad en la zona y necesidades del mismo, pero de forma general suele existir una única acometida para cada edificio; aunque se suelen disponer acometidas independientes, para la red contra incendios, red de fluxores, y cuando las demandas son muy elevadas, para servicios de riego, garajes y refrigeración.

## 2.2 Instalación general del edificio.

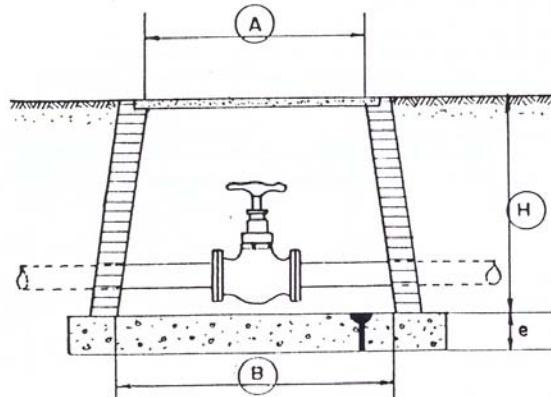
Será realizada por un instalador autorizado por la Delegación Provincial del Ministerio de Industria. Dependerá como ya se ha indicado anteriormente del tipo de contabilización del suministro de agua que se realice en la edificación, pudiendo tener un esquema de abastecimiento con:

- A) Contador único o contador general.
- B) Con contadores múltiples o divisionarios.

A continuación se describirán los elementos que pertenecen a esta instalación general de la instalación:

### ➤ Llave de corte general

- Era conocida anteriormente como la llave de paso interior o llave general
- Sirve para interrumpir el suministro de agua al edificio desde el interior del mismo. Estará situada en la unión del tubo de acometida con el tubo de alimentación, junto al umbral de la puerta en el interior del inmueble.
- Debe situarse siempre en las zonas comunes y en arqueta registrable.
- Si en el edificio existiera una distribución con contador general, esta llave de corte general se encontrará inmediatamente antes de este y en el interior del armario o arqueta del contador general.
- Si la instalación lleva contadores divisionarios la llave de corte general abre la instalación y se dispone en el interior de una arqueta, enfoscada y bruñida interiormente, y con desagüe en la solera para permitir la evacuación de agua en caso de fuga. Además tendrá una tapa registrable para la manipulación.

Fig.5. Llave de corte general ubicada en arqueta<sup>6</sup>.

Diámetro del ramal de acometida (mm)	Dimensiones de A (m)	Dimensiones de B (m)	Altura (H) (m)
30	<b>0,4 x 0,4</b>	<b>0,5 x 0,5</b>	<b>0,4</b>
40			
60	<b>0,6 x 0,6</b>	<b>0,75 x 0,75</b>	<b>0,7</b>
80			<b>0,8</b>
100	<b>0,9 x 0,9</b>		<b>0,9</b>
150			
200			<b>1</b>

Dimensiones para arqueta de llave de corte general.

- Si fuera preciso, bajo la responsabilidad del propietario del inmueble o persona responsable del local en que estuviese instalado, podrá cerrarse para dejar sin agua la instalación interior de todo el edificio.

➤ Filtro de la instalación general

- Retendrá los residuos del agua que puedan provocar la corrosión, y evitando la calcificación de las tuberías por aguas cargadas de arenas, limos.
- Su colocación será justo después de la llave de corte general y previo al contador general o batería de contadores.
- Se alojará en el interior de la arqueta o armario del contador general, si es el caso.
- Los tipos de filtros se verán más adelante.

➤ Armario o arqueta del contador general

- Consiste en una cámara impermeabilizada, construida por el propietario o abonado. Solo se construirá en el caso de tener un trazado de abastecimiento por contador único o general.
- En el se alojarán:
  - llave de corte general,
  - el filtro de la instalación,
  - el contador general ,
  - un grifo o racor de prueba,
  - válvula de retención, y
  - llave de salida.

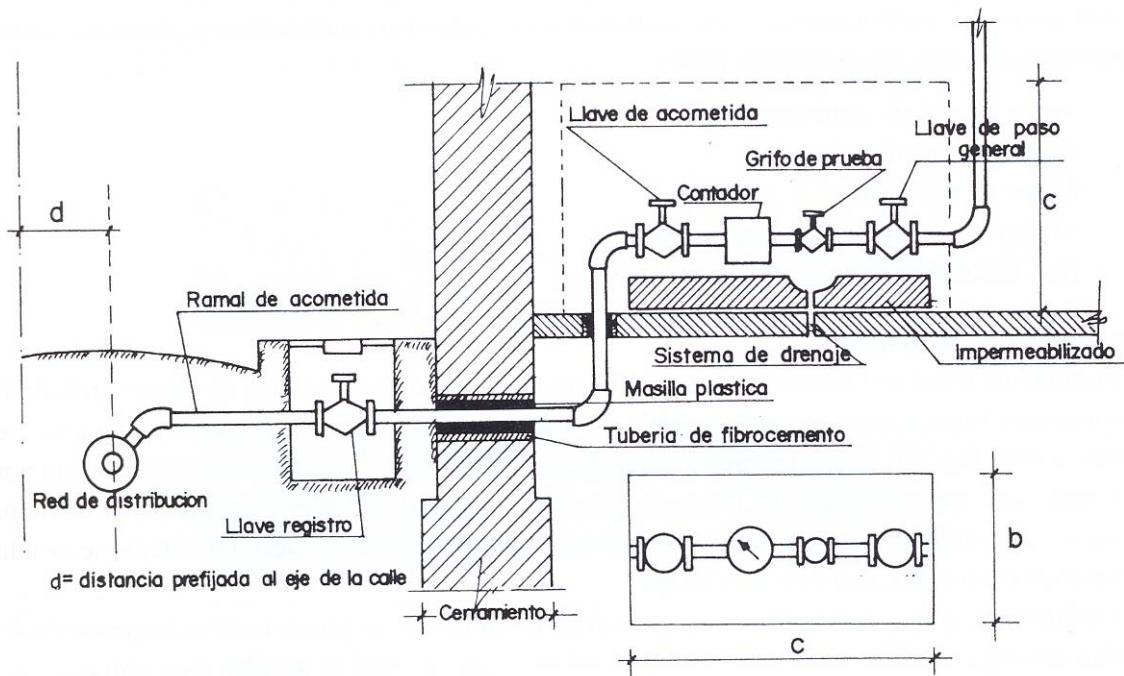
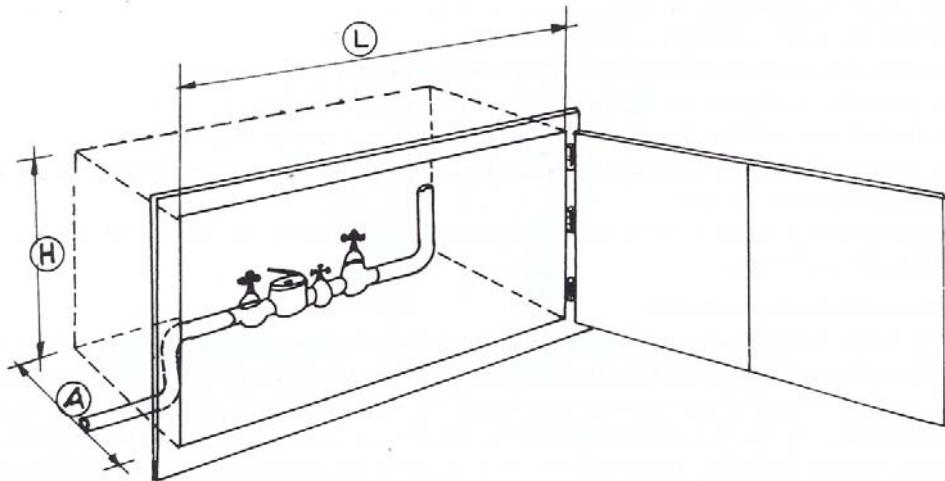


Fig. 6. Acometida y armario de contador único<sup>4</sup>.

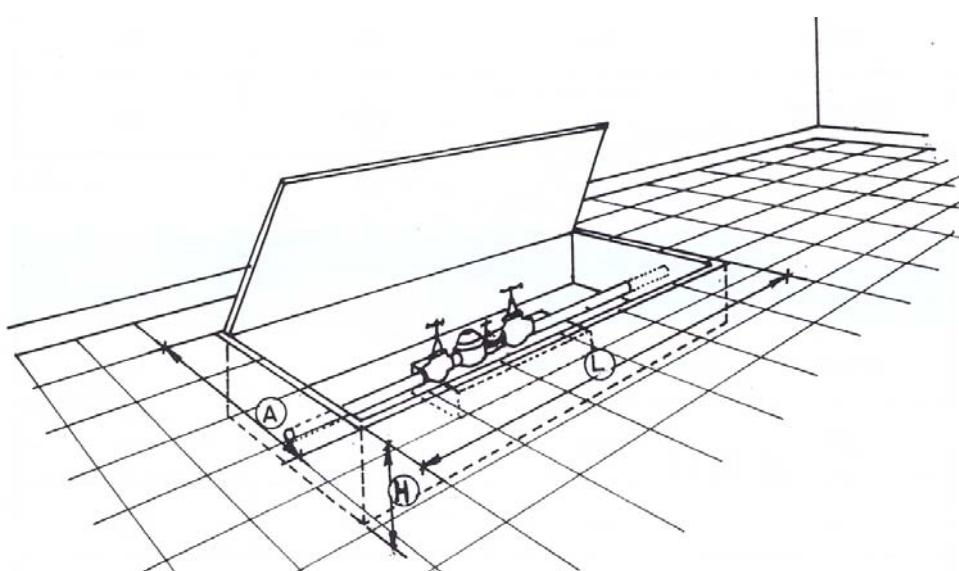
- Estará ubicado en el interior del inmueble en zonas de uso general y en un plano paralelo al suelo.
- El armario o arqueta del contador general quedará empotrado, y cerrado con puerta de una o dos hojas y cerradura. Interiormente, dicho armario irá enlucido con mortero de cemento, y dispondrá de un sumidero para recogida de agua de posibles fugas o comprobaciones.
- El armario se utiliza hasta diámetros del tubo de acometida de 40 mm según la CTE y con las siguientes dimensiones:

Fig. 7. Armario de contador único<sup>6</sup>.

Dimensiones en mm	Diámetro nominal del contador en mm										
	15	20	25	32	40	50	65	80	100	125	150
Largo	600	600	900	900	1300	2100	2100	2200	2500	3000	3000
Ancho	500	500	500	500	600	700	700	800	800	800	800
Alto	200	200	300	300	500	700	700	800	900	1000	1000

***Dimensiones del armario o arqueta del contador general<sup>1</sup>***

- Mientras que para diámetros de acometidas superiores a 40 mm, se puede situar en una cámara bajo el nivel del suelo o arqueta, tal y como se indica en la figura. La disposición de la cámara es exactamente igual que el armario con puerta, cerradura y desagüe natural en su interior.

Fig. 8. Cámara o arqueta de contador único<sup>6</sup>.

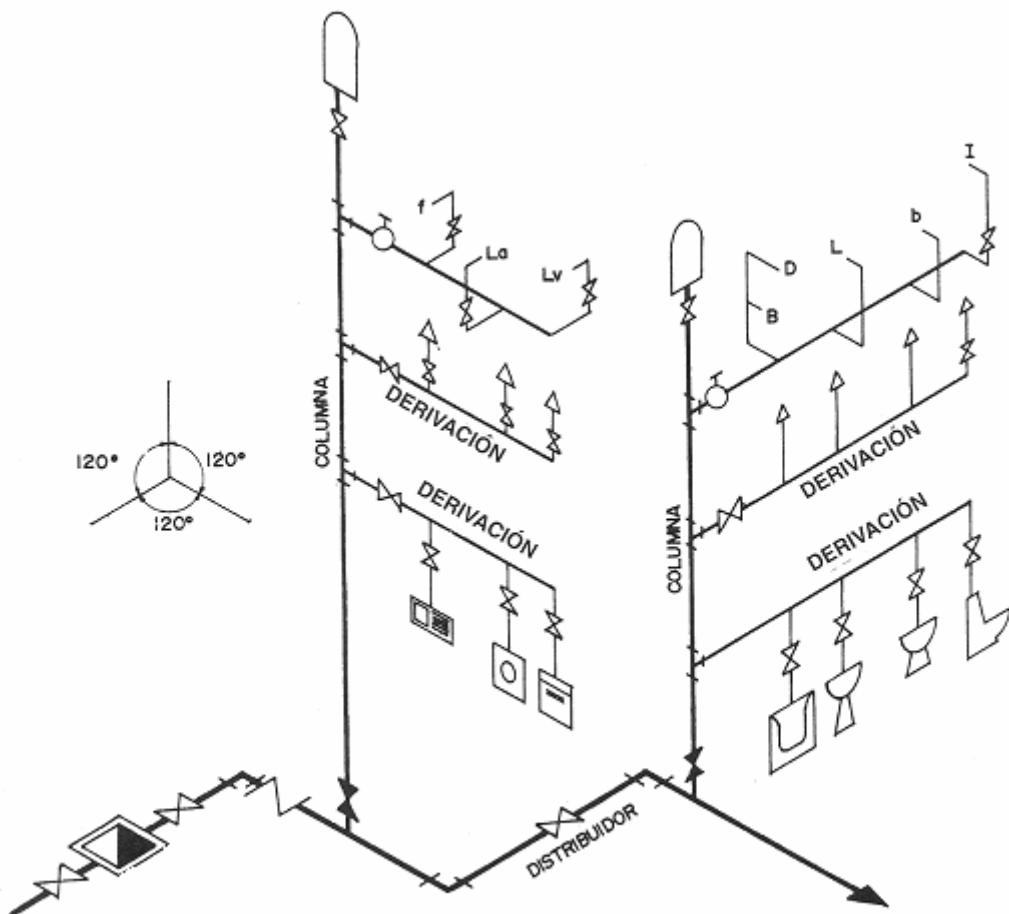
- Hay que tener en cuenta que el diámetro del tubo la acometida y el diámetro del contador general debe de ser el mismo.
- En el apartado de valvulería, se estudiarán los tipos de contadores que existen y que se utilizan en el abastecimiento de agua.
- En el caso particular de viviendas unifamiliares, por ejemplo, tanto aisladas como adosadas, dispondrán de un contador único que se instalara de forma accesible desde el exterior de la finca, en el propio cerramiento, en un nicho cerrado con cerradura aceptada por la compañía suministradora. Suelen ir provistos de dos llaves de corte que permiten su cambio sin que se produzcan fugas de agua.
- El contador general, mide la totalidad de los consumos producidos en el edificio, mientras que los contadores divisionarios miden los consumos individuales de cada abonado.

➤ Tubo de alimentación

- Es la tubería que enlaza la llave de corte general del edificio con el distribuidor principal o la batería de contadores divisionarios según el tipo de distribución que se realice.
- Cuando existan elementos de control y regulación de la presión (válvulas reductoras de presión, equipos de sobreelevación, etc.) el tubo de alimentación terminará en ellos.
- Discurrirá por zonas comunes del edificio. Consta de una tubería que puede ir suspendida del forjado, anclada a los paramentos verticales con abrazaderas, o empotrada en una canalización de fábrica de ladrillo rellena con árido tino, en cuyo caso tendrá que ser registrable al menos al principio y al final del tramo para la inspección y control de posibles fugas, o en los cambios de dirección.

➤ Distribuidor principal

- Tubería que enlaza los sistemas de control de la presión con los montantes o las derivaciones.
- Su trazado se realizará por zonas comunes del edificio, y si va empotrado es necesario la colocación de registros para su inspección y control de fugas al igual que el tubo de alimentación.

Fig. 9. Distribuidor principal con contador único<sup>4</sup>.

- Según las condiciones de la red urbana, que sea o no capaz de proporcionar las condiciones necesarias de distribución se pueden establecer dos tipos de distribuciones:
  - Distribución Inferior: La cual consiste en que el distribuidor principal está situado en la parte inferior del edificio, y las columnas montantes que alimenta dicho distribuidor serán ascendentes o descendentes. Es la distribución más racional y con un mejor acoplamiento entre las diferentes derivaciones. A la vez esta distribución puede ser a su vez:
    - Abierta: En el cual el distribuidor principal estará ramificado, saliendo las columnas de distintos puntos pero con un trazado lineal. Este sistema

presenta la ventaja de su sencillez y economía, sin embargo es más inseguro, ya que una avería en cabeza deja sin agua a toda la instalación.

- En anillo: En este caso el distribuidor está cerrado, quedando garantizado el suministro interior en caso de avería en otro punto. Esta distribución se realizará en edificios de uso sanitario. Tiene el inconveniente que es más caro y a una mayor ocupación de espacio en planta.

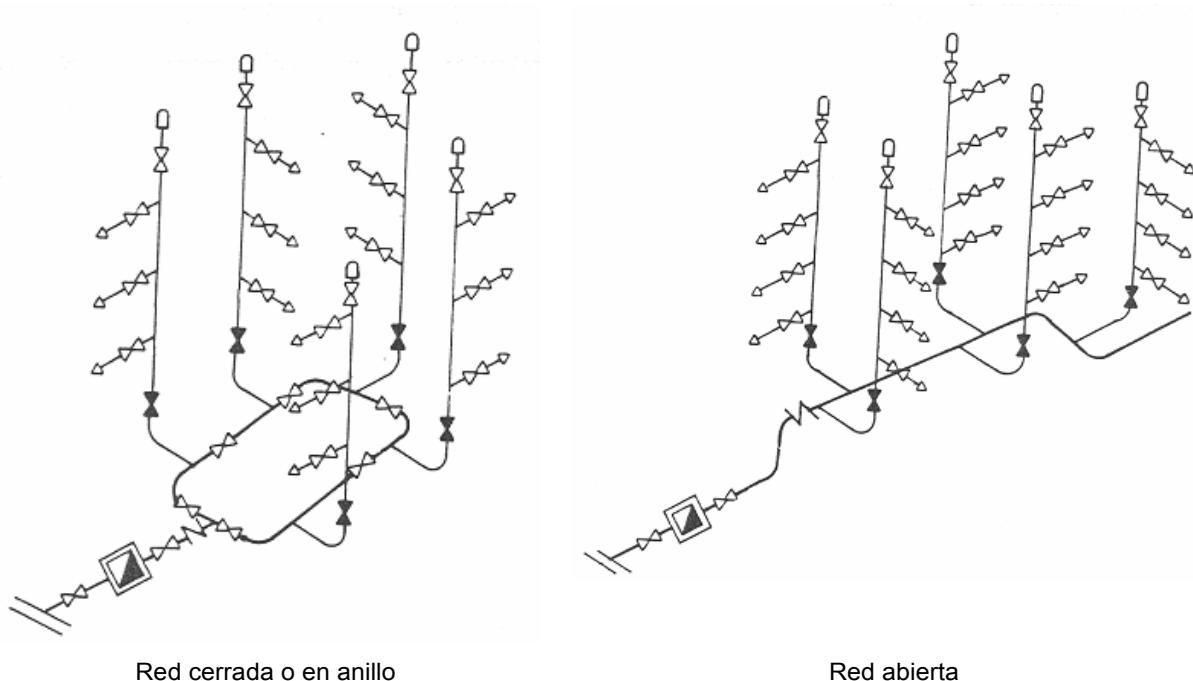
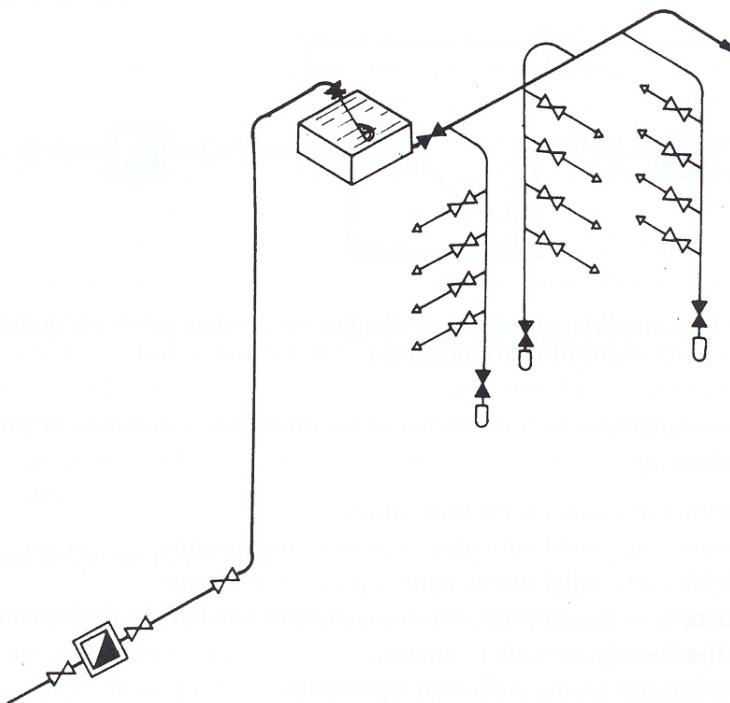


Fig. 10. Distribuidor inferior<sup>4</sup>.

- Distribución Superior: Se justifica en edificios de gran altura o en zonas en los que la presión de acometida no es suficiente. En este caso se eleva el agua mediante un mecanismo externo hasta un depósito en cubierta donde el distribuidor principal se encuentra en la parte superior del edificio y distribuye por gravedad, alimenta y da servicio a las columnas en este caso descendentes.

Fig. 11. Distribuidor superior<sup>4</sup>.

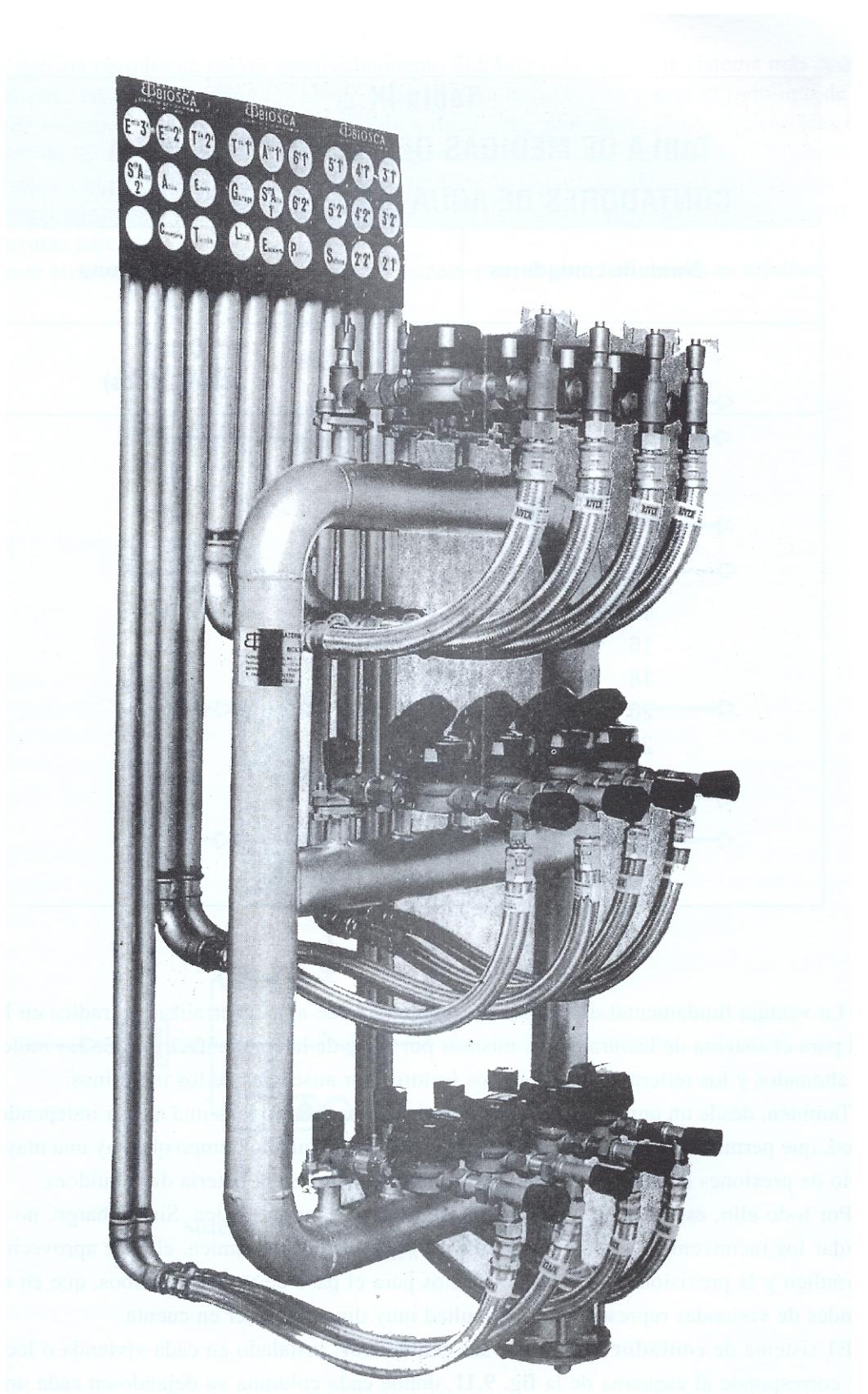
➤ Ascentes o montantes

- Las ascendentes o montantes deben discurrir por zonas de uso común del mismo.
- Deben ir alojadas en recintos o huecos, construidos a tal fin. Dichos recintos o huecos, que podrán ser de uso compartido solamente con otras instalaciones de agua del edificio, deben ser registrables y tener las dimensiones suficientes para que puedan realizarse las operaciones de mantenimiento.
- Las ascendentes deben disponer en su base de:
  - una válvula de retención,
  - una llave de corte para las operaciones de mantenimiento, y
  - de una llave de paso con grifo o tapón de vaciado, situadas en zonas de fácil acceso y señaladas de forma conveniente.
- En su parte superior deben instalarse dispositivos de purga, automáticos o manuales, con un separador o cámara que reduzca la velocidad del agua facilitando la salida del aire y disminuyendo los efectos de los posibles golpes de ariete.
- Estas tuberías irán, en lo posible, alojadas en el interior de cámaras de obra registrables en cada planta y ancladas al paramento con unas abrazaderas a

nivel de forjado y como máximo a 3 m.

➤ Contadores divisionarios

- Deben situarse en zonas de uso común del edificio, de fácil y libre acceso.
- Su misión es: medir el agua captada por el respectivo usuario al que corresponde dicho aparato de medición.
- Su lectura debe realizarse desde el exterior de la vivienda mediante su ubicación en el cuarto de contadores general o mediante su inclusión en una hornacina en el descansillo de cada planta si se realiza mediante el sistema de montantes comunes.
- Contará con pre-instalación adecuada para una conexión de envío de señales para lectura a distancia del contador.
- Antes de cada contador divisionario se dispondrá una llave de corte, y después de él se colocará una válvula de retención.
- Normalmente los contadores divisionarios se agrupan en una batería de contadores, las cuales se ubican en un local exclusivo en la planta baja del edificio por su comodidad de lectura para el personal del Servicio de Aguas, pero existen varios inconvenientes:
  - la multiplicidad de montantes,
  - ocupación de espacio por éstos,
  - problemas de dimensionamiento al haber esta multiplicidad de conductos.
- Particularmente, se recomienda la creación de cámaras de contadores en cada planta, si el Servicio Municipal de Aguas lo permite, servidos por montantes bien dimensionados según un esquema que indicaremos en el apartado siguiente. Este sistema es el mismo de los contadores divisionarios centralizados, pero realizándolo por planta en lugar de general.
- El soporte de contadores se fija a la obra del local mediante anclajes. Las baterías que se instalen en planta baja tendrán su alimentación por la parte inferior, y las que se instalen en el sótano (bajo el nivel de la calle) deberán tener la alimentación por la parte superior.

Fig. 12. Batería de contadores<sup>6</sup>.

- El armario donde se aloja el árbol de contadores, según la norma, ha de dejar ver todo el árbol al abrir las puertas, tiene que llevar luz, sumidero y estar situado en una zona de uso común.

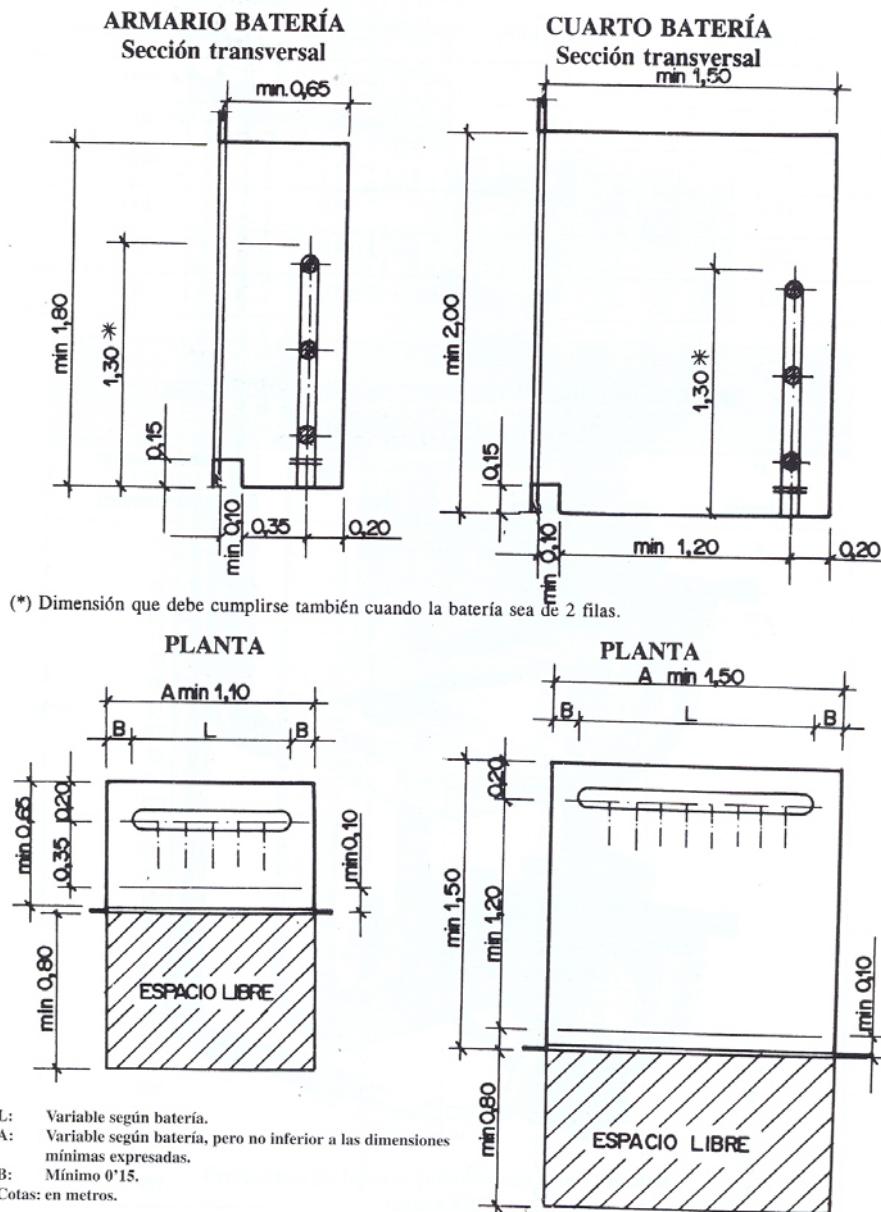


Fig. 13. Dimensiones y características de los armarios y locales de contadores<sup>6</sup>.

- Aunque pueden ser construidos por otros materiales, en la actualidad, las baterías de contadores más frecuentes son los de tubo de acero galvanizado a fin de darle rigidez y continuidad de paso, embridados al tubo de alimentación. Esta formada por un conjunto de tubos horizontales y verticales que alimenta los contadores divisionarios, sirviendo de soporte a dichos aparatos y a sus llaves. Los tubos que

integran la batería formarán circuitos cerrados, habiendo como máximo tres tubos horizontales. Tipos de soporte de batería de contadores: TIPO CUADRO Y TIPO COLUMN.

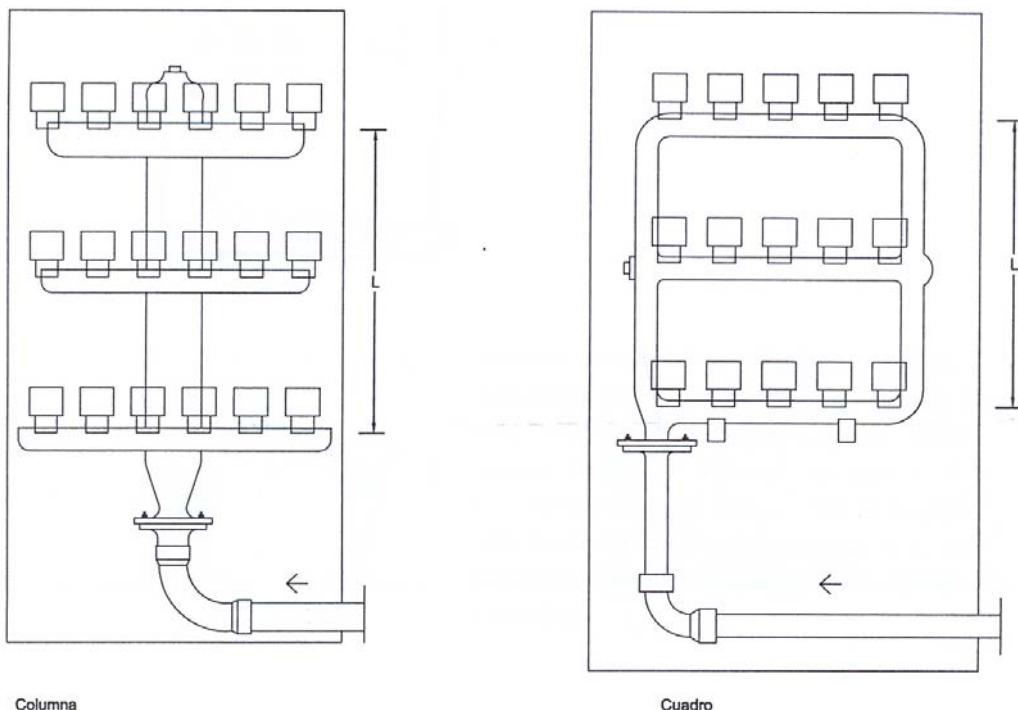


Fig. 4. Tipos de soportes de baterías de contadores<sup>13</sup>.

- En todos los casos, la puerta del armario o cámara destinada a la ubicación de la batería deberá ser de una o más hojas que, al abrirse, dejen libre todo el ancho del cuadro.
- Las cámaras quedarán situadas en un lugar de fácil acceso y de uso común en el inmueble, estando dotadas de iluminación eléctrica, desagüe directo a la alcantarilla, con cota adecuada y suficientemente separadas de otras dependencias; destinadas a la centralización de contadores de gas y de electricidad. En el cuarto de contadores pueden ubicarse los equipos de bombeo, descalcificación, depuración, etc., pero siempre de manera que se pueda proceder a su montaje y colocación de forma que se puedan manipular todos sus elementos de forma directa y sin necesidad de espejos, escaleras, etc.

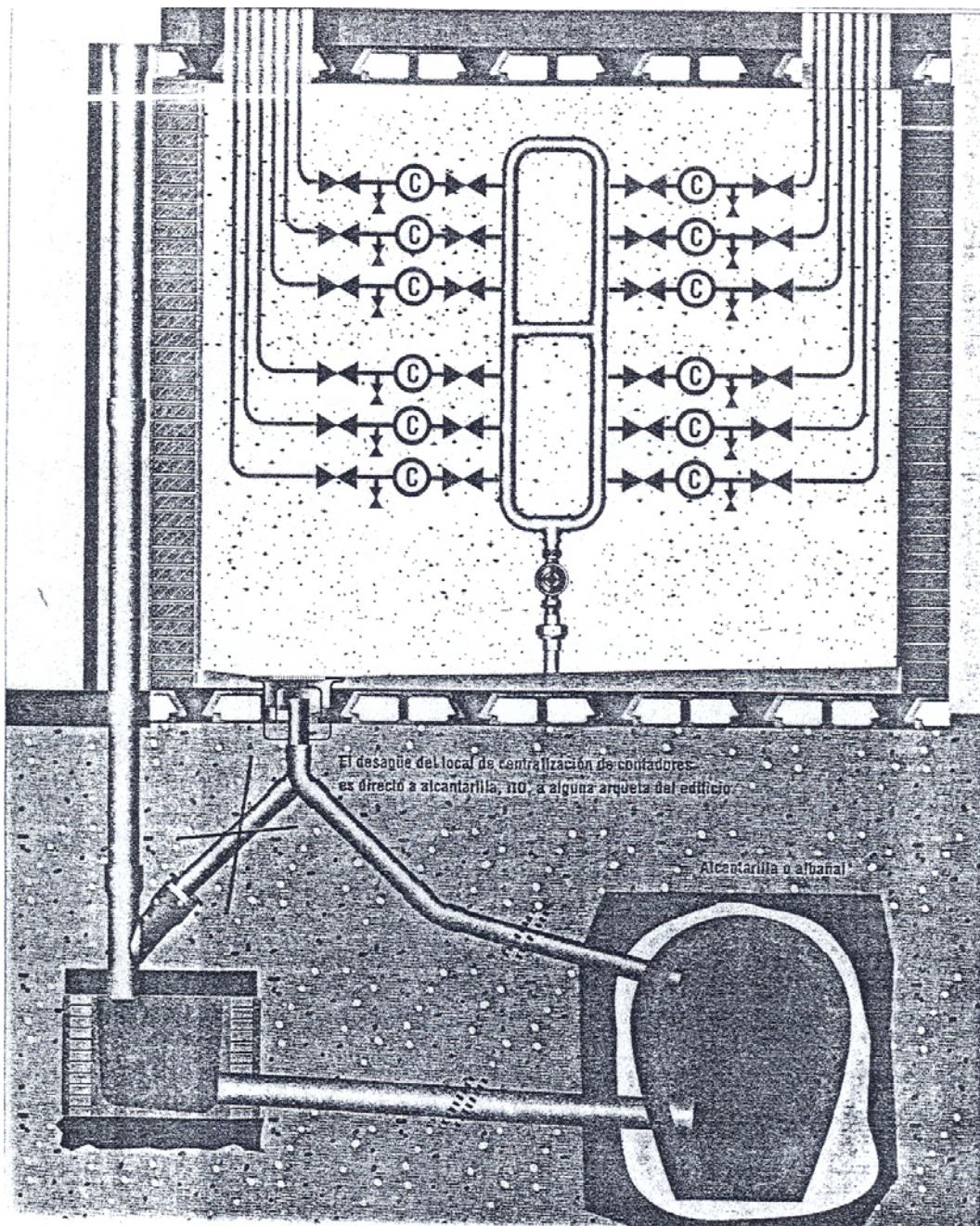


Fig.15. Conexión con la red de saneamiento del local de contadores<sup>8</sup>.

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

### 2.3 Instalaciones Particulares

Tiene interés recalcar que, a partir del contador, la instalación es propiedad de cada abonado, por lo que debiera existir una llave para cada abonado en este punto

además (o en vez) de la que se disponga en el interior de la vivienda, para poder cortar el suministro desde el contador en caso de emergencia.

Las instalaciones particulares estarán compuestas por los siguientes elementos:

➤ Llave de paso interior o llave de abonado.

- Su misión es el corte del suministro particular, accionable por el propio abonado, se coloca al final del montante.
- Se encuentra en el interior de la vivienda en un lugar accesible a su manipulación
- Antes solían ser válvulas de compuerta o asiento, pero hoy en día se emplean válvulas de esfera.

➤ Derivaciones particulares.

- Son tuberías horizontales que parten de las llaves de paso de cada abonado colocadas al final del montante a la entrada de la vivienda, y reparten el agua a los distintos locales húmedos de la instalación particular.
- Se instalarán por el techo a una altura mínima superior a la del grifo más elevado con el fin de evitar retamos.
- El trazado de esta derivación particular será de tal manera que las derivaciones a los cuartos húmedos serán independientes.
- Estas tuberías suelen ir ancladas cada cierto número de metros según el material (cobre cada metro y acero galvanizado cada dos metros). Existen abrazaderas para cada diámetro de tubería.
- A la entrada de cada local húmedo se instalará una llave general de corte del servicio, tanto para agua fría como para agua caliente.

➤ Derivaciones de los aparatos o ramales de enlace

- Son el conjunto de tuberías que partiendo del distribuidor, conducen el agua a cada aparato sanitario, siendo tuberías descendentes desde el nivel de la derivación hasta los grifos o puntos de toma de los aparatos sanitarios.
- Es necesario que se disponga en cada uno de los puntos de consumo y antes de su entronque con el aparato, una llave de corte que dé independencia al servicio, y además, como se ha indicado en el punto anterior, se instalará una llave de corte general a la entrada de cada local húmedo.

Otro concepto a tener en cuenta dentro del apartado de la instalación particular es la distribución de la derivación o tendido de la conducción, la cual se puede realizar de dos formas:

- ❖ Superior: Penetrando en la vivienda (o local) junto al techo o a un nivel por encima de cualquier aparato para evitar retornos, manteniéndose horizontalmente en este nivel y arrancando desde la misma, en vertical hacia abajo las derivaciones de los aparatos. Esto debería indicarse en los, planos de proyecto correspondientes especificando el material empleado en cada tramo.
- ❖ Inferior: Sobre el forjado y (sólo para suelos flotantes o dobles suelos) bajo el pavimento de forma que las canalizaciones queden embebidas en el propio aislante del suelo flotante (caso de existir éste) y lograr al mismo tiempo la calorifugación de las mismas sin impedir la libre dilatación del material. De la derivación arrancarán en vertical hacia arriba, las derivaciones de los aparatos estando estos últimos alimentados superiormente.

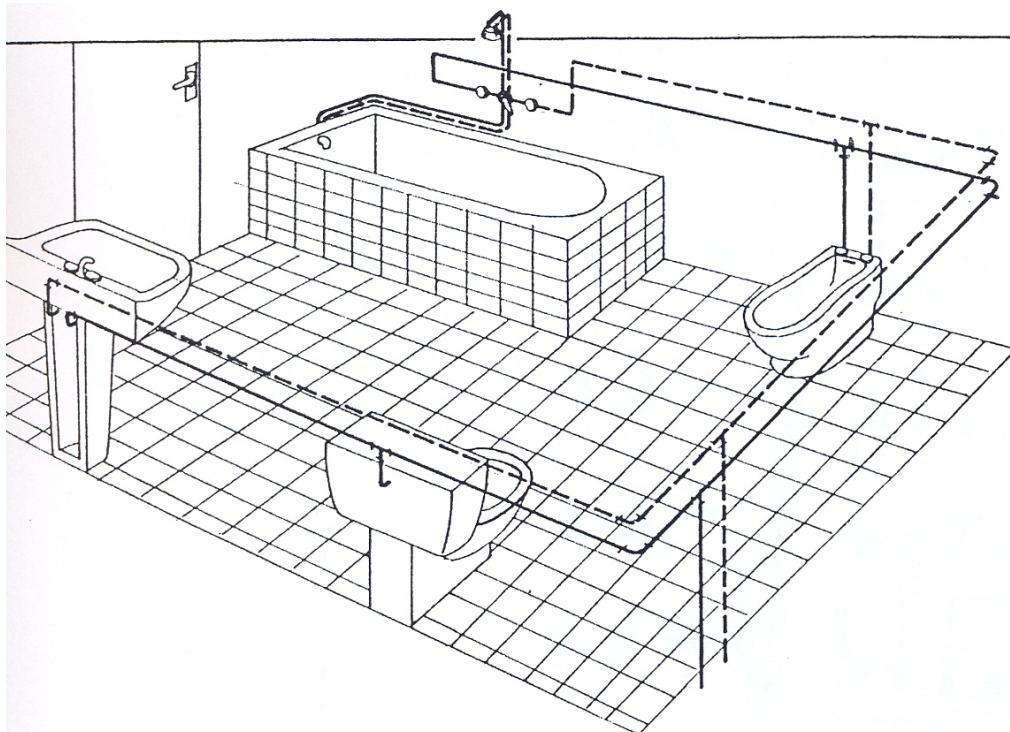


Fig.16. Distribución de la instalación interior en un local húmedo<sup>6</sup>.

## 2.4 Derivaciones Colectivas

Discurrirán por zonas comunes, y en su diseño se aplicarán los mismos criterios que para las instalaciones particulares.

### 3. CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN SEGÚN NORMATIVA

#### 3.1 Propiedades que debe de cumplir la instalación<sup>1</sup>

##### A) Calidad del agua

- El agua de la instalación debe cumplir lo establecido en la legislación vigente sobre el agua para consumo humano.
- Las compañías suministradoras facilitarán los datos de caudal y presión que servirán de base para el dimensionado de la instalación.
- Los materiales que se vayan a utilizar en la instalación, en relación con su afectación al agua que suministren, deben ajustarse a los siguientes requisitos:
  - i. para las tuberías y accesorios deben emplearse materiales que no produzcan concentraciones de sustancias nocivas que excedan los valores permitidos por el Real Decreto 140/2003, de 7de febrero;
  - ii. no deben modificar las características organolépticas ni la salubridad del agua suministrada;
  - iii. deben ser resistentes a la corrosión interior;
  - iv. deben ser capaces de funcionar eficazmente en las condiciones de servicio previstas;
  - v. no deben presentar incompatibilidad electroquímica entre sí;
  - vi. deben ser resistentes a temperaturas de hasta 40°C, y a las temperaturas exteriores de su entorno inmediato;
  - vii. deben ser compatibles con el agua suministrada y no deben favorecer la migración de sustancias de los materiales en cantidades que sean un riesgo para la salubridad y limpieza del agua de consumo humano;
  - viii. su envejecimiento, fatiga, durabilidad y las restantes características mecánicas, físicas o químicas, no deben disminuir la vida útil prevista de la instalación.
- Para cumplir las condiciones anteriores pueden utilizarse revestimientos, sistemas de protección o sistemas de tratamiento de agua.
- La instalación de suministro de agua debe tener características adecuadas para evitar el desarrollo de gérmenes patógenos y no favorecer el desarrollo de la biocapa (biofilm).

### B) Protección contra retornos

- Se dispondrán sistemas antirretorno, en la mayoría de los casos una válvula de retención, para evitar la inversión del sentido del flujo en los puntos que figuran a continuación, así como en cualquier otro que resulte necesario:
  - a) después de los contadores;
  - b) en la base de las ascendentes;
  - c) antes del equipo de tratamiento de agua;
  - d) en los tubos de alimentación no destinados a usos domésticos;
  - e) antes de los aparatos de refrigeración o climatización.
- Las instalaciones de suministro de agua no podrán conectarse directamente a instalaciones de evacuación ni a instalaciones de suministro de agua proveniente de otro origen que la red pública.
- En los aparatos y equipos de la instalación, la llegada de agua se realizará de tal modo que no se produzcan retornos.
- Los antirretornos se dispondrán combinados con grifos de vaciado de tal forma que siempre sea posible vaciar cualquier tramo de la red.

### C) Condiciones mínimas de suministro

- La instalación debe suministrar a los aparatos y equipos del equipamiento higiénico los caudales que figuran en la tabla siguiente:

Tipo de aparato	Caudal instantáneo mínimo de agua fría [dm <sup>3</sup> /s]
Lavamanos	0,05
Lavabo	0,10
Ducha	0,20
Bañera de 1,40 m o más	0,30
Bañera de menos de 1,40 m	0,20
Bidé	0,10
Inodoro con cisterna	0,10
Inodoro con fluxor	1,25
Urinarios con grifo temporizado	0,15
Urinarios con cisterna (c/u)	0,04
Fregadero doméstico	0,20
Fregadero no doméstico	0,30
Lavavajillas doméstico	0,15
Lavavajillas industrial (20 servicios)	0,25
Lavadero	0,20
Lavadora doméstica	0,20
Lavadora industrial (8 kg)	0,60
Grifo aislado	0,15
Grifo garaje	0,20
Vertedero	0,20

***Caudal instantáneo mínimo para cada tipo de aparato<sup>1</sup>***

<b>Tipo de Aparato</b>	<b>Caudal (l/seg)</b>	<b>Tipo de Aparato</b>	<b>Caudal (l/seg)</b>
Urinario continuo	0.05 l/s	Fuente de beber	0.05 l/s
Fregadero publico	0.30 l/s	Acumulador eléctrico de 50 litros	0.15 l/s
Poliban	0.15 l/s	Acumulador eléctrico de 100 litros	0.25 l/s
Vertederos	0.20 l/s	Acumulador eléctrico de 150 litros	0.30 l/s

***Caudal instantáneo mínimo para aparatos no incluidos en la normativa***

- En los puntos de consumo la presión mínima debe ser:
  - a) 100 kPa (10 m.c.a) para grifos comunes;
  - b) 150 kPa (15 m.c.a) para fluxores y calentadores.
- La presión en cualquier punto de consumo no debe superar 500 kPa (50 m.c.a).
- La temperatura de ACS en los puntos de consumo debe estar comprendida entre 50°C y 65°C. excepto en las instalaciones ubicadas en edificios dedicados a uso exclusivo de vivienda siempre que estas no afecten al ambiente exterior de dichos edificios.

**D) Mantenimiento**

- Excepto en viviendas aisladas y adosadas, los elementos y equipos de la instalación que lo requieran, tales como el grupo de presión, los sistemas de tratamiento de agua o los contadores, deben instalarse en locales cuyas dimensiones sean suficientes para que pueda llevarse a cabo su mantenimiento adecuadamente.
- Las redes de tuberías, incluso en las instalaciones interiores particulares si fuera posible, deben diseñarse de tal forma que sean accesibles para su mantenimiento y reparación, para lo cual deben estar a la vista, alojadas en huecos o patinillos registrables o disponer de arquetas o registros.

### 3.2 Señalización

Si se dispone una instalación para suministrar agua que no sea apta para el consumo, las tuberías, los grifos y los demás puntos terminales de esta instalación deben estar adecuadamente señalizados para que puedan ser identificados como tales de forma fácil e inequívoca.

### 3.3 Ahorro de agua

- Debe disponerse un sistema de contabilización tanto de agua fría como de agua caliente para cada unidad de consumo individualizable.
- En las redes de ACS debe disponerse una red de retorno cuando la longitud de la tubería de ida al punto de consumo más alejado sea igual o mayor que 15 m.
- En las zonas de pública concurrencia de los edificios, los grifos de los lavabos y las cisternas deben estar dotados de dispositivos de ahorro de agua.

## 4. ESQUEMAS DE LOS TIPOS DE TRAZADOS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA FRÍA

Los ejemplos de instalaciones de agua fría que incluimos a continuación corresponden 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.

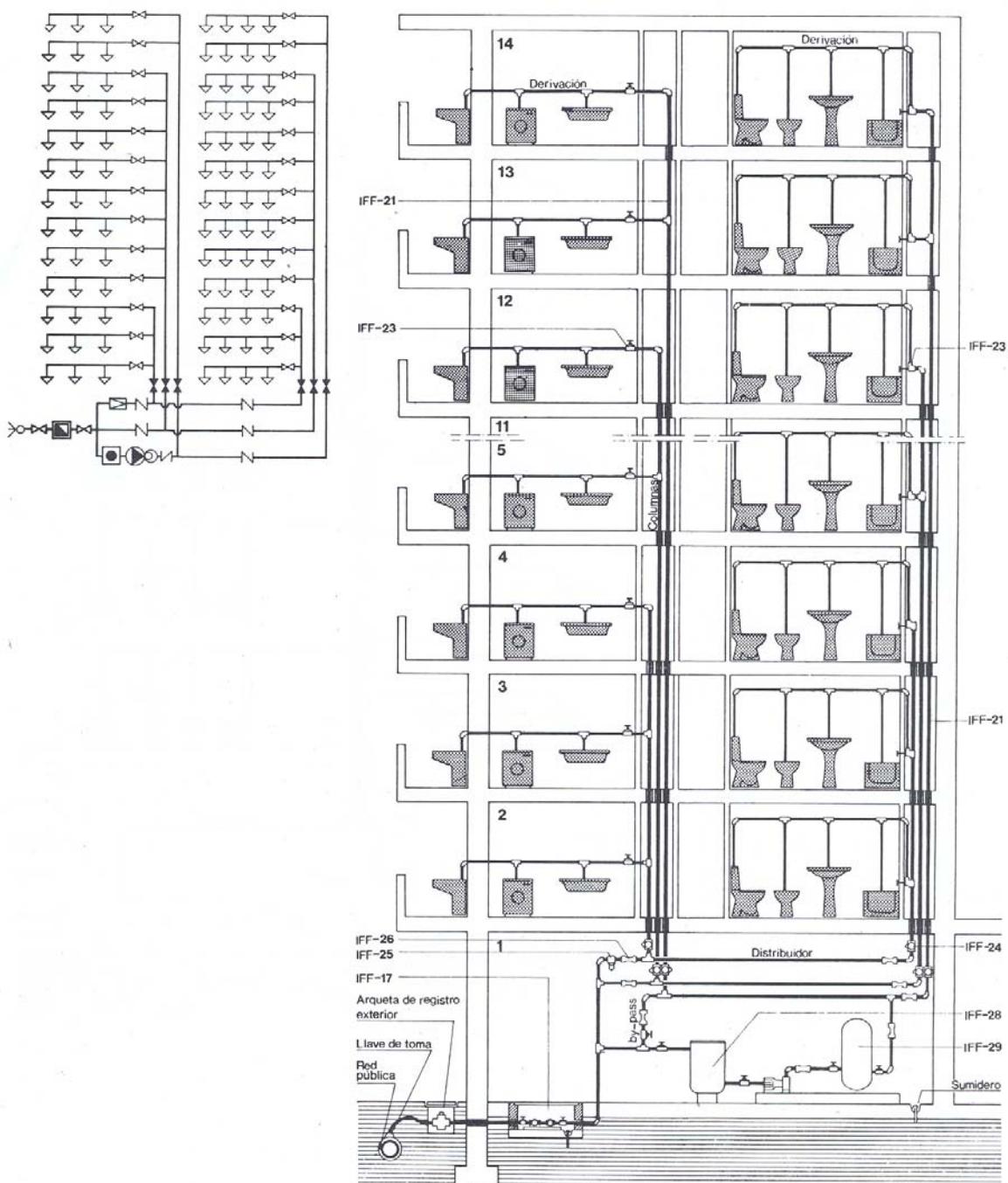
Los esquemas de distribución de la red interior se ajustan a las siguientes situaciones:

a) Contador único y montantes múltiples. Tipo A.

- Idóneo para instalar en edificios de un solo abonado y de mucho longitud en planto (de gran desarrollo horizontal).
- Formado por varias torres independientes que parten de una planta común a todos ellos, como el caso de hoteles, colegios u oficinas.

- En este trazado se combina la disposición de tener mucha presión en planta baja, instalándose válvulas reductoras, presión suficiente en plantas intermedias, e insuficiente para plantas superiores pero ayudadas con grupos de presión.

Esquema A

Fig.17. A. Esquema de distribución con contador único y montantes múltiples<sup>13</sup>.

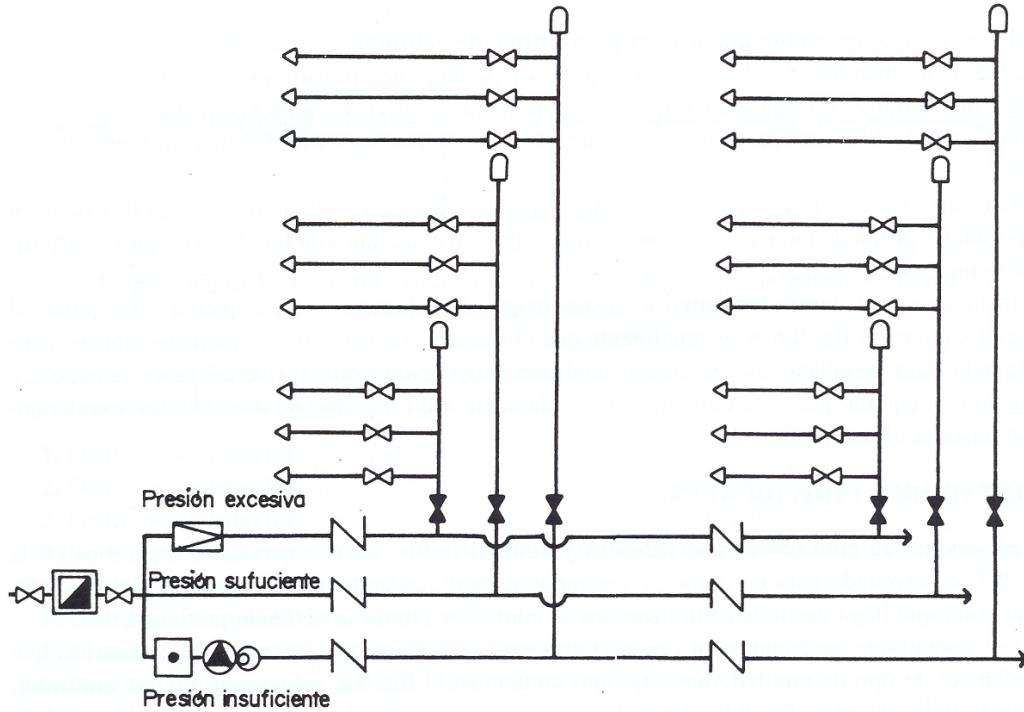


Fig.17. B. Esquema de distribución con contador único y montantes múltiples<sup>6</sup>.

b) Contador único y montante único. Tipo B.

- Esquema idóneo para edificios de un solo abonado pero con mucha proyección vertical.
- Los sistemas de elección según la presión sea excesiva, suficiente o insuficiente.

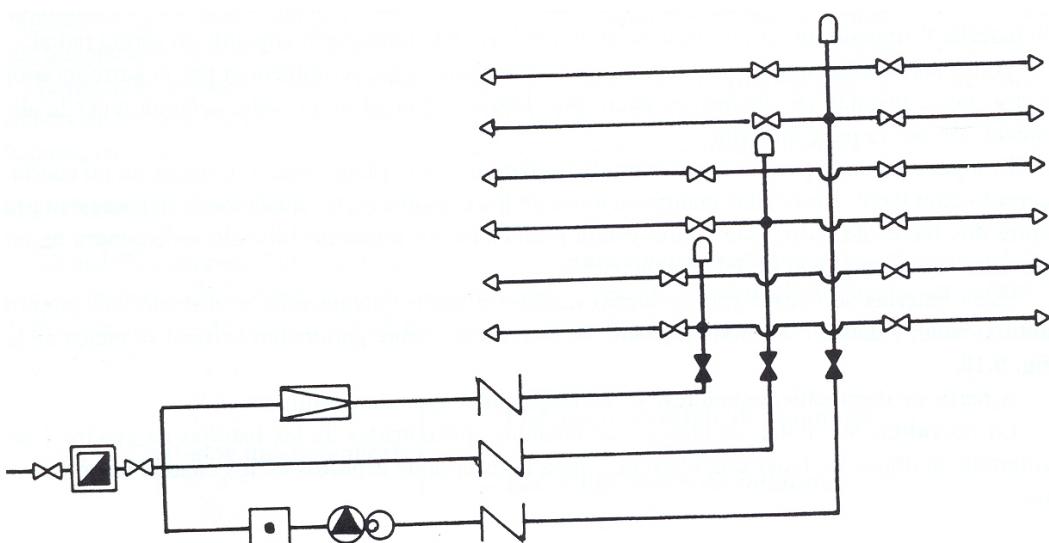
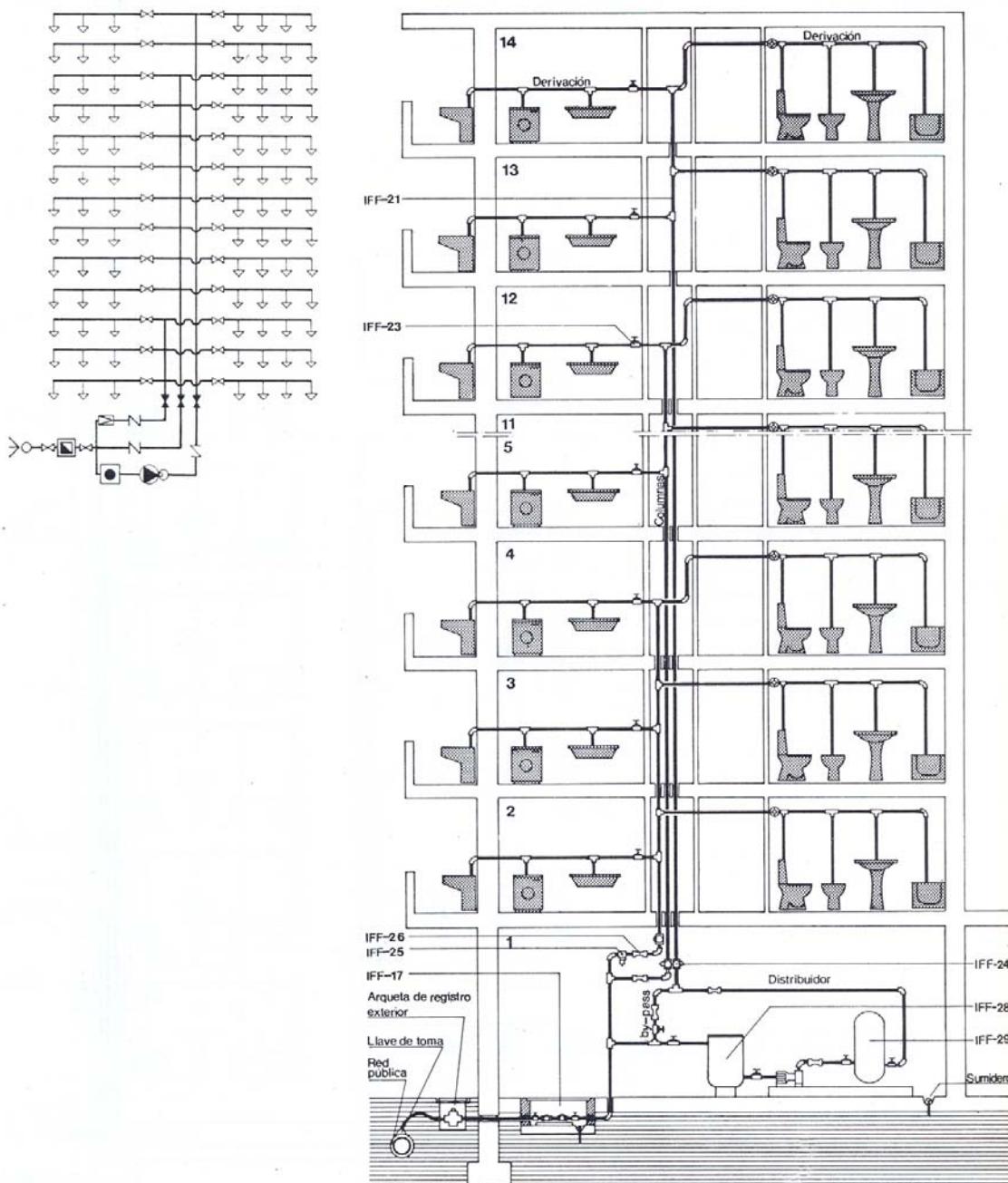


Fig.18. A. Esquema de distribución con contador único y montantes únicos<sup>6</sup>.

Esquema B

Fig.18. B. Esquema de distribución con contador único y montantes únicos<sup>13</sup>.c) Contadores divisionarios centralizados. Tipo C.

- Son para edificios de viviendas en los que cada abonado aparte de su contador individual tiene su montante independiente desde la centralización de contadores

hasta la vivienda.

- Suele ser, muy cómodo para verificar la lectura de los contadores por parte de los empleados de la compañía suministradora.
- Suele ser el sistema mas caro de instalación para edificios y viviendas por su mayor consumo de material.

**Esquema C**

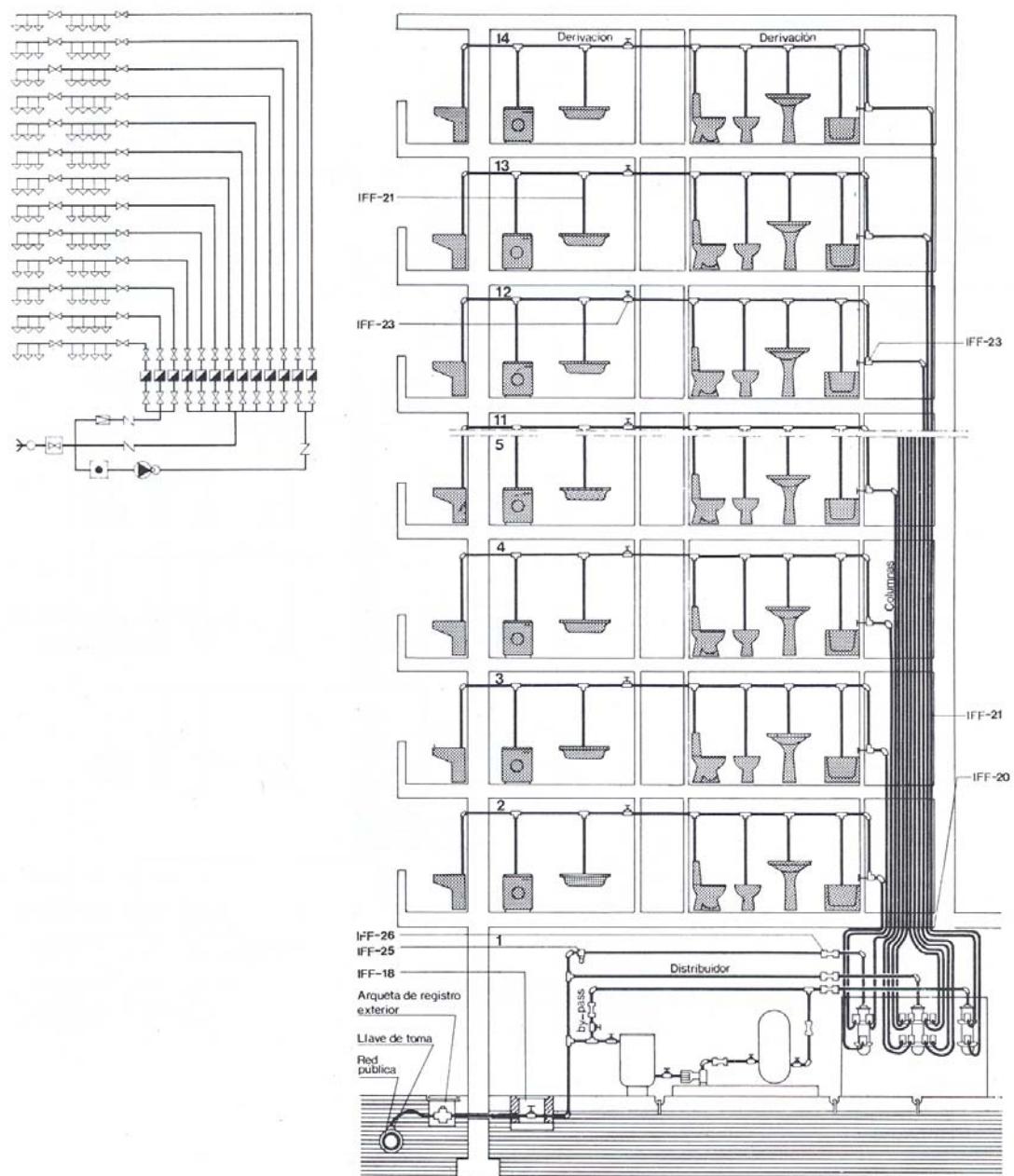


Fig.19. A. Esquema de distribución con contadores divisionarios centralizados<sup>13</sup>.

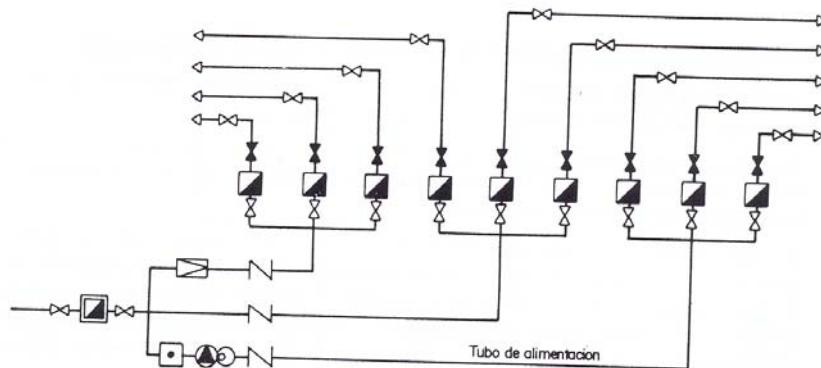


Fig.19. B. Esquema de distribución con contadores divisionarios centralizados<sup>6</sup>.

d) Contador divisionario en cada vivienda o local por planta. Tipo D.

- Suele ser un sistema más lógico y económico que el anterior, al tiempo que permite un mayor aprovechamiento hidráulico de la red, pero de lectura de contadores incómoda para la compañía suministradora.
- Desde el punto de vista constructivo la previsión de espacios para el paso de tuberías suele ser mínima.
- Un mismo montante no alimentara a más de veinte plantas.

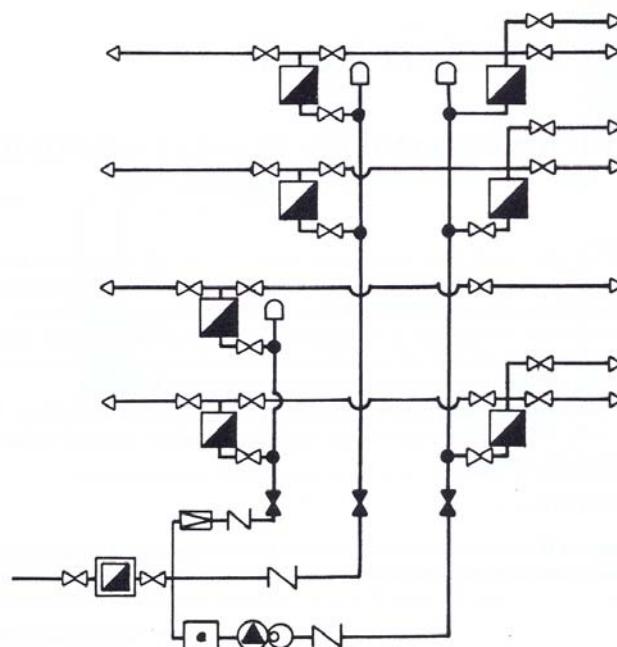


Fig.20. A. Esquema de distribución con contadores por plantas<sup>6</sup>.

**Esquema D**

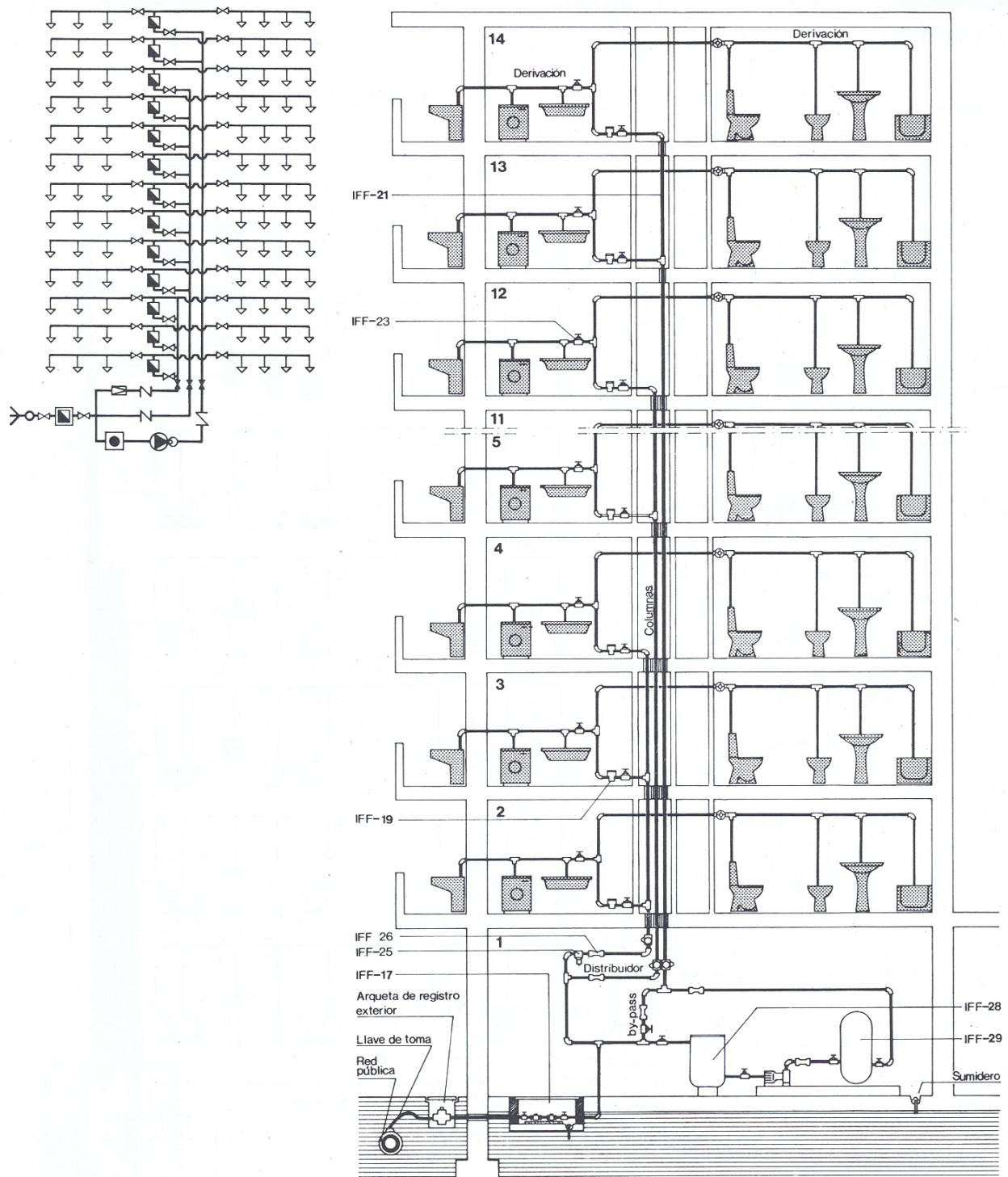


Fig.20. B. Esquema de distribución con contadores por plantas<sup>13</sup>.

## 5. COMPONENTES DE LAS INSTALACIONES DE AGUA FRÍA. TUBERÍAS Y VALVULERÍA.

### 5.1 Tipos de Tuberías.

Las tuberías se clasifican, dependiendo de su comportamiento hidráulico, es decir, según la rugosidad interior de las paredes, en dos tipos:

- a) de pared lisa
- b) de pared rugosa.

Esta diferencia se manifiesta en que las de paredes lisas, a igual caudal, tienen menos pérdidas de carga que las de paredes rugosas, esto quiere decir que para obtener en un punto determinado de las instalaciones, una presión y un caudal preestablecido, será necesario, si se emplean tuberías de pared rugosa que éstas sean de un diámetro superior a si se emplean de pared lisa.

Los materiales de las instalaciones interiores de agua estarán homologados para trabajar, como mínimo, o la presión de 15 kg/cm<sup>2</sup>, y deberán cumplir las características que se indicaban en el apartado 3.1 de este tema.

Teniendo en cuenta la clasificación anterior y la normativa actual los materiales utilizados para las conducciones de abastecimiento de agua serán:

#### A. Pared Rugosa

- a. Acero Galvanizado(Norma UNE 19 047:1996). Si la composición del agua lo permite son las tuberías más adecuadas para el abastecimiento de agua. Son tuberías de acero que se introducen en un baño galvanizado en caliente de solución de zinc que se deposita en las paredes del tubo recubriendolas y protegiéndolas.

La unión de los tubos galvanizados se realiza mediante racores, enlaces, manguitos, curvas, etc., accesorios todos ellos roscados y galvanizados, ya que la soldadura destruye el galvanizado y se debe prescribir de ella en este caso.

En la figura siguiente se pueden ver diferentes tipos de piezas de unión que pueden utilizarse para la colocación de las instalaciones con tuberías de acero galvanizado. A parte de las que aparecen en esta figura existen otras muchas más piezas en función de las necesidades de la ejecución.

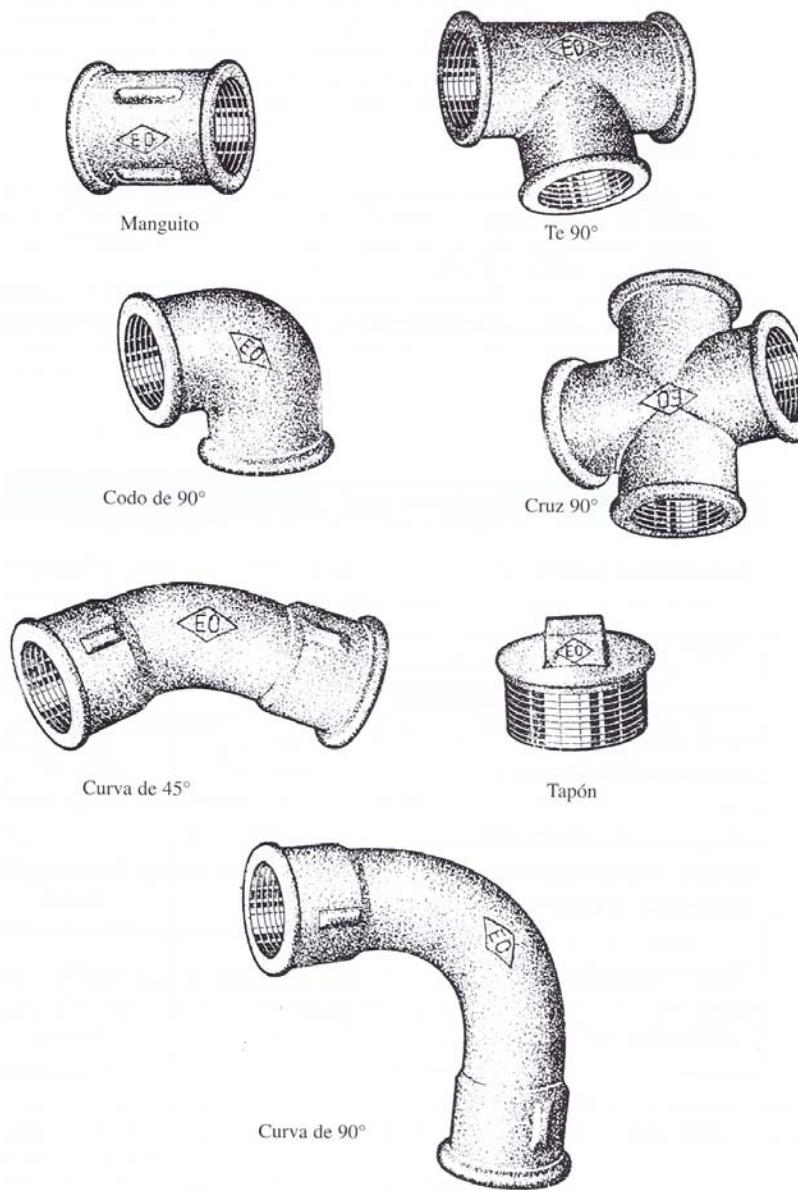


Fig. 21. Elementos de acero galvanizado<sup>4</sup>.

Se debe evitar que entre en contacto con el yeso húmedo (su peor enemigo en obra), los oxicloruros (pisos magnésicos) y las escorias (sulfatos), que pueden atacarlo y terminar por perforarlo.

Es atacable también por las aguas ácidas, y en obra se debe cubrir con mortero de cemento y arena de río para su protección.

En la tabla que aparece a continuación podemos ver los diámetros nominales por lo que se rigen las tuberías de este material a partir de su norma UNE.

<b>NORMA DIN-UNE 19047:1996</b>				
<i>Ø NOMINAL (")</i>	<i>Ø NOMINAL (mm)</i>	<i>ESPESOR (mm)</i>	<i>Ø INTERIOR (mm)</i>	<i>PESO (kg)</i>
3/8	10	2,25	12,25	0,81
½	15	2,40	16,45	1,12
¾	20	2,40	21,45	1,44
1	25	2,90	27,70	2,19
1 ¼	32	3,10	36,05	2,99
1 ½	40	3,10	42,05	3,45
2	50	3,30	53,40	4,61
2 ½	70	3,75	68	6,64
3	80	4	80,25	8,31
4	100	4,25	105	11,50
5	125	4,50	130	14,90
6	150	4,50	155,5	17,80

Las tuberías de acero sin galvanizar se utilizarán únicamente para instalaciones de calefacción por agua caliente, y en este caso la unión de estas se realizará por soldadura.

- b. Fundición Dúctil (Norma UNE EN 545:1995). acostumbran a llevar un recubrimiento de mortero de cemento que amortigua su rugosidad, que las convierte en similares a las de paredes lisas.

Principalmente se usan en redes de saneamiento, por lo que no las aplicaremos a este caso excepto en casos puntuales, aunque sus condiciones son excelentes.

## B. Pared Lisa

- a. Cobre (Norma UNE EN 057:1996). Ha tenido una gran expansión estos años pasados debido a su gran facilidad de manipulación por ser muy maleable, y tener un precio relativamente asequible a diferencia del acero

inoxidable que resulta prohibitivo.

En la siguiente tabla podemos ver los diámetros nominales de estas tuberías según su norma UNE.

$\varnothing$ <b>EXTERIOR NOMINAL (mm)</b>	<b>ESPESOR NOMINAL (mm)</b>					
	0,75	1	1,2	1,5	2	2,5
<b>DIÁMETRO INTERIOR (mm)</b>						
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	....	....	39,6	39	....	....
54	....	....	51,6	51	....	....
63	....	....	....	60	56	....
80	....	....	....	77	76	....
100	....	....	....	....	96	95

Las uniones de tuberías de cobre se pueden unir tanto por soldadura como por manguitos mecánicos o roscados.

Quizá su mayor ventaja sean sus diámetros reducidos, que se pueden empotrar y elevar por techos y suelos con muy pocos problemas constructivos, además de su excelente resistencia y perfecto aspecto exterior. Mientras que su gran desventaja es la aparición de corrosión, debido a pares galvánicos con el acero, que se estudiará más adelante en

las incompatibilidades entre materiales.



Manguito



Curva 90° macho-hembra



Curva 45° hembra



Reducción



Curva 90° hembra



Curva 90° mixta



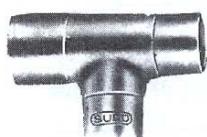
Curva 90°



Curva 45° macho-hembra



Te normal



Te reducida



Derivación a 90°



Codo 90° mixto



Manguito reducido



Cruz

Fig. 22. Elemento de unión de cobre<sup>4</sup>.

En esta figura podemos ver diferentes tipos de elementos de unión de las tuberías de cobre, existiendo como es lógico otros muchos más elementos en función de las necesidades de montaje y distribución.

b. Tuberías plásticas. Su resultado es excelente aunque su implantación ha tardado unos años, ya que requiere de obreros especializados y el mantenimiento posterior del edificio es más costoso.

Por otra parte hay que tener en cuenta que este material es objeto de los roedores por lo que se deberían evitar en aquellas instalaciones.

Aún con todo esto este tipo de materiales se está imponiendo a los demás debido a:

- i. Su gran ligereza
- ii. Su gran conformidad en caliente que permiten de una forma rápida y sencilla adaptarse a cualquier trazado.
- iii. Proporcionan una pérdida de carga muy pequeña, debido a su lisura interior.
- iv. Tienen un buen comportamiento frente a las presiones usuales en las instalaciones de edificios
- v. Gran resistencia a los agentes químicos, y a las incrustaciones de impurezas del agua
- vi. Buen aspecto y acabado.
- vii. Se pueden fabricar con pigmentos que diferentes colores, evitando tener que pintarlas después.

Como desventajas de estos materiales se podría decir:

- i. Tiene una falta de resistencia a temperaturas superiores de 60°C.(Punto crítico a 70°C).
- ii. Pueden tener un envejecimiento prematuro en determinados medios
- iii. Elevado coeficiente de dilatación.

Tipos de materiales utilizados en tuberías plásticas son:

- ❖ Tubos de policloruro de vinilo no plastificado (PVC) (Norma UNE EN 1452:2000).
- ❖ Tubos de policloruro de vinilo clorado (PVC-C) (Norma UNE EN ISO 15877:2004).

Diámetro Exterior (mm)	TUBERÍAS POLICLORURO DE VINILO (PVC)							
	PRESIÓN DE SERVICIO							
	16 kg/m <sup>2</sup>		10 kg/m <sup>2</sup>		6 kg/m <sup>2</sup>		4 kg/m <sup>2</sup>	
ESPESOR (mm)	PESO (kg/m)	ESPESOR (mm)	PESO (kg/m)	ESPESOR (mm)	PESO (kg/m)	ESPESOR (mm)	PESO (kg/m)	ESPESOR (mm)
16	1.2	0.087	....	....	....	....	....	....
20	1.5	0.135	....	....	....	....	....	....
25	1.9	0.212	1.5	0.172	....	....	....	....
32	2.4	0.339	1.8	0.264	....	....	....	....
40	3	0.525	2	0.366	1.8	0.334	....	....
50	3.7	0.805	2.4	0.547	1.8	0.422	....	....
63	....	....	3	0.854	1.9	0.562	....	....
75	....	....	3.6	1.21	2.2	0.766	1.8	0.642
90	....	....	4.3	1.74	2.7	1.12	1.8	0.774
110	....	....	5.3	2.60	3.2	1.62	2.2	1.14
125	....	....	6	3.34	3.7	2.12	2.5	1.47
160	....	....	7.7	5.46	4.7	3.43	3.2	2.38
200	....	....	9.6	8.49	5.9	5.37	4	3.7

- ❖ Tubos de polibutileno (PB) (Norma UNE EN ISO 15876:2004).
- ❖ Tubos de Polietileno (PE) (Norma UNE EN 12201:2003). Son más resistentes al calor. Punto crítico a 87°C.
- ❖ Tubos de polietileno reticulado (PE-X) (Norma UNE EN ISO 15875:2004). Tienen grandes ventajas y se han comercializado tubos de hasta 500 mm.
- ❖ Tubos de polipropileno (PP) (Norma UNE EN ISO 15874:2004). Son los que mayor resistencia al calor presentan, hasta 90°C. Es también resistente al hielo, con buenas resistencias químicas y mecánicas, silencioso y con

excelente coeficiente de rozamiento. Es el más idóneo para la utilización como tubería para instalaciones de fontanería.

TUBERÍAS POLIETILENO (PE)								
Diámetro Exterior (mm)	PRESIÓN DE SERVICIO							
	10 kg/m <sup>2</sup>		6 kg/m <sup>2</sup>		4 kg/m <sup>2</sup>		2.5 kg/m <sup>2</sup>	
	ESPESOR (mm)	PESO (kg/m)	ESPESOR (mm)	PESO (kg/m)	ESPESOR (mm)	PESO (kg/m)	ESPESOR (mm)	PESO (kg/m)
10	2	0.051	....	....	....	....	....	....
12	2	0.064	....	....	....	....	....	....
16	2	0.091	....	....	....	....	....	....
20	2	0.117	....	....	....	....	....	....
25	2.3	0.169	2	0.15	....	....	....	....
32	2.9	0.271	2	0.196	....	....	....	....
40	3.6	0.478	2.3	0.286	2	0.248	....	....
50	4.5	0.551	2.8	0.427	2	0.314	....	....
63	5.7	1.03	3.6	0.684	2.4	0.473	....	....
75	6.8	1.47	4.3	0.971	2.8	0.675	2	0.478
90	8.2	2.11	5.1	1.38	3.5	0.971	2.2	0.627
110	10	3.14	6.2	2.04	4.2	1.42	2.7	0.935
125	11.4	4.07	7.1	3.65	4.8	1.84	3.1	1.22
140	12.7	5.07	7.9	3.3	5.4	2.31	3.5	1.53
160	14.6	6.66	9.1	4.33	6.2	3.02	3.9	1.95
180	16.4	8.41	10.2	5.45	6.9	3.79	4.4	2.47
200	18.2	10.4	11.4	6.77	7.7	4.68	4.9	3.05
225	20.5	13.1	12.8	8.55	8.7	5.94	5.5	3.84
250	22.8	16.2	14.2	10.5	9.6	7.28	6.1	4.72
280	25.5	20.3	15.9	13.2	10.8	9.18	6.9	5.98
315	28.7	25.7	17.9	16.2	12.1	11.5	7.7	7.49
355	32.3	32.6	20.1	21.1	13.7	14.7	8.7	9.52
400	36.4	41.4	22.7	26.9	15.4	18.6	9.8	12.1
450	41	52.5	25.5	33.9	17.3	21.4	11	15.2
500	....	....	28.3	41.9	19.2	29	12.2	18.8

<b>TUBERÍAS POLIETILENO (PE)</b>		
Diámetro nominal (mm)	PRESIÓN DE SERVICIO	
	10 bar	20 bar
	ESPESOR (mm)	ESPESOR (mm)
16	2,7	2,7
20	3,4	3,4
25	4,2	4,2
32	5,4	5,4
40	6,7	3,7
50	8,4	4,6
63	10,5	5,8
75	12,5	6,9

También existen unas variantes formados por multicapas de diferentes materiales como son:

- ❖ Tubos multicapas polímero/aluminio/polietileno resistente a la temperatura (PE-RT)
- ❖ Tubos multicapas polímero/aluminio/polietileno reticulado (PE-X).

La unión de estos materiales plásticos se realizará mediante enchufes lisos encolados, machihembrado cilíndrico encolado, o con acoplamientos elásticos a presión; mientras que las tuberías de polipropileno (PP) se unirán por polifusión o por manguitos roscados.

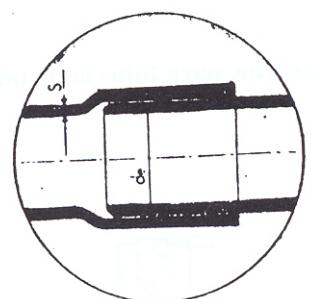


Fig. 23. Machihembrado cilíndrico encolado<sup>4</sup>.

En esta figura podemos ver diferentes tipos de piezas utilizadas en la colocación y distribución de las instalaciones realizadas con tuberías de polipropileno (PP).



Fig. 24. Elementos para la distribución con tuberías plásticas<sup>4</sup>.

c. Acero inoxidable ((Normas UNE 19049-1:1997)

- ❖ Ventajas hidráulicas similares a los plásticos.
- ❖ Tienen un precio excesivo, solo justificable en construcciones de alta calidad.

A título orientativo se indican a continuación los materiales de uso más frecuente que pueden ser utilizados en la instalación de tuberías de la red de fontanería:

- Acometida = Polietileno, Acero galvanizado.
- Instalación general = Polietileno, Acero galvanizado, Cobre.
- Batería de contadores = Acero galvanizado.
- Montantes = Acero soldado galvanizado, Cobre, Polietileno, Polibutileno.
- Instalación particular (viviendas, locales, etc.) = Acero galvanizado, Cobre, Acero inoxidable, Polietileno reticulado, Polipropileno, Polibutileno.
- Llaves y valvulería (colectores y distribuidores) = Acero inoxidable, latón, bronce.

### INCOMPATIBILIDADES

En general, debemos intentar utilizar un único material en la instalación, si esto no fuera posible y existieran encuentros de materiales lo que se denominará enlaces mixtos y con los que habrá que tener un especial cuidado.

#### **Incompatibilidad de los materiales y el agua**

- Una de las primeras decisiones que se impone al proyectista es la del material que se va a emplear en las tuberías. Lo más importante es conocer la constitución del agua de la localidad que se va a tratar como primera medida y según sea ésta comenzaremos a delimitar el problema. Así tendremos que se consideran materiales incompatibles con las aguas agresivas los siguientes:
  - Acero galvanizado, con aguas duras.
  - Cobre, con aguas amoniacales.
- Se evitará siempre la incompatibilidad de las tuberías de acero galvanizado y cobre controlando la agresividad del agua. Para los tubos de acero galvanizado se considerarán agresivas las aguas no incrustantes con contenidos de ión cloruro superiores a 250 mg/l. Para su valoración se empleará el índice de Langelier. Para los tubos de cobre se consideraran agresivas las aguas dulces y ácidas (pH inferior a 6,5) y con contenidos altos de CO<sub>2</sub>. Para su valoración se empleará el índice de Lucey.
- Para los tubos de acero galvanizado las condiciones límites del agua a transportar, a partir de las cuales será necesario un tratamiento serán las de la tabla<sup>1</sup>:

Características	Aqua fría	Aqua caliente
Resistividad (Ohm x cm)	1.500 – 4.500	2.200 – 4.500
Título alcalimétrico completo (TAC) meq/l	1,6 mínimo	1,6 mínimo
Oxígeno disuelto, mg/l	4 mínimo	-
CO <sub>2</sub> libre, mg/l	30 máximo	15 máximo
CO <sub>2</sub> agresivo, mg/l	5 máximo	-
Calcio (Ca <sup>2+</sup> ), mg/l	32 mínimo	32 mínimo
Sulfatos (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ), mg/l	150 máximo	96 máximo
Cloruros (Cl <sup>-</sup> ), mg/l	100 máximo	71 máximo
Sulfatos + Cloruros, meq/l	-	3 máximo

- Para los tubos de cobre las condiciones límites del agua a transportar, a partir de las cuales será necesario un tratamiento serán las de la tabla siguiente<sup>1</sup>:

Características	Aqua fría y agua caliente
pH	7,0 mínimo
CO <sub>2</sub> libre, mg/l	no concentraciones altas
Indice de Langelier (IS)	debe ser positivo
Dureza total (TH), °F	5 mínimo (no aguas dulces)

### Incompatibilidad entre materiales

- Se evitara el acoplamiento de tuberías y elementos de metales con diferentes valores de potencial electroquímico excepto cuando según el sentido de circulación del agua se instale primero el de menor valor.
- En particular, las tuberías de cobre no se colocarán antes de las conducciones de acero galvanizado, según el sentido de circulación del agua, para evitar la aparición de fenómenos de corrosión por la formación de pares galvánicos y arrastre de iones Cu<sup>+</sup> hacia las conducciones de acero galvanizado, que aceleren el proceso de perforación.
- Igualmente, no se instalarán aparatos de producción de ACS en cobre colocados antes de canalizaciones en acero.
- Excepcionalmente, por requisitos insalvables de la instalación, se admitirá el uso de manguitos antielectrolíticos, de material plástico, en la unión del cobre y el acero galvanizado.
- Se autoriza sin embargo, el acoplamiento de cobre después de acero galvanizado, montando una válvula de retención entre ambas tuberías.
- Se podrán acoplar al acero galvanizado elementos de acero inoxidable.
- En las vainas pasamuros, se interpondrá un material plástico para evitar contactos inconvenientes entre distintos materiales.

## 5.2 Tipos de contadores

Los contadores deberán estar homologados por la Dirección General de Industria (DGI), debiendo resistir una presión al menos de 15 kg./cm<sup>2</sup> y su pérdida de carga no excederá de los 10 m.c.a. La instalación irá entre dos llaves de paso para su manipulación. Además debe cumplir las condiciones impuestas por la Compañía de Aguas, pues tanto los modelos como las dimensiones deberán responder a las que tenga homologadas el Servicio y las normas dictadas al respecto.

Los principales tipos de contadores son:

- Contadores de volumen. Reciben el agua en receptáculos de capacidad conocida y el número de vaciados mide el consumo (contadores de émbolos alternativos, émbolos rotatorios o con discos). Sirven para registrar caudales pequeños. El agua debe ser limpia para realizar la medición.

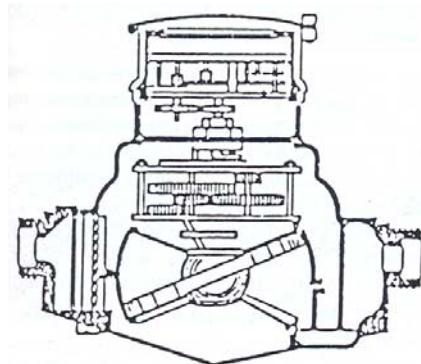


Fig. 25. Contador de volumen<sup>5</sup>

- Contadores de velocidad. El agua actúa por su energía cinética al hacer girar un dispositivo móvil, son menos exactos que los anteriores. Se emplean en caso de aguas duras y son los habituales en edificios de viviendas. Pueden ser de:
  - chorro único (Tipo U) o de molinete. Utilizados para viviendas.
  - de chorro doble (Tipo M) o de turbina. Para grandes caudales.
  - de hélice (Tipo W).
  - proporcionales. Van destinados a proporcionar eventualmente un gasto instantáneo muy elevado (recomendable para los ramales del servicio de extinción de incendios, en el cual los contadores

normales se quedan bloqueados).

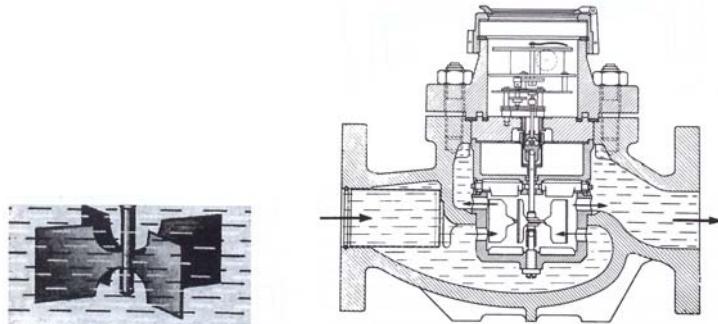


Fig. 26. Contador tipo molinete<sup>5</sup>.

- Contadores Combinados. Como su nombre indica, están constituidos por un contador de velocidad y otro de volumen acoplados.

Es recomendable instalar contadores,

- de 13 mm para las viviendas de menor caudal, y
- de 20 mm para el resto cuando no existan problemas de presión,

Si existen problemas de presión: deberán colocarse todos de 20 mm preferiblemente, aunque ciertamente aumentan las posibilidades de error en la lectura. Este criterio de elección del contador responde evidentemente a circunstancias de falta de presión en la acometida.

No siendo así, el calibre del contador debe seleccionarse en función del caudal nominal en m<sup>3</sup>/h, y pueden originarse disparidades entre el diámetro del contador y de la canalización, lo cual obligará o prever los correspondientes conos de reducción. Por ello, es deseable sobredimensionar el calibre de los contadores.

### 5.3 Llaves y válvulas

Son elementos intercalados en los conductos de la red de distribución para cortar, controlar y regular la corriente de agua en una tubería.

Todas aquellas que tengan que abrirse o cerrarse por los mantenedores de la instalación irán equipadas de indicador de llave abierta o llave cerrada.

Existen dos tipos principales de válvulas:

**1.- Válvulas de paso.** Cuya función es como su nombre indica la de interrumpir el paso e incluso controlar la corriente de agua en el tramo de tubería en que se instalen, permitiendo incluso incrementos de caudal y de presión en una zona en donde se necesite por la simple abertura o cierre de las de contorno (caso la red de incendio).

Son las válvulas de mayor utilización, haciéndose imprescindibles para el funcionamiento de una red.

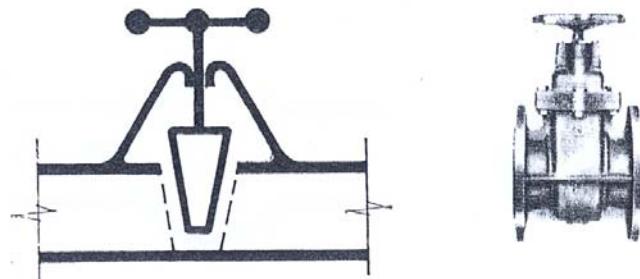
**2.- Válvulas de regulación.** Son válvulas menos generales, su empleo no siempre es necesario. Su misión es controlar la presión y el sentido de circulación del agua.

#### A. Tipos de Válvulas de paso

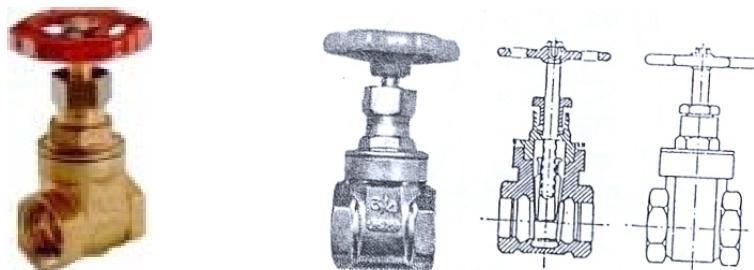
a) Válvulas de compuerta. Llamadas también de corte. Son los más utilizadas como válvulas de paso y las que se emplean con mayor frecuencia; pueden ser de cierre rápido o normales. Su **función** es cerrar el paso de fluido en la tubería, pero no se utilizan para la regulación de caudal. Siempre que el diámetro de las tuberías excedan en 40 mm, se deben emplear este tipo de llaves y sobre todo cuando el diámetro excede en 60 mm.

##### Características:

- i. Escasa pérdida de carga.
- ii. No se debe utilizar para controlar el caudal.
- iii. No deben emplearse en lugares de uso frecuente ni con aguas en las que se prevean incrustaciones importantes, pero sí a la salida de motores para regular la presión.

Fig. 27. Llave de compuerta de cuña<sup>5</sup>.

Se instalará en aquellos puntos donde se exige un cierre perfecto (acumuladores, grupos de presión, columnas, etc.). La estanqueidad se consigue al asentarse sobre los anillos de cierre una cuña o bien dos discos paralelos.

Fig. 28. Llave de compuerta de discos paralelos<sup>5,12</sup>.

- b) Válvulas de bola o esfera. Son las válvulas más rápidas de accionar. Son accionadas manualmente por un eje de mando perpendicular al taladro de la bola o esfera. La indicación de apertura es la de la propia palanca de mando (abierta con palanca paralela a lo líneal de tubería y "cerrada" o  $90^\circ$ ). Son válvulas de paso cuyo elemento de cierre lo constituye una esfera taladrada o disco con su diámetro en el sentido del eje de lo mismo. No produce perdida de carga cuando esta abierta, pero si produce un gran impacto, cuando se cierra debido a su rapidez (pudiéndose provocar fuertes y peligrosos golpe de ariete.). El problema mayor es el de su debilidad frente a un uso continuado, pues los asientos de teflón se acaban desgastando. Pueden ser roscadas o con bridales en todo tipo de diámetros.

Se utilizan fundamentalmente en corte de circuitos y de columnas de montantes. La tendencia va a usarlas de forma exclusiva en los circuitos interiores de viviendas e incluso en elementos de la instalación general (cara a un empleo lo más rápido posible en caso de emergencia además de simplificar la instalación y sus repuestos).

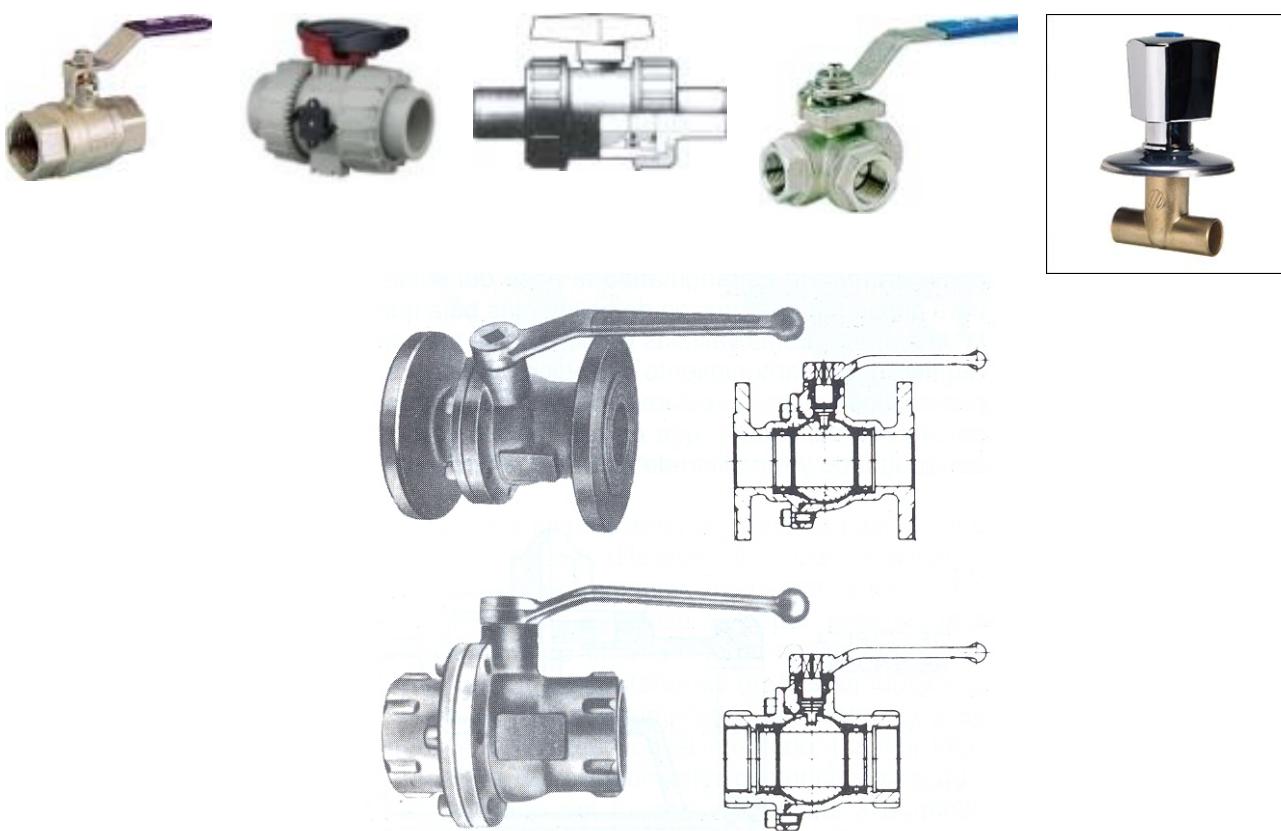


Fig. 29. Válvulas de esfera o bola<sup>5,12</sup>.

- c) Válvulas de mariposa. Su accionamiento requiere menos esfuerzo que las llaves de compuerta, siendo el mecanismo de cierre, un disco que gira sobre un eje vertical, y utilizando asientos de neopreno que aseguran una perfecta estanqueidad. Permite la regulación del paso de agua, con un giro máximo de 90° al igual que las válvulas de esfera. Llevan exteriormente un disco graduado de 0 a 90°, que permite en todo momento conocer su posición.

Estas válvulas se ven sometidas a grandes esfuerzos en el eje de

la mariposa, obligando para grandes caudales la instalación complementaria de reductores, que permitan un cierre lento y progresivo.

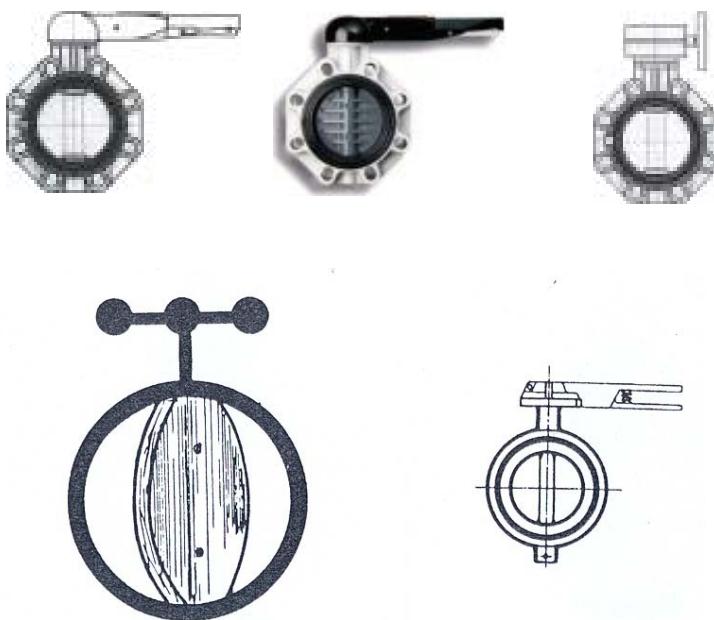


Fig. 30. Válvulas de mariposa<sup>6,12</sup>.

d) Válvulas de soleta o asiento. En este tipo de válvula el cierre se produce por el asentamiento de un pistón elástico sobre el asiento de paso de la válvula. El agua cambia de dirección a su paso por la válvula, con lo cual la pérdida de carga que produce es bastante importante, siendo mayor que en la válvula de compuerta, y se utiliza en aquellos puntos donde es necesario regular la circulación del fluido. Deben ir montadas de forma que el líquido atraviese la válvula de abajo arriba y se usan en diámetros pequeños (desde 3/8" hasta 3").

Tipos de válvulas de soleta o asiento:

- Asiento paralelo. Descrita anteriormente. Los materiales utilizados para el asiento suelen ser a base de caucho, nylon o cuero, y debido a un uso prolongado hay que cambiarlo periódicamente cuando esté desgastado. Son las que en un edificio de

viviendas se llaman tipo "globo".

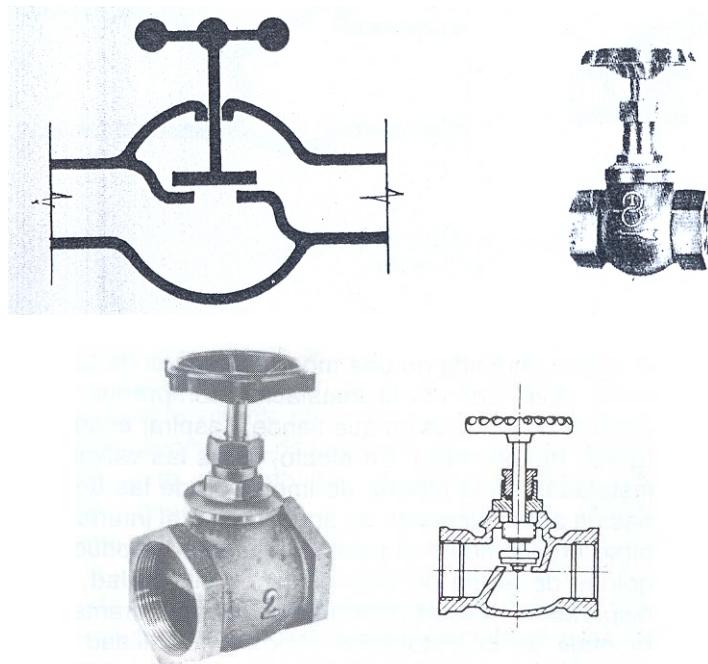
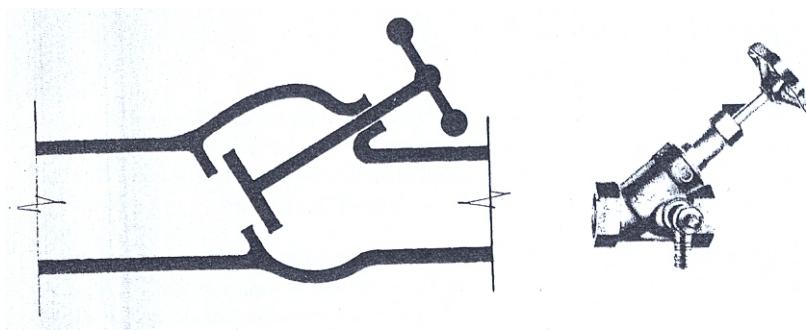
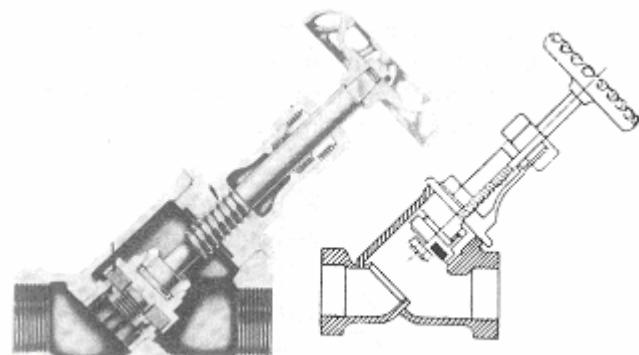


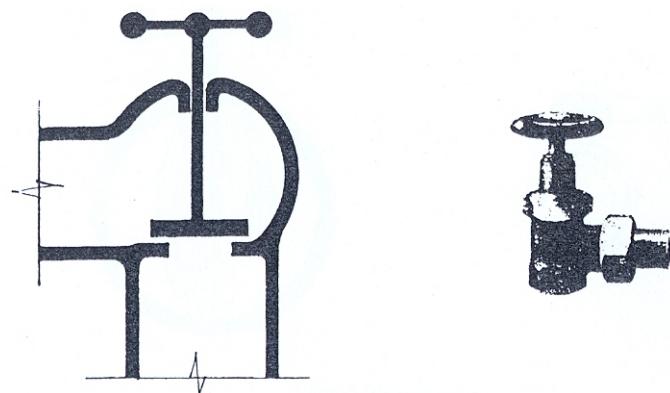
Fig. 31. Válvulas de asiento paralelo<sup>5,6</sup>.

- Asiento inclinado. Con el fin de que las pérdidas de carga sean las menos posibles en estas válvulas el paso del agua a penas cambia de dirección en su interior, produciéndose el asiento como en las anteriores solo que el asiento del pisón está inclinado.



Fig. 32. Válvulas de asiento inclinado<sup>4,5</sup>.

- De escuadra. Son una variante de las válvulas de asiento en la cual la tubería de entrada y la de salida del agua forman un ángulo de 90°, siendo en estas condiciones donde actúa el pisón de cierre. Sus pérdidas de carga son considerables.

Fig. 33. Válvulas de escuadra<sup>6</sup>.*En paralelo      Inclinada      De escuadra*Fig. 34. Válvulas de asiento<sup>12</sup>.

## B. Tipos de Válvulas de Regulación

- a) Válvulas de retención, se colocan aguas abajo de una llave de paso con la finalidad de retener el agua contenida en una tubería después de abrir dicha llave, (cuando la instalación comprende un sistema de subpresión que tiende a aspirar el agua (grupo motobomba, en general, todas las válvulas instaladas en la tubería de impulsión de las bombas de abastecimiento de agua, donde al interrumpirse bruscamente el paso del fluido se producen golpes de ariete de más o menos intensidad, se dispondrán válvulas de retención). En general se debe utilizar en aquellos puntos donde puede haber retornos o bien donde queramos evitar, contacto entre aguas de diferente temperatura, con la red de evacuación o la acometida del edificio. Son las encargadas de dejar circular el agua en un sentido e impedirla en sentido contrario. Su accionamiento es automático, por la misma presión que la acomete.

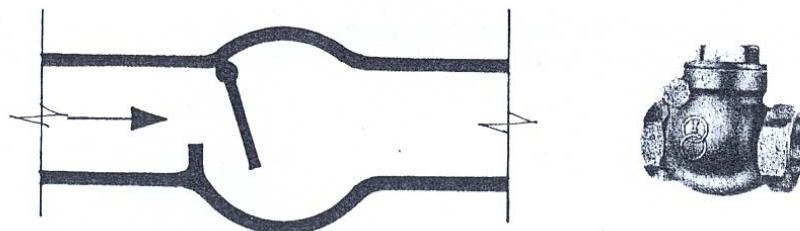
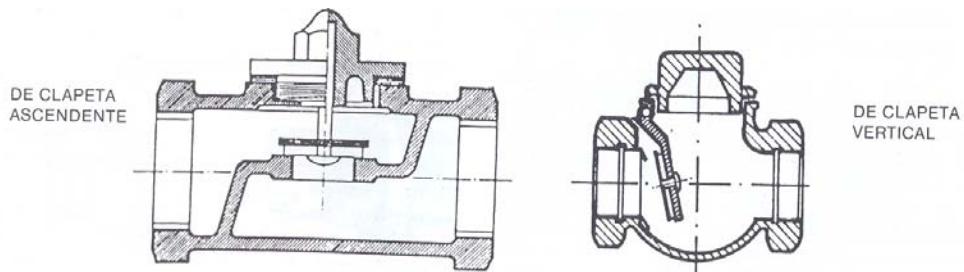


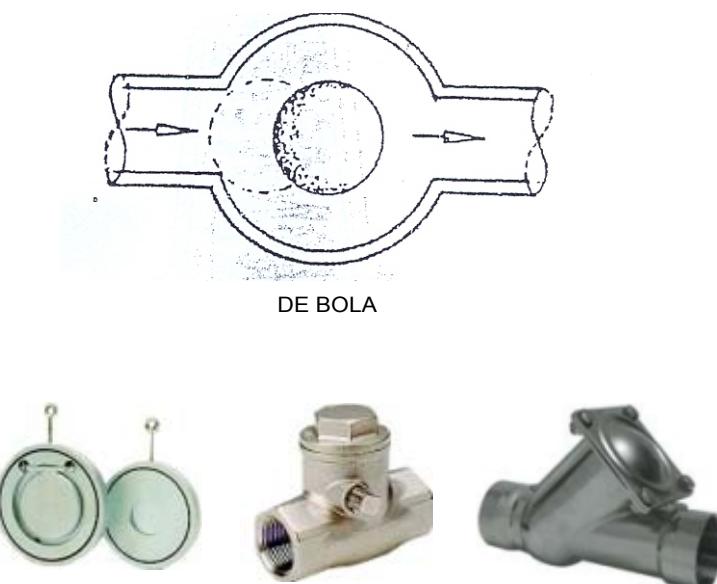
Fig. 35. Válvula de retención de clapeta<sup>4</sup>.

Básicamente existen dos tipos:

- De clapeta: Una clapeta a modo de bisagra se levanta en el sentido de circulación del agua, cerrándose por efecto de la presión en el sentido contrario evitando retornos. Se utiliza por higiene y sanidad. Produce pérdidas de carga al levantar el agua la clapeta. Para evitar su colocación incorrecta esta válvula lleva en el exterior una flecha dibujada que indica el sentido de circulación del agua.

Fig. 36. Válvulas de retención de clapeta<sup>5</sup>.

- De bola: Funciona por el mismo procedimiento que la anterior, sustituyéndose en este caso la clapeta por una bola. Al igual que la de clapeta también lleva una flecha dibujada en su exterior que indica su correcta colocación.

Fig. 37. Válvulas de retención<sup>5,12</sup>.

- b) Válvulas reductoras de presión. Se utilizan en aquellas partes de la red donde hay excesiva presión o por necesidad no se debe superar un determinado valor. Han de conseguir y mantener agua abajo una presión inferior a la que se tiene arriba del punto en el que se instalan. Son válvulas que regulan la presión mediante un obturador, que regula el paso del caudal y, por tanto, su presión, de tal forma que las presiones, reducida y normal, actúan en cámara de equilibrio que mueve el émbolo que, a su vez deja mayor o menor paso al obturador. Requieren un mantenimiento

periódico.

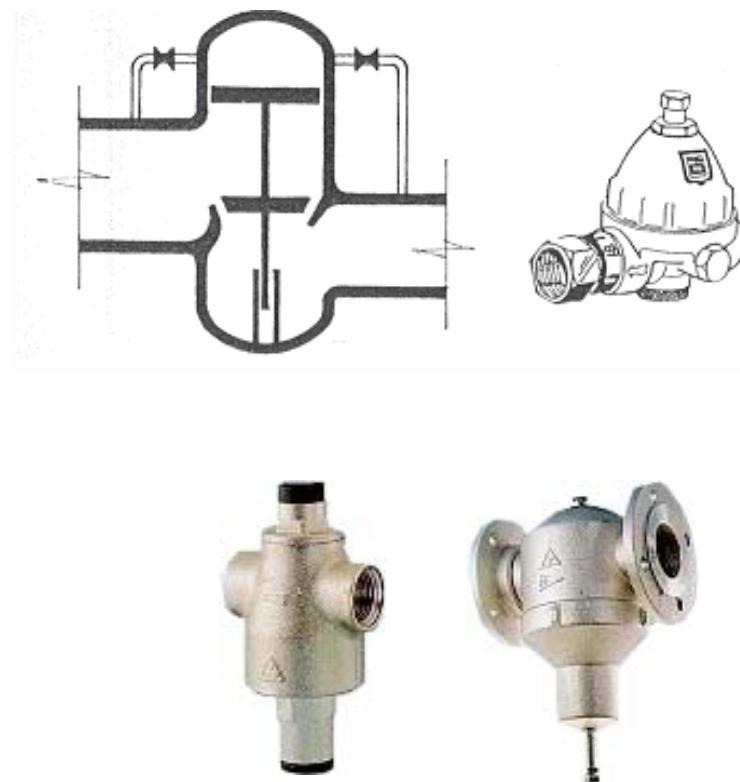
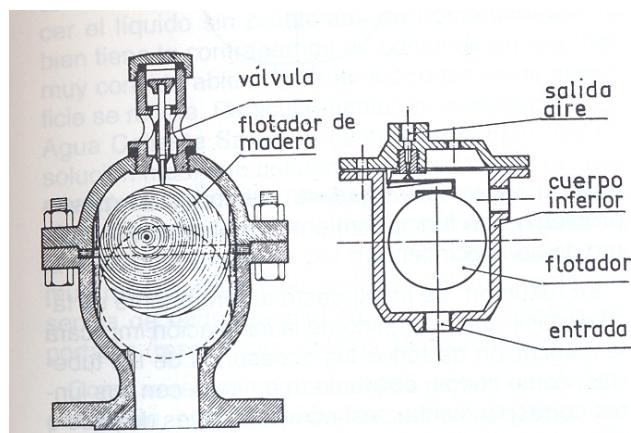


Fig. 38. Válvulas Reductoras o reguladores de presión<sup>4,12</sup>.

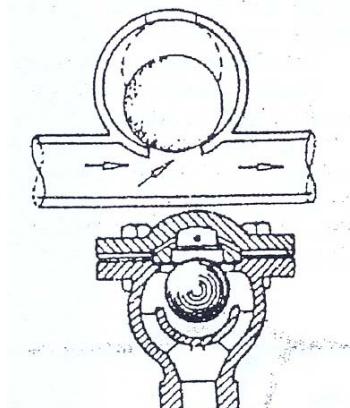
- c) Válvulas de seguridad / de ventosa. Son las válvulas de regulación encargadas de evacuar el aire del interior de las tuberías, debiéndose utilizar en los puntos altos de las canalizaciones (lugar a donde irá a parar el aire ocluido, pudiendo provocar vibraciones y golpes de ariete).

Su funcionamiento puede ser manual o automático, pudiendo ser según su fabricación de dos tipos:

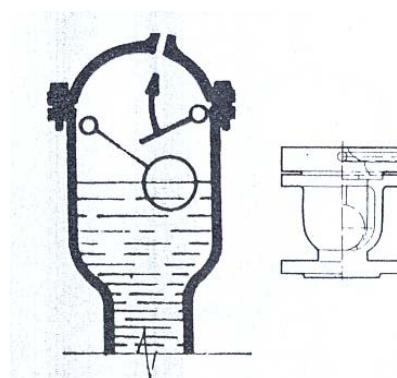
- De flotador. Permiten el paso del aire mientras, el flotador está caído; es decir con el nivel de agua bajo. En el caso de que este aumente el flotador obstruirá la salida del agua.

Fig. 39. Válvulas de seguridad tipo flotador<sup>5</sup>.

- De bola. De igual funcionamiento que la de flotador, colocándose la bola se impide el paso del agua al exterior (al llegar el aire la bola repiquetea dejándolo salir, pero si viene agua la bola tapona la abertura).

Fig. 40. Válvulas de seguridad tipo bola<sup>5</sup>.

En las tuberías de diámetros superiores a 40 mm se colocan ventosas o purgas de aire en los puntos cimeros.

Fig. 41. Válvulas de ventosa<sup>4</sup>.

## 5.4 Filtros

Por mucho control que se tenga de las redes urbanas, es evidente que existe una gran cantidad de arenas y fangos en el abastecimiento de agua a los núcleos urbanos.

Lo mayoría de los problemas que se producen en los distintos dispositivos, y su mal funcionamiento se debe principalmente a las impurezas que arrastran las tuberías, como las arenillas, óxidos, limaduras, etc.

Función: es eliminar las partículas del agua en función de las exigencias requeridas.

Ventajas de utilizar un filtro:

- Mantenimiento de la limpieza y mejora del agua.
- Disminución de averías, y desaparición de la corrosión.

Tipos de filtro:

- ❖ mecánico o de tipo Y
- ❖ de malla metálica
- ❖ de malla de plástico

Es deseable incorporar filtros integrales los cuales además de filtrar sedimentos asegura una calidad constante del agua, reducen los efectos sobre el gusto y olores del cloro.



Fig. 42. Filtros mecánicos o tipo Y<sup>12</sup>.

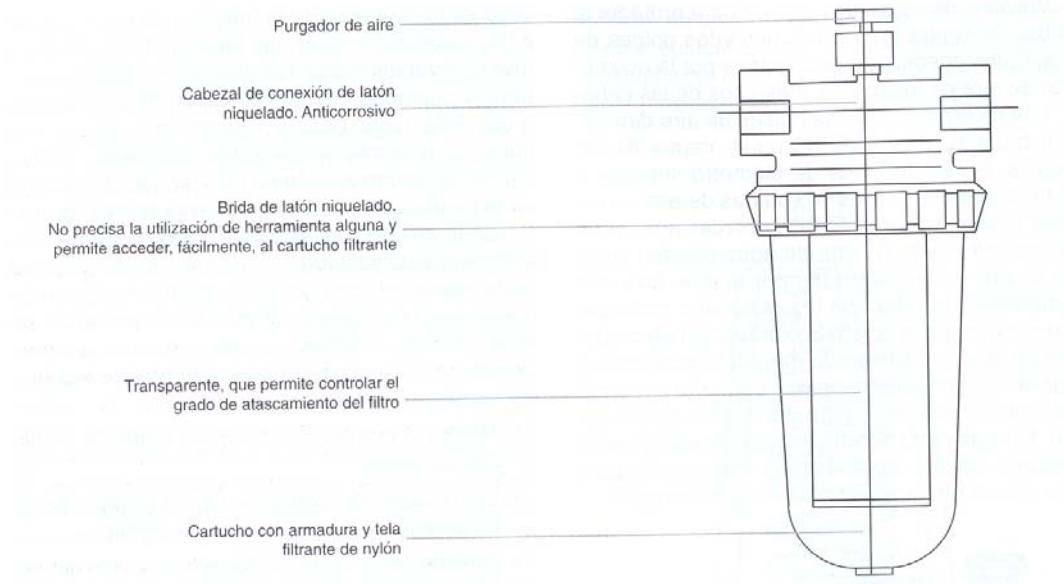


Fig. 43. Filtro de malla<sup>5</sup>.

La normativa actual obliga a la colocación de un filtro general con las siguientes características. El filtro debe ser de tipo Y con un umbral de filtrado comprendido entre 25 y 50 µm, con malla de acero inoxidable y baño de plata, para evitar la formación de bacterias y autolimpiable. La situación del filtro debe ser tal que permita realizar adecuadamente las operaciones de limpieza y mantenimiento sin necesidad de corte de suministro.

## 5.5 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, ocupan menos espacio que los habituales depósitos de descarga, con lo cual en algunos casos, el inodoro se puede colocar 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.

Fig. 44-A. Fluxor empotrado<sup>10</sup>.Fig. 44-B. Fluxor visto<sup>10</sup>.

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

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

En los fluxores es preceptivo poder regular 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.

### Instalación.

La existencia de fluxores lleva aparejada una presión hidrodinámica a partir de 0,5 bar (presión de trabajo entre 0,5 y 5 bar) superior a la necesaria para un instalación

con griferías corrientes, tomando, según modelos un caudal medio estimado de 0,3 l/s regulable (volumen de descarga entre 2 y 6 litros), montándose como mínimo en 200 mm por encima del borde superior de los tazas de los urinarios y a 1 metro aproximadamente del suelo de los inodoros. Estarán provistos de válvula antirretorno para evitar el retroceso de aguas sucias.

En las figuras se representa el montaje de fluxores en urinarios e inodoros.

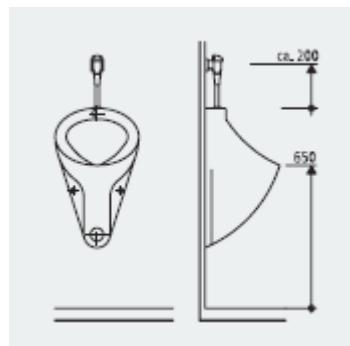


Fig. 45.A. Fluxor de urinario<sup>10</sup>.

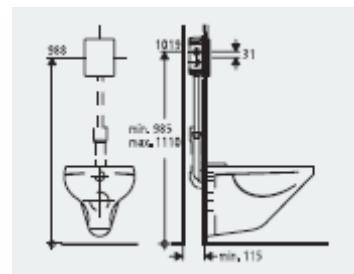


Fig. 45.B. Fluxor de W.C.<sup>10</sup>

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.

### Funcionamiento.

El principio de funcionamiento del fluxor es bastante sencillo y el esquema de la figura nos servirá para comprenderlo sin dificultad.

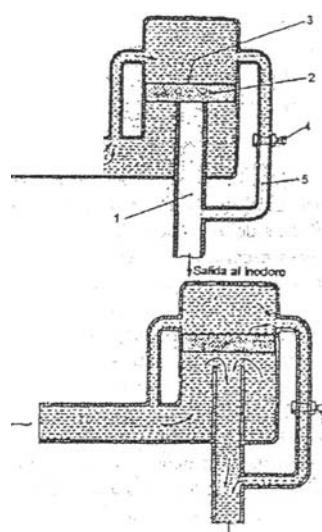


Fig. 46. Dibujo esquemático para explicar el principio de funcionamiento de un fluxor. 1, tubo de descarga; 2, émbolo; 3, cara superior del émbolo; 4, válvula de paso; 5, conducto de descompresión<sup>7</sup>.

El tubo vertical (1) representa al tubo de descarga que va a alimentar el inodoro y que en estado normal queda obturado por el émbolo (2) porque aunque reciba la presión del agua de la red por las dos caras, la fuerza que recibe por la cara (3) es mayor debido a que es mayor, también, la superficie en contacto; por lo que el émbolo (2) se mantiene apretado contra la boca de salida del tubo de descarga.

Cuando abrimos la válvula de paso (4), en la parte superior del émbolo se produce una descarga en la presión a través del conducto (5) por lo que el émbolo es empujado hacia arriba, produciéndose entonces lo descargo al quedar abierto el tubo (1). En cuanto se vuelve a cerrar la válvula de paso (4) el émbolo desciende de nuevo y vuelve a cerrar el tubo de descarga, quedando el fluxor listo para ser utilizado de nuevo.

En la siguiente figura se puede ver un fluxor seccionado en el que se representan sus puntos principales. 1, tomillo de sujeción de la tapa; 2, tapa exterior; 3, tomillo de regulación del tiempo de descarga; 4, membrana de goma; 5, pistón de descarga; 6, junta de goma; 7, asiento del pistón; 8, manecilla de accionamiento; 9, émbolo de accionamiento; 10, guía de la válvula descompensadora; 11, chicle o "by-pass" calibrado; 12, válvula descompensadora; 13, tapa de la llave de paso; 14, tornillo de regulación del caudal.

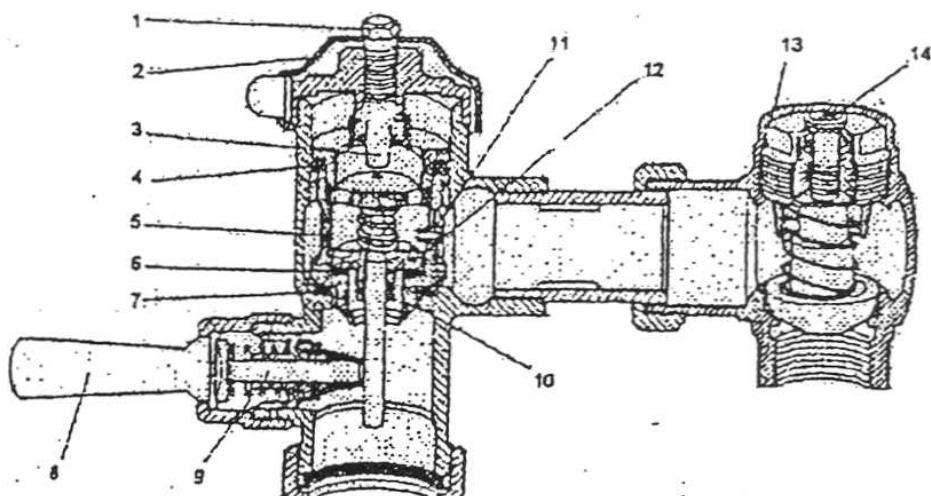


Fig. 47. Esquema de fluxor<sup>5,6</sup>.

El empleo de fluxores presenta poco interés en los edificios de viviendas y aun en los edificios singulares excepto, por ejemplo, en hospitales, determinados edificios de uso público y de espectáculos, por lo cual realizaremos unos comentarios muy reducidos al respecto. En efecto si bien teóricamente la instalación de este tipo de

válvulas para inodoros presenta numerosas ventajas, sustituyendo al tanque para la descarga de agua necesaria para la limpieza del W.C., en la práctica se ha comprobado que debido a su rumorosidad y al hecho de que con presiones insuficientes no abren debidamente se plantean importantes dificultades de ejecución.

Un funcionamiento con garantía de estas instalaciones exige ramales independientes para cada fluxor con colectores y grupos de presión comunes pero supone, un encarecimiento tal que resulta prohibitiva su previsión, por ser, además esta red independiente de la general del edificio.

### 5.6 Accesorios de fijación y unión.

Los elementos de fijación, más comúnmente empleados para la sujeción de las conducciones a las paredes son las grapas y las abrazaderas, generalmente fabricadas de metal, aunque en la actualidad existen también algunos modelos de plástico.

En el comercio pueden encontrarse una gran variedad de grapas y abrazaderas, ya que cada fabricante puede tener sus propios diseños, pero fundamentalmente son muy similares en cuanto a su forma de colocación. A continuación vamos a mostrar varios tipos de los más empleados.

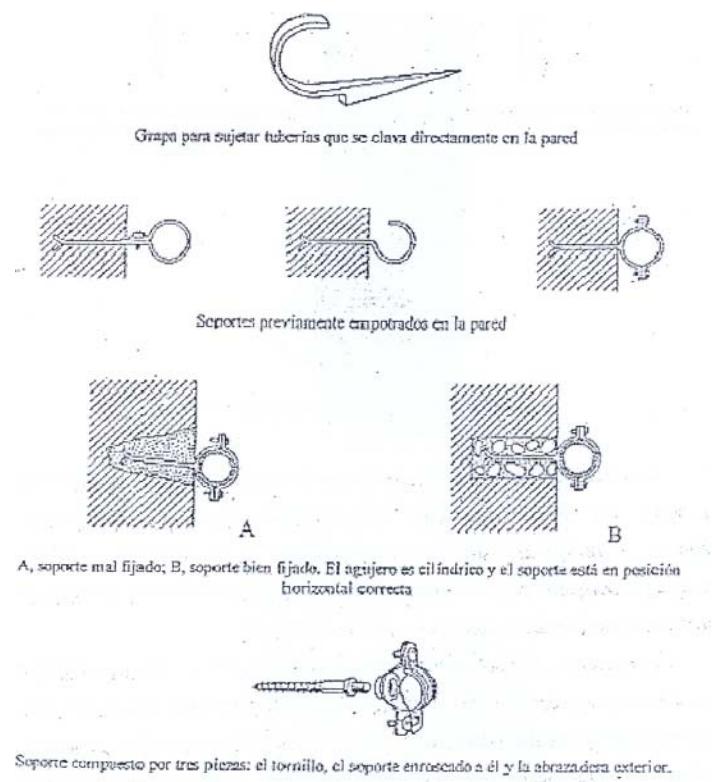
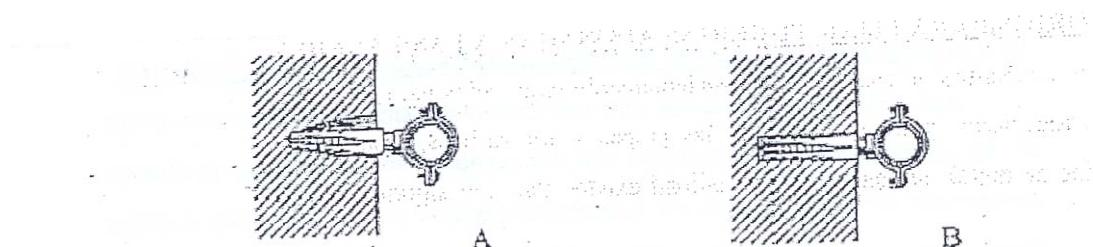


Fig. 48.<sup>7</sup>

En la actualidad podemos decir que las abrazaderas más empleadas en las instalaciones son las que se fijan a la pared mediante tacos de plástico y tornillos. Este sistema es posiblemente el más práctico y seguro, en primer lugar porque la broca permite hacer el agujero exacto y a las medidas apropiadas para el tajo que vamos a introducir.

En general es bastante frecuente que la instalación esté constituida por dos tuberías, tales como una de agua caliente y otra de agua fría, y que siguen una trayectoria paralela; para estos casos se recomienda emplear abrazaderas dobles, las cuales ya están fabricadas con las medidas necesarias para la separación necesaria entre canalizaciones.



Ejemplos de colocación de un soporte. A, el agujero es defectuoso y también la colocación del soporte. B, soporte colocado correctamente.



Soporte doble; entre otras ventajas figura la de mantener una separación uniforme entre los tubos

Otro soporte similar al anterior que se diferencia sólo en la posición de los tornillos que sujetan la abrazadera



Soporte fijado a la pared mediante tornillo y tajo de plástico

Fig. 49.<sup>7</sup>

### ABRAZADERAS DE PLÁSTICO

En la actualidad las abrazaderas de plástico, resultan muy apropiadas y ventajosas económicamente. Pueden utilizarse para sujetar tubos de agua, gas o cables; su principal cualidad es que consta de una sola pieza y que no necesitan taca para la fijación en la pared.

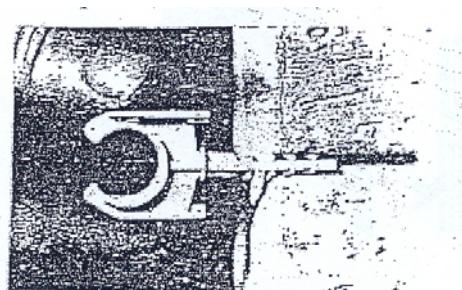
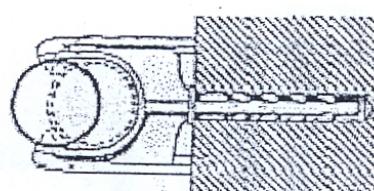
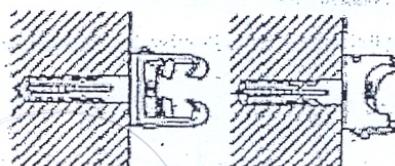


Fig. 50. Abrazadera de plástico sin taladro ni tornillos<sup>7,12</sup>.

La boca de la abrazadera tipo clip, permite cierta flexibilidad para que el tubo pase a ocupar su posición en el anillo y quede encajado.



Dibujo representando la colocación del tubo en la abrazadera de la figura anterior.



Detalle de la fijación en la pared de las abrazaderas de la figura anterior

Fig. 51.<sup>7</sup>

Entre las cualidades más interesantes de las abrazaderas de plástico estarían las siguientes: facilidad de montaje y desmontaje, amortiguación de vibraciones y

aislamiento eléctrico.

Cuando el número de tubos es importante se emplean soportes construidos de pletinas que permiten una colocación fácil de las abrazaderas que sujetan los tubos.

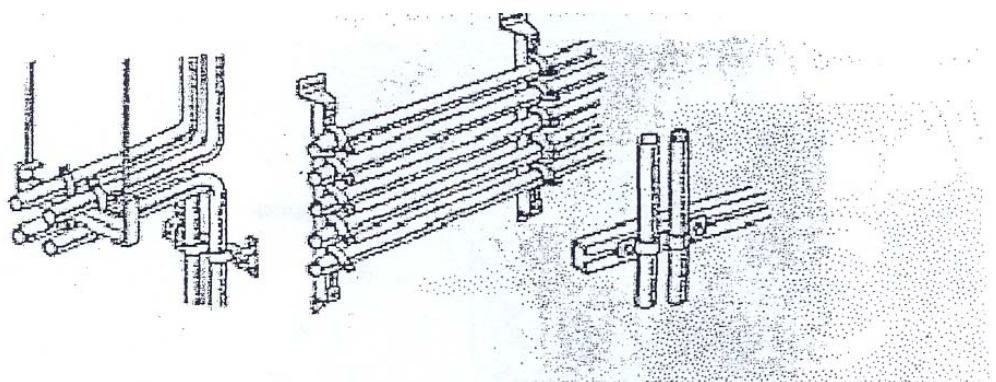
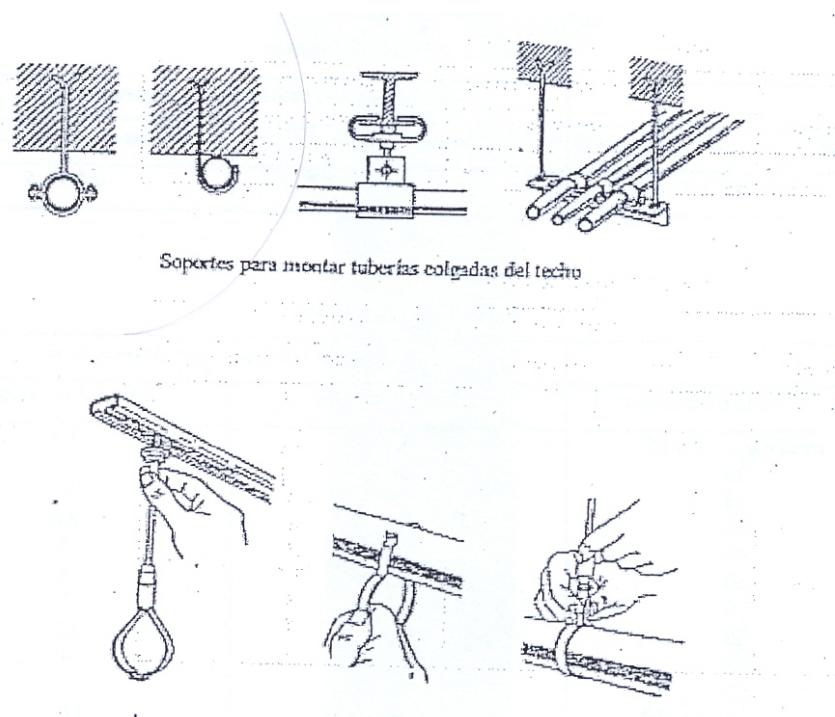


Fig. 52. Ejemplos de soportes para tuberías<sup>7</sup>.

#### SOPORTES PARA TUBERÍAS COLGADAS EN EL TECHO

Se muestran ejemplos que indican las formas de sujetar las tuberías, dando una idea del montaje de estas abrazaderas.



A, soporte de abrazadera desmontable para colgar tuberías del techo; B, colocación de la abrazadera en el tubo; C, abrochado de la abrazadera en el tirante.

Fig. 53.<sup>7</sup>

SEPARACIÓN MÁXIMA ENTRE SOPORTES O ABRAZADERAS

Las siguientes tablas nos muestran cuales son las distancias mínimas que se deben de tener entre los soportes que sujetan las canalizaciones, para evitar pandeos y posibles problemas de mantenimiento. Estas distancias dependerán del tipo de material de esta y el diámetro de la misma.

Tabla I Tuberías de Plomo

Diámetro de la tubería en mm	Separación máxima entre soportes en m	
	Tramos verticales	Tramos horizontales
En general	0.50	0.40

Tabla 2 Tuberías de plástico

Diámetro de la tubería en mm	Separación máxima entre soportes en m	
	Tramos verticales	Tramos horizontales
En general	1.5 a 2	0.8 a 1.5

Tabla 3 Tuberías de acero

Diámetro de la tubería en mm	Separación máxima entre soportes en m	
	Tramos verticales	Tramos horizontales
Menor o igual a 15	2.50	1.8
20	3	2.5
25	3	2.5
32	3	2.8
40	3.5	3
50	3.5	3
70	4.5	3
80	4.5	3.5
100	4.5	4
125	5	5
mayor o igual a 150	6	6

Tabla 4 Tuberías de cobre

Diámetro de la tubería en mm	Separación máxima entre soportes en m	
	Tramos verticales	Tramos horizontales
Menor o igual a 10	1.80	1.20
De 12 a 20	2.40	1.80
De 25 a 40	3.00	2.40
De 50 a 100	3.70	3.00

Si la fijación no se ejecuta bien, las dilataciones pueden generar tensiones capaces de producir roturas. Esta circunstancia es especialmente importante cuando se trata de tuberías de cobre, en las que la dilatación puede llegar a ser de 1 mm por cada metro de tubería.

En la figura se muestran dos dibujos, uno de los cuales representa los puntos elegidos correctamente y otro los elegidos incorrectamente.

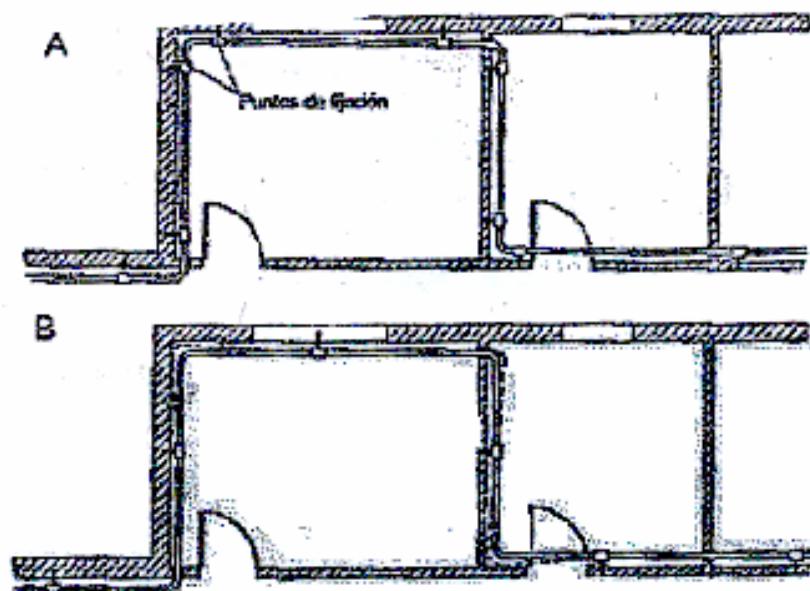


Fig. 54. A) Ejecución impidiendo la posible dilatación de las tuberías. B) Ejecución permitiendo la dilatación<sup>7</sup>.

#### ELEMENTOS DE LA UNIÓN FLEXIBLE

En este apartado hacemos referencia a los tubos flexibles o “latiguillos” que se emplean como elemento de enlace entre la tubería de la red de suministro y algún aparato de consumo, por ejemplo, en los lavabos, inodoros, etc.

Es un enlace flexible constituido por un tubo de caucho sintético con trenzado de acero inoxidable. Los racores son de latón con un baño de níquel y sus dimensiones más generales, aunque se fabrican en varias medidas, son:

- $\frac{3}{4}$  pulgada
- $\frac{1}{2}$  pulgada, y
- $\frac{3}{8}$  pulgada.

El montaje es sencillo; primero se pone cinta de teflón en el racor macho y se enrosca a la toma que debe de haber en la pared; una vez que esta apretado debidamente, se atornilla el racor hembra en la entrad del aparato sanitario.



Unión flexible Hembra- Hembra 3/8  
Unión flexible Macho  $\frac{1}{2}$ " – Hembra 3/8"

Fig. 55. Uniones flexibles<sup>12</sup>.



Fig. 56. Conexión latiguillo con llave de corte de aparato sanitario.

## 6. SISTEMAS DE SOBREELEVACIÓN: GRUPOS DE PRESIÓN.

La deficiencia de presión en la acometida o el abastecimiento de captaciones particulares (pozos); dan lugar a la necesidad de realizar una instalación de elevación de agua mediante:

1. Depósito elevado abierto.
2. Grupo hidroneumático de presión.
3. Grupo de presión de accionamiento regulable.

### 6.1 Depósito Elevado Abierto.

Consiste en un sistema de bombeo, hasta la cota más elevada a servir, haciendo luego una distribución superior donde el agua puede llegar a los puntos de consumo por gravedad. Este tipo de disposiciones no se desarrollan de forma general en la actualidad, y casi nunca en edificios de viviendas.

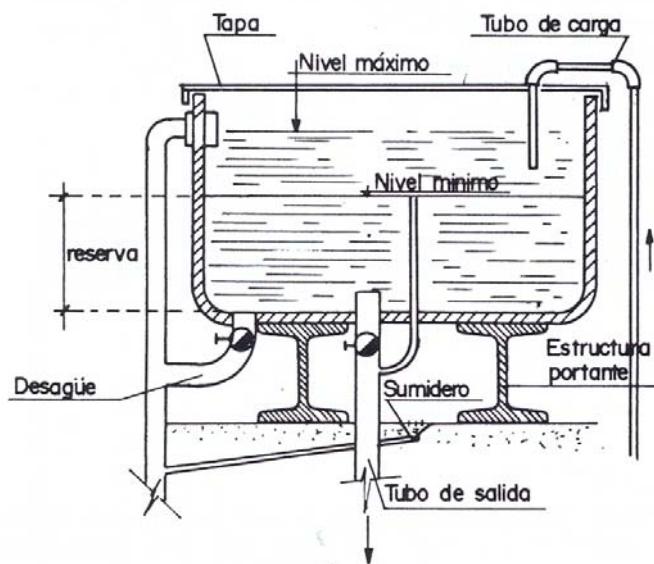


Fig. 57. Elementos de un depósito elevado.

Los depósitos deberán ir colocados mas altos que el primer grifo, se fabrican de chapa de acero o de hormigón, o bien prefabricados (fibrocemento, metálicos, resina con fibra de vidrio, etc.) Su disposición necesita de elementos estructurales portantes (ya que hay que tener en cuenta que un  $m^3$  de agua equivale a una tonelada).

Los tubos que acometen en el mismo deberán tener una disposición racional, para el mejor aprovechamiento teniendo en cuenta su misión:

- Tubo de carga: entrará en el interior del depósito para evitar la caída de agua de forma ruidosa.
- Rebosadero: deberá tener mayor sección que el tubo de carga (para evitar el desbordamiento).
- Desagüe: estará enrasado con el fondo, para que arrastre todos los sedimentos cuando se limpie
- Tubo de salida: estará más alto que el fondo para evitar el arrastre de sedimentos.

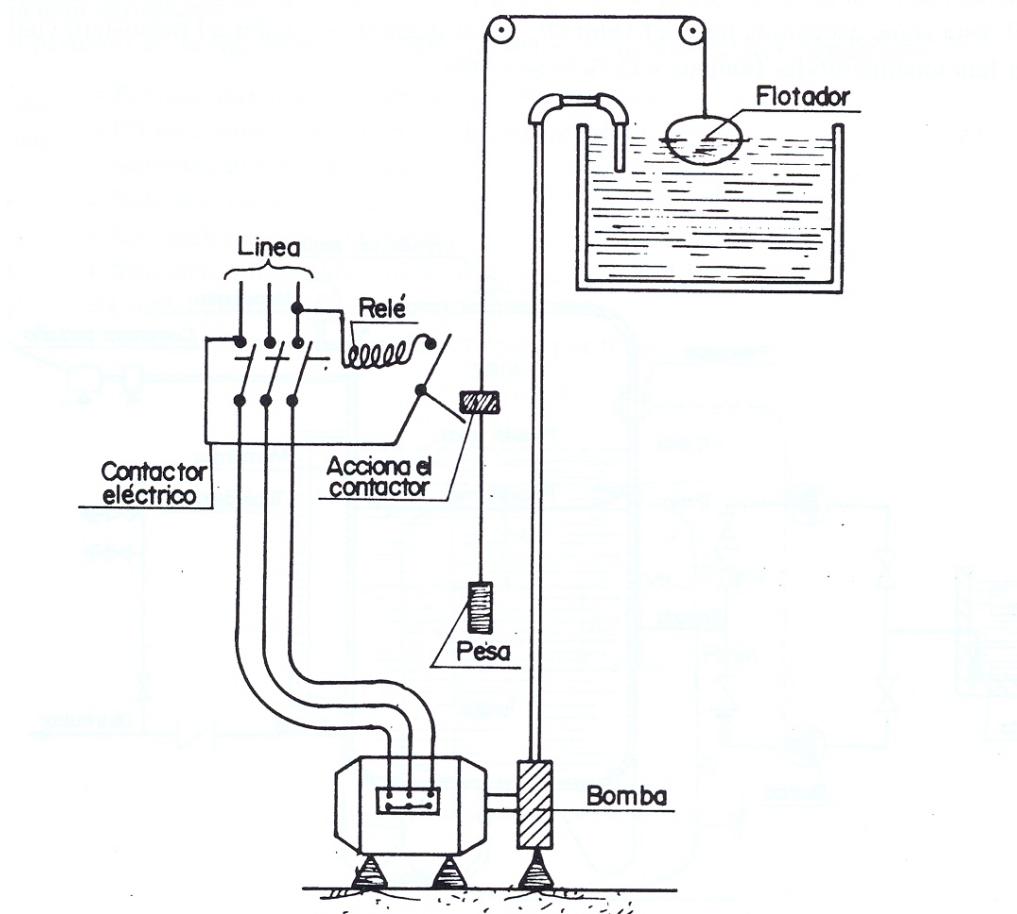
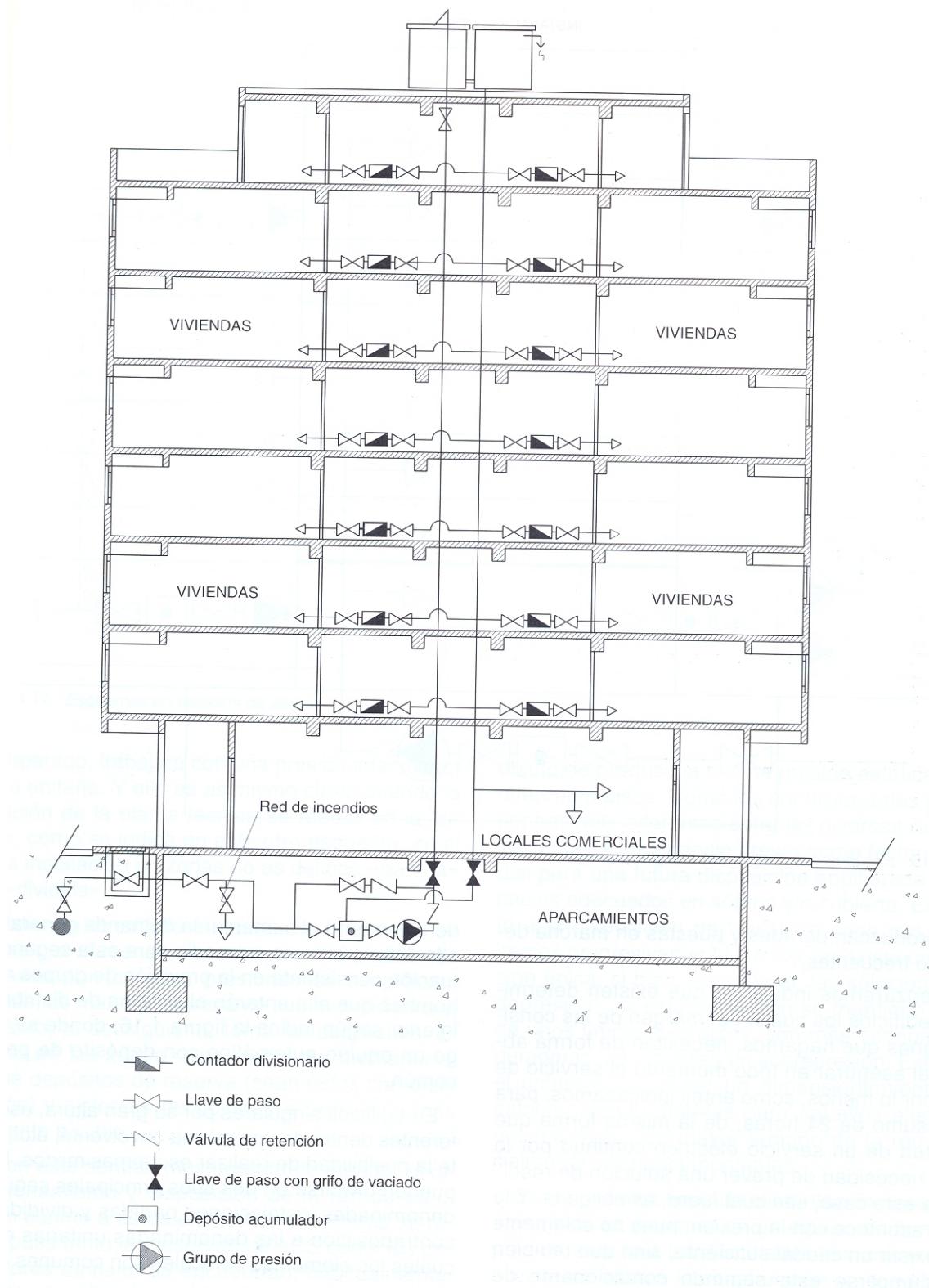


Fig. 58. Mecanismo de accionamiento para el llenado del depósito elevado<sup>6</sup>.

Fig. 59. Esquema en alzado de abastecimiento en un edificio con depósito elevado<sup>5</sup>.

## 6.2 Grupo hidroneumático de elevación de presión.

Con este sistema se asegura el servicio hasta la cota más alta, pudiendo en este caso realizar distribuciones inferiores. Se conoce también como el grupo de presión convencional, que contará, como elementos principales, con:

- a. depósito auxiliar de alimentación o de reserva, que evite la toma de agua directa del tubo de alimentación, por el equipo de bombeo;
- b. equipo de bombeo, compuesto, como mínimo, de dos bombas de iguales prestaciones y funcionamiento alterno, montadas en paralelo;
- c. depósitos de presión, conectados a dispositivos suficientes de valoración de los parámetros de presión de la instalación, para su puesta en marcha y parada automáticas. También se conocen con el nombre de autoclaves. Incluirán un termostato con interruptor que controlará la puesta en funcionamiento o parada del equipo de bombeo según el límite de la presión.

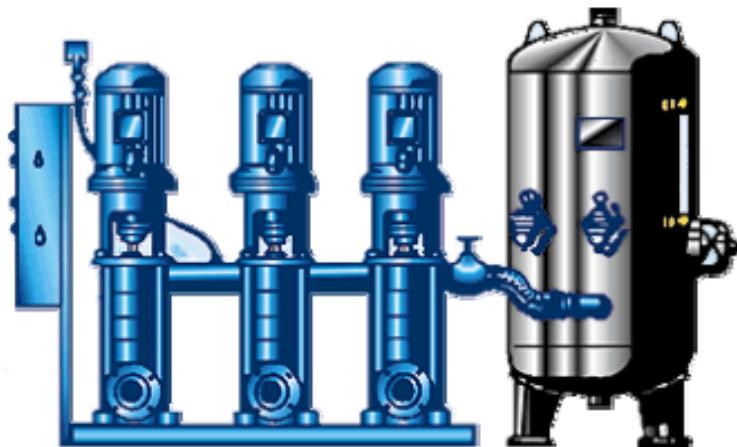


Fig. 60. Esquema de un sistema de sobre-elevación con tres bombas<sup>12</sup>.

El funcionamiento del grupo es el siguiente: suponiendo que la salida del tanque está cerrada, y poniendo en funcionamiento las bombas, el tanque se va

llenando de agua y comprimiendo el aire que se encuentra en su interior; cuando alcanza un determinado nivel, la presión a que está el aire de la parte superior ( $P_{min}$ ) del tanque es tal, que si en ese instante se abre el grifo más desfavorable de la instalación, el agua saldría por él perfectamente; a partir de este momento, si la bomba sigue funcionando, va aumentando la presión, puesto que al ir reduciendo el volumen, el aire estará más comprimido hasta alcanzar la presión máxima ( $P_{max}$ ), en cuyo momento, el presostato (interruptor de presión), cortará el suministro de energía a las bombas y se pararán.

Sí en estas circunstancias se va produciendo el consumo en los grifos de la instalación, la presión está asegurada, y caso de ir bajando el nivel, está asegurada hasta el valor ( $P_{min}$ ), al llegar a este valor el presostato vuelve a poner en funcionamiento las bombas y el ciclo se repite. Por tanto, el volumen que se encuentra entre los valores de presión mínima y presión máxima será el volumen útil de utilización o de reserva del grupo hidroneumático.

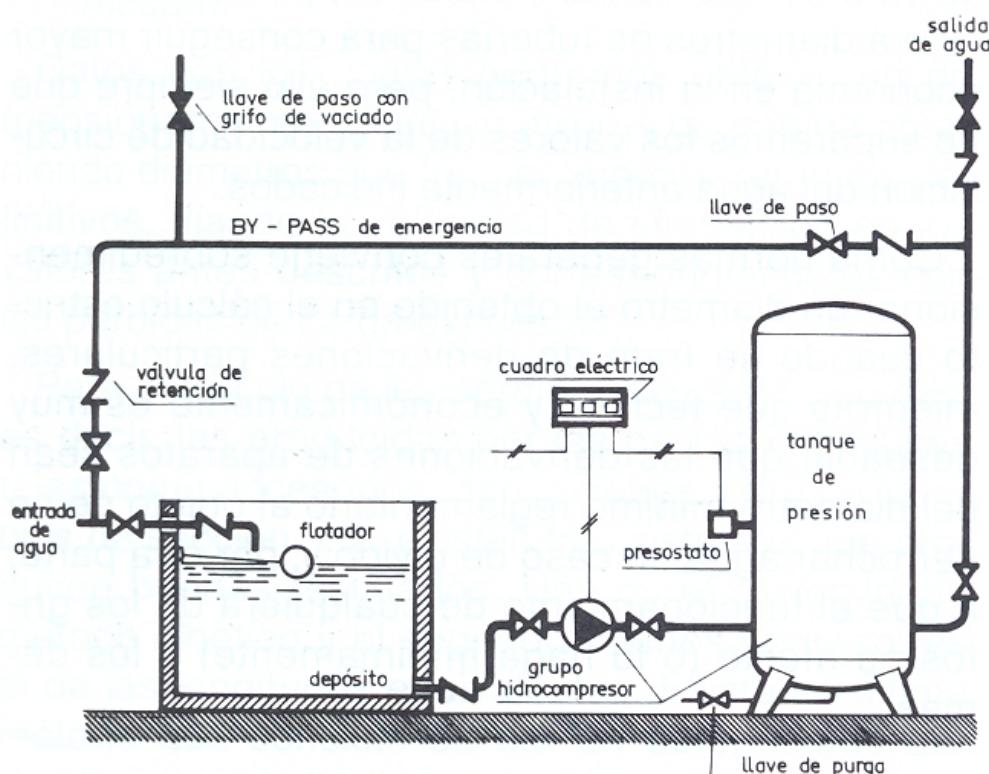


Fig. 61. Esquema básico del grupo hidroneumático de presión<sup>4</sup>.

El sistema más común para resolver, en edificios, el problema de sobreelevación del agua es mediante la instalación de un grupo hidroneumático de presión. Las ventajas, frente al clásico del depósito elevado, con bomba y distribución superior, son muchas destacando las siguientes:

- El agua suministrada no está sujetada a la contaminación ambiental, ya que se cuenta con un depósito hermético.
- La presión es ajustable a cada caso particular, prefijando su valor para que siempre esté asegurada.
- El emplazamiento del grupo (por lo general en sótanos o en planta baja), no ofrece ninguna dificultad, ni presenta problemas de sobrecargas en la estructura del edificio.
- Permite realizar cualquier distribución, sin que la presión sea ningún condicionante.
- Las secciones de tuberías son menores y no precisa tuberías complementarias.

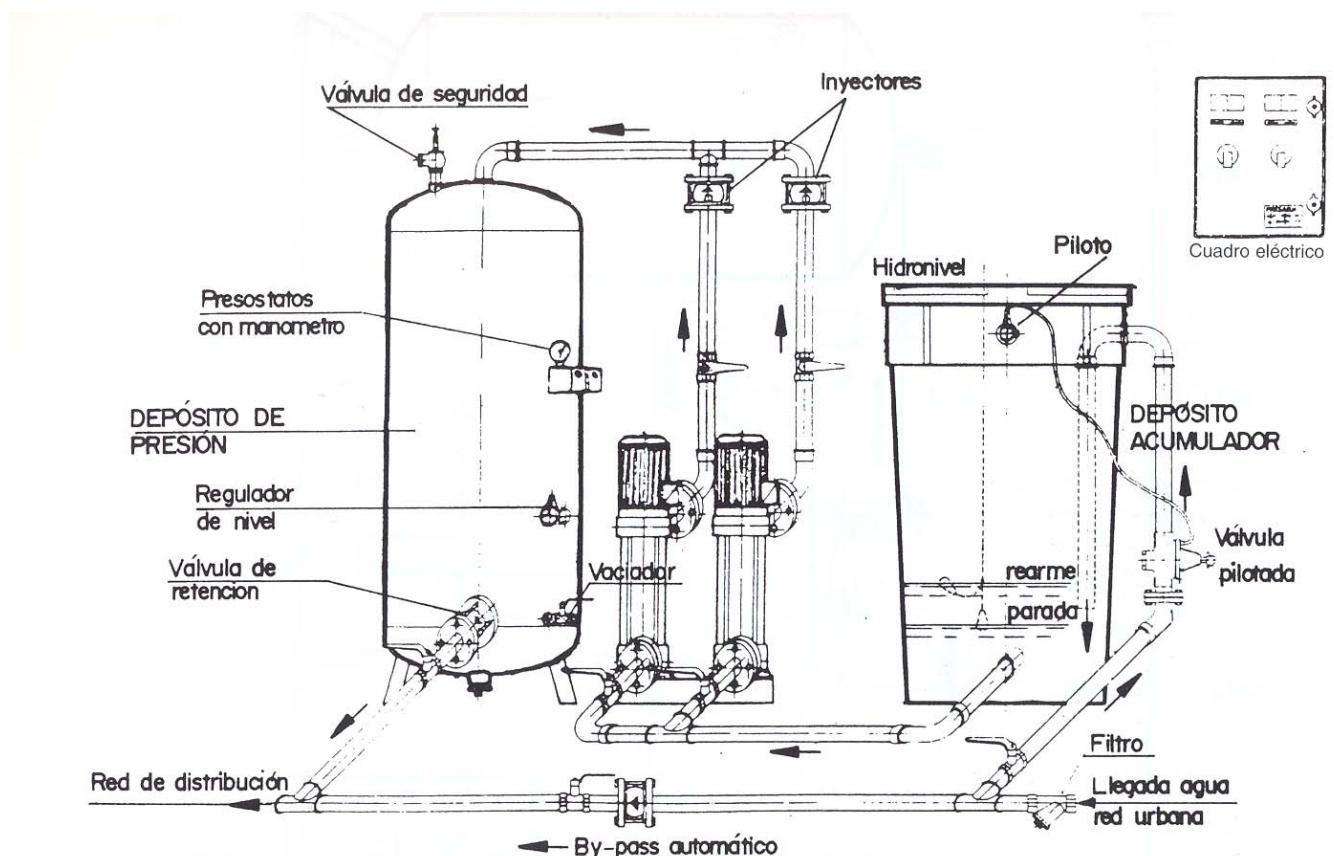


Fig. 62. Grupo de sobreelevación convencional.<sup>4</sup>

Se colocará un by-pass que asegura el funcionamiento de la instalación y que no haga trabajar al grupo hidroneumático de forma innecesaria.

El tanque de presión puede ser de tres tipos:

- A. Que no exista una compresión adicional al propio aire en el interior del tanque, o lo que es lo mismo sin compresor.
- B. Que exista un compresor que aumente la presión en el interior de tanque y por tanto pueda disminuir su volumen.

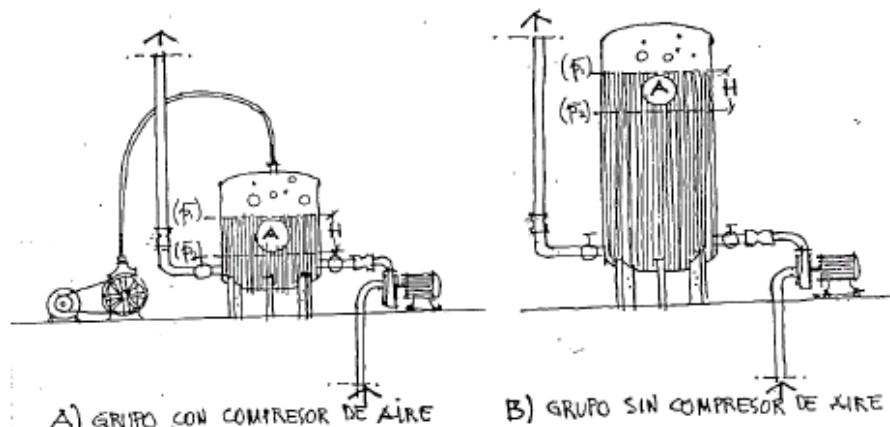


Fig. 63. Tipos de tanques de presión<sup>8</sup>.

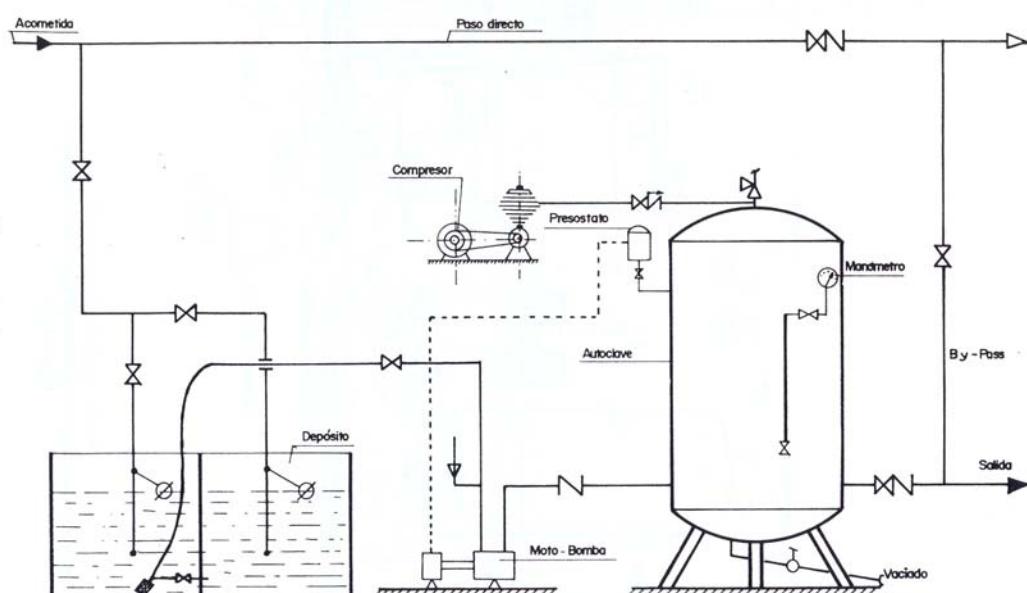


Fig. 64. Esquema con las partes de un grupo de sobre-elevación convencional<sup>4</sup>.

- C. Que exista una membrana interior que separe el aire del agua y por tanto también existe una presión adicional. Este tipo es que se está exigiendo tras los cambios realizados en la normativa.

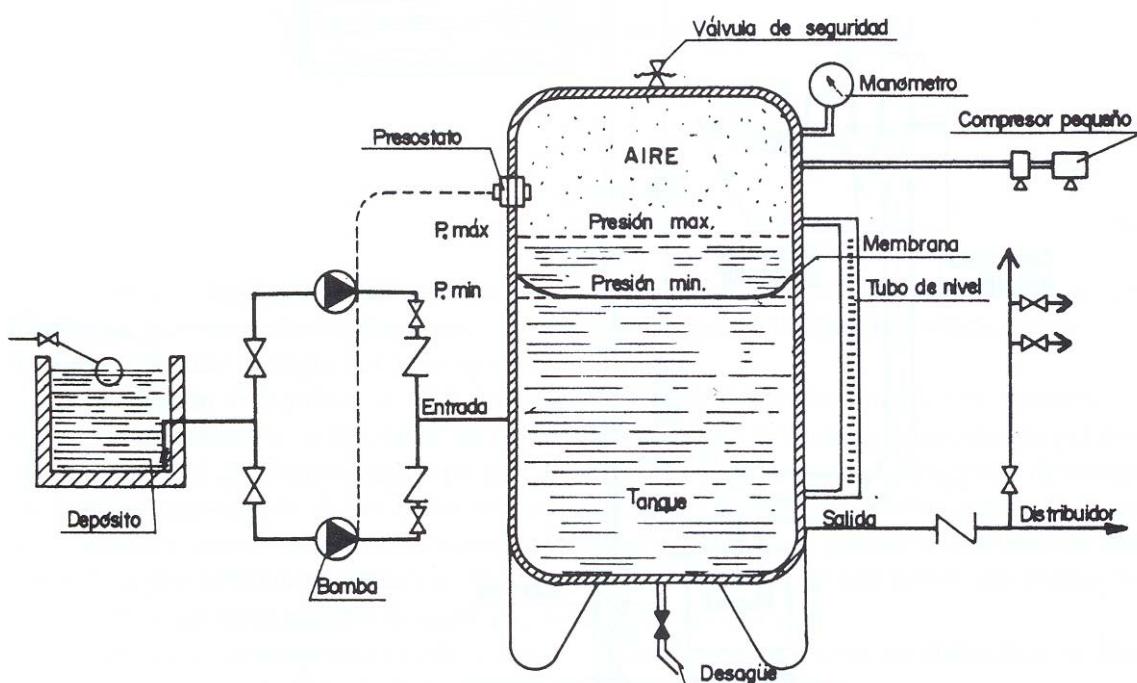


Fig. 65. Esquema de un grupo de sobre-elevación convencional con tanque de presión de membrana<sup>4</sup>.

### 6.3 Grupo de presión de acciónamiento regulable.

Estos sistemas también llamados de caudal variable, podrán prescindir del depósito auxiliar de alimentación y contará con un variador de frecuencia que accionará las bombas manteniendo constante la presión de salida, independientemente del caudal solicitado o disponible.

Una de las bombas mantendrá la parte de caudal necesario para el mantenimiento de la presión adecuada. Se sigue manteniendo el depósito de presión en la mayoría de los casos.

Estarán provistos de un dispositivo que provoque el cierre de la aspiración y la parada de la bomba en caso de depresión en la tubería de alimentación y un depósito de protección contra las sobrepresiones producidas por golpe de ariete.

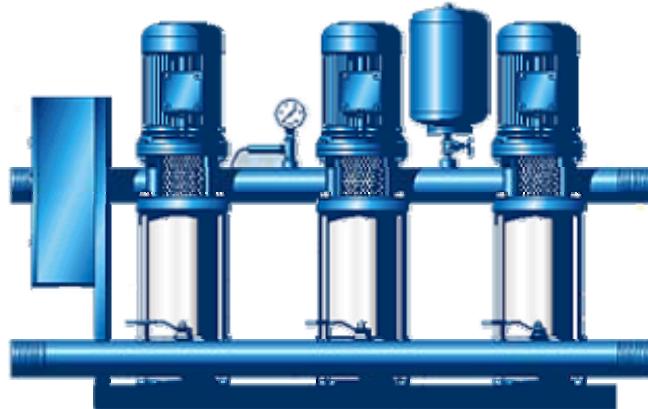


Fig. 66. Grupo de presión de accionamiento regulable<sup>12</sup>.



Fig. 67.A. Variador de frecuencia<sup>12</sup>.

Fig. 67.B. Grupo de presión de accionamiento regulable de 2 bombas<sup>12</sup>.

#### 6.4 Dimensionado del grupo de presión.

El cálculo se va a realizar para un grupo hidroneumático de presión, ya que serán estos los que principalmente se utilizarán en las instalaciones de abastecimiento de agua.

El grupo hidroneumático viene definido principalmente por:

1. Capacidad del depósito de reserva o de regulación auxiliar.
2. La altura manométrica de la bomba y potencia de la misma.
3. Volumen del depósito de presión.

#### 1. CAPACIDAD DEL DEPÓSITO DE RESERVA O DE REGULACIÓN AUXILIAR.

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

$$V = Q \cdot t \cdot 60 \quad (\text{litros})$$

Siendo:

*V : el volumen del depósito en litros;*

*Q : el caudal máximo simultáneo (dm<sup>3</sup>/s);*

*t : el tiempo estimado (de 15 a 20 minutos).*

(La estimación de la capacidad de agua, también se podrá realizar con los criterios de la norma UNE 100030:1994.)

Hasta ahora la estimación del depósito de reserva se realizaba considerando el volumen en litros, que correspondía a un periodo de media a una hora con un caudal punta. Pero en algunos casos podría llegar a ser exagerado, ya que para un caudal de 100 l/min, tendríamos un depósito de 6000 l, el cual no es muy adecuado para espacios restringidos, sin embargo considerando 15 min tendríamos un depósito de 1500 l, el cual es más adecuado. El problema se encuentra en el caso de que los cortes de la red sean muy prolongados y continuos.

Hay que tener en cuenta que el depósito de reserva se colocará en la instalación, aunque no sea necesario un equipo de elevación, ya que garantiza como se apuntaba antes la continuidad del servicio.

Principalmente estos depósitos están realizados con resinas de fibra de vidrio o materiales plásticos, los cuales dan gran diversidad y pocos problemas constructivos.



MODELO AQUATONNE AZUL Y GRIS				
MODELO	REF.	DÍAMETRO d - D mm.	ALTURA mm.	PESO kg.
AZUL - 350 l.	4002401	693 - 820	975	14
Kit A Aquablock 1000 l.	860778	primer depósito		
Kit B Aquablock 1000 l.	585815	siguiente		
AZUL - 500 l.	4002402	693 - 820	1375	19
Kit A Aquablock 1000 l.	860778	primer depósito		
Kit B Aquablock 1000 l.	585815	siguiente		
AZUL - 1000 l.	4002403	963 - 1090	1396	29
Kit A Aquablock 1000 l.	860778	primer depósito		
Kit B Aquablock/Aquaton	4004772	siguiente		
GRIS - 350 l.	4003851	693 - 820	975	14
Kit A Aquablock 1000 l.	860778	primer depósito		
Kit B Aquablock 1000 l.	585815	siguiente		
GRIS - 500 l.	4003852	693 - 820	1375	19
Kit A Aquablock 1000 l.	860778	primer depósito		
Kit B Aquablock 1000 l.	585815	siguiente		
GRIS - 1000 l.	4003853	963 - 1090	1396	29
Kit A Aquablock 1000 l.	860778	primer depósito		
Kit B Aquablock/Aquaton	4004772	siguiente		

Fig. 68. Depósito de alimentación<sup>12</sup>.

## 2. CÁLCULO Y ELECCIÓN DE LAS BOMBAS

De forma indicativa se va a ver en el siguiente esquema los tipos de bombas que pueden existir aunque en nuestro caso no vamos a profundizar en ello.

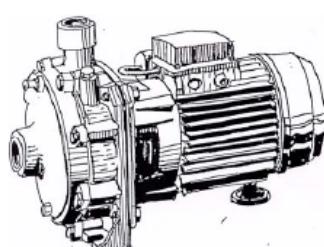


Fig. 69.A. Bomba radial de eje horizontal de alta presión

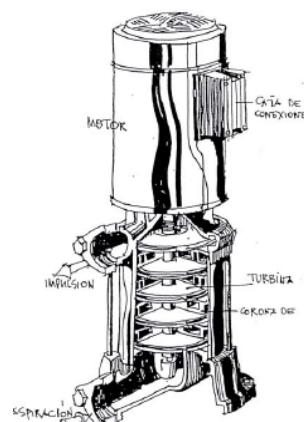


Fig. 69.B. Bomba multicelular de eje vertical

El cálculo de las bombas se hará en función del caudal y de las presiones de arranque y parada de la bomba o las bombas (mínima y máxima respectivamente). Si se instalan bombas de caudal variable, la presión será en función del caudal solicitado en cada momento y siempre constante.

Siempre se van a instalar como mínimo dos bombas en paralelo, y funcionando alternativamente, ya que así se asegurará el abastecimiento de la instalación además de mejorar el mantenimiento de la misma, ya que no será una única bomba la que sufrirá continuamente las paradas y arranques bruscos. En estos casos no sería necesario colocar además, un bomba de reserva.

El número de bombas a instalar en el caso de un grupo de tipo convencional, excluyendo las de reserva, se determinará en función del caudal total del grupo; por tanto se dispondrán de:

- ❖ dos bombas para caudales de hasta  $10 \text{ dm}^3/\text{s}$ ,
- ❖ tres para caudales de hasta  $30 \text{ dm}^3/\text{s}$ , y
- ❖ cuatro para más de  $30 \text{ dm}^3/\text{s}$ .

#### CAUDAL:

El caudal de las bombas será el máximo simultáneo de la instalación o caudal punta y vendrá fijado por el uso y necesidades de la instalación.

#### PRESIONES:

- La presión mínima o de arranque ( $P_b$ ), será el resultado de sumar la altura geométrica de aspiración ( $H_a$ ), la altura geométrica ( $H_g$ ), la pérdida de carga del circuito ( $P_c$ ) y la presión residual en el grifo, llave o fluxor ( $P_r$ ). Normalmente no existe una altura geométrica de aspiración pues la bomba u el tanque de regulación se encuentran en el mismo plano pero si el depósito de encontrará por debajo o por encima de la bomba se debe tener en cuenta esa altura de aspiración; resumiendo se puede decir que la  $P_{min}$  será:

$$P_{min} = P_b \geq 1.20H + P_r$$

La pérdida de carga del circuito ( $P_c$ ) se puede aproximar al 20% de la altura geométrica de la instalación, esto siempre como aproximación.

- Para la presión máxima (Pa), se adoptará un valor que limite el número de arranques y paradas del grupo de forma que se prolongue lo más posible la vida útil del mismo. Este valor estará comprendido entre 2 y 3 bar por encima del valor de la presión mínima.

#### POTENCIA:

La potencia de la bomba, será la que se precise para la altura manométrica máxima obteniéndose por la fórmula:

$$\boxed{P = Q \cdot Hm / (60 \cdot \eta \cdot 75)} \text{ C.V.}$$

Siendo:

$P$  = potencia en C.V.

$Q$  = caudal en l/min

$Hm$  = presión máxima m.c.a.

$\eta$  = rendimiento.

Este valor teórico, se suele ajustar al valor comercial inmediato que suponga un 20% mayor, para imprevistos y sobrecargas en línea.

La elección de la bomba mas adecuada para cada elevación, esta en función de su curva característica, debe de proporcionar el caudal deseado y con un consumo mínimo de energía (rendimiento optimo). La curva característica de la bomba nos indica su rendimiento óptimo; máxima efectividad y menor consumo de energía.

La curva de rendimiento parte de cero (caudal nulo), y va aumentando hasta alcanzar un valor que corresponde al caudal nominal de la bomba, disminuyendo para caudales superiores.

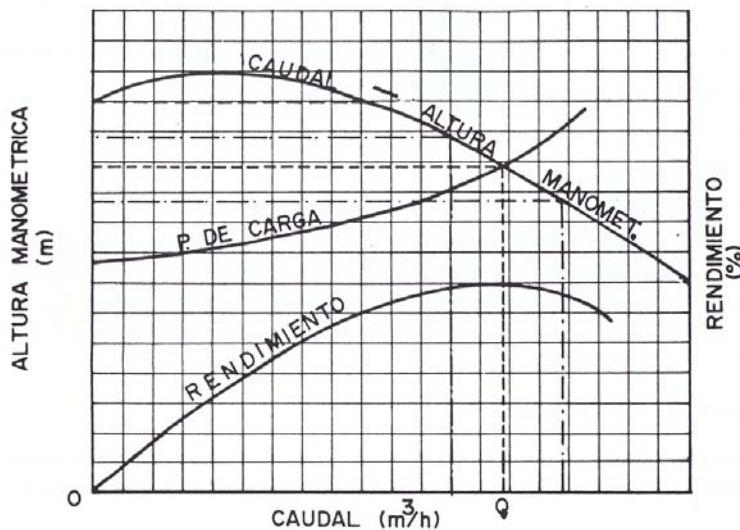


Fig. 70. Curva característica de bomba<sup>6</sup>.

La curva caudal-altura manométrica, parte de la altura  $H_0$ , que supone para el caudal nulo (cero), teniendo una zona ( $H_0 - H_m$   $H_i$ ), en la cual, a cada altura, le corresponde dos caudales siendo la zona de inestabilidad de la bomba. El punto óptimo, es el que se corresponde con el rendimiento más alto (punto A), si bien, este punto no siempre corresponde con nuestra necesidad, existiendo una zona de rendimiento admisible y que proporciona unos límites mínimos y máximos de los valores de caudal y altura manométrica.

La mejor bomba deberá tener una curva sensiblemente plana, donde la presión inicial se diferencie poco de la altura máxima de forma que la zona de turbulencia sea reducida.

Por lo general, los fabricantes de bombas, representan la gama de fabricación de sus modelos, por medio de una serie de cuadriláteros curvilíneos, en los que se indica el tipo de bomba, eligiendo la que más se ajuste a cada instalación, ya que la superficie limitada por cada curva superior e inferior, materializa la zona en que se puede variar la velocidad, sin que el rendimiento de la bomba se resienta.

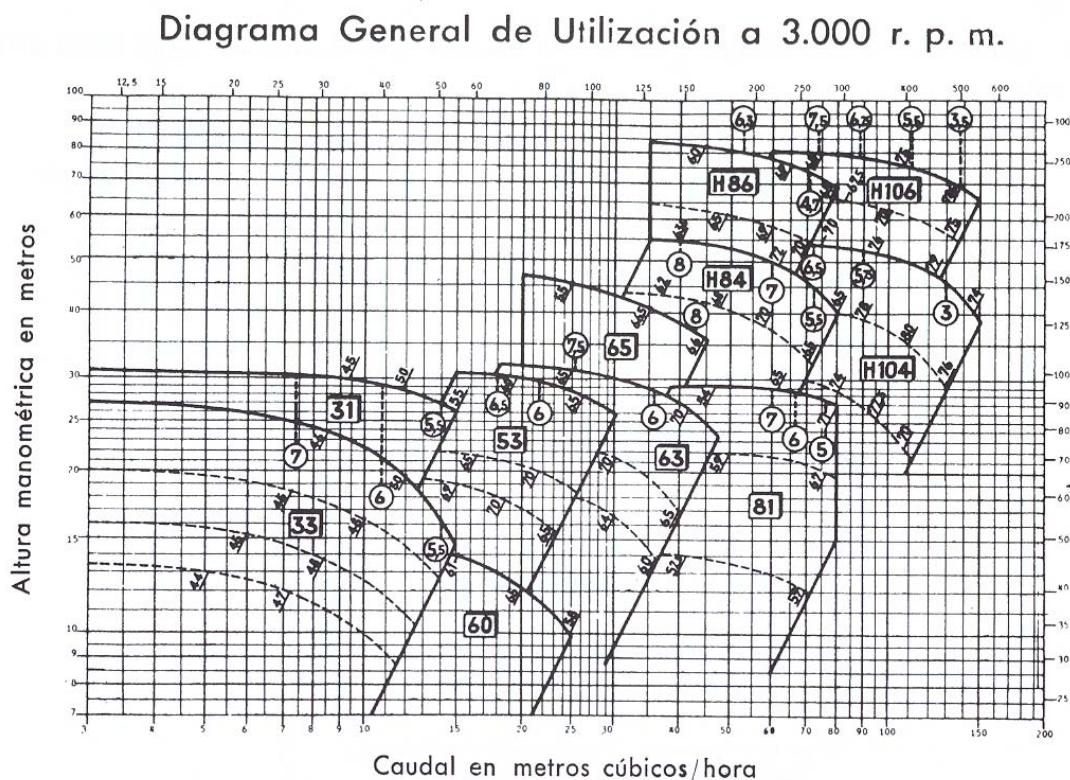


Fig. 71. Curva característica de diferentes bombas comerciales.

### 3. CAPACIDAD DEL TANQUE DE PRESIÓN

Se obtiene al igual que la bomba en función del número de ciclos por hora de bombeo; que normalmente se fijarán entre 4 y 6 ciclos; y de las presiones máxima y mínima de la red.

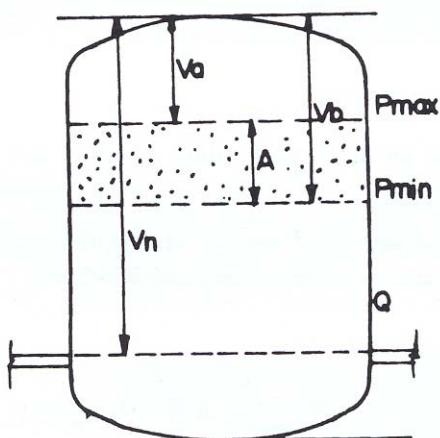


Fig. 72. Tanque de presión<sup>6</sup>.

El cálculo del volumen de un tanque de presión con membrana se realizará teniendo en cuenta la fórmula siguiente:

$$Vn = Pb \times (Va / Pa) \text{ litros}$$

Siendo:

*Vn es el volumen útil del depósito de membrana;*

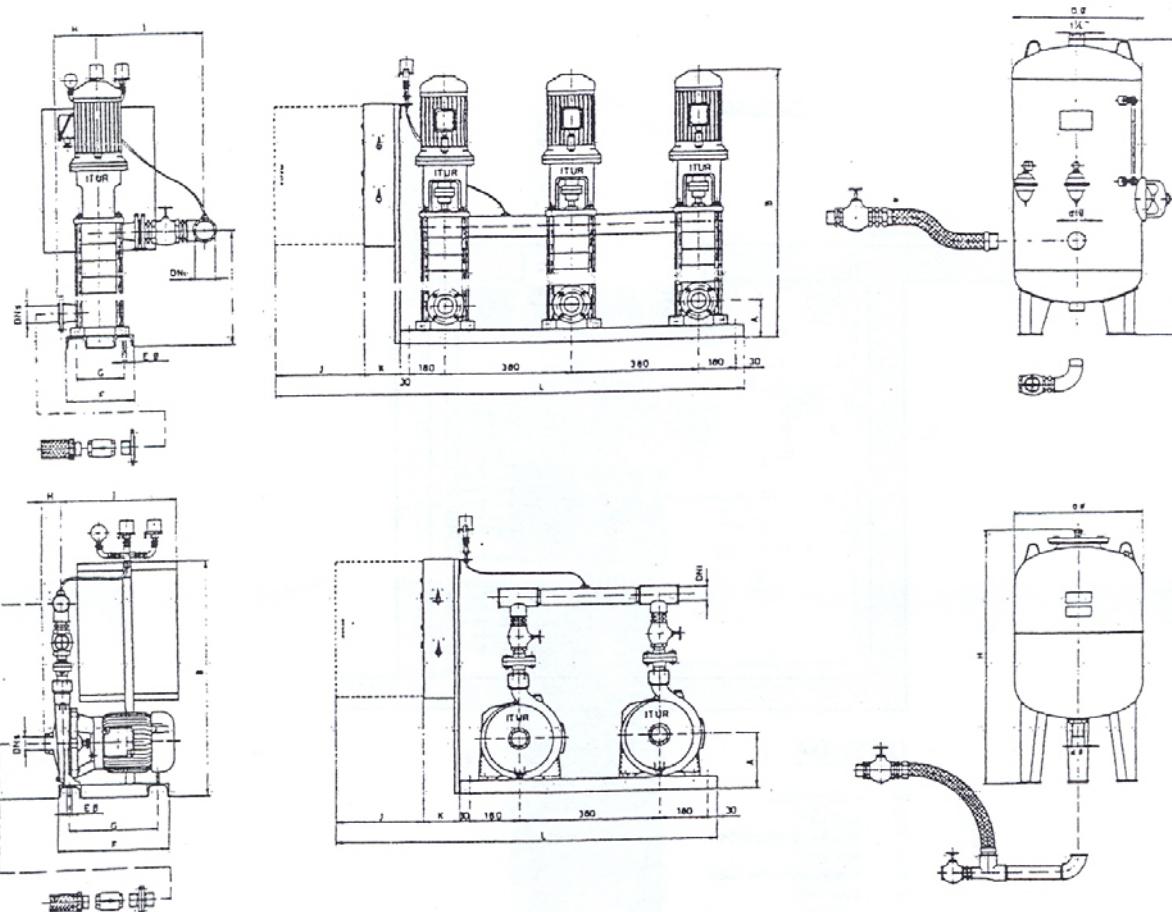
*Pb es la presión absoluta mínima;*

*Va es el volumen mínimo de agua;*

*Pa es la presión absoluta máxima*

Existen otras muchas formas de cálculo; tanto si el tanque tiene un compresor como sino; así como realizando el cálculo de una manera aproximada como exacta.

A continuación se puede ver una hoja de un catálogo en la cual se aprecia la diferencia entre los tanques de presión con membrana de los que no la tienen, así como las características de los grupos de electrobombas.



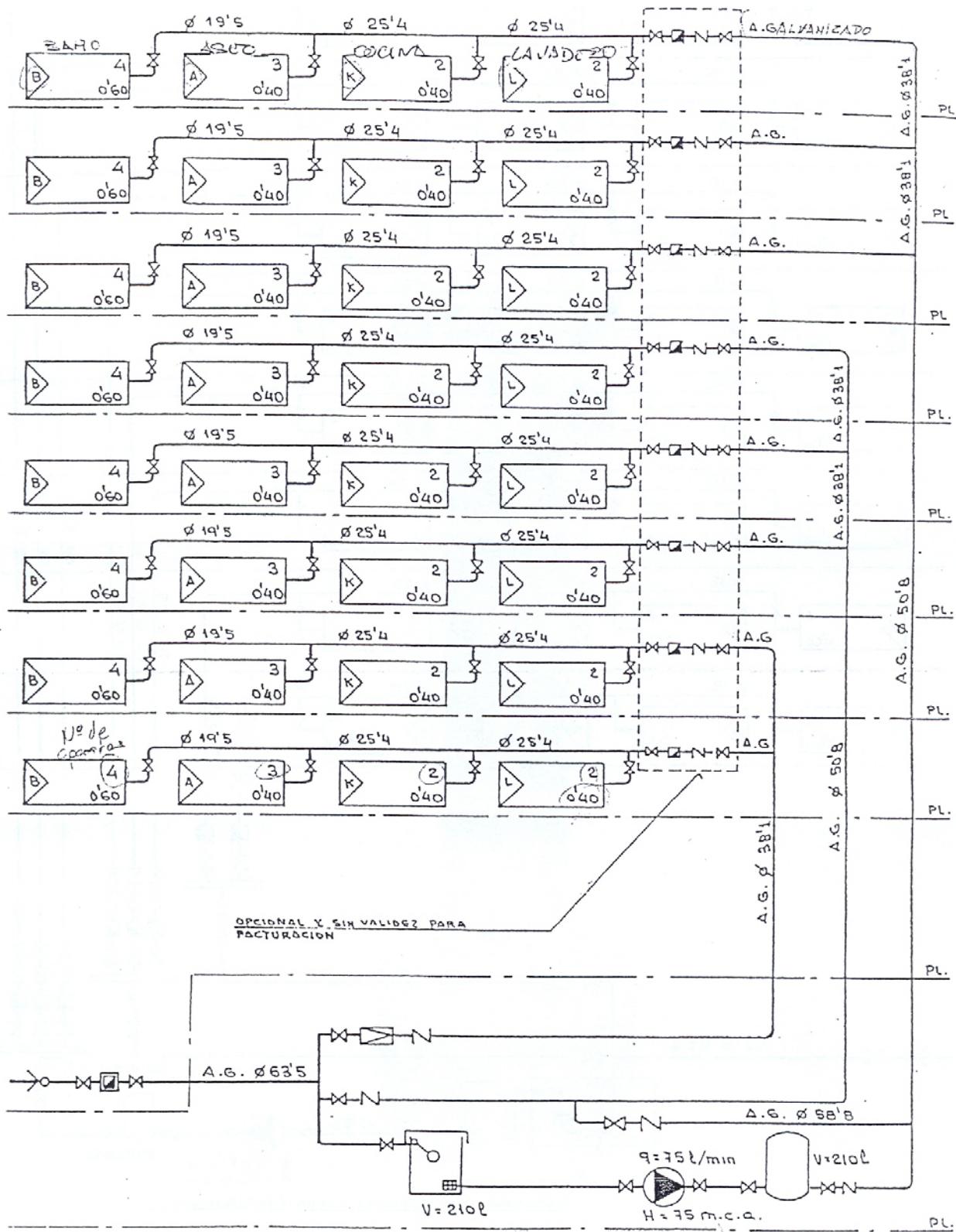
## MODULOS DE ACUMULACION

CAPACIDAD EN LITROS	DEPOSITOS GALVANIZADOS										DEPOSITOS DE MEMBRANA						
	200	300	400	500	600	750	1000	1250	1500	2000	100	150	(200)	300	500	700	1000
H	1340	1520	1710	1760	1860	1970	2250	2230	2320	2310	980	1320	1515	2020	2135	2185	22
DØ	500	550	600	650	700	750	800	900	950	1100	485	485	485	485	600	700	8
dØ	1"	1"	1½"	1½"	1½"	1½"	1½"	2"	2"	2"	1½"	1½"	1½"	1½"	1½"	1½"	1½"

## MODULOS DE BOMBEO

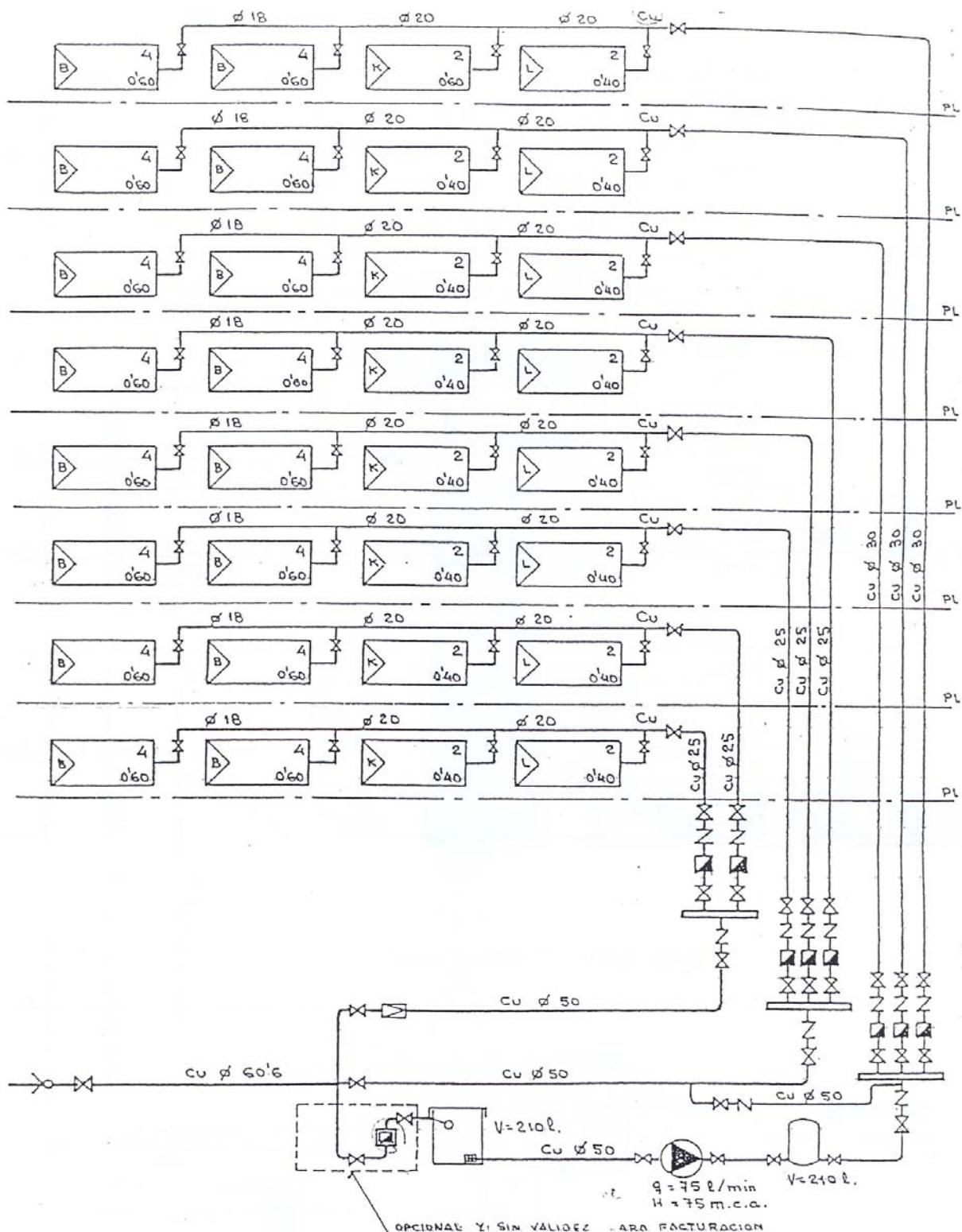
TIPO	DIMENS. mm.	Comunes para 1, 2 ó 3 Bombas						Para 1 Bomba					Para 2 Bombas					Para 3.Bombas						
		A	B	C	DN <sub>1</sub> Ø	EØ	F	G	H	I	J	K	L	DN <sub>2</sub> Ø	I	J	X	L	DN <sub>3</sub> Ø	I	J	K	L	O
SERIE CC	100	150	750	500	1"	14	200	120	45	400	190	150	760	1½"	430	240	190	1230	2"	450	280	210	1670	
	150	160	750	520	1"	14	200	120	45	400	190	150	760	1½"	430	240	190	1230	2"	450	280	210	1670	
	200	160	750	520	1"	14	200	120	45	400	190	150	760	2"	430	240	190	1230	2½"	450	280	210	1670	
	300	180	750	560	1"	14	200	120	45	400	190	150	760	2"	430	240	190	1230	2½"	450	280	210	1670	
SERIE MC	151	160	750	520	1¼"	14	320	240	83	400	190	150	760	1½"	430	240	190	1230	2"	450	280	210	1670	
	200	160	750	520	1¼"	14	320	240	83	400	190	150	760	1½"	430	240	190	1230	2"	450	280	210	1670	
	300 y 400	180	750	560	1¼"	14	320	240	95,5	400	190	150	760	2"	430	240	190	1230	2½"	450	280	210	1670	
	550	180	750	560	1¼"	14	320	240	95,5	400	190	150	760	2"	430	240	190	1230	2½"	450	280	210	1670	
IRU-402	7	90	695	350	1¼"	14	200	120	93	280	190	150	760	2"	300	240	190	1230	2½"	300	280	210	1670	
	8	90	723	378	1¼"	14	200	120	93	280	190	150	760	2"	300	240	190	1230	2½"	300	280	210	1670	
	9	90	782	406	1¼"	14	200	120	93	280	190	150	760	2"	300	240	190	1230	2½"	300	280	210	1670	
	10	90	810	434	1¼"	14	200	120	93	280	190	150	760	2"	300	240	190	1230	2½"	300	280	210	1670	

Fig. 73. Catálogo comercial de grupos de sobreelvación. Bombas y tanques de presión<sup>12</sup>.



Contador unico y tres escalonamientos de presion

Fig. 74. Trazado de la instalación con grupo de sobrepresión con contador único<sup>7</sup>.



Contadores centralizados en batería con tres escalonamientos de presión.

Fig. 75. Trazado de la instalación con grupo de sobrepresión con contadores divisionarios<sup>7</sup>.

## 6.5 Situación del equipo

El grupo de presión se instalará en un local de uso exclusivo que podrá albergar también el sistema de tratamiento de agua. Las dimensiones de dicho local serán suficientes para realizar las operaciones de mantenimiento.

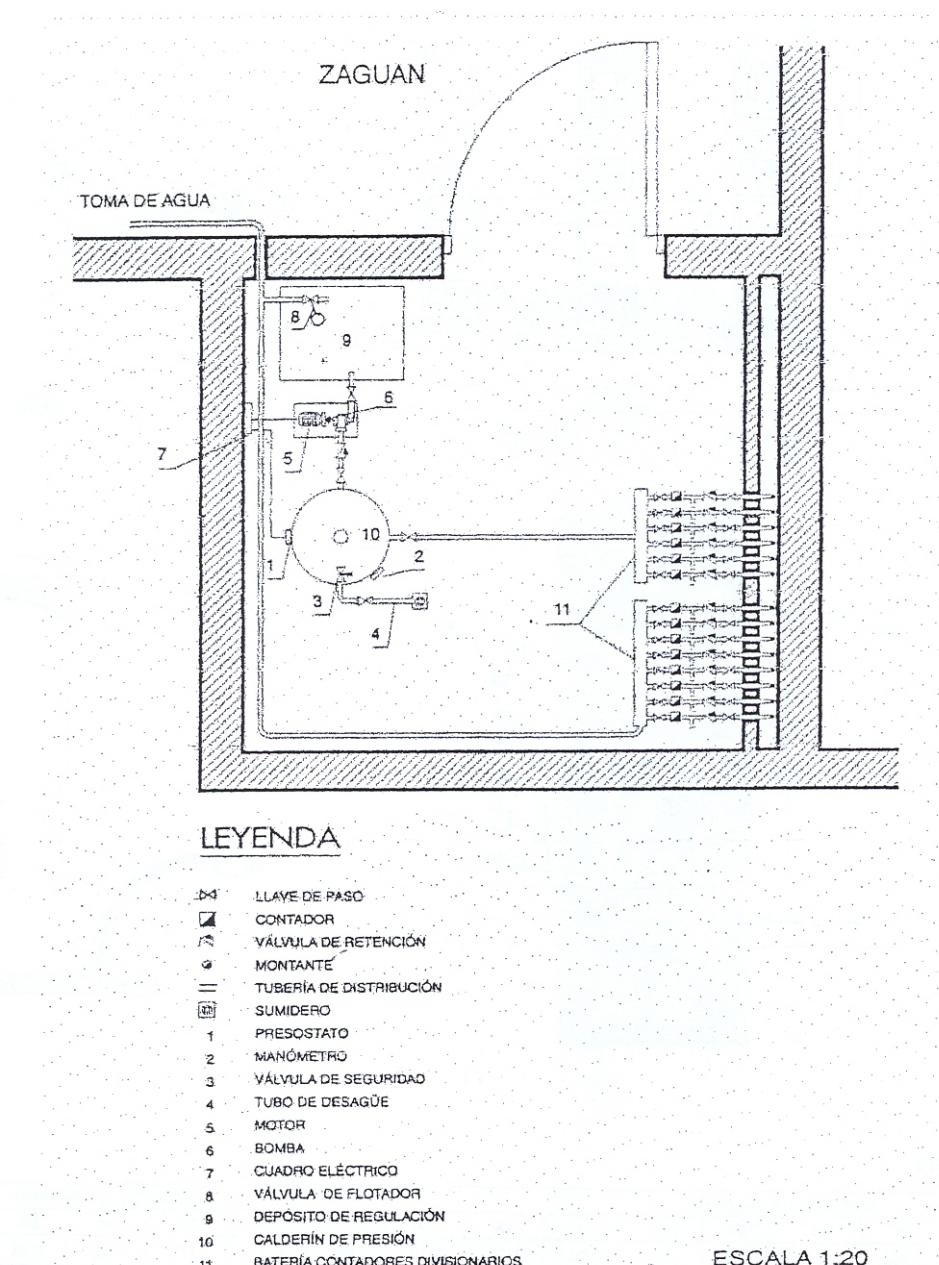


Fig. 76

## 7. SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUA

En muchos casos, según la naturaleza del agua de la red de abastecimiento y del tipo de instalación será adecuado el utilizar sistemas generalizados de tratamiento de agua además del filtrado general que se realizará a la instalación.

Los procesos más importantes y más generalizados en la actualidad son:

- La osmosis inversa, que consiste en separar las impurezas del agua sin la utilización de ningún componente químico.
- La descalcificación, que rebaja los niveles de calcio y magnesio del agua, lo cual mejorará también el mantenimiento de la instalación.
- Otros procesos pueden ser de ozonización, dosificación y cloración, pasterización, proceso ultravioleta, etc.



Fig. 77. Equipos de Descalcificación<sup>12</sup>



Fig. 78. Cloración y Dosificación<sup>12</sup>



Fig. 79. A. Proceso de Osmosis Inversa<sup>12</sup>



Fig. 79.B. Tratamiento Ultravioleta (UV)<sup>12</sup>

En ningún caso la instalación del sistema de tratamiento en la instalación interior deberá empeorar el agua suministrada y en ningún caso incumplir con los valores paramétricos establecidos en el Anexo I del Real Decreto 140/2003. Por tanto los materiales utilizados en la fabricación de los equipos de tratamiento de agua deben tener las características adecuadas en cuanto a resistencia mecánica, química y microbiológica para cumplir con los requerimientos inherentes tanto al agua como al proceso de tratamiento, al igual que ocurría con los materiales de la instalación.

## 7.1 Exigencias de funcionamiento

- Deben realizarse las derivaciones adecuadas en la red de forma que la parada momentánea del sistema no suponga discontinuidad en el suministro de agua al edificio.
- Los sistemas de tratamiento deben estar dotados de dispositivos de medida que permitan comprobar la eficacia prevista en el tratamiento del agua.
- Los equipos de tratamiento deben disponer de un contador que permita medir, a su entrada, el agua utilizada para su mantenimiento.

## 7.2 Dimensionado de los sistemas y equipos de tratamiento de agua.

### A) Determinación del tamaño de los aparatos dosificadores

El tamaño apropiado del aparato se tomará en función del caudal punta en la instalación, así como del consumo mensual medio de agua previsto, si no se conoce este valor se puede adoptar como base un consumo de agua previsible de<sup>1</sup>:

- 60 m<sup>3</sup> en 6 meses, si se ha de tratar tanto el agua fría como el ACS, y
- 30 m<sup>3</sup> en 6 meses si sólo ha de ser tratada el agua destinada a la elaboración de ACS.

Hay que tener en cuenta que el límite de trabajo superior del aparato dosificador, en m<sup>3</sup>/h, debe corresponder como mínimo al caudal máximo simultáneo o caudal punta de la instalación; mientras que el volumen de dosificación por carga, en m<sup>3</sup>, no debe sobrepasar el consumo de agua previsto en 6 meses.

### B) Determinación del tamaño de los equipos de descalcificación

El requisito mínimo que se deberá tener en cuenta con estos elementos según la normativa es que como caudal mínimo del descalcificador se considerarán 80 litros por persona y día<sup>1</sup>.

En la mayoría de los casos se colocará un depósito de reserva antes del dosificador el cual se alimentará a través de él.



Fig. 80

### 7.3 Situación del equipo

El local en que se instale el equipo de tratamiento de agua debe ser preferentemente de uso exclusivo, aunque si existiera un sistema de sobreelevación podrá compartir el espacio de instalación con éste. En cualquier caso su acceso se producirá desde el exterior o desde zonas comunes del edificio, estando restringido al personal autorizado.

Las dimensiones del local serán las adecuadas, al igual que ocurre con el resto de la instalación, para alojar los dispositivos necesarios, así como para realizar un correcto mantenimiento y conservación de los mismos. Dispondrá de desagüe a la red general de saneamiento del inmueble, así como un grifo o toma de suministro de agua.

## NSTALACIONES DE SUMINISTRO DE AGUA

### 2<sup>a</sup> PARTE AGUA CALIENTE SANITARIA (ACS)

#### 1. INTRODUCCION

A la hora de dotar a los aparatos sanitarios de viviendas, locales o edificios es necesario tener en cuenta en la mayoría de ellos, las instalaciones de agua caliente sanitaria, o también conocida como ACS. Estas instalaciones forman parte de la instalación de fontanería junto con la de instalación de agua fría, estando a su vez intimamente ligadas a esta, ya que dependen de ella para su funcionamiento. El enfoque principal se va a centrar en edificios de viviendas y por tanto a la demanda necesaria en los locales húmedos de estas, o lo que es lo mismo a los aparatos sanitarios de cuartos de baño, aseos y cocinas.

En la actualidad el servicio de ACS, es una necesidad de primer orden en las instalaciones de viviendas, tanto como el propio servicio de agua fría. Según la utilización de los aparatos sanitarios se exigen diferentes temperaturas de servicio y estas temperaturas son las que se definen a continuación<sup>14</sup>:

Lavabos, baños, duchas, bidés, etc.....	de 40 a 50°C
Cocinas (fregaderos) .....	de 55 a 60°C
Lavadoras de ropa .....	de 55 a 80°C
Lavavajillas .....	de 50 a 70°C

Teniendo en cuenta que para su uso, después es mezclada con agua fría y su temperatura de uso es inferior lógicamente a las anteriores. La reglamentación (Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificación, RITE), limita la temperatura de almacenamiento a un valor máximo de 60°C, para instalaciones centralizadas, y la temperatura de distribución a la salida de los depósitos de acumulación a 50°C, reduciendo este valor hasta 42°C para instalaciones de ducha, lavabos en colegios, cuarteles y centros deportivos en general<sup>2</sup>.

El gasto de agua caliente presenta saltos y variaciones en el consumo de mucho más acusado que el agua fría, lo cual obliga en ocasiones a disponer de una reserva acumulada que sea capaz de compensar la demanda en un determinado

momento. De no ser así, la exigencia de un caudal punta elevado, obligaría a la utilización de un foco calorífico excesivamente potente para poder compensar a dicha demanda, lo cuál no cumpliría con las reducciones en los gastos energéticos.

## 2. SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE AGUA CALIENTE

En el siguiente cuadro, se hace un esquema básico de los sistemas de producción de agua caliente para edificios, así como los medios que se utilizan en cada uno de ellos para calentar el agua, pasando seguidamente a hacer una somera descripción de cada tipo.

Sistemas de Producción de ACS	Individual	Colectivo (por local o vivienda)	Calentador	Instantáneos o acumuladores	Gas o Eléctrico
			Caldera	ACS	
				Mixta	
	Central (por edificio)	Energía Fototérmica y Equipo de apoyo		Acumuladores	Equipo auxiliar de gas o eléctrico
	Central (por edificio)	Calderas		Intercambiadores Interacumuladores	Equipo auxiliar de gas o eléctrico
		Energía Fototérmica y equipos de apoyo		Interacumuladores	

En términos generales, se van a describir los dos grandes grupos de la clasificación anterior:

- el sistema individual. Se resuelve principalmente a nivel de viviendas, de una forma colectiva para todos los aparatos de cada vivienda, mientras que a nivel individual por locales no es tan usual este tipo de instalación debido a la implicación en inversión que supone, solo se encuentran en situaciones extremas. Cada usuario es el propietario de su generador, pagando por lo que consume y esto dependerá de la temperatura ambiente que establece y/o la cantidad de ACS que haya usado. Además el usuario es el responsable del manejo, conservación y reparación del generador. A nivel de edificio este sistema además supone una heterogeneidad de energías diferentes que complican las instalaciones, ya que no siempre se cumplen las

reglamentaciones que cada caso exige, y requiere un exceso en el dimensionado de la instalación y del generador, ya que hay que considerar cada vivienda como una entidad independiente.

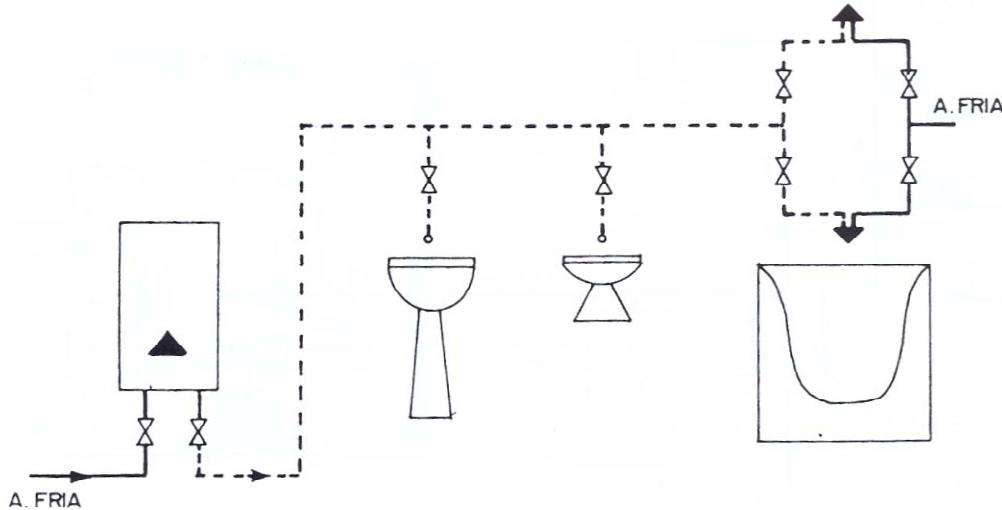


Fig. 81. Sistema Individual<sup>6</sup>.

- las instalaciones centralizadas. Resuelven el problema a nivel de edificio completo, teniendo una mayor disponibilidad de agua caliente, un control más riguroso y, en definitiva, un mejor y más seguro servicio, donde el único problema surgiría en el control del consumo, lo que se resuelve con dotación de contadores individuales, para cada una de las viviendas, como es preceptivo, por el Reglamento de Instalaciones Térmicas en la Edificación. Este sistema implica una homogeneización del confort, minimización del consumo, y con un coste de escasa repercusión para cada usuario. Los sistemas de distribución centralizados pueden adoptar cualquier esquema de los estudiados en agua fría, siendo los más generalizados los de distribución inferior, con el control de consumo por contadores divisionarios por vivienda, según se indica en el esquema figura siguiente siendo además la circulación forzada mediante bomba.

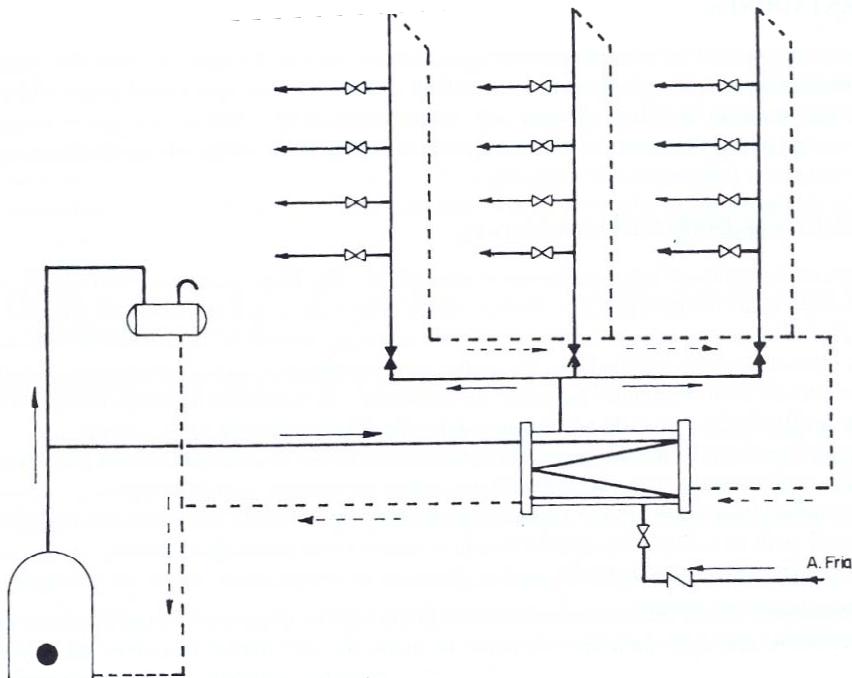


Fig. 82. Sistema centralizado<sup>14</sup>.

La instalación, se puede hacer con retornos o sin ellos, lo cual tiene una gran importancia en el buen funcionamiento de la instalación. Las tuberías de retornos permiten un reparto equitativo de las pérdidas de calor en las tuberías, manteniendo sensiblemente las tomas de los usuarios a la misma temperatura, y al mismo tiempo permiten la disponibilidad rápida del agua caliente en los puntos más alejados de la caldera, lo cual, si no lleva retornos hace que esté saliendo un tiempo agua fría (enfriada en las tuberías), hasta que llegue la caliente. Será de obligado cumplimiento en aquellas instalaciones en las que la distancia al punto más desfavorable sea superior a 15 m.

En resumen, de las características, de cada sistema podemos sacar algunas consecuencias:

- Las exigencias espaciales de las centralizadas son mayores y su complejidad técnica, asimismo, mucho mayor.
- La instalación centralizada requiere menos potencia total que la suma de las individuales.
- El coste de la instalación es menor en el caso de las centralizadas, si el programa es unitario. Para un mismo nivel de confort, el coste de servicio,

conservación y mantenimiento es notablemente inferior en las instalaciones centralizadas.

- El promotor tiene ventajas con los sistemas individuales, pues no debe poner en servicio una instalación central cuando sólo se han vendido y ocupado parte de las viviendas, teniendo que contribuir el propio promotor en el gasto de las viviendas no vendidas.
- El proyectista tiene notorias ventajas en cuanto a cálculo, exigencias, dimensionamiento, etc., con las instalaciones individuales, particularmente si la instalación de ACS es del tipo eléctrico al no necesitar mecanismos de ventilación y evacuación de humos. El costo unitario del agua a consumir es, sin embargo, notablemente más caro que en otras instalaciones, en este caso.
- La instalación de grupos térmicos mixtos de generación de calor simultánea para calefacción y producción de agua caliente sanitaria mediante sistemas alternativos queda prohibida para potencias superiores a los 70 kW, pero puede ser útil para pequeñas agrupaciones de viviendas de buena calidad, por ejemplo, las adosadas, especialmente en aquellas zonas geográficas en que las temperaturas sean moderadas o que por razones de diseño y construcción las demandas caloríficas para calefacción sean proporcionalmente pequeñas.
- En viviendas de dimensiones reducidas, yuxtaposición de usos, familias integradas por un corto número de miembros, construcción sencilla y con precios ajustados, las soluciones individualizadas con gas ciudad, natural e incluso energía eléctrica son preferibles a las centralizadas desde el punto de vista práctico.

NOTA:

*En cuanto a la correspondencia de la instalación de ACS con la calefacción, es evidente que vendrá marcada por las normas legales del Reglamento (que exige en instalaciones centralizadas la previsión de dos calderas: una para cada servicio) y, en este aspecto, el texto es una importante ayuda para clarificar la sistemática de actuación a partir de determinadas potencias.*

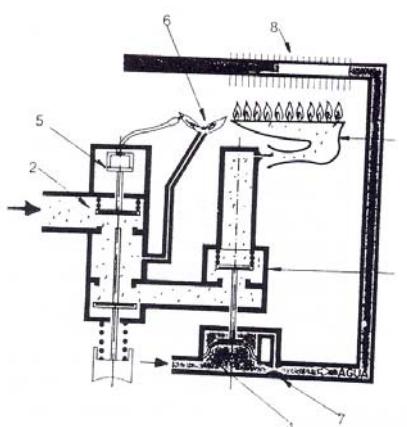
## 2.1 Instalación individual.

### A) CALENTADORES.

Elementos de producción del agua caliente en las instalaciones individuales, pudiendo ser instantáneos, (cuando producen el agua caliente al mismo tiempo que se consume) o bien acumuladores (cuando calientan el agua y la acumulan hasta el momento en que se consuma) teniendo estos últimos un volumen limitado, que una vez gastado, obliga a esperar un tiempo hasta que se alcance la temperatura de consumo.

- CALENTADOR INSTANTÁNEO DE GAS.

El principio básico de funcionamiento se explicará a partir de la figura siguiente, pudiéndose alimentar el calentador con gas ciudad (G.C.), gas natural (G.N.) o gases licuados del petróleo (G.L.P.), butano o propano.



1. Quemador.
2. Válvula de cierre del gas (falta de llama).
3. Válvula de cierre del gas (falta presión agua).
4. Membrana elástica.
5. Dispositivo termoeléctrico de seguridad.
6. Quemador piloto.
7. Venturi.
8. Serpentín.



Fig. 83. Calentador instantáneo de gas<sup>12,14</sup>.

Al abrir el grifo de agua caliente, se provoca automáticamente la apertura de la válvula (3), que da paso al gas a los quemadores, los cuales se encienden por la llama piloto (6), la cual previamente ha de estar encendida para que un dispositivo de seguridad termoeléctrico, mantenga abierta la válvula (2) que es la primera que debe dar el paso para que el gas circule.

El calor que desprenden los quemadores, una vez encendidos, es absorbido por el agua que circula por el serpentín, calentándose ésta de una manera continua, según va saliendo para el consumo.

La temperatura del agua es por tanto inversamente proporcional a su caudal, debiendo regular éste con el grifo de salida, para obtener mayor o menor temperatura de la misma.

Los calentadores instantáneos de gas se clasifican en tres modelos, según sus potencias<sup>13</sup>.

- a) Pequeños, denominados generalmente caliente-aguas, de potencia igual o inferior a 125 Kcal/min, adecuados para un solo punto de agua (lavabo, ducha, fregadero, etc.), y eventualmente para dos puntos de agua (2 lavabos, fregadero y lavabos, etc.). pero no son adecuados para baños. Pueden suministrar un caudal máximo de 5 l/min a 40 °C o bien, 2,5 l/min a 60°C.
- b) Medianos, denominados generalmente caliente-baños, de potencia útil superior a 125 Kcal/min e inferior a 400 Kcal/min. Pueden servir agua caliente a una instalación media, de un baño normal o aseo de uno a tres lavabos, un fregadero, un bidé y una lavadora, pudiendo ofrecer un caudal máximo de 10 l/min a 40°C, o bien 5 l/min, a 65°C, con una potencia de 250 Kcal/min; o un caudal máximo de 13 l/min, a 40°C, con una potencia de 325 Kcal/min. Éstas son las dos potencias más usuales, sirviendo con esta última para los aparatos sanitarios completos de una vivienda normal (un solo cuarto de baño).
- c) Grandes, denominados generalmente calentadores distribuidores de agua caliente. Con una potencia útil superior a 400 Kcal/min que sirven para distribuciones completas de viviendas con más de un cuarto de baño. Necesitan una presión mínima del agua (5 m.c.a), por bajo de la cual la válvula del gas no se abre y el calentador no funciona.

- CALENTADORES ACUMULADORES DE GAS.

Constan, según se indica en la figura de un depósito (4) que es atravesado en toda su altura por uno o varios conductos (6) por los que circulan los gases calientes procedentes de la combustión del quemador (1). El agua llega al depósito a través de un serpentín que rodea el conducto de gases calientes (6), llegando ya al depósito algo caliente, donde se mezcla con el agua calentada hasta alcanzar su temperatura.

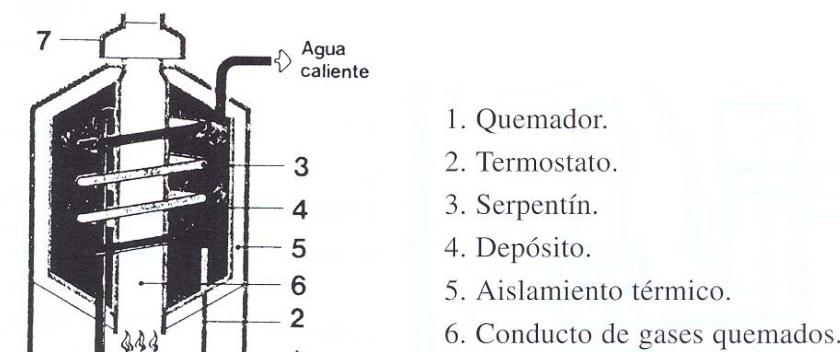


Fig. 84. Calentador acumulador de gas<sup>12,14</sup>.

Cuando esto ocurre, el termostato (2) cierra el paso del gas al quemador (1), y éste se apaga hasta que la temperatura desciende a un valor mínimo en que se volverá a abrir el gas por la acción del termostato y de nuevo se encenderá el quemador, elevando la temperatura del agua. Para esto el sistema lleva también una llama piloto (omitida en la figura), similar a la descrita anteriormente en el tipo instantáneo, con dispositivo de seguridad para que el quemador pueda encenderse cuando el termostato abra la válvula de paso de gas.

Estos calentadores de acumulación, llevan también otra válvula de seguridad que actúa en caso de que la presión en el depósito supere un cierto límite, bien por un aumento de la presión en la red de distribución o por exceso de calentamiento, por avería del termostato, esta válvula corta el paso del gas y el quemador se apaga.

Se pueden alimentar igual que los instantáneos por gas ciudad (G.C.) gas natural (G.N.) o gases licuados del petróleo (G.L.P.), butano o propano. Estos calentadores se construyen, normalmente, desde 25 l de capacidad hasta 500 l.

Como resumen de estos dos tipos de calentadores de gas descritos hasta ahora (instantáneos y de acumulación) diremos que los primeros son ideales para puntos de consumo próximos, se dispone de agua caliente sin limitación de volumen ni de tiempo, es sencillo de instalar, económico y de capacidad calorífica más bien pequeña. Los segundos (acumulación), pueden alcanzar temperaturas superiores, son mejores para más puntos de consumo y tienen un rendimiento térmico superior a los anteriores.

Las características del local, donde vayan a ir instalados los calentadores, cumplirá las condiciones indicadas en el cuadro siguiente<sup>2</sup>:

Potencia del calentador Kcal/min	Volumen del local en m <sup>3</sup>			
	V ≤ 8	8 < V ≤ 12	12 < V ≤ 16	V > 16
P ≤ 150	NO	SI CH Y Ve	SI	SI
P ≤ 325	NO	NO	SI CH Y Ve	SI CH Y Ve
P ≥ 325	NO	NO	NO	SI CH Y Ve

(NO) = No puede instalarse;(Sí) = Sí puede instalarse; (CH) = Con chimenea; (Ve) = Con rejillas de ventilación.

- CALENTADORES ACUMULADORES ELÉCTRICOS.

Los calentadores acumuladores eléctricos son más lentos en calentar el agua que los de gas, y su constitución es simplemente un depósito, por lo general de chapa de acero inoxidable o con protección vitrificada, en cuyo interior lleva alojado un elemento calefactor que se compone de una resistencia eléctrica, la cual, al pasarle la corriente que se manda por la acción de un termostato, calienta la masa de agua en la cual está inmersa. Cuando alcanza la temperatura deseada, el termostato desconecta la resistencia y el termo queda dispuesto para su utilización, hasta que al ir consumiendo agua caliente, entra de nuevo agua fría, y al bajar la temperatura vuelve de nuevo el termostato a conectar la resistencia.

El conjunto lleva un aislamiento térmico para evitar las pérdidas de calor, además suelen llevar un termómetro, para vigilar la temperatura desde el exterior y una válvula de seguridad por si el termostato no cortase la corriente y alcanzase una temperatura superior a los 100°C, con lo que se formaría vapor de agua y la presión interna podría llegar a ser peligrosa.

Es muy importante el aislamiento eléctrico de la resistencia o blindaje para evitar derivaciones de corriente. Algunos modelos como el de la figura, llevan interiormente un ánodo de manganeso para protegerlos de la oxidación (como ánodo de sacrificio). Un piloto externo indica el funcionamiento del termostato, encendiéndose cuando la resistencia está conectada y apagándose cuando se desconecta.

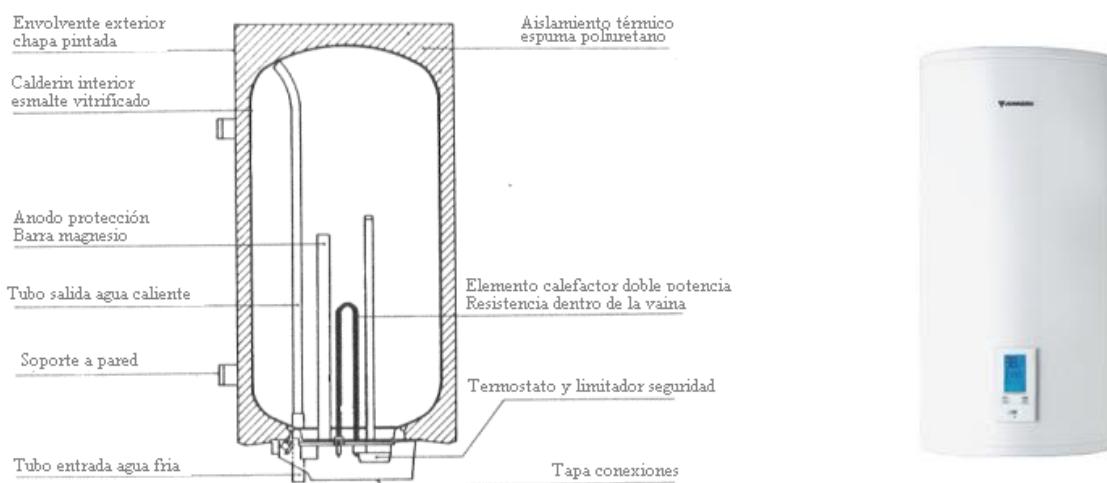


Fig. 85. Calentador acumulador eléctrico<sup>12</sup>.

A estos acumuladores eléctricos se les conoce tradicionalmente con el nombre de "termos". Las capacidades normales en las que se pueden encontrar estos calentadores suelen ser de 10, 15, 20, 25, 50, 75, 100, 125, 150, 200, 300, 400 Y 500 litros, respectivamente. Aunque a efectos prácticos el volumen nunca debiera ser menor de 50 litros y lo deseable, tanto en viviendas como en locales, es que fuera de 100 litros, como mínimo. En general puede decirse que el sistema es tanto, más flexible y seguro cuanto más elevado sea su volumen de acumulación.

Estos aparatos de acumulación exigen unas potencias muy elevadas, de 1.200-2.400 vatios resultando por ello antieconómicos, pero presentan la gran ventaja de no exigir conductos de evacuación de humos, (puesto que no hay combustión), ni presentar peligro de explosión, por lo que su emplazamiento y exigencias constructivas son mínimas, abarcando una gran multiplicidad de usos. Por lo que la principal ventaja en este tipo de soluciones, es que permite simplificar mucho la organización de la red de ACS.

La temperatura del agua suele llegar a los 80°C, en estos termos y el tiempo que requiere para alcanzarla, depende lógicamente de su volumen y de la potencia eléctrica del mismo.

El calentador se debe instalar con las obligadas válvulas de seguridad, retención, etc., según el esquema de la figura:

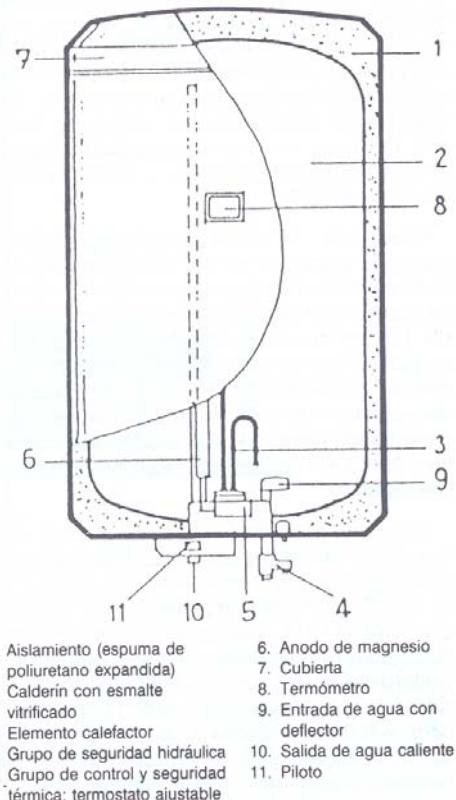


Fig. 86. Acumulador eléctrico<sup>4</sup>.

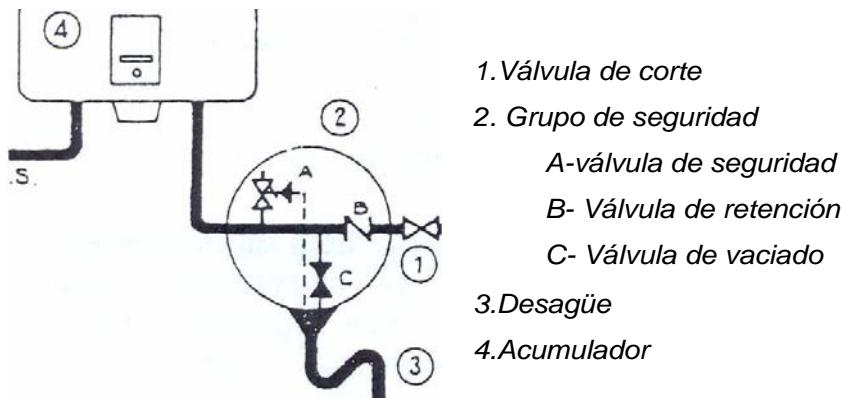


Fig. 87. Instalación hidráulica de un termo eléctrico<sup>5</sup>

1. Válvula reductora de presión cuando la presión de la red en la acometida supera los 5 bar o atmósferas, pues un aumento de presión nocturna puede causar una fuga importante en la instalación.
2. Válvula de seguridad para cuando la presión de la red sea superior a 7 bar o atmósferas que evitará sobrepresiones en el termo como las anteriormente citadas.
3. Válvula de retención o antirretorno que evitará el retorno de agua caliente o la tubería de agua fría.
4. Válvula de cierre que permite interrumpir la llegada de agua fría al termo.
5. Dispositivo de vaciado que permite vaciar el termo.

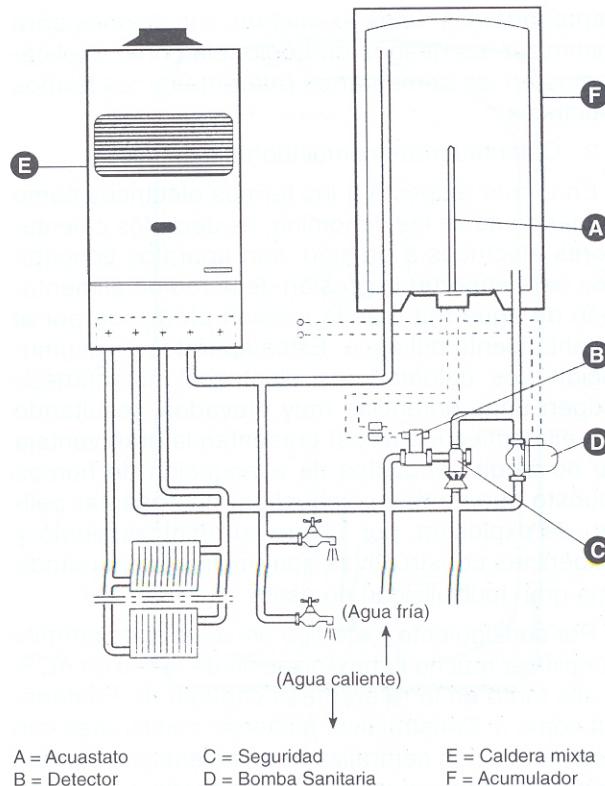
Será fundamental el conocimiento del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT) para determinar la ubicación del termo eléctrico dentro de la vivienda, lo cual veremos en próximos temas. Realmente, la única posibilidad racional en cuanto a ubicación de los termos se refiere consiste en colocarlos en una posición lo más centrada posible con relación a los puntos de consumo, por lo cual su previsión en los cuartos de baño puede ser ocasionalmente más idónea que en la cocina. Sin embargo, el hecho de necesitar un desagüe junto al grifo de vaciado para una posible emergencia hace que, finalmente, sea en la cocina y sobre el fregadero o lavadero el lugar más idóneo para este aparato.

A modo de resumen es necesario indicar que la práctica menos complicada en las instalaciones de agua, es la de disponer de un sistema de producción individual y a partir de la red de agua fría, utilizar un calentador eléctrico, para la producción individual de ACS.

## B) INSTALACIÓN CON CALDERA MIXTA

Otro sistema muy generalizado también, es el de la utilización de la caldera mixta, la cual sirve al mismo tiempo, para calentar el agua de la calefacción y el agua caliente del servicio sanitario. Esta solución es adecuada cuando la calefacción es durante todo el año, pues de lo contrario, en la época en la que la calefacción está apagada, la caldera resulta desproporcionada.

Por ello, la normativa (RITE), limita su uso, y prohíbe este sistema para potencias superiores a 70 KW y, además, la máxima potencia liberada para calefacción no podrá ser superior en un 10 % de las máximas pérdidas de calor calculadas para caldear. Por lo tanto, este sistema, suele ser bastante utilizado en sistemas de calefacción individual (por viviendas), donde se dispone de una caldera mixta (generalmente de gas), la cual lleva un pequeño intercambiador de calor que da el servicio de agua caliente sanitaria, al mismo tiempo que la calefacción, debiendo tener muy presente, que cuando ambos servicios son simultáneos, tiene prioridad el agua caliente frente a la calefacción.



## C) SISTEMA INDIVIDUAL POR BOMBA DE CALOR.

Otro sistema utilizado para la producción de agua caliente es la utilización por la bomba de calor aire-agua, tal y como se indica en la figura de más abajo, donde puede verse que el foco frío es el aire (evaporador), y el foco caliente el agua a calentar (condensador)<sup>14</sup>.

En realidad, el sistema consiste en sustituir la resistencia eléctrica por el condensador de una máquina de frío, donde el evaporador le “roba” el calor al aire que después el condensador devuelve al agua, por medio de los cambios de estado de un gas refrigerante que se producen alternativamente en el evaporador y en el condensador. El agua caliente obtenida por este método alcanza la temperatura máxima de 55°C, por ello se suele combinar con unas resistencias eléctricas de apoyo, que incluso permiten su utilización en horas de bajo consumo, con precios más reducidos de energía eléctrica, acumulando el agua para su posterior consumo.

El uso de las bombas de calor destaca por su simplicidad de instalación, puesto que para su funcionamiento no se requiere ni la previsión de chimeneas (por no producirse ningún proceso de combustión), ni depósitos de almacenamiento de combustible (puesto que el «combustible» es el aire atmosférico), ni el espacio que ocuparían éstos (por lo que las demandas espaciales son, por tanto, muy pequeñas). Este sistema es adecuado en aquellos lugares donde la bomba de calor funciona con un rendimiento alto<sup>6</sup>.

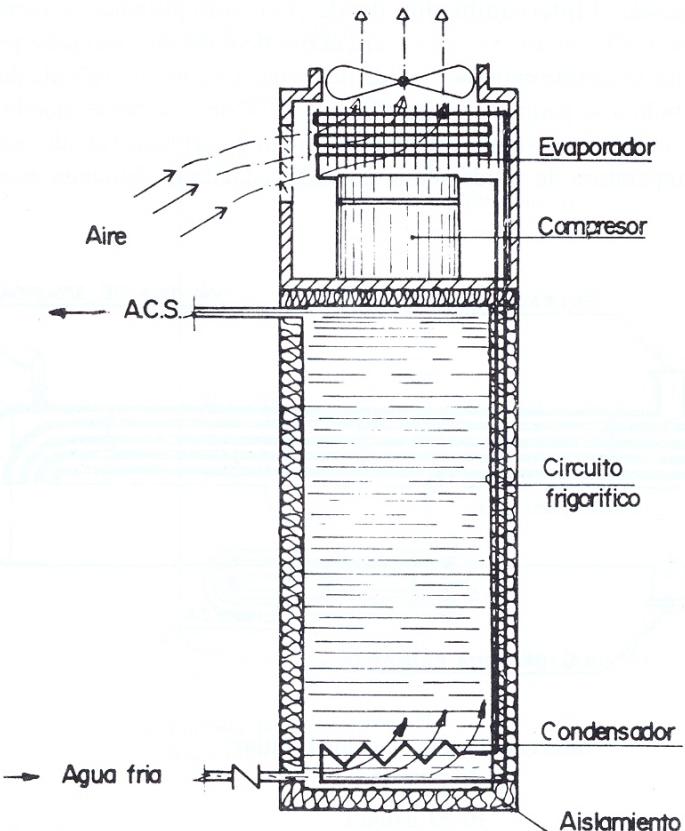


Fig. 89. bomba de calor aire-agua<sup>6</sup>.

#### D) INSTALACIÓN DE ENERGÍA SOLAR FOTOTÉRMICA INDIVIDUAL

La nueva normativa del Código Técnico de la Edificación exige una aportación mínima que provenga del aprovechamiento de la energía solar térmica para la disminución de la utilización de energías convencionales, la aportación afectará a todos aquellos edificios que tengan que suministrar ACS, sea cual sea su uso, y esa

aportación dependerá de la zona climática en la que se encuentre el edificio.

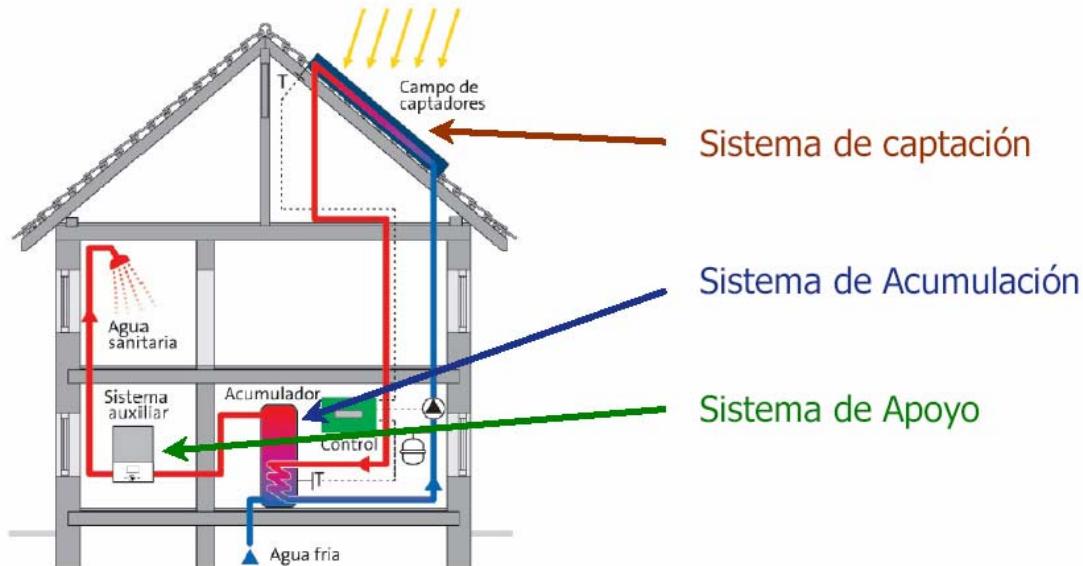


Fig. 90. Aprovechamiento de ACS por energía solar térmica en vivienda unifamiliar<sup>12</sup>.

El aprovechamiento mediante energía solar fototérmica se estudiará más adelante, por lo que solo veremos los elementos básicos. Los elementos que formarán esta instalación ya sea individualizada o centralizada serán, los captadores o colectores solares, los que captarán la energía térmica procedente del sol, un intercambiador para el calentamiento del agua de uso y un acumulador para tener siempre una reserva de agua en el sistema, estos dos elementos se pueden combinar en uno solo denominado interacumulador. Además debido a la variabilidad de la fuente de calor es necesario siempre el aporte de un equipo de apoyo auxiliar, para abastecer en los momentos en que el sistema de energía solar no pueda hacer frente a la demanda.

Los sistemas individuales fototérmicos se utilizarán principalmente en las viviendas unifamiliares, y en menor grado en los edificios donde siempre algunos de los elementos de la instalación están diseñada para todo el edificio.



Fig. 91. Sistema de aprovechamiento de ACS por energía solar en un edificio de viviendas, con sistemas individualizados por vivienda.

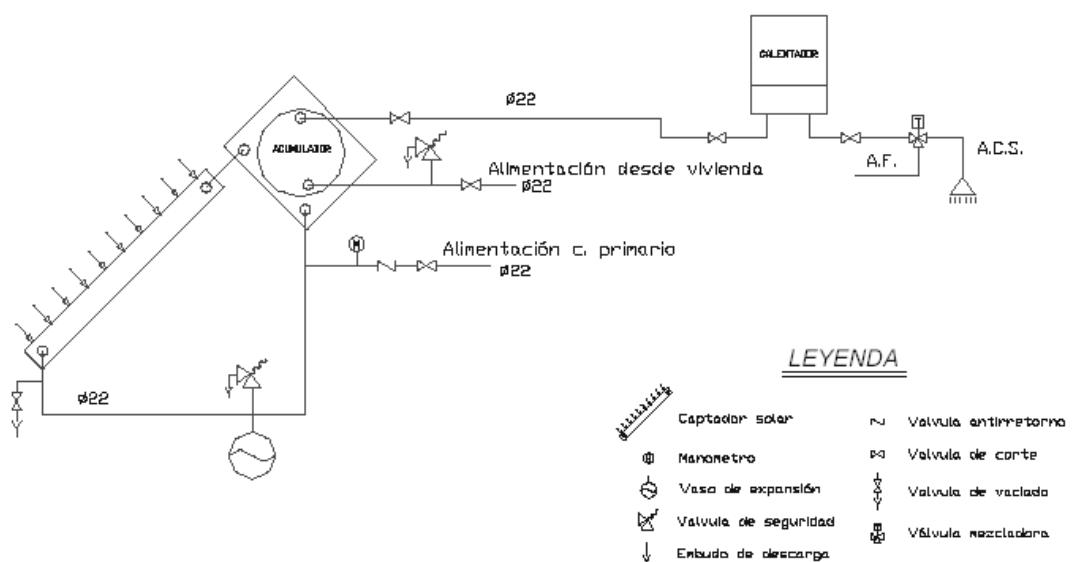


Fig. 92. Esquema de aprovechamiento de ACS por energía solar en un edificio de viviendas, con sistemas individualizados por vivienda.

## 2.2 Instalación centralizada

El sistema óptimo de instalación de agua caliente, es el centralizado, en el cual los focos caloríficos son calderas centrales instaladas en los cuartos de máquinas de la calefacción, pero son calderas expresamente para agua caliente, que pueden funcionar mediante combustibles sólidos, líquidos y gaseosos, en este caso no es rentable la utilización de energía eléctrica, existiendo en el mercado toda una gama de potencias y modelos que cubren ampliamente todas las necesidades. Con ellas se puede realizar una instalación totalmente independiente de calefacción, como se indica en la figura habiendo dos sistemas de ejecución de la instalación:

- a) Por calentamiento directo.
- b) Por calentamiento indirecto.

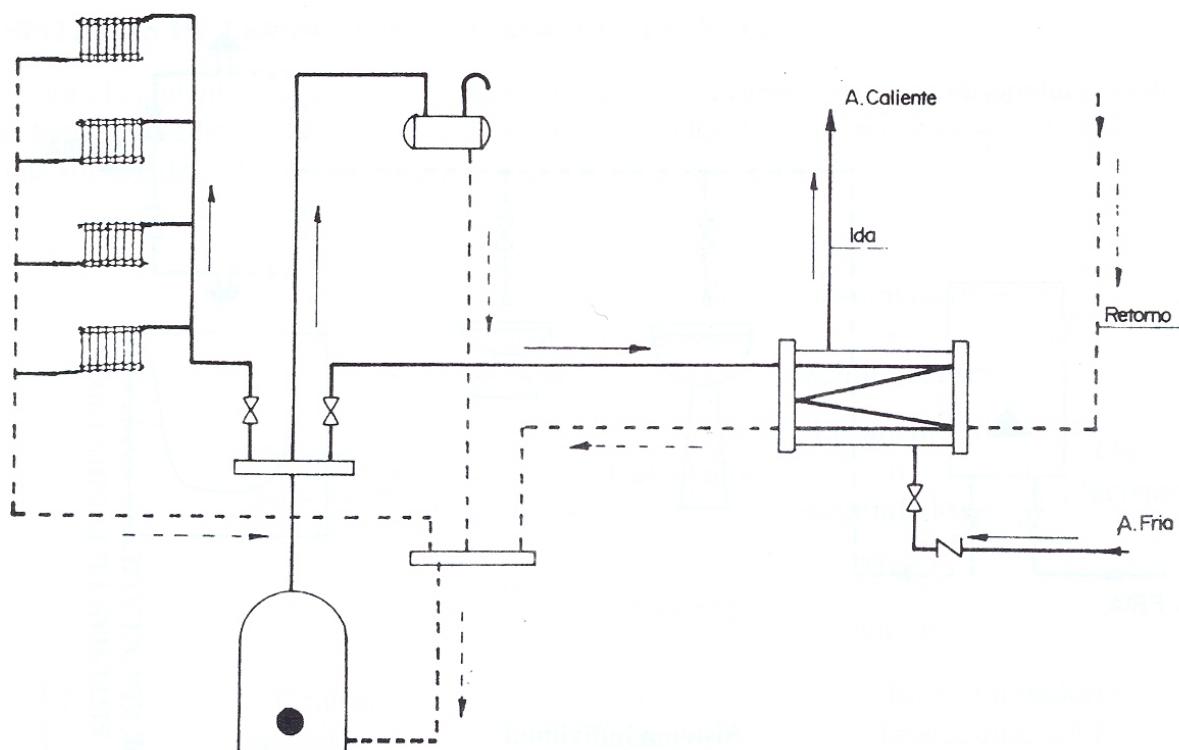


Fig. 93. Sistema centralizado de ACS y calefacción<sup>4</sup>.

El primero, es menos utilizado, ya que requiere una elevación rápida y alta de la temperatura, que implica elementos de calefacción muy energéticos, por lo tanto no lo vamos a estudiar, sin embargo lo más normal es utilizar el sistema indirecto, en el cual

el agua de consumo se calienta en un intercambiador de calor, donde llega un circuito primario desde la caldera en circuito cerrado, que va cediendo el calor a la masa de agua almacenada en el mismo.

En la figura se muestra el **intercambiador**, donde el circuito primario se compone de un haz tubular de cobre, por donde circula el agua y el cuerpo de depósito formado por chapa de acero, y en él se indican las tomas de entrada y salida del agua, así como la válvula de seguridad.

El intercambiador debido a su pequeño volumen tiene el inconveniente de que la temperatura del agua depende del caudal de consumo, y si bien es verdad que el recorrido del serpentín está calculado para que la temperatura de salida sea la deseada, cuando la demanda es grande, esta temperatura baja.

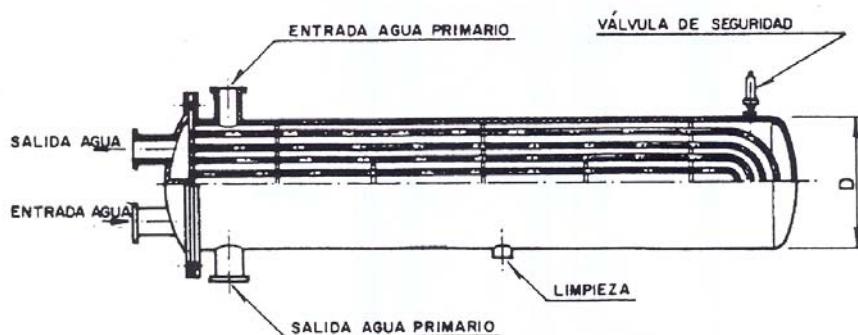
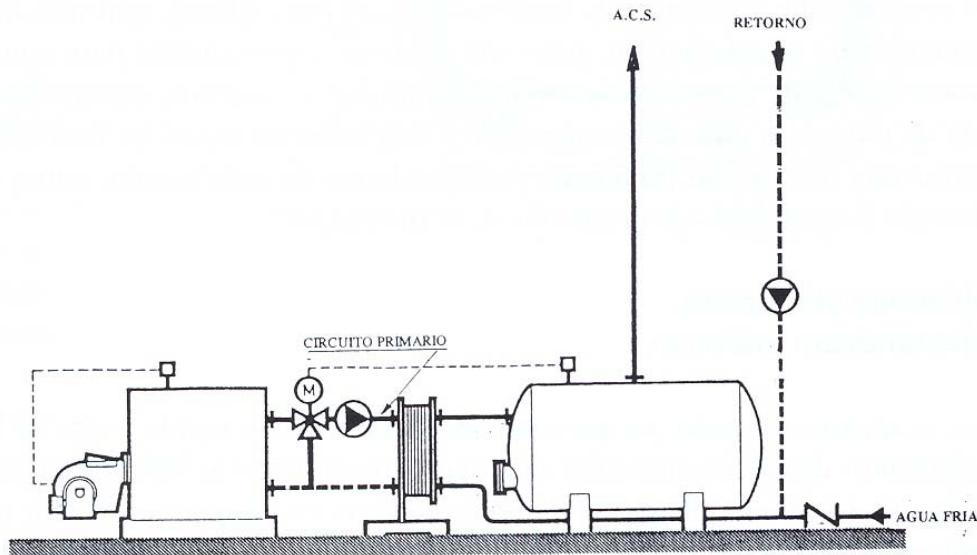


Fig. 94. Intercambiador de calor tubular<sup>14</sup>.

Otro tipo de intercambiadores muy utilizados hoy en día, son los intercambiadores de placas, éstos están constituidos por un conjunto de placas de acero estampadas y enrolladas en espiral según un procedimiento que permite una gran relación, superficie de calefacción con respecto a su volumen, consiguiendo un elevado coeficiente de transmisión térmica, que permite un calentamiento instantáneo del agua.

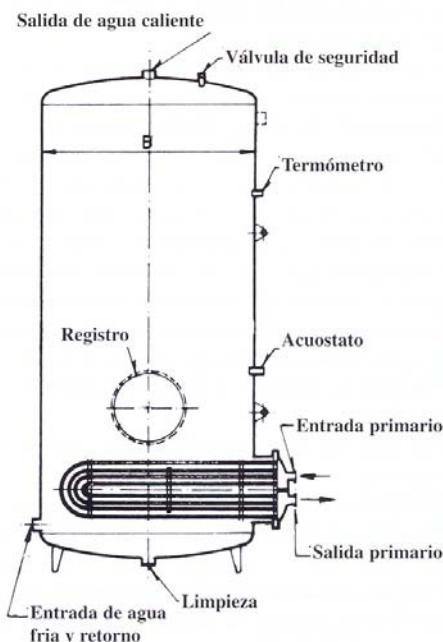
Con este sistema tendremos un rendimiento elevado, y además una gran economía de espacios, al no tener tanques de acumulación por lo que su instalación ocupa muy poco.

La regulación, tal y como se indica en la figura siguiente, se suele hacer en el primario, mediante una válvula de tres vías accionada por termostato.

Fig. 95. Sistema centralizado mediante intercambiador de placas<sup>6</sup>.

El sistema más complejo, es el interacumulador (boilers), que es un depósito donde el agua, además de calentarse se almacena, teniendo siempre un volumen de reserva para compensar la demanda de un momento determinado. En la figura anexa se indica la disposición de un interacumulador, donde vemos que el circuito primario, ahora, es el formado por el serpentín que va unido a la caldera, teniendo una reserva que constituye el circuito secundario, lo que garantiza que antes de agotarse este volumen, le dá tiempo a calentarse al agua fría que entra de nuevo, existiendo un volumen de acumulación y otro de producción que aseguran el servicio.

El funcionamiento de la instalación con un interacumulador, se ve en el esquema de la figura siguiente, en el cual se destaca, la regulación del circuito primario, mediante una válvula de 3 vías, mandada por un termostato desde el propio acumulador. La bomba

Fig. 96. Interacumulador<sup>14</sup>.

de este circuito primario, la cual puede estar colocada igualmente en la ida como en el retorno, y la bomba de recirculación del circuito secundario, la cual mantiene el agua del depósito a una temperatura sensiblemente constante. También se indica, cómo el agua fría de la red pasa a través del intercambiador entrando ya caliente al depósito de acumulación.

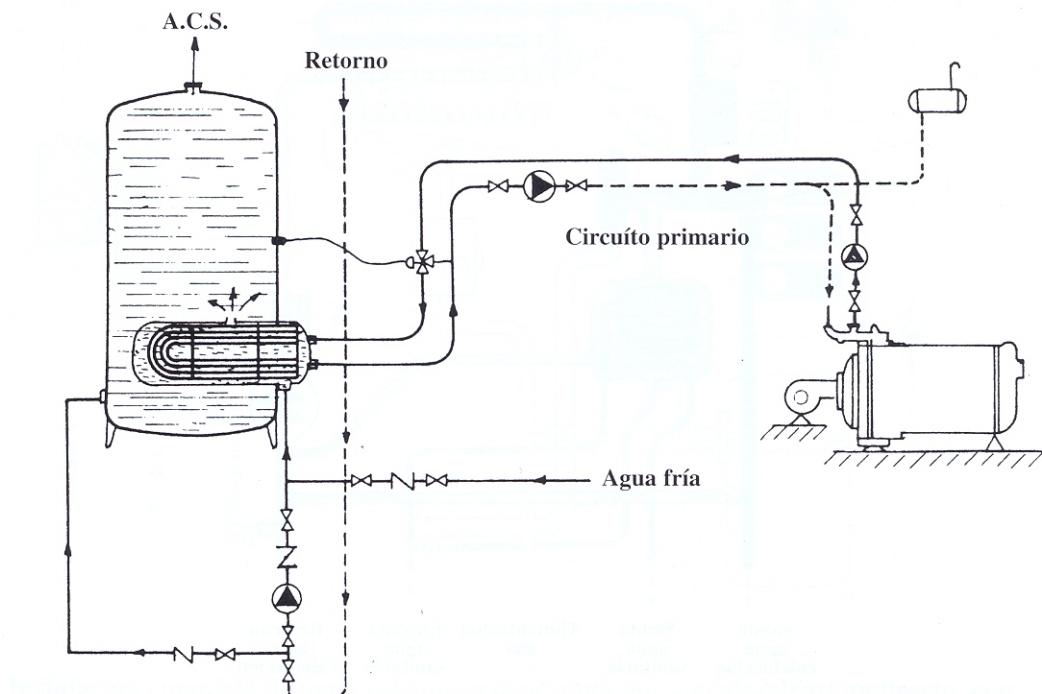


Fig. 97. Sistema centralizado mediante intercambiador<sup>4</sup>.

- **INSTALACIÓN CENTRALIZADA DE ENERGÍA SOLAR**

Recordando lo que se decía en el apartado de la instalación individualizada, en las instalaciones centralizadas lo que vamos a encontrar son tres tipos principales de sistemas según el grado de centralización de la instalación:

- Sistema todo centralizado:** Tanto los captadores, como el interacumulador, como el sistema de apoyo, se encuentra centralizado para todo el edificio. Este sistema será el más energético, pero el menos utilizado.
- Sistema con apoyo descentralizado.** Es igual que el anterior, excepto que los equipos de apoyo se encuentran en el interior de cada vivienda, ya no hay un equipo central. Este es un sistema que se llevará a implantar en bastantes edificios.

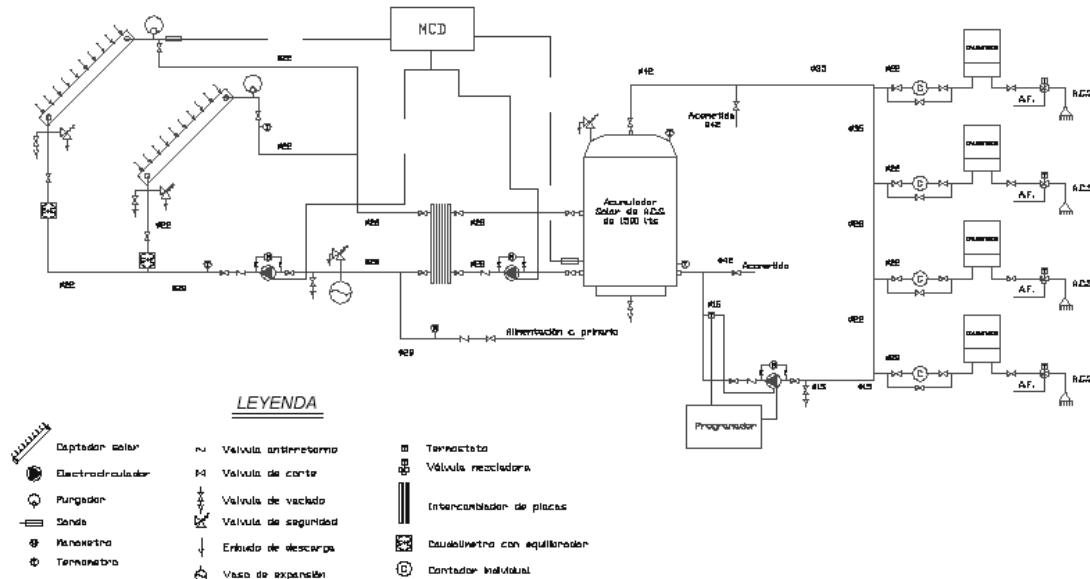


Fig. 98. Sistema centralizado de energía solar tipo apoyo descentralizado.

c) **Captación centralizada.** En este sistema el único elemento que estará centralizado serán los captadores de energía solar en la cubierta, el interacumulador y el apoyo será individual en cada vivienda. También será de los más utilizados

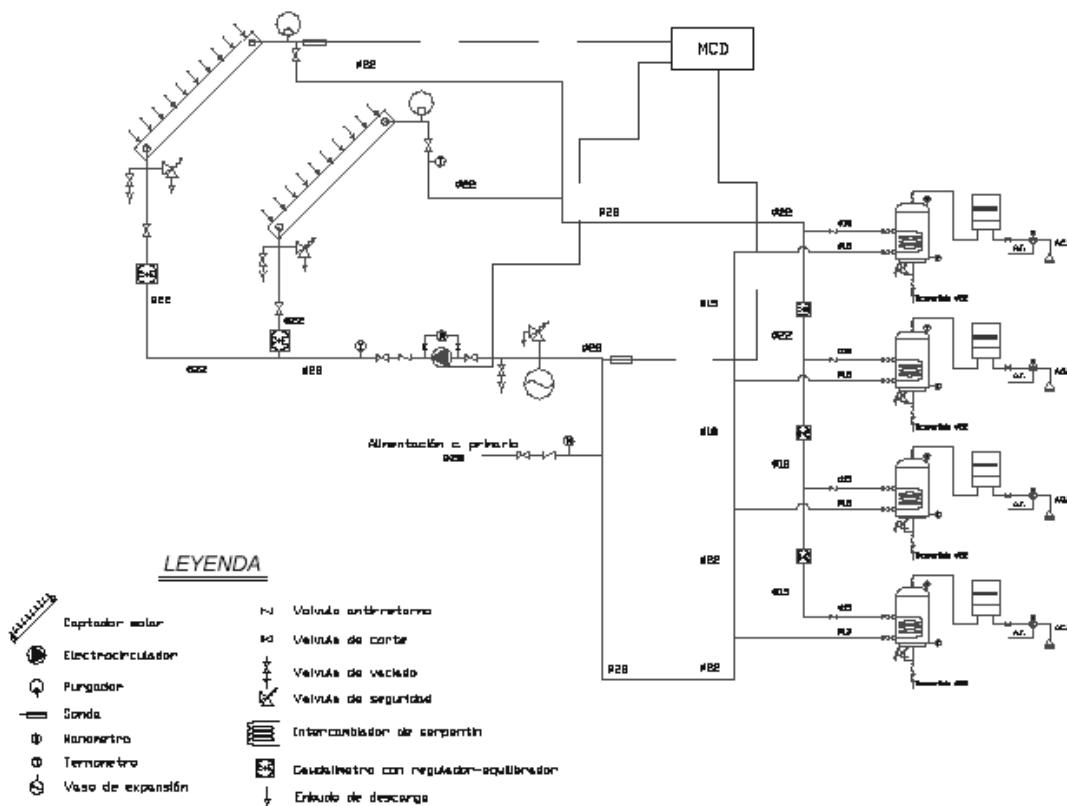


Fig. 99. Sistema centralizado de energía solar tipo captación centralizada.

### 3. ACCESORIOS

#### 3.1 Griferías Mezcladoras

Se debe admitir que cada vez que se maneja un aparato de agua fría, agua caliente sanitaria o mezcla de ambos líquidos mediante la grifería de mando, supone un factor de confort y ahorro de energía de la mayor importancia en el conjunto de la instalación.

Particularmente, no disponer de una temperatura adecuada en el grifo o equipamiento higiénico de que se trate (bañeras hidromasaje, saunas domésticas, grifos cocina, etc.) puede suponer la inadecuación de la instalación correctamente concebida en los pasos anteriores. Por consiguiente, la previsión de una grifería adecuada es del todo imprescindible, tanto en instalaciones centralizadas como individuales.



Fig. 100.A) Grifo monomando.  
Modelo:Candile. Kholer



Fig. 100.B) Grifo mezclador termoestático para bañera/ducha. Modelo:25605. Brass

Las tradicionales griferías convencionales simples, que regulan e interrumpen exclusivamente el caudal agua fría o el de agua caliente, no son adecuadas a este respecto, siendo obligada la instalación griferías mezcladoras las cuales, como su nombre indica, poseen dos entradas de agua, una para fría y otra para la caliente, con un dispositivo de mezcla. Este último puede ser del tipo mezclador monomando o bien mezclador termostático, pudiendo o no incluir un dispositivo temporizador con el cual se

obtendrían las griferías temporizadas, cuya misión resulta reglamentariamente obligada en determinados edificios de carácter público.

Tanto por razones de confort como por su incidencia en el ahorro de energía las griferías termostáticas están experimentando una rápida expansión, por lo que referencia a ellas resulta imprescindible.

### **3.2 Dilatadores**

Para compensar las dilataciones de las tuberías con agua caliente, es preciso disponer de dilatadores, que absorban los incrementos de longitud por efecto térmico, sin que por ello se pierda su hermeticidad; para ello se dispondrán en tramos rectos no superiores a los 20 o 25 m dilatadores en forma de coca o liras o de tipo axial; o compensadores.

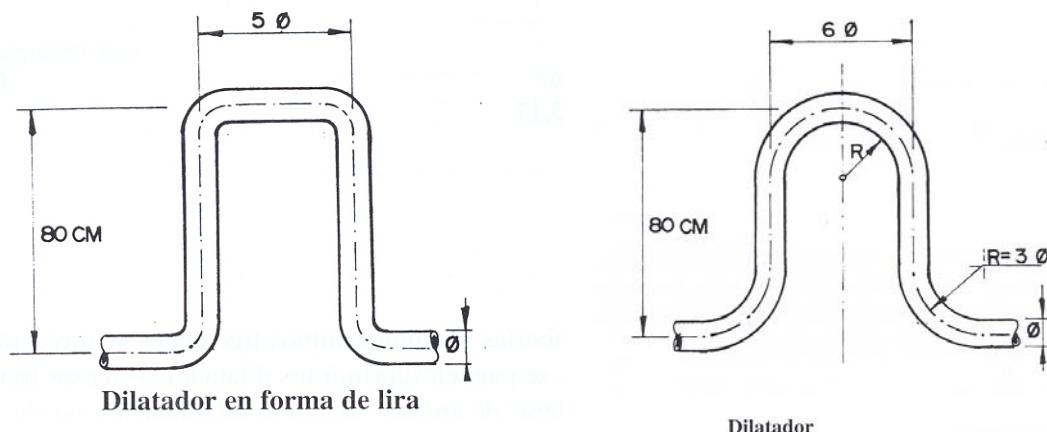


Fig. 101. Dilatadores<sup>6</sup>.

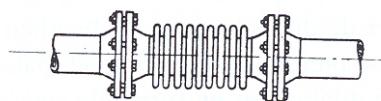


Fig. 102. Compensadores<sup>6</sup>.

### **3.3 Materiales Aislantes**

En este apartado simplemente recordaremos la necesidad aislar las canalizaciones que transportan agua caliente (o agua fría de  $T < 5^\circ\text{C}$ ), así como los depósitos acumuladores (en el caso de que existan).

Deben calorifugarse con materiales aislantes adecuados cuyas dimensiones mínimas, para un coeficiente de conductividad ( $\alpha=0,04$  kcal/mh °C), serán las indicadas en la siguiente tabla<sup>2</sup>.

Diámetro de las tuberías (mm)	Espesor mínimo aislante (mm)		Depósitos	
	T≤ 50°C	T> 50°C	Superficie de pérdidas (m <sup>2</sup> )	Espesor mínimo del aislante (mm)
D≤ 30	20	20		
30<D≤50	20	30		30
50<D≤80	30	30	< 2	50
80<D≤125	30	40		
125<D	30	40	> 2	50

## 4. CONSIDERACIONES GENERALES DE LAS INSTALACIONES DE AGUA CALIENTE SANITARIA (ACS).

### 4.1 Distribución.

- En el diseño de las instalaciones de ACS deben aplicarse condiciones análogas a las de las redes de agua fría.
- En los edificios en los que sea de aplicación la contribución mínima de energía solar para la producción de agua caliente sanitaria, de acuerdo con la sección HE-4 del DB-HE, deben disponerse, además de las tomas de agua fría, previstas para la conexión de la lavadora y el lavavajillas, sendas tomas de agua caliente para permitir la instalación de equipos bitérmicos.
- Las columnas de alimentación en los sistemas centralizados servirán como máximo a 8 plantas.
- En la parte superior de cada columna se colocarán elementos de purga para eliminar el aire que allí pudiera acumularse.

- En instalaciones centralizadas es obligatorio el prever contadores de ACS en cada una de las viviendas o unidades de consumo, preferiblemente ubicados en el exterior de las viviendas y a ser posible formando una unidas con los de agua fría.
- Se colocará una llave de paso, tipo esfera en el interior de la vivienda, para el corte general de la red de ACS, al igual que en agua fría, y también se colocará en cada uno de los locales húmedos.
- No deben disponerse calentadores individuales de cualquier tipo que distribuyan a distancias superiores a los 15 m.
- Tanto en instalaciones individuales como en instalaciones de producción centralizada, la red de distribución debe estar dotada de una red de retorno cuando la longitud de la tubería de ida al punto de consumo más alejado sea igual o mayor que 15 m. Hasta ahora solo se consideraban redes de retorno en situaciones de redes centralizadas.
- La red de retorno se compondrá de:
  - a) un colector de retorno en las distribuciones por grupos múltiples de columnas. El colector debe tener canalización con pendiente descendente desde el extremo superior de las columnas de ida hasta la columna de retorno; Cada colector puede recoger todas o varias de las columnas de ida, que tengan igual presión;
  - b) columnas de retorno: desde el extremo superior de las columnas de ida, o desde el colector de retorno, hasta el acumulador o calentador centralizado.
- Las redes de retorno discurrirán paralelamente a las de impulsión.
- En los montantes, debe realizarse el retorno desde su parte superior y por debajo de la última derivación particular. En la base de dichos montantes se dispondrán válvulas de asiento para regular y equilibrar hidráulicamente el retorno.
- Excepto en viviendas unifamiliares o en instalaciones pequeñas, se dispondrá una bomba de recirculación doble, de montaje paralelo o “gemelas”, funcionando de

forma análoga a como se especifica para las del grupo de presión de agua fría. En el caso de las instalaciones individuales podrá estar incorporada al equipo de producción.

- Para soportar adecuadamente los movimientos de dilatación por efectos térmicos deben tomarse las precauciones siguientes:
  - a) en las distribuciones principales deben disponerse las tuberías y sus anclajes de tal modo que dilaten libremente, según lo establecido en el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITE para las redes de calefacción;
  - b) en los tramos rectos se considerará la dilatación lineal del material, previendo dilatadores si fuera necesario, cumpliéndose para cada tipo de tubo las distancias que se especifican en el Reglamento antes citado.
- El aislamiento de las redes de tuberías, tanto en impulsión como en retorno, debe ajustarse a lo dispuesto en el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITE.

#### **4.2 Regulación y control.**

- En las instalaciones de ACS se regulará y se controlará la temperatura de preparación y la de distribución.
- En las instalaciones individuales los sistemas de regulación y de control de la temperatura estarán incorporados a los equipos de producción y preparación. El control sobre la recirculación en sistemas individuales con producción directa será tal que pueda recircularse el agua sin consumo hasta que se alcance la temperatura adecuada.

#### **4.3 Separaciones respecto de otras instalaciones**

- El tendido de las tuberías de agua fría debe hacerse de tal modo que no resulten afectadas por los focos de calor y por consiguiente deben discurrir siempre separadas de las canalizaciones de agua caliente (ACS o calefacción) a una distancia de 4 cm, como mínimo. Cuando las dos tuberías estén en un mismo plano vertical, la de agua fría debe ir siempre por debajo de la de agua caliente.

- Las tuberías deben ir por debajo de cualquier canalización o elemento que contenga dispositivos eléctricos o electrónicos, así como de cualquier red de telecomunicaciones, guardando una distancia en paralelo de al menos 30 cm.
- Con respecto a las conducciones de gas se guardará al menos una distancia de 3 cm.

## 5. DIMENSIONADO

Nos centraremos en sistemas individualizados para los cuales, tendremos acumuladores eléctricos o de gas; o calentadores instantáneos de gas. Estos elementos se dimensionarán sin la influencia de la producción de ACS mediante sistemas fototérmicos. Aunque los sistemas individuales se convierten en los sistemas auxiliares de aporte de energía de los generadores solares, estos pueden llegar a tener que soportar toda la generación de ACS en algunos casos puntuales por lo que deben tener capacidad para ello.

El aporte de ACS mínimo procedente de la energía solar se estudiará más adelante.

El cálculo de la instalación de agua fría y agua caliente variará en función de si tenemos un calentador acumulador o un calentador instantáneo.

- Calentador instantáneo de gas.

La mayoría de los autores consideran que para el dimensionado mediante calentadores instantáneos de gas, el valor del caudal en la acometida es diferente que suponiendo única y exclusivamente la instalación de agua fría, por lo cual se considera que los aparatos en los que sea necesario el agua caliente (lavabos, fregaderos, duchas, etc.), se considerará a efectos de cálculo como un grifo más de agua fría<sup>4</sup>.

La distribución de la red de agua caliente se realiza de igual forma que la red de agua fría y el dimensionado de las tuberías es también igual, teniendo también en cuenta cuales son los diámetros mínimos de las derivaciones individuales y de los ramales de enlace que indica la normativa<sup>6</sup>.

Si existen tuberías de retorno, estas se consideraran que recirculan un 10% del caudal tota de agua caliente, considerándose siempre un diámetro mínimo de  $\frac{1}{2}$ " o 12 mm.

La potencia calorífica necesaria de este tipo de calentadores dependerá del caudal máximo de agua, y del salto térmico del agua en su interior<sup>4</sup>.

$$Q = \frac{q \cdot P_e \cdot C_e \cdot \Delta t}{\rho} \text{ Kcal/h}$$

siendo: Q= Potencia calorífica del calentador Kcal/h

q= caudal máximo de agua caliente (l/h)

P<sub>e</sub>= Peso específico del agua caliente (1kg/l)

C<sub>e</sub>= Calor específico del agua (1Kcal/kg°C)

Δt =incremento de temperatura (°C)

ρ= rendimiento del calentador.

En el siguiente cuadro se determina la cantidad de agua caliente en l/h que podrá obtenerse de un calentador instantáneo de gas según su potencia útil para diferentes temperaturas de salida, teniendo una temperatura de entrada de 10°C.

Potencia del calentador	Temperatura de salida en °C							
	35	40	45	50	55	60	65	70
125 Kcal/min	300	250	215	188	167	150	136	125
250 Kcal/min	600	500	426	375	366	300	273	250
325 Kcal/min	780	650	557	488	433	390	355	325
Cantidad de agua caliente l/h para T <sup>a</sup> de entrada de 10°C								

- Calentador acumulador eléctrico.

Al igual que en caso anterior el calculo de las tuberías se hace igual que en agua fría, pero hay que tener en cuenta que las conexiones de entrada y salida del calentador están normalizadas a un diámetro de  $\frac{3}{4}$ " o 20 mm, las derivaciones a los cuartos húmedos tendrán ese diámetro. Algunos autores consideran necesario incluirlos únicamente como un grifo más en todas las

viviendas, unido a los grifos de agua fría con gastos de:

- 0,15 l/s para acumuladores de 50 litros.
- 0,2 l/s para acumuladores de 75 litros.
- 0,25 l/s si los termos son de 100 litros.
- 0,30 l/s si son de 150 litros.

Aunque la práctica diaria nos indica que esto es una medida de seguridad no estrictamente necesaria, si es conveniente aplicarla. Pero quien decide ignorarlos puede estar tranquilo, pues no hay inconveniente alguno en el cálculo de la instalación como si fuera para agua fría exclusivamente y a continuación instalar el termo del ramal de la derivación a la vivienda. En nuestro caso si se considerarán como un grifo más.

La potencia calorífica en este caso se calcula<sup>4</sup>:

$$Q = \frac{V \cdot P_e \cdot C_e \cdot \Delta t}{\rho \cdot t} \text{ Kcal/h}$$

siendo: Q= Potencia calorífica del calentador Kcal/h

V= volumen de agua almacenada (m<sup>3</sup>)

P<sub>e</sub>= Peso específico del agua caliente (1kg/l)

C<sub>e</sub>= Calor específico del agua (1Kacl/kg°C)

Δt =incremento de temperatura (°C)

t= tiempo máximo de funcionamiento en servicio (seg)

ρ= rendimiento del calentador.

Se suele estimar para el agua caliente en viviendas: t<sub>1</sub>=60°C, t<sub>2</sub>=10°C y t=2 horas.

También exigen muchos datos para estimar las necesidades de agua caliente, que se basan en experiencias y estadísticas, existiendo tablas de consumos medios para un hogar tipo (considerando la temperatura de entrada 10°C):

USO	Cantidad de agua (l) a la T <sup>a</sup> de utilización	T <sup>a</sup> del agua durante la utilización (°C)	Cantidad de agua (l) a T <sup>a</sup> de 60°C
Lavabo	5-10	40	3-6
Baño	130-180	40	70-90
Bidet	8-12	40	5-7,2
Ducha	25-40	40	15-24
Lavavajillas	12	50-70	10
Lavadora	35-50 (por kg ropa seca)	50-80	20-28
Fregadero	7-10	50-60	4-6

Una de las posibles formas de **calcular el volumen del depósito**, para adecuarse a las necesidades, será aproximándose a:  $V = \frac{3}{4} C$ , siendo C= consumo en periodo punta de un baño completo y un aparato de cocina, según los valores de la tabla anterior. (RITE, Norma UNE 100.030).

La temperatura óptima de regulación está en los 60°C, por encima de esta temperatura se contribuye al despilfarro de energía y se favorece la formación de corrosión y descalcificación de la instalación. Pero la mayor cantidad de agua se utiliza a 40°C, por lo que se tiene que mezclar con agua fría mediante elementos hidromezcladores (grifería monomando por ejemplo), conociéndose que el porcentaje de agua a 60°C para lograr una mezcla de 40°C es del 60%, lo cual se puede aplicar al volumen calculado.

- **Demandas para ACS a partir de un sistema fototérmico.**

La utilización de energía solar para el calentamiento de agua se ha utilizado durante muchos años pero la mayor incidencia se está produciendo actualmente por la implantación de las nuevas normativas, tal y como se ha explicado anteriormente, que obligan a un aporte mínimo de energía solar para la generación de ACS, como se puede ver de las tablas y figura siguientes sacadas del código técnico de edificación (CTE DB HE-4). En ellas se indica la cantidad anual de energía que es necesaria obtener mediante energía fototérmica dependiendo de la zona climática en la que nos encontremos, considerando que la temperatura de referencia del agua generada estará a 60°C y del tipo de sistema auxiliar de

generación de energía que es necesario que cuente cualquier sistema solar fototérmico.



Fig. 103. Zonas climáticas<sup>1</sup>.

Tabla 2.1. Contribución solar mínima en %. Caso general

Demanda total de ACS del edificio (l/d)	Zona climática				
	I	II	III	IV	V
50-5.000	30	30	50	60	70
5.000-6.000	30	30	55	65	70
6.000-7.000	30	35	61	70	70
7.000-8.000	30	45	63	70	70
8.000-9.000	30	52	65	70	70
9.000-10.000	30	55	70	70	70
10.000-12.500	30	65	70	70	70
12.500-15.000	30	70	70	70	70
15.000-17.500	35	70	70	70	70
17.500-20.000	45	70	70	70	70
> 20.000	52	70	70	70	70

Tabla 2.2. Contribución solar mínima en %. Caso Efecto Joule

Demanda total de ACS del edificio (l/d)	Zona climática				
	I	II	III	IV	V
50-1.000	50	60	70	70	70
1.000-2.000	50	63	70	70	70
2.000-3.000	50	66	70	70	70
3.000-4.000	51	69	70	70	70
4.000-5.000	58	70	70	70	70
5.000-6.000	62	70	70	70	70
> 6.000	70	70	70	70	70

El caso general se refiere a cuando el sistema auxiliar o de apoyo de energía se sustenta con gas natural, propano u otras energías de este tipo, mientras que en el caso con efecto Joule se refiere a sistemas que utilizan energía eléctrica y se exige un mayor aporte de energía solar.

Para conocer la demanda energética es necesario conocer las necesidades de ACS en la edificación para ello se utilizan los gastos o caudales mínimos necesarios para cada aparato sanitario tal, y como se ha indicado en la 1<sup>a</sup> parte de

este bloque temático, pero otra forma que nos plantea la normativa es hacerlo de forma generalizada para todo el edificio a partir de las tablas siguientes.

Criterio de demanda	Litros ACS/día a 60°C	
Viviendas unifamiliares	30	por persona
Viviendas multifamiliares	22	por persona
Hospitales y clínicas	55	por cama
Hotel ****	70	por cama
Hotel ***	55	por cama
Hotel/Hostal **	40	por cama
Camping	40	por emplazamiento
Hostal/Pensión *	35	por cama
Residencia (ancianos, estudiantes, etc)	55	por cama
Vestuarios/Duchas colectivas	15	por servicio
Escuelas	3	por alumno
Cuartel	20	por persona
Fábricas y talleres	15	por persona
Administrativos	3	por persona
Gimnasios	20 a 25	por usuario
Lavanderías	3 a 5	por kilo de ropa
Restaurantes	5 a 10	por comida
Cafeterías	1	por almuerzo

(1) Los litros de ACS/día a 60°C de la tabla se han calculado a partir de la tabla 1 (Consumo unitario diario medio) de la norma UNE 94002:2005 "Instalaciones solares térmicas para producción de agua caliente sanitaria: cálculo de la demanda energética".

Demandas de ACS/día para una temperatura de 60°C<sup>1</sup>.

Número de dormitorios	1	2	3	4	5	6	7	más de 7
Número de Personas	1,5	3	4	6	7	8	9	Nº de dormitorios

Número de personas por vivienda en uso residencial<sup>1</sup>.

Si la temperatura del agua es diferente a 60°C, los valores anteriores de demanda deben corregirse mediante la siguiente fórmula<sup>1</sup>:

$$D_i(T) = D_i(60^\circ C) \times \left( \frac{60 - T_f}{T - T_f} \right)$$

siendo:

$D(T)$  = Demanda de agua caliente para el mes i a la temperatura  $T$  elegida;

$D_i(60^\circ C)$  = Demanda de agua caliente para el mes i a la temperatura de 60°C;

$T$  = Temperatura del acumulador final;

$T_f$  = Temperatura media del agua fría en el mes.

Por último, hay que tener en cuenta el volumen de acumulación que es necesario para el buen funcionamiento de este sistema. El volumen del depósito de acumulación cumplirá siempre con la relación:

$$50 < V/A < 180$$

siendo:  $V$  = volumen de acumulación

$A$  = superficie de captación

## NSTALACIONES DE SUMINISTRO DE AGUA

### 3<sup>a</sup> PARTE DIMENSIONADO

#### 1. INTRODUCCIÓN

El dimensionamiento de la red de agua fría, consiste en el cálculo de los diámetros que constituyen la red, y que aseguren el caudal preciso para cada aparato sanitario, así como la presión necesaria para que el agua llegue a todos los grifos en cualquier condición de uso, simultáneo con otros aparatos de la red y, en el caso, de que la presión de acometida sea insuficiente, dimensionar el equipo de aguas preciso para asegurar dicho servicio.

El cálculo se realizará con un primer dimensionado seleccionando el tramo más desfavorable de la instalación y obteniéndose unos diámetros previos que posteriormente habrá que comprobar en función de la pérdida de carga que se obtenga con los mismos. Este dimensionado se hará siempre teniendo en cuenta las peculiaridades de cada instalación y los diámetros obtenidos serán los mínimos que hagan compatibles el buen funcionamiento y la economía de la misma. Por tanto es preciso un análisis meticoloso de las condiciones de cada edificio, para fijar adecuadamente los datos de partida los cuales permitirán obtener los valores prácticos de este dimensionado.

El esquema de la instalación será dividido en diferentes tramos, y el dimensionado de la red se hará a partir del dimensionado de cada tramo, y para ello se partirá del circuito considerado como más desfavorable que será aquel que cuente con la mayor pérdida de presión debida tanto al rozamiento como a su altura geométrica.

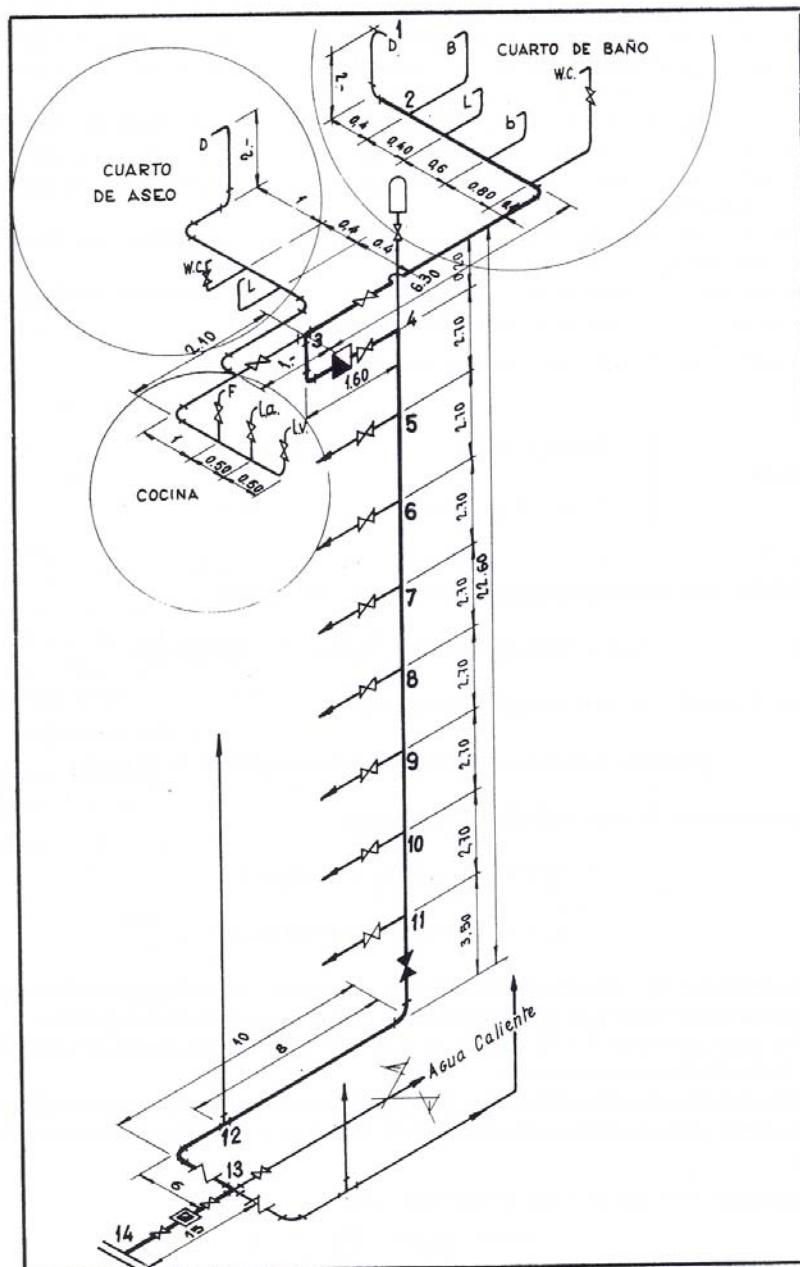


Fig. 104. Esquema isométrico en alzado de una instalación de abastecimiento de agua<sup>5</sup>.

### 1.1 Proceso de cálculo del dimensionamiento.

El proceso del dimensionado de los tramos se hará de acuerdo al procedimiento siguiente:

- se calculará el caudal máximo de cada uno de los tramos haciéndolo igual a la suma de los caudales de los puntos de consumo alimentados por el mismo de acuerdo con caudales mínimos.

- b) se establecerán unos coeficientes de simultaneidad de cada tramo de acuerdo con un criterio adecuado.
- c) a partir de aquí se determinará el caudal de cálculo en cada tramo como producto del caudal máximo por el coeficiente de simultaneidad correspondiente.
- d) posteriormente se realizará la elección de una velocidad de cálculo comprendida dentro de unos intervalos adecuados.
- e) y finalmente, se obtendrá el diámetro correspondiente a cada tramo en función del caudal y de la velocidad.

## 1.2 Comprobación de la presión

Una vez calculados los diámetros se debe de comprobar si la presión disponible en el punto de consumo más desfavorable supera a los valores mínimos de presión residual en los aparatos de consumo, y que en todos los puntos de consumo no se supera el valor máximo. Para ello hay que considerar:

- a) La determinación de la pérdida de presión del circuito sumando las pérdidas de presión total de cada tramo. Las perdidas de carga localizadas en los elementos podrán estimarse en un 20% al 30% de la producida sobre la longitud real del tramo o podrán evaluarse a partir de los elementos de la instalación.
- b) Por último, hay que hacer la comprobación de la suficiencia de la presión disponible: una vez obtenidos los valores de las pérdidas de presión del circuito, se comprueba si son sensiblemente iguales a la presión disponible que queda después de descontar a la presión total, la altura geométrica y la residual del punto de consumo más desfavorable. En el caso de que la presión disponible en el punto de consumo fuera inferior a la presión mínima exigida sería necesaria la instalación de un grupo de presión.

## 2. CAUDALES MÍNIMOS. SIMULTANEIDADES

El dato más importante para un correcto dimensionado de la instalación, es el gasto unitario de agua que debe ser suministrado en la instalación.

La cantidad de agua necesaria por habitante varía en función del nivel de vida, existencia o no de industrias, tipo de vivienda, condiciones climáticas de la localidad, etc. Por ejemplo, en las poblaciones pequeñas con una incidencia industrial escasa, con el hecho de que en las viviendas no se encuentren con tantos cuartos de baño, que los aparatos electrodomésticos sean menos abundantes, y que los servicios municipales de riego e incendios prácticamente no existan, etc., hace que el consumo unitario sea menor que en grandes núcleos .

Para hacer el cálculo de los consumos de las necesidades de agua se procede a los consumos de tipo industrial y de servicios generales englobándolos con los domésticos obteniendo como resultado una DOTACION MEDIA POR HABITANTE Y DIA que incluye todos los aspectos<sup>4</sup>.

DOTACIÓN DE CONSUMOS DE AGUA FRÍA	
Clase de edificio	Dotación
Viviendas :	Mínimo .....
	Medio .....
	Elevado .....
Apartamentos .....	.100 (ls/persona día)
Oficinas .....	.80 (ls/persona día)
Hoteles :	1 - 2 estrellas .....
	3 - 4 estrellas .....
	Lujo .....
Hospitales .....	.550 (ls/persona día)
Cuarteles .....	.100 (ls/persona día)
Residencias .....	.135 (ls/persona día)
Centros Docentes .....	.50 (ls/persona día)
Cárceles .....	.100 (ls/persona día)
Fábricas .....	.80 (ls/persona día)
Jardines .....	.....2 a 4 (ls/m <sup>2</sup> )
Riego calles .....	.....1,5 (ls/m <sup>2</sup> )
Garajes (lavado) .....	.200 (ls/automóvil)

Los CAUDALES MÍNIMOS INSTANTÁNEOS con los cuales se realizará el dimensionado de la instalación, se obtienen considerando unas condiciones óptimas de funcionamiento de los grifos en cuanto a presión (< 3 atm) y velocidad de circulación del fluido (entre 0,4 y 0,8 m/sg). Sus valores se exponen en la siguiente tabla<sup>1</sup>:

<b>Tipo de aparato</b>	<b>Caudal instantáneo mínimo de agua fría [dm<sup>3</sup>/s]</b>	<b>Caudal instantáneo mínimo de ACS [dm<sup>3</sup>/s]</b>
Lavamanos	0,05	0,03
Lavabo	0,10	0,065
Ducha	0,20	0,10
Bañera de 1,40 m o más	0,30	0,20
Bañera de menos de 1,40 m	0,20	0,15
Bidé	0,10	0,065
Inodoro con cisterna	0,10	-
Inodoro con fluxor	1,25	-
Urinarios con grifo temporizado	0,15	-
Urinarios con cisterna (c/u)	0,04	-
Fregadero doméstico	0,20	0,10
Fregadero no doméstico	0,30	0,20
Lavavajillas doméstico	0,15	0,10
Lavavajillas industrial (20 servicios)	0,25	0,20
Lavadero	0,20	0,10
Lavadora doméstica	0,20	0,15
Lavadora industrial (8 kg)	0,60	0,40
Grifo aislado	0,15	0,10
Grifo garaje	0,20	-
Vertedero	0,20	-

Otros aparatos no indicados en la normativa y de gran utilidad para el cálculo:

<b>Tipo de Aparato</b>	<b>Caudal (l/seg)</b>
Fuente de beber	0.05
Acumulador eléctrico 50 litros	0.15
Acumulador eléctrico 100 litros	0.25
Acumulador eléctrico 150 litros	0.30

Los **locales comerciales** se pueden considerar como viviendas existentes en el edificio, pero de los que frecuentemente se carece de datos concretos en cuanto a su uso, destino, equipamiento, etc. Lo cual puede llegar a suponer un problema cuando se implantan locales de esparcimiento tales como restaurantes, bares, etc; los cuales son grandes consumidores de agua. Por lo cual se suele considerar:

$$1 \text{ l/seg cada } 50 \text{ m}^2$$

Este caudal se sumará al del caudal de las viviendas, para el cálculo del caudal punta en la instalación pero sin incluirlo en la simultaneidad.

Hasta ahora la N.I.A. realizaba una clasificación de las viviendas en función del caudal instalado, y a dicha clasificación se le asocia una superficie máxima instalada, de forma de facilitar de una forma más sencilla el cálculo de la instalación. Estos caudales son:

Vivienda Tipo (según N.I.A)	Caudal total instantáneo instalado l/seg	Superficie Aproximada m <sup>2</sup>
A	Hasta 0.60	50
B	De 0.60 a 0.99	65
C	De 1.00 a 1.49	75
D	De 1.50 a 1.99	90
E	De 2.00 a 3.00	110

Este tipo de dimensionado conseguía una rápido cálculo, ya que era posible obtener directamente el diámetro de la acometida, llaves contadores, así como los caudales de los grupos de sobreelevación a partir de otras tablas parecidas, pero este tipo de cálculo no es reconocido por el código técnico.

## 2.1 Coeficientes de simultaneidad

Una vez establecidos los gastos o consumos, se debe tener en cuenta la simultaneidad de los servicios de la instalación. Es decir, no todos los aparatos conectados a una canalización funcionarán simultáneamente, por lo tanto la dimensión de esta no será la misma considerando todos los grifos, que si se consideran solo los posibles grifos funcionando simultáneamente, para los cual el valor de caudal total se

---

multiplica por un coeficiente de simultaneidad, menor a la unidad, el cual será función del tipo de edificio y del número de aparatos instalados.

Dependerá del tipo de edificio, pues no es lo mismo el uso del agua en viviendas, que en la industria, que en edificios de carácter específico. En un inmueble de oficinas o en una fábrica, los lavabos, duchas, inodoros, etc., funcionarán sin interrupción a la hora de salida de los empleados; en un edificio destinado a un hotel el uso masivo de la instalación se produce con una llegada de viajeros; pero todas estas circunstancias no se producen en un edificio de viviendas.

Por tanto para realizar un diseño económico, se determinarán los caudales máximos simultáneos de la instalación.

❖ Coeficiente de simultaneidad según el número de grifos de la vivienda.

La forma de estimar el coeficiente de simultaneidad es considerando el número de grifos de la vivienda que pueden funcionar al mismo tiempo, obtenido por la fórmula:

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

Siendo:  $n = \text{número de grifos de la vivienda}$  ( $n \geq 2$ )

Este valor de  $K_p$  calculado mediante la fórmula se debe aumentar en un 20% del resultado para constituir así un factor de seguridad frente a posible uso de la instalación en horas punta.

Los coeficientes de simultaneidad también se pueden calcular a partir de curvas, que dependerán del tipo de uso de la instalación las cuales también recogen la Norma Francesa AFNOR NP 41204, la cual es una de las mejores en el dimensionamiento de las instalaciones de abastecimiento de agua<sup>5</sup>.

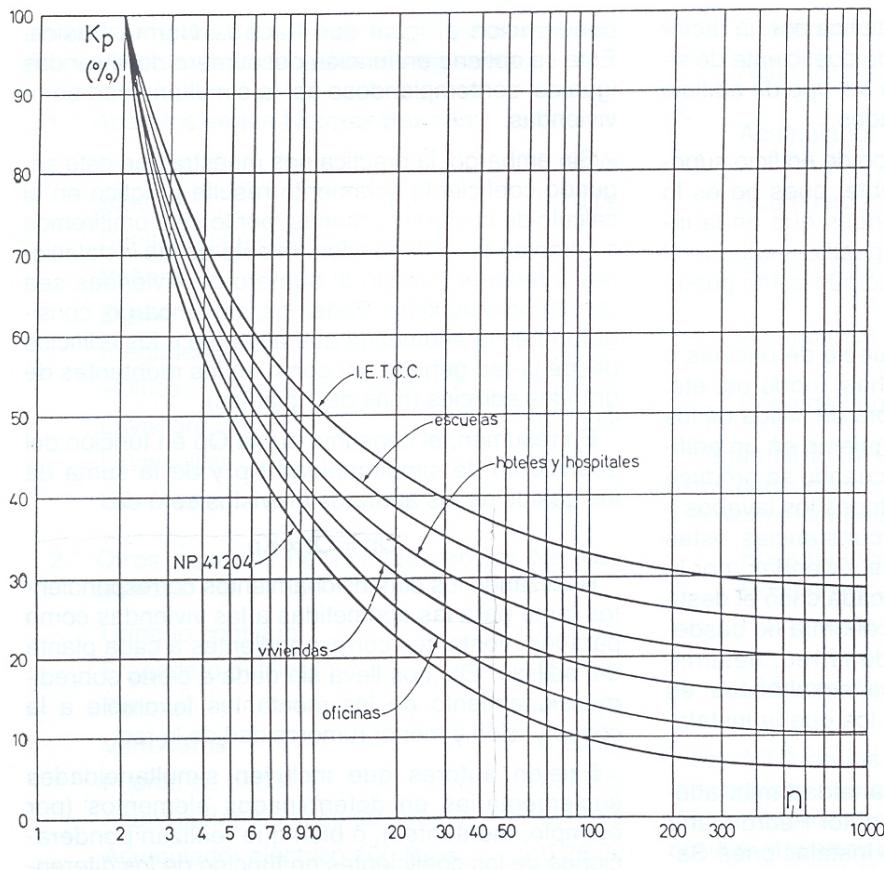


Fig. 105. Gráfica para la obtención del coeficiente de simultaneidad,  $K_p$ .<sup>5</sup>

Por tanto el caudal punta en la vivienda se calculará en función del coeficiente de simultaneidad  $K_p$  y de la suma de los gastos de los aparatos previstos en la vivienda.

$$Q_p = K_p \times Q_t$$

Existen tablas en las que se ha calculado los caudales simultáneos para las diferentes derivaciones interiores, como en columnas y distribuidores según el número de grupos a alimentar; como se puede ver en las siguientes tablas<sup>4</sup>:

**GASTO EN DERIVACIONES**

<b>Tipo de agrupación</b>	<b>Aparatos de uso simultáneo</b>	<b>Gasto (l/seg)</b>
Un cuarto de baño completo .....	Baño .....	0'30
Servicios de cocina .....	Fregadero - Máq. Lavadora .....	0'40
Un cuarto de aseo .....	Ducha .....	0'20
Un cuarto de baño y aseo .....	Baño - Ducha .....	0'50
Un cuarto de baño y cocina .....	Baño - Máq. Lavadora .....	0'50
Un cuarto de aseo y cocina .....	Ducha - Máq. Lavadora .....	0'40
Dos cuartos de baño completos .....	Baño-Baño .....	0'60
Dos cuartos de aseo .....	Ducha - Ducha .....	0'40
Dos baños - un aseo .....	Baño - Baño - Lavabo .....	0'70
Dos baños - una cocina .....	Baño - Lavabo - Máq. Lavadora.....	0'60
Dos aseos - un baño .....	Ducha - Lavabo - Baño .....	0'70
Dos aseos - una cocina .....	Ducha - Lavabo - Máq. Lavadora .....	0'60
Tres cuartos de baño .....	Baño - Baño - Lavabo .....	0'70
Tres aseos .....	Ducha - Ducha - Lavabo .....	0'50
Tres baños - un aseo .....	Baño - Baño - Lavabo .....	0'70
Tres baños - dos aseos .....	Baño - Baño - Ducha .....	0'80
Tres aseos - un baño .....	Ducha - Ducha - Baño.....	0'70
Tres aseos - cocina .....	Ducha - Ducha - Máq. Lavabo .....	0'60
Tres baños - cocina .....	Baño - Baño - Máq. Lavabo .....	0'80
Tres aseos - dos baños .....	Ducha - Baño - Baño .....	0'80
Cuatro cuartos de baño .....	Baño - Baño - Baño .....	0'90
Cuatro baños - un aseo .....	3 Baños - Ducha .....	1'10
Cuatro baños - un aseo - cocina .....	3 Baños - Ducha - Máq. Lavabo .....	1'30
Local comercial .....	.....	0'25

Núm. de grupos	Coeficiente de simultaneidad	
	Uso privado	Uso público
1	1	1
2	0'75	1
3	0'60	0'85
4	0'55	0'80
5	0'53	0'75
6	0'50	0'70
7	0'49	0'65
8	0'48	0'60
9	0'46	0'58
10	0'45	0'55
20	0'40	0'45
30	0'38	0'43
40	0'37	0'38
50	0'35	0'36
75	0'33	0'34
100	0'32	0'32
150	0'31	0'31
200	0'30	0'30
500	0'27	0'29
1000	0'25	0'25

Estos valores nos pueden servir de referencia como valores mínimos de diseño a la hora de realizar el dimensionamiento.

#### ❖ Coeficiente de simultaneidad en viviendas de igual tipo

Este coeficiente de simultaneidad se aplicará cuando el número de viviendas en un edificio sea superior a 10, e indicará la simultaneidad entre viviendas iguales. Se calculará a partir de la fórmula:

$$K_V = \frac{(19 + N)}{(10(N + 1))}$$

Siendo: N=número de viviendas y cumplirse que **K<sub>V</sub>≥0.25**

Resulta principalmente práctico en el cálculo de las redes urbanas, por lo cual se omitirá su cálculo cuando en las instalaciones interiores cuando el número de

viviendas sea menor de 10. Este coeficiente se aplicará al número de viviendas iguales, es decir no habrá 15 viviendas iguales sino que se considerará que habrá  $15 \cdot K_v$  viviendas.

### 3. PRESIONES NECESARIAS

Previo a cualquier proyecto de este tipo, es necesario informarse en la Compañía de Aguas correspondiente sobre el valor de la presión de la red en la finca donde se pretende actuar así como de sus variaciones a lo largo del día. Este dato a partir de ahora debe ser conocido, y deberemos de tomar como cifra de cálculo la presión mas baja que la Compañía suministradora proporcione.

Esta problemática de las previsiones tiene diversos puntos de vista pues una presión elevada permite un caudal mayor que una pequeña, pero puede producir trastornos importantes en la instalación como veremos, por lo que sus límites son muy variables.

Como una primera aproximación se puede decir que la presión mínima en la acometida o a pie de un edificio debe de ser:

$$P \geq 1,20 \cdot H + P_r$$

siendo:

$P$ =presión disponible en la red (m.c.a)

$H$ =altura geométrica del edificio (m)

$P_r$ =Presión residual; que será igual a 10 m.c.a. si el punto de consumo más desfavorable es un grifo, y 15 m.c.a. si es un calentador instantáneo o un fluxor.

Si la presión no es suficiente será preciso impulsar el caudal de agua con una bomba, el cual se calculará en función del tipo de equipo que se vaya a utilizar y del caudal y las presiones de servicio.

Pero en el caso que la presión fuese excesiva al valor máximo permitido, es decir, superior a 5 atm (50 m.c.a), entonces sería necesario utilizar válvulas reductoras de presión. Presiones superiores a esta presión máxima supondrían problemas de velocidad graves, ademas de golpes de ariete y trepidaciones en la instalación por lo que es recomendable que las presiones de trabajo se mantengan en el rango de: 35 a 45 m.c.a.

También como regla general puede suponerse que la presión en la acometida es adecuada cuando, expresada en metros excede en 12 o 15 m la altura del inmueble.

#### 4. ELECCIÓN DE LA VELOCIDAD

La elección de la velocidad del agua es un factor que se debe ponderar cuidadosamente.

Unos de los problemas asociados a la velocidad, es la rumorosidad asociada a la circulación del agua en el interior de la tubería. Cuanto mayor sea la velocidad menor serán los diámetros pero mayor será el ruido que provocará el agua en el interior de la tubería. Por tanto desde el punto de vista de un buen diseño se deben de elegir:

Velocidades bajas \_\_\_\_\_ En ramales de enlace y derivaciones.

Velocidades medias \_\_\_\_\_ En columnas

Velocidades altas \_\_\_\_\_ En distribuidores y tubos de alimentación.

Para tuberías de pequeño diámetro la velocidad debe mantenerse entre valores de 0.5 – 1.5 m/s; ya que por debajo de estos valores se producen incrustaciones y por encima resultan muy ruidosas. De forma particular es aconsejable que en derivaciones interiores la velocidad no supere un valor de 1 m/s. Mientras que para tuberías de gran diámetro la velocidad puede mantenerse entre 2 y 3 m/s.

Lo deseable sería:

TRAMO	VELOCIDAD
Distribuidores y acometida	2 – 3 m/s (aunque el valor de 3 m/s no es muy aconsejable)
Montantes	≈ 1 m/s
Sótanos, dependencias de poco uso y cámaras de instalaciones	≥ 2 m/s
Derivaciones de viviendas	0.60 – 0.80 m/s (con valores < 1 m/s)

Hay que tener en cuenta, también el tipo de material de las tuberías para no exceder el siguiente rango:

- i) tuberías metálicas: entre 0,50 y 2,00 m/s
- ii) tuberías termoplásticas y multicapas: entre 0,50 y 3,50 m/s

El diámetro y la velocidad quedan relacionados mediante una ecuación cinética denominada, ecuación de continuidad, la cual relaciona el caudal de la tubería con la velocidad del fluido por la misma y la sección de dicha tubería:

$$Q \text{ (l/s)} = v(\text{dm/s}) \cdot S(\text{dm}^2)$$

Siendo:  $Q = \text{caudal (l/s)}$ ;  $v = \text{velocidad (dm/s)}$ ; y  $S = \text{sección} = \pi \cdot D^2/4 \text{ (dm}^2\text{)}$

El diámetro de cada tramo se podría deducir a partir de esta ecuación, pero se usan ábacos o tablas en los cuales se conocerá el diámetro a partir de  $Q$  y  $V$ , y además nos dan el valor de la pérdida de carga lineal de esa conducción, la cual nos será necesaria para calcular la perdidas de presión admisible en la conducción; como ya se verá más adelante.

## 5. DIMENSIONADO DE LAS CONDUCCIONES.

Sea cual sea el método utilizado para realizar el dimensionado de las conducciones de la instalación siempre se va a realizar una división de la instalación en diferentes tramos; pudiéndose llegar a simplificar la instalación en:

1. Tres tramos para un trazado con contadores divisionarios centralizados:
  1. acometida general
  2. tubo de alimentación
  3. montante individual
2. Cuatro tramos para contadores por plantas:
  1. acometida general
  2. tubo de alimentación
  3. montante individual.

Las derivaciones individuales y los ramales de enlace a los aparatos, se suelen dimensionar a partir de las tablas de diámetros mínimos, dadas por la normativa. En todo caso siempre se tiene que tener en cuenta estos diámetros mínimos, aunque se haga el dimensionamiento por otra metodología, ya que los diámetros de estos tramos de alimentación no pueden ser inferiores a estos valores.

*Diámetros mínimos de alimentación según CTE<sup>1</sup>*

Tramo considerado	Diámetro nominal del tubo de alimentación	
	Acero ("")	Cobre o plástico (mm)
Alimentación a cuarto húmedo privado: baño, aseo, cocina.	$\frac{3}{4}$	20
Alimentación a derivación particular: vivienda, apartamento, local comercial	$\frac{3}{4}$	20
Columna (montante o descendente)	$\frac{3}{4}$	20
Distribuidor principal	1	25
< 50 kW	$\frac{1}{2}$	12
Alimentación equipos de climatización	$\frac{3}{4}$	20
50 - 250 kW	1	25
250 - 500 kW	$1\frac{1}{4}$	32
> 500 kW		

*Diámetros mínimos de ramales de enlace<sup>1</sup>*

Aparato o punto de consumo	Diámetro nominal del ramal de enlace	
	Tubo de acero ("")	Tubo de cobre o plástico (mm)
Lavamanos	$\frac{1}{2}$	12
Lavabo, bidé	$\frac{1}{2}$	12
Ducha	$\frac{1}{2}$	12
Bañera <1,40 m	$\frac{3}{4}$	20
Bañera >1,40 m	$\frac{3}{4}$	20
Inodoro con cisterna	$\frac{1}{2}$	12
Inodoro con fluxor	$1-1\frac{1}{2}$	25-40
Urinario con grifo temporizado	$\frac{1}{2}$	12
Urinario con cisterna	$\frac{1}{2}$	12
Fregadero doméstico	$\frac{1}{2}$	12
Fregadero industrial	$\frac{3}{4}$	20
Lavavajillas doméstico	$\frac{1}{2}$ (rosca a $\frac{3}{4}$ )	12
Lavavajillas industrial	$\frac{3}{4}$	20
Lavadora doméstica	$\frac{3}{4}$	20
Lavadora industrial	1	25
Vertedero	$\frac{3}{4}$	20

El dimensionado de las conducciones no solo supone el cálculo del diámetro de la conducción, sino también el valor de la pérdida de carga que se va a producir en ella y si este valor es admisible.

Los métodos de cálculo principales son:

- Método de las longitudes equivalentes.
- Método de cálculo con tablas directas. Que pueden ser a partir de:
  - N.B.I.A (derogada)
  - N.T.E (derogada)
  - Ajuste por velocidad

### 5.1 Método de las longitudes equivalentes

Hará un estudio exhaustivo de las pérdidas que se producen en cada uno de los tramos de la instalación, obteniendo así la presión residual al final de cada uno de ellos, y comprobando si la presión al final del tramo más desfavorable cumple con las condiciones mínimas de funcionamiento.

El método se desarrolla a partir de llenar la tabla que se presenta a continuación<sup>5</sup>:

Tramo	Q	D	V velocidad	j	L Longitud geométrica	$L_e$ Longitud equivalente de accesorios	$L_{te}$ Longitud equivalente total $L + L_e$	$L =$ $L_{te} \times j$	$P_i$ Presión inicial	$P_f - J$	$h$ + si baja (aumento presión) - si sube (resta presión)	$P_f$ Presión ↓ a comprobar
N. <sup>º</sup>	l/s	mm	m/s	mcda/m	m	m	m	mcda	mcda	mcda	mcda	mcda

Para llenar esta tabla es necesario conocer la pérdida de carga por metro lineal de las conducciones además de las pérdidas de carga de los elementos aislados.

#### A) PÉRDIDA DE CARGA POR UNIDAD DE LONGITUD

El valor de la pérdida de carga unitaria,  $j(mca/m)$ , nos dará el valor de la pérdida en función de los metros de conducción; mientras que la pérdida de carga  $J(mca)$ , nos proporciona el valor de pérdida de carga total, la cual se calculará a partir de la Fórmula de Flamant, cuya expresión es:

$$J(mca) = V^{1.75} (m/s) \times L(m) \times F \times D^{1.25}(m)$$

En ella el valor de la rugosidad,  $F$ , dependerá del material usado en la instalación pudiendo tomarse como coeficientes los valores siguientes:

- Tubería de acero galvanizado nueva  $F = 0,000700$
- Tubería de acero galvanizado en uso  $F = 0,000920$
- Tubería de fundición nueva  $F = 0,000740$
- Tubería de cobre nuevo  $F = 0,000560$
- Tubería de plástico nuevo  $F = 0,000540$

A partir de estos datos se han realizado una serie de ábacos (ábaco de Darles) deducidos de la fórmula de Flamant, mediante los cuales de una manera mecánica se obtienen las perdidas de presión unitaria,  $j$ , que se buscan con una aproximación suficiente. Existen ábacos característicos para cada tipo de tubería; debido a la rugosidad del material.

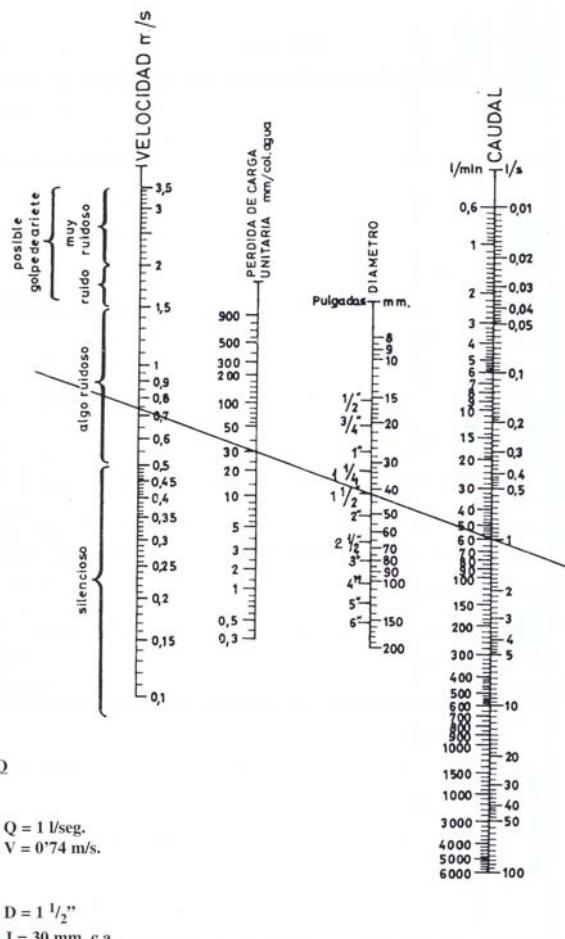
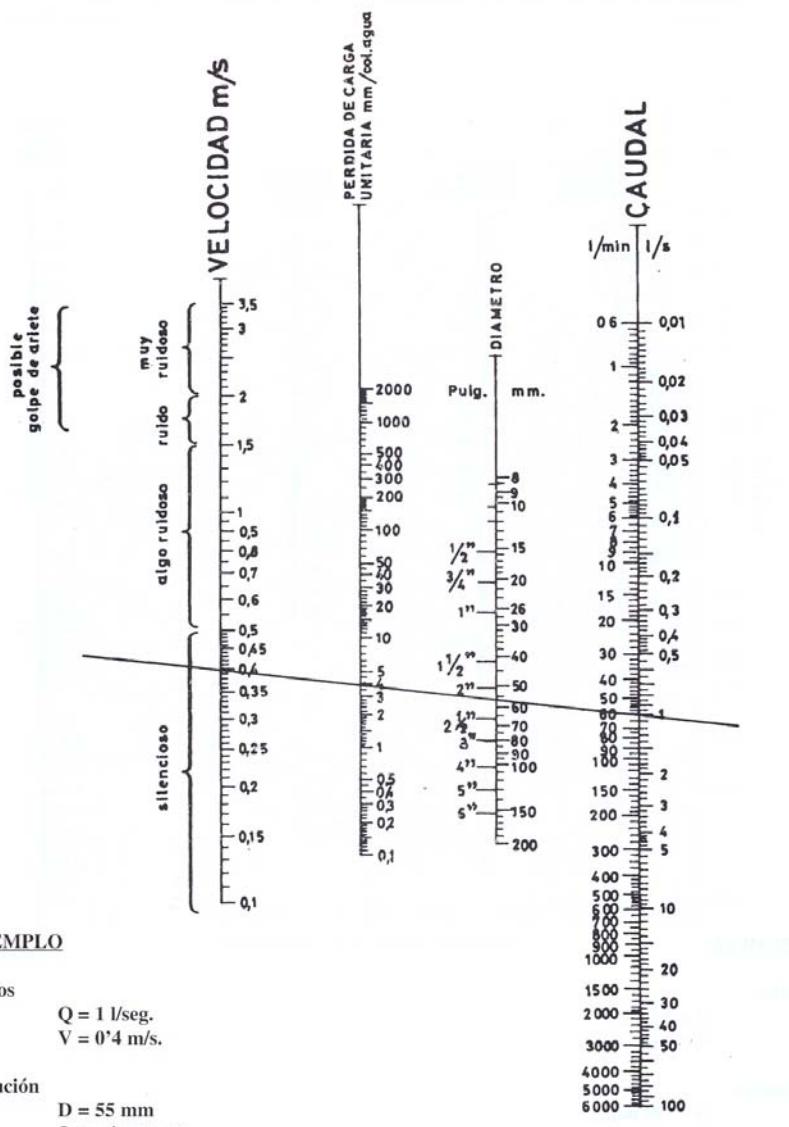
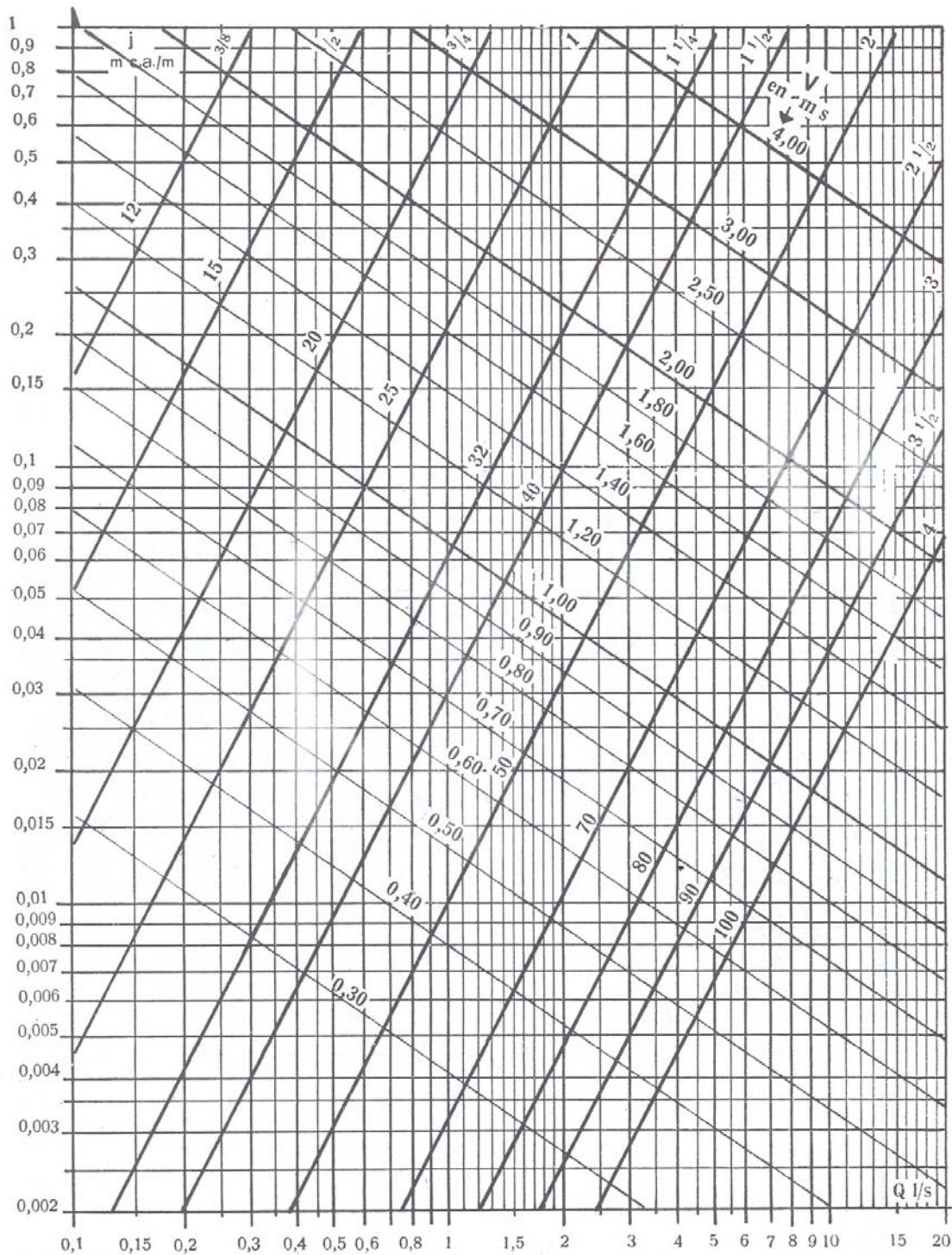


Fig. 106. Ábaco para el cálculo de tuberías de acero<sup>6</sup>.

Fig. 107. Ábaco para el cálculo de tuberías de cobre.<sup>6</sup>

En la práctica se simplifica adoptando para la fórmula de Flamant un único coeficiente de rugosidad, sea cual sea el tipo de material, dando lugar a un **Ábaco Universal para las conducciones de agua fría**. La razón de esta simplificación se basa en la consideración de que pasado un cierto tiempo de utilización de la instalación la rugosidad relativa interna de las conducciones no es la del metal original, sino la de los depósitos del agua que se habrán almacenado sobre las paredes internas de las tuberías y que serán muy similares en todas ellas.



Esto supone grandes simplificaciones, ya que aunque las condiciones del agua (temperatura media, densidad, viscosidad, etc.) son variables, lo cierto es que se ha podido comprobar empíricamente su utilidad en numerosas ocasiones con tuberías rugosas.

En el caso de que las tuberías sean lisas, resulta adecuado utilizar un diámetro inmediatamente inferior al obtenido en dicho ábaco.

Para un correcto dimensionado de la instalación, se debe de tener en cuenta, que las pérdidas de carga unitaria obtenidas en los diferentes tramos estén dentro de los siguientes rangos:

- Conducciones enterradas: 0,10 a 0,35 mcda/m .
- Conducciones al exterior, para locales de poco uso 0,07 a 0,20 mcda/m.
- Conducciones en las viviendas: 0,02 a 0,15 mcda/m.

## B) CÁLCULO DE LAS PÉRDIDAS DE CARGA DE ELEMENTO AISLADOS.

Para el cálculo de las pérdidas de carga aisladas, es decir, las producidas por las piezas especiales tales como accesorios, derivaciones, curvas, cambios de sección, etc.

Existen tres sistemas para calcular estas perdidas de carga:

1. método cinético. Con el cual no compensa el tiempo dedicado a su desarrollo frente a la exactitud obtenida en el cálculo.
2. método de las longitudes equivalentes. Es menos riguroso, pero de aplicación directa. Ya que a cada elemento se le asocia una longitud L de tubería correspondiente al diámetro, que supondrá una pérdida de carga en conducción equivalente a la pérdida de carga que produciría el elemento.

Clase de resistencia aislada	Diámetros de las tuberías (") (mm)												
		3/8 10	1/2 15	3/4 20	1 25	1 1/4 32	1 1/2 40	2 50	2 1/2 65	3 80	4 100	5 125	6 150
	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	3,43
	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 de pistón	0,20	0,30	0,55	0,75	1,15	1,50	1,90	2,65	3,40	4,85	6,60	8,30
	válvula retención paso de escuadra	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 de compuerta abierta	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 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	3,35	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	—	—	—	2,1	5	12,5	13,2	14,2	25	—	—	—
	radiador	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00	5,75	6,50	7,00	7,50	8,00	10,00
	radiador con valvulería	3,75	4,40	5,25	6,00	6,75	7,50	8,80	10,10	11,40	12,70	14,00	15,00
	caldera	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00	5,75	6,50	7,00	7,50	8,00	10,00
	caldera con valvulería	3,00	4,20	4,90	5,60	6,30	7,00	8,00	8,75	9,50	10,00	11,00	12,00
	contador general individual o divisionario	4,5	m.c.d.a.	10	m.c.d.a.								

Fig. 109. Tabla de las longitudes equivalentes para los elementos de las conducciones de agua<sup>5</sup>.

3. Mediante el aumento a las pérdidas de rozamiento en tuberías en consideración a las pérdidas locales de los circuitos correspondientes. Es decir, suponer un aumento de entre un 20 a un 30% de las pérdidas de rozamiento en tuberías en un tramo determinado.

Volviendo de nuevo a la tabla de predimensionamiento del método de longitudes equivalentes, llenar dicha tabla es bastante sencillo, considerando siempre que

cuantos más tramos se hayan previsto, más exacto resultará el cálculo.

Tramo	Q	D	V velocidad	j	L Longitud geométrica	$L_a$ Longitud equivalente de accesorios	$L_{te}$ Longitud equivalente total $L + L_a$	$L =$ $L_{te} \times j$	$P_i$ Presión inicial	$P_f$ Presión final	$h$ + si baja (aumento presión) - si sube (resta presión)	Pf Presión ↓ a comprobar
N. <sup>º</sup>	l/s	mm	m/s	mcda/m	m	m	m	mcda	mcda	mcda	mcda	

El sistema recomendable es obtener una primera tabla para la acometida y distribuidor principal del edificio y una segunda, para el montante más desfavorable.

Los diámetros de las derivaciones se pueden obtener directamente, por Norma, pero para una mayor seguridad, se puede realizar una tercera y último tabla de cálculo para la vivienda más desfavorable.

Obtenidos los caudales el dato más significativo es la velocidad a partir de la cual y según el Ábaco universal de agua fría se determina el diámetro y las pérdidas de carga unitaria "j" en mcda.

La columna de la tabla que indica la longitud geométrica, se obtiene por medición. Mientras que la longitud equivalente de los accesorios, se obtendrá mediante la tabla expuesta anteriormente. Siendo la longitud equivalente total en cada uno de los tramos la suma de ambos.

La pérdida de carga en el tramo se obtendrá de multiplicar este valor de longitud total por la cifra obtenida anteriormente en el ábaco universal como j, en función de Q, V y el diámetro. Esta perdida de carga se deberá restar de la inicial del tramo para obtener la presión resultante final deberemos comprobar como adecuada en los grifos correspondientes.

## 6. TRAZADO DE LA INSTALACIÓN EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES

En el caso frecuente, de instalaciones en viviendas unifamiliares de más de una planta (así como en los dúplex), las derivaciones no quedan definidas en la normativa, en cuanto a su tendido se refiere, salvo que se pueda hacer el tendido por el techo de la planta más alta.

La solución más recomendable es la de realizar la instalación mediante la previsión de montantes independientes para cada una de las plantas y disponer de una válvula antirretorno en cada una de ellas, garantizándose así la imposibilidad de retornos.

Aunque ello es un encarecimiento de la red, lo ideal es que estos montantes sean, además, independientes para cocinas y aseos higiénicos, de forma que haya una independencia total de los distintos suministros.

El ramal de cada piso debe poseer llave de paso, situada lo más cerca posible de la columna, pero aunque no sea así, en todos los casos, debe de existir una llave de paso en locales comunes o en el mismo lugar que están los aparatos que alimenta.

En el caso concreto de estas viviendas, la derivación particular se mantendrá sin reducciones de diámetro, es decir, con la sección constante que se haya obtenido mediante el correspondiente cálculo, siendo las derivaciones a cada local húmedo de un diámetro mínimo de 20 mm (3/4") manteniéndose con este valor hasta las últimas derivaciones de aparato, actuando, por tanto, como un colector de distribución.

Con esta solución se mantiene la presión lo más uniforme posible a lo largo del mismo, y desde el colector así dimensionado partirán las bajadas a los aparatos con las dimensiones que indica la norma. Además se podrá vaciar completamente la red de derivaciones y ramales por el grifo más bajo, si fuera necesario siempre y cuando se tenga un tendido en distribución superior.

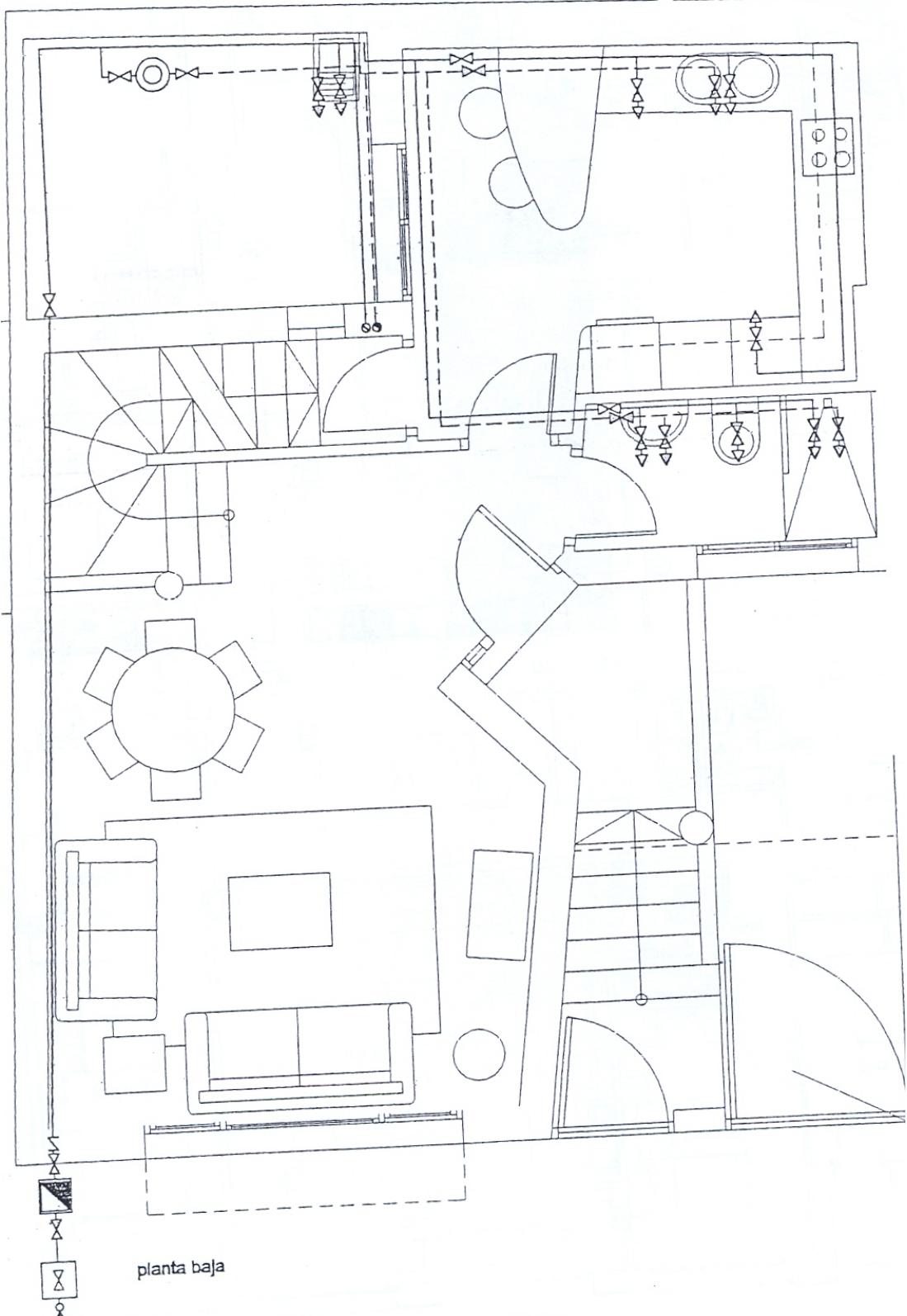


Fig. 110.



# Bibliografía

1. Código Técnico de la Edificación. Ministerio de la Vivienda. Marzo 2006. (RD 314/2006 de 17 de marzo).
2. RITE + Instrucciones Técnicas Complementarias. RD 1027/2007 20 de julio (BOE nº 207, 29 de agosto 2007).
3. Resumen de normas UNE.
4. Instalaciones de Fontanería, Saneamiento y Calefacción. Franco Martín Sánchez. 4<sup>a</sup> edición. 2007.
5. Cálculo y normativa básica de las instalaciones en los edificios. J.L. Arizmendi Barnes. Ed.: Eunsa. 6<sup>a</sup> edición. 2000.
6. Nuevo Manual de Instalaciones de Fontanería y Saneamiento. Franco Martín. Ed. A. Vicente 2007.
7. Instalaciones en la edificación y su ejecución. E. Maestre Gordo; J.A. López Davó. Gabinete Técnico del COAATMU. 2001.
8. Instalaciones de fontanería. M. Roca Suárez , J. Carratalá y J. Solís Robaina. Univ. De las Palmas de Gran Canaria. 2005.
9. Instalaciones sanitarias. Pedro M<sup>a</sup> Rubio Requena. 1974.
10. Manuales técnicos ROCA.
11. Pliego de especificaciones técnicas para tuberías. Serie normativa 2001.
12. Catálogos comerciales.
13. NTE. Instalaciones 1<sup>a</sup> Parte. Ministerio de Fomento. 2002.
14. Manual de instalaciones de calefacción por agua caliente. Franco Martín Sánchez. AMV ediciones. 3<sup>a</sup> edición. 2008.



# *Instalaciones de evacuación y saneamiento en edificación*





## INSTALACIONES DE EVACUACIÓN Y SANEAMIENTO EN EDIFICACIÓN

### 1<sup>a</sup> Parte

#### CARACTERÍSTICAS Y EJECUCIÓN DE LA INSTALACIÓN

##### 1. INTRODUCCIÓN

La red de evacuación de aguas residuales, nace como una necesidad complementaria a la red de agua fría, ya que después de introducir el agua en el edificio y cumplimentada su misión higienizadora en las distintas funciones del mismo, es preciso dar salida a estas aguas al exterior, lo cual implica la necesidad de una red interior de evacuación que a nivel local de aparato sanitario y progresivamente a nivel de conjunto de aparatos (vivienda) y grupos de viviendas (edificio) va aumentando, hasta constituir toda una instalación, que va recogiendo, los distintos vertidos y los unifica en un punto (pozo de acometida), para darles salida a otra red a nivel urbano, que es la red de alcantarillado, que de igual forma que la red interior, agrupa los desagües de cada edificio, ésta agrupa los desagües de todos los edificios de un núcleo urbano y los canaliza hasta una última instalación de depuración y vertido que finaliza en una corriente superficial (río), o bien directamente, o a través de esta corriente al mar; cerrándose el ciclo que se inició, con la evaporación de esta masa de agua del mar, que dio origen a las captaciones de la red de agua fría, como aguas meteóricas, superficiales o subterráneas.

##### 1.1 Normativa Básica.

La evacuación de las aguas residuales es un requisito indispensable, en todos los casos de habilitación de un edificio. No existía hasta ahora una normativa básica específica para las instalaciones interiores de evacuación, sin embargo se hacía referencia a esta instalación en otras normativas y especialmente en todas las ordenanzas municipales, donde se define con precisión.

La nueva normativa que hace referencia explícita a las instalaciones de evacuación, y que hay que tener a la hora de diseñar dichas instalaciones es:

- **El código técnico de la edificación** (CTE) en su apartado de salubridad (HS); tiene una sección específica a dicha instalación, titulada Evacuación de aguas, donde se especifican el ámbito de aplicación de dicha normativa, caracterización y cuantificación del nivel

exigencia que se le exige a la instalación, el diseño y las partes de las que consta la instalación, dimensionado y el modo de llegar a cabo la implantación de dicha construcción.

Otras de las normativas que hasta ahora se tenía en cuenta son:

- **Las Ordenanzas Municipales** hacen referencia a la forma de evacuar las aguas residuales y el estado de los vertidos, los cuales deben llegar en el mejor estado posible a la propia red de saneamiento, así por ejemplo los sistemas de desagües de garajes y aparcamientos deben llevar un sistema de depuración de grasas previa a la acometida general de la red para evitar atascos y retenciones. Esta normativa tiene un importante peso a la hora de realizar la instalación junto con el CTE.
- **NTE** (Normas Técnicas de la Edificación), es una documentación de gran valor para el proyecto, por su sencillez y por la claridad en que se recogen los conceptos fundamentales de todo tipo de instalaciones, no solo de las instalaciones de evacuación y saneamiento. Y aunque esta normativa, como ya se ha indicado en otras ocasiones, no es de obligado cumplimiento suele ser de bastante utilidad en muchas ocasiones.
- **NBIA** (Normas Básicas de las Instalaciones Interiores de Agua), las cuales indicaban en su título segundo, la prohibición de un empalme directo de la instalación de abastecimiento de agua con cualquier conducción de evacuación de agua. También existían diferentes disposiciones relativas a los aparatos sanitarios tales como:
  - Vertidos de depósitos,
  - Aliviaderos de depósitos y bañeras,
  - Cubetas de inodoros, etc

Y en todos los casos manteniendo el criterio señalado anteriormente, de no empalmar directamente con los desagües de dichos aparatos sanitarios.

- **RITE** (Reglamento de las Instalaciones Térmicas en los Edificios). En el que se expone que cada uno de los locales o salas de máquinas deben de disponer de un desagüe eficaz. Si la evacuación no se realiza por gravedad, debe realizarse la previsión de un depósito o pozo de bombeo debidamente dimensionado. Este desagüe (que debiera ser como mínimo de un diámetro de 100 mm) tiene por objeto evacuar el fluido de caldeo en el caso de que haya una o más calderas y se produzcan sobrepresiones en las mismas o en los colectores de descarga. También son necesarios sumideros sifónicos en los locales destinados al almacenamiento de los combustibles.

## 2. CONCEPTOS BÁSICOS DE EVACUACIÓN.

### 2.1 Desagües de aparatos. Pendiente hidráulica.

El Saneamiento es la ciencia de evacuar del habitat del hombre, edificio o ciudad, las aguas por él introducidas con fines sanitarios o industriales, además de las aguas provenientes de los fenómenos metereológicos, y proceder tras los oportunos tratamientos, a su aprovechamiento y/o reincorporación al medio natural.

Por lo que en primer lugar se conduce por gravedad el agua contenida en los aparatos sanitarios o la lluvia de las cubiertas, a conductos generales verticales o "abajantes", a partir de otros de menor diámetro denominados "**desagües**".

Los desagües trabajan normalmente a sección llena en la mayor parte de su recorrido, por lo que en sus paredes actúan presiones, que se materializarán, en el caso de orificios de diámetro mínimos, en una línea envolvente descendente desde la superficie libre del líquido hasta la caída libre en el bajante, como se puede ver en la figura 1, constituyendo la denominada "**pendiente hidráulica**" o "**piezométrica**" del desagüe, la cual es muy importante tener en cuenta a la hora de establecer las distancias de conexión con las tuberías de evacuación general o bajantes, y de la cual también dependen algunos problemas de obstrucción asociados a los desagües.

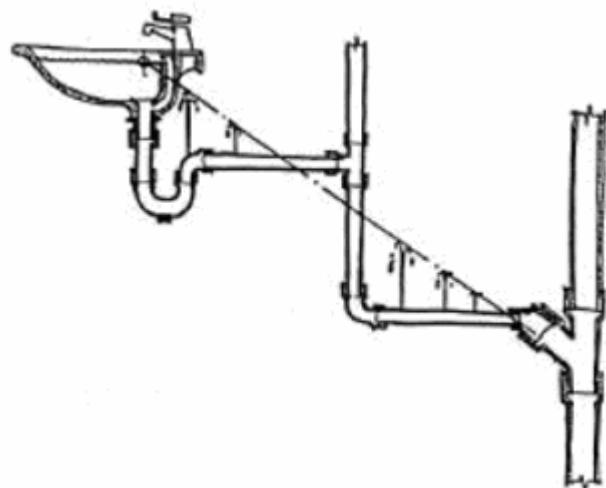


Figura 1. Pendiente hidráulica producida en la descarga de un desagüe de un aparato sanitario<sup>6</sup>.

## 2.2. Sifonado.

En Física se llama **sifón** a un tubo lleno de líquido, curvado en forma de "U" invertida con las ramas desiguales, en el que se produce una corriente a causa de la diferencia del peso del líquido que ocupa ambas ramas (figura. 2).

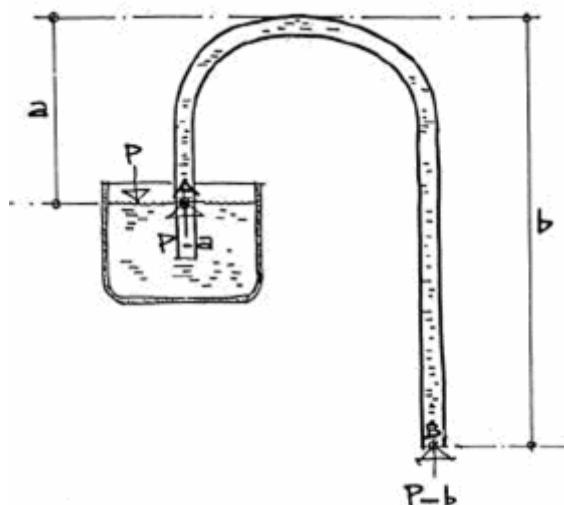


Figura 2. Sifón<sup>6</sup>.

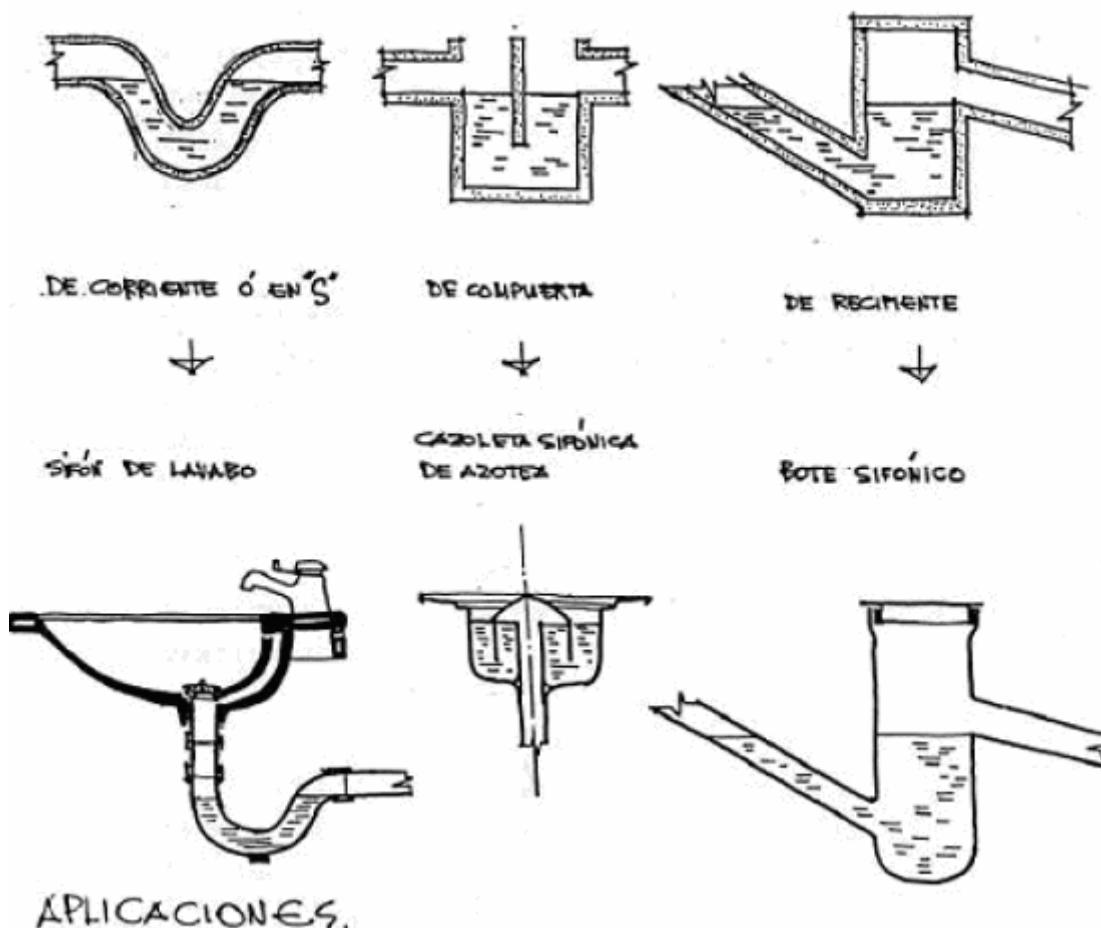
Expliquemos su funcionamiento, como sigue: La presión en el punto A será la atmosférica "P" menos la originada por el peso de la columna líquida "a"; y la presión en B será asimismo "P" menos la originada por el peso de la columna líquida "b", y se dará que  $P-a > P-b$ . Si se ha provocado una depresión inicial en el tubo, y el extremo corto está introducido en un recipiente con líquido, se producirá el referido movimiento de A hacia B, continuando dicho movimiento hasta que por el extremo del ramal corto entra aire.

Así, cualquier ventilación o agujero practicado en el conducto que pusiera la vena líquida en contacto con la atmósfera, detendría el funcionamiento del sifón o "sifonado".

### 2.3. Cierres hidráulicos.

Un cierre hidráulico consiste en una depresión o punto bajo de un sistema de desagüe tal que, reteniendo una porción de agua, impide el paso de los gases nefíticos de la red de saneamiento hacia las válvulas de los aparatos o puntos de recogida de las aguas pluviales. Las formas básicas más usuales y sus aplicaciones en las redes se representan en la figura 3.

#### FORMAS.



#### APLICACIONES.

Figura 3. Diferentes cierres hidráulicos<sup>6</sup>.

De todos ellos, el primero que se ve en la figura retiene la última porción del líquido que ha sido desaguado, mientras que los restantes actúan frecuentemente por

reboso del líquido que llega al cierre. Estos últimos, llamados también antisucción, inicialmente resisten mejor los fenómenos que provocan la destrucción del cierre hidráulico, pero tienen el inconveniente de acumularse en ellos suciedad, y así perder sus cualidades por lo que son rechazados por muchos reglamentos de países anglosajones.

En España son de uso generalizado pues reducen, como veremos más adelante, los sistemas de ventilación. Como regla genérica no deben utilizarse en redes de desagües de fregaderos, piletas, lavavajillas y lavadoras, duchas de playa y otras instalaciones proclives a la formación de posos; tampoco, por obvias razones higiénicas, como cierre hidráulico de urinarios, ni inodoros.

#### 2.4. Problemas de sifonado en los cierres hidráulicos.

La función de los cierres hidráulicos puede ser anulada por el fenómeno de sifonado. De ello proviene la inapropiada denominación de "sifón" con que se denomina a los cierres hidráulicos, así como los nombres de "bote sifónico", "sifón de botella", "cazoleta sifónica", etc., con el que se designan a los restantes auxiliares que nos podemos encontrar en este tipo de instalaciones.

En la figura 4 podemos observar como, al llenarse el conducto de agua, se produce el necesario fenómeno de sifonado en un cierre hidráulico en "S" entre los puntos A y B, y en la segunda figura se observa como después de la descarga o sifonado el cierre hidráulico ha sido destruido, ya que dejaría pasar gases y vapores de las conducciones de evacuación al interior del local húmedo.

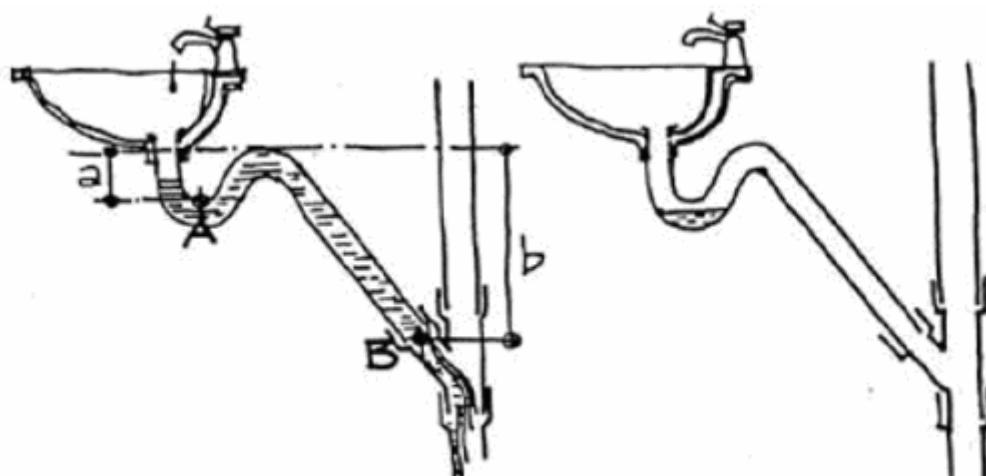


Figura 4: Pérdida del cierre hidráulico<sup>6</sup>.

Las soluciones a este problema consisten en:

- Sobredimensionar el conducto para que el agua no descienda a sección llena; cuestión antieconómica y problemática con recipientes de gran concavidad.
- Colocar el punto B más alto que el A (figura 5), cuestión no siempre viable constructivamente.
- Por último, proceder a la ruptura del sifonado mediante la llamada "ventilación terciaria" (figura 6).

Dicha ventilación, se realiza a través de un conducto a presión atmosférica, el cual es aconsejable situarla por encima de la pendiente hidráulica para evitar su obstrucción por suciedad.

Otras normas para el buen funcionamiento del sistema son las siguientes:

- Altura mínima del cierre hidráulico: 5 cm.
- $\varnothing$  mínimo del sifón y desagüe: 2,5 cm.
- Registro en todos los sistemas de cierres hidráulicos.

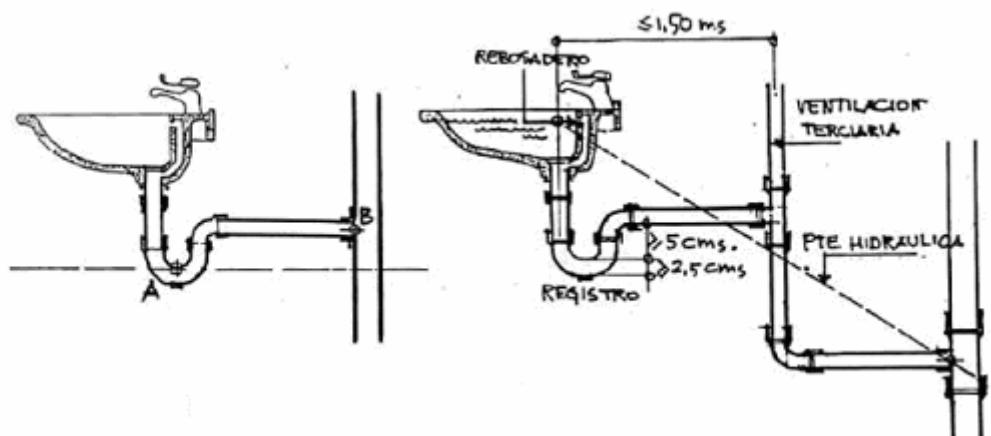


Figura 5.<sup>6</sup>

Figura 6.<sup>6</sup>

## 2.5 Autosucción.

Otro fenómeno que hay que tener en cuenta es el de la succión que origina sobre el cierre hidráulico el paso del último tramo del líquido, actuando a modo de émbolo. Los esquemas que siguen aclaran conceptos y ahorran palabras. Habrá más demanda de líquido en el segundo caso que en el primero, por lo que si la distancia

AB es superior a 1.50 m. habrá que interponer una ventilación terciaria como ya he indicado en la figura 6.

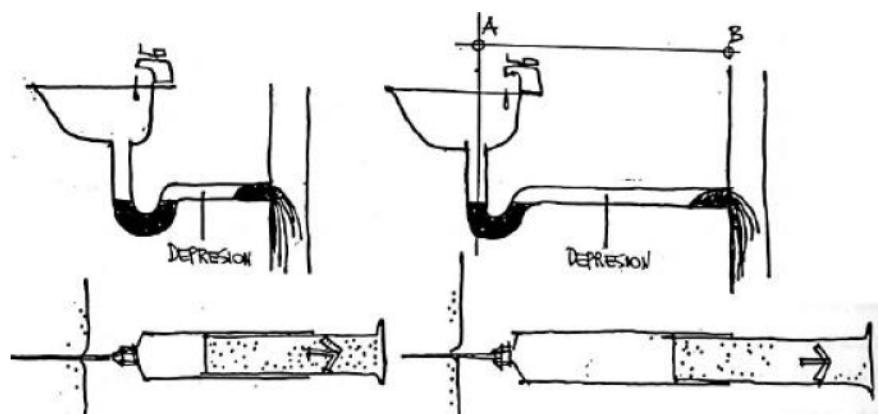


Figura 7: Autosucción en los desagües<sup>6</sup>.

Algunos autores indican distancias no superiores a 1 m., incluso si el cierre hidráulico está constituido por un bote sifónico, aunque este valor no se impone, excepto para los desagües de inodoros.

En algunos casos este fenómeno subsiste, incluso cuando el agua no discurre por el tubo a sección llena, y más adelante veremos como se puede subsanar.

## 2.6 Aplicaciones del sifonado en los cierres hidráulicos de los inodoros.

En los últimos 20 años se ha extendido la aplicación del fenómeno del sifonado a los inodoros que se denominan, en tal caso, "sifónicos" y que presentan grandes ventajas sobre los denominados "no sifónicos" al eliminar con garantías las materias fecales en suspensión. Su esquema de funcionamiento se representa en la figura 8:

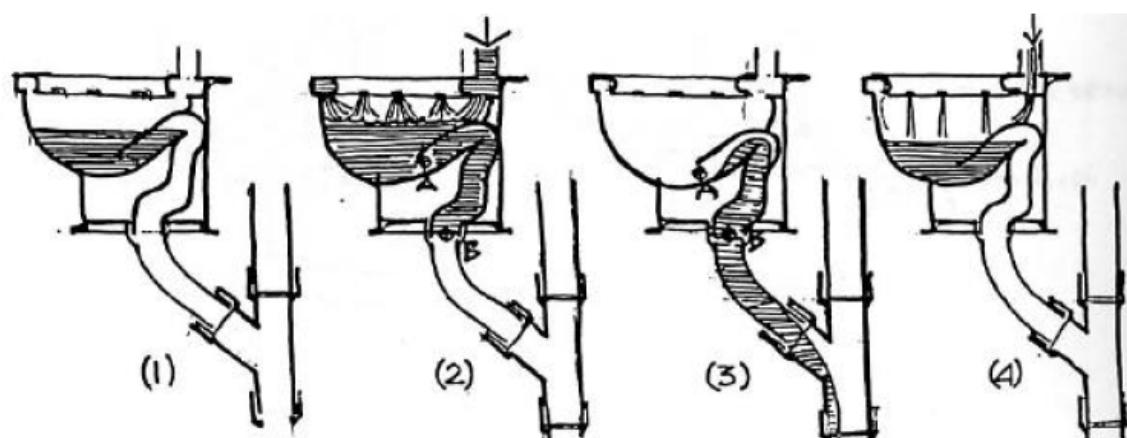


Figura 8: Esquema de funcionamiento de un inodoro sifónico<sup>6</sup>.

Inicialmente el cierre hidráulico se encuentra en la posición (1); al realizarse la descarga del tanque (15-20 litros, con un caudal de 2 l/seg) el vaso se llena bruscamente (2) provocándose el sifonado entre los puntos A y B, lo que arrastra toda la materia en suspensión (3). El cierre hidráulico es restituido mediante un pequeño chorro complementario a la descarga (4). En el breve momento en que se destruye el cierre hidráulico el aire es arrastrado por la vena líquida, debido a la depresión propia del fenómeno, por lo que no existe peligro de paso de olores de la red al local.

Se deben colocar tanques con capacidad no inferior a los 15 litros o caudales de descarga, en el caso de fluxores, no inferiores a 1,5 l/seg.

### 3. AGUAS DE EVACUACIÓN

Con este nombre, se denominan el conjunto de aguas que vierten en la red de evacuación. Las diferencias que se presentan en la clasificación de las aguas son numerosas, pero según su procedencia y las materias orgánicas que transportan, podemos dividir en tres clases, las aguas de evacuación de un edificio normalmente de viviendas:

- a) **Aguas usadas o sucias**, que son las que proceden del conjunto de aparatos sanitarios de vivienda (fregaderos, lavabos, bidés, etc.), excepto de inodoros o placas turcas. Son aguas con relativa suciedad y arrastran muchos elementos en disolución, así como grasas, jabones detergentes, etc. En muchas referencias también se denominan, residuales o amarillas.
- b) **Aguas fecales o negras** que son aquéllas que arrastran materias fecales y orines procedentes de inodoros y placas turcas. Son aguas con alto contenido en bacterias y un elevado contenido en materias sólidas y elementos orgánicos.
- c) **Aguas pluviales o blancas**, que son las procedentes de la lluvia o de la nieve, de escorrentías o de drenajes. Son aguas generalmente bastante limpias.

En adelante distinguiremos entre las **aguas residuales y pluviales**, englobando las primeras las aguas usadas y las fecales.

De todo ello se deduce, que la red de evacuación interior se encuentra sometida a una gran afluencia de vertidos de muy distinta naturaleza y procedencia, lo que hace que este sometida a una fuerte agresividad por parte de estas aguas, y que obligue a una instalación muy esmerada y cuidada, con una gran calidad en los distintos materiales que la integran y un riguroso trazado y diseño, para que los vertidos sean retenidos el menor tiempo posible en la misma y le den salida rápida hacia el exterior del edificio, ya que este es el fin más importante que tiene que cumplir esta red, para conseguir correctamente su misión.

Es importante tener muy presente a la hora de proyectar y de realizar la red de evacuación de un edificio, la naturaleza un tanto singular de circulación de estas aguas, donde se puede decir que se combinan las consideraciones hidráulicas de circulación de fluidos, juntamente con las consideraciones neumáticas que origina el aire que acompaña a las descargas; su naturaleza, completamente intermitente, el régimen turbulento de las mismas, el trabajo a sección incompleta de las tuberías y la necesidad de una circulación por gravedad, determinan una imprecisión en las consideraciones hipotéticas de partida, que obliga a tenerse que basar en consideraciones empíricas y datos experimentales, para conseguir una circulación correcta, energética y eficaz. No podemos olvidar, por último, el carácter conflictivo de esta red, que a pesar de todas las consideraciones previsibles, al ser una red abierta, está sujeta siempre a la admisión de imprevistos, que en múltiples ocasiones originan atascos y averías, lo que obliga a disponer de una serie de registros y accesos posibles, que permitan su reparación con la menor incidencia al resto de las unidades de obra, ya que de lo contrario, su repercusión puede ser muy importante, tanto desde un punto de vista técnico como económico.

#### 4. PARTES PRINCIPALES DE LA RED INTERIOR DE EVACUACIÓN.

La red interior de evacuación de un edificio, consta de tres partes fundamentales:

1. El conjunto de **tuberías de evacuación**.
2. Los **elementos auxiliares** formados fundamentalmente por los cierres hidráulicos; sifones, sumideros y arquetas.
3. La **red de ventilación**.

Se estudiaran cada una de estas partes de forma independiente

#### 4.1 Tuberías de Evacuación.

El primer conjunto que constituyen las tuberías de evacuación, lo forman (figura 10), **los desagües, las derivaciones, las bajantes y colectores**.

- **Desagües**

Conducto que, arrancado de las válvulas u orificios de caída de los aparatos sanitarios, desembarca en otro conducto de mayor diámetro. Al desagüe de los inodoros, se le suele nombrar comúnmente como **manguetón** del inodoro.

Algunos autores introducen dentro de este concepto de desagüe a las derivaciones como una parte de dichos desagües.

- **Derivaciones.**

Son las tuberías horizontales con cierta pendiente, que enlazan los desagües de los aparatos sanitarios con las bajantes. Estas tuberías tendrán una pendiente mínima de un **2,5 %** y máxima de **10 %**, y normalmente discurren bajo el piso o empotradas sobre paramentos o cámaras de aire, o bien colgadas en falsos techos.

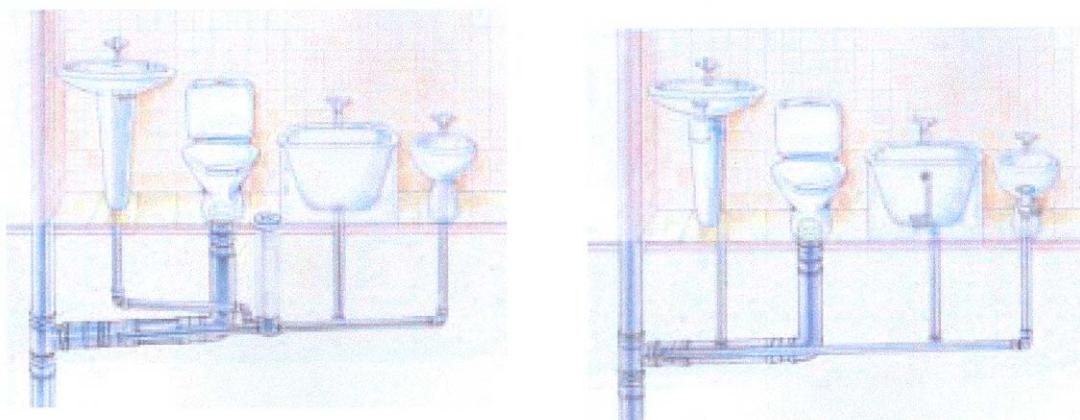


Figura 9. Conexión de las derivaciones a la bajante con y sin bote sofónico<sup>9</sup>.

Las derivaciones de diferentes aparatos sanitarios, se pueden agrupar **en un bote sifónico** o desaguar **directamente** a la bajante, en cuyo caso, se dispondrá un sifón por aparato sanitario, no obstante hay determinados aparatos sanitarios que es

preceptiva su unión directamente con la bajante, como son: **inodoros, vertederos y placas turcas**, y otros que es de buena disposición el que lleven sifón individual, como los **fregaderos, lavaderos y aparatos de bombeo**, tal como se indica en la figura 10.

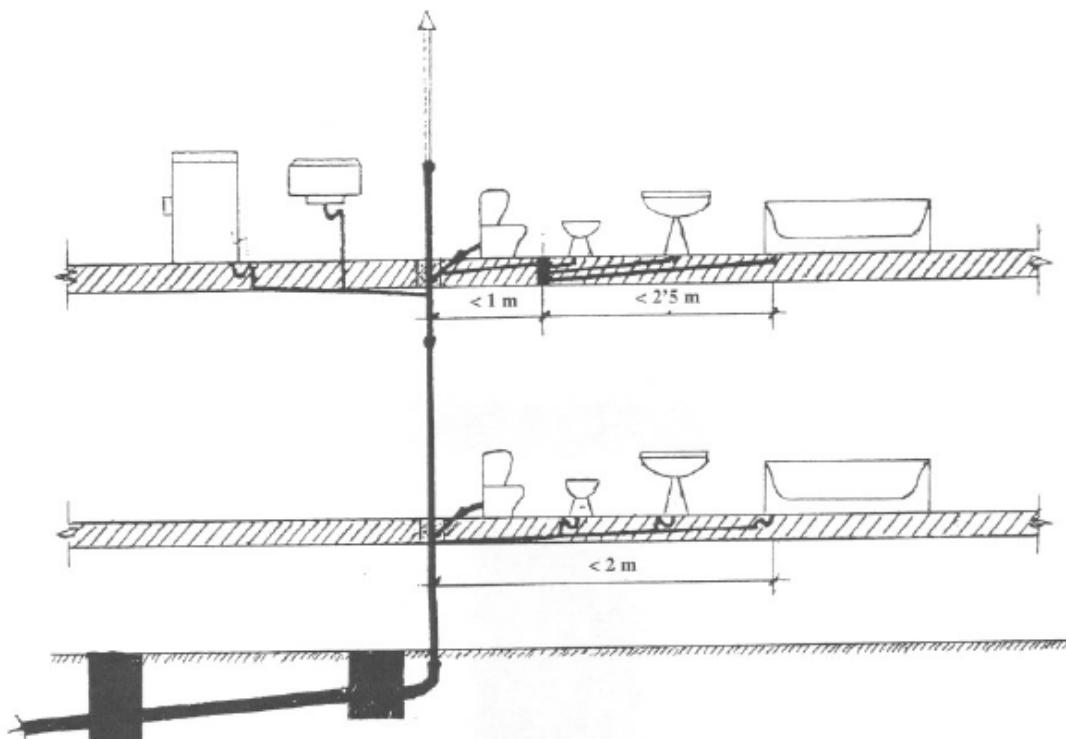


Figura 10. Conjunto de tuberías de evacuación<sup>2</sup>.

La distancias máximas que son aconsejables, se especifican asimismo en dicha figura, debiendo de estar el inodoro en un radio de 1 m alrededor de la bajante, mientras que el bote sifónico se puede encontrar en un radio de 2 m alrededor de la bajante, y las derivaciones más alejadas a 2'5 m del bote sifónico, con una pendiente comprendida entre el 2% y el 4%.

En la figura 11, se representan en planta, las derivaciones que se agrupan en un cuarto de baño alrededor del bote sifónico y la salida de éste hasta la bajante, que recoge las descargas constituyendo este conjunto de tuberías compuesta por los ramales de cada aparato sanitario, y la derivación del bote hasta la bajante, lo que se denomina la "pequeña evacuación", para distinguirla de la red horizontal de colectores, que representa la "gran evacuación". Obviamente también se abarca en esta pequeña evacuación, a las derivaciones de los fregaderos de cocinas y las máquinas como lavadoras y lavaplatos; aunque no es muy usual la utilización de botes sifónicos en cocinas, y en la nueva normativa indica que no es posible colocar cierres hidráulicos en serie.

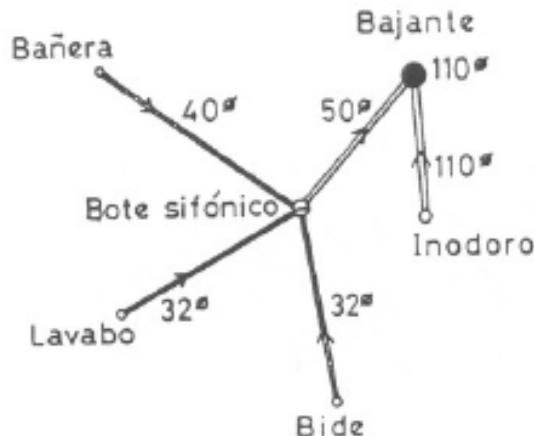


Figura 11. Derivaciones que se agrupan en un cuarto de baño (pequeña evacuación)<sup>2</sup>.

Para las redes de pequeña evacuación cuyos aparatos estén dotados de sifón individual deben tener las características siguientes:

- i) en los fregaderos, los lavaderos, los lavabos y los bidés la distancia óptima a la bajante estará en los 2,5 m pudiendo ser como máximo 4,00 m, con pendientes comprendidas entre un 2,5 y un 5 %;
- ii) en las bañeras y las duchas la pendiente debe ser menor o igual que el 10 %;
- iii) el desagüe de los inodoros a las bajantes debe realizarse directamente o por medio de un maniquetón de acometida de longitud igual o menor que 1,00 m, siempre que no sea posible dar al tubo la pendiente necesaria.

- **Bajantes**

Son las tuberías verticales que recogen el vertido de las derivaciones y desembocan en los colectores, siendo por tanto descendentes, éstas van recibiendo en cada planta las descargas correspondientes a los aparatos sanitarios que recogen en las mismas.

Las bajantes deben realizarse sin desviaciones ni retranqueos y con diámetro uniforme en toda su altura excepto, en el caso de bajantes de residuales, cuando existan obstáculos insalvables en su recorrido y cuando la presencia de inodoros exija un diámetro mínimo concreto. El cual no debe disminuir en el sentido de la corriente. Podrá disponerse únicamente de un aumento de diámetro cuando acometan a la bajante caudales de magnitud mucho mayor que los del tramo situado aguas arriba.

El principal problema de las bajantes es conseguir el sellado en las juntas, lo que se resuelve, según la clase de tubería utilizada; pero que en síntesis, suele ser una junta, por lo general, de enchufe y cordón como se indica en la figura 12. Es también importante la unión, perfectamente anclada a los paramentos verticales por donde discurren, siendo por lo general a base de abrazaderas, collarines o soportes, que permiten el que cada tramo de tubo sea autoportante, para evitar que los más bajos se vean sobrecargados. Estos tubos suelen discurrir empotrados, en huecos o en cajeados preparados para tal fin, o bien exteriormente adosados a los paramentos de patios interiores, patinillos, etc.

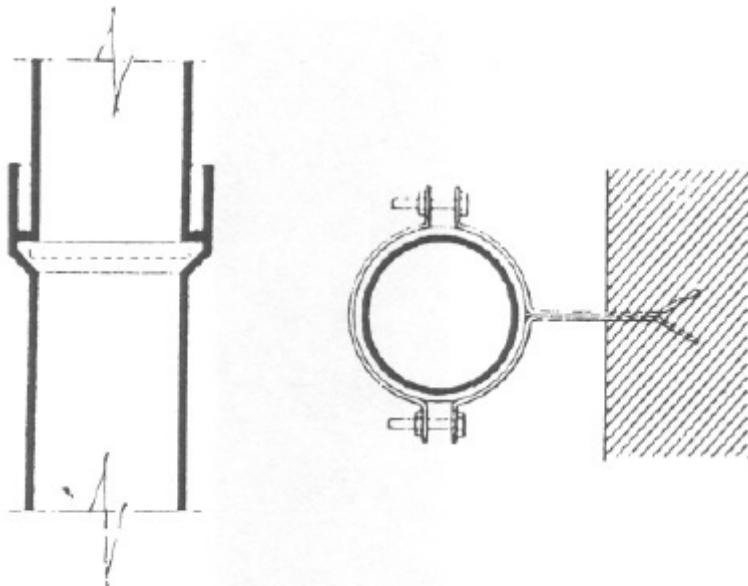


Figura 12. Unión en bajantes<sup>4</sup>.

El paso a través de los forjados, se debe de hacer con independencia total de la estructura, disponiendo un contratubo de fibrocemento con holgura, que posteriormente se rellena con masilla asfáltica, tal y como se indica en la figura 13.

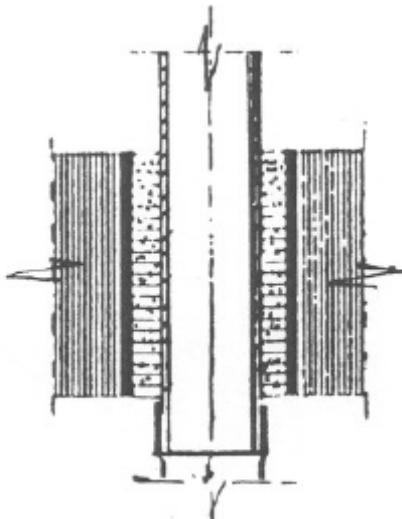


Figura 13. Bajante en paso a través del forjado<sup>3</sup>.

Las bajantes, por su parte superior se prolongarán siempre hasta salir por encima de la cubierta del edificio, para su comunicación con el exterior, disponiéndose en su extremo un remate que evite la entrada de aguas o elementos extraños. Cuando existan azoteas transitables, se prolongará como mínimo 2 m por encima del solado. Por su parte inferior, se une a una arqueta (arqueta de pie de bajante), y cuando la bajante sea exterior y de material poco resistente, se cubrirá hasta una altura de 2 m desde el suelo, con un contratubo resistente (generalmente de hierro fundido).

- **Colectores**

Son tuberías horizontales con pendiente, que recogen el agua de las bajantes y la canalizan hasta el alcantarillado urbano. La pendiente de los colectores será siempre superior a 1,5 %, si bien está muy condicionada por las cotas del alcantarillado urbano, teniendo en ocasiones unos límites demasiado estrictos, y en otras ocasiones, precisan pozos de resalto para alcanzar las cotas de este alcantarillado urbano.

Por lo tanto tendremos colectores enterrados y colectores colgados, cuando la cota del alcantarillado se encuentre por encima del nivel más bajo del local a evacuar.

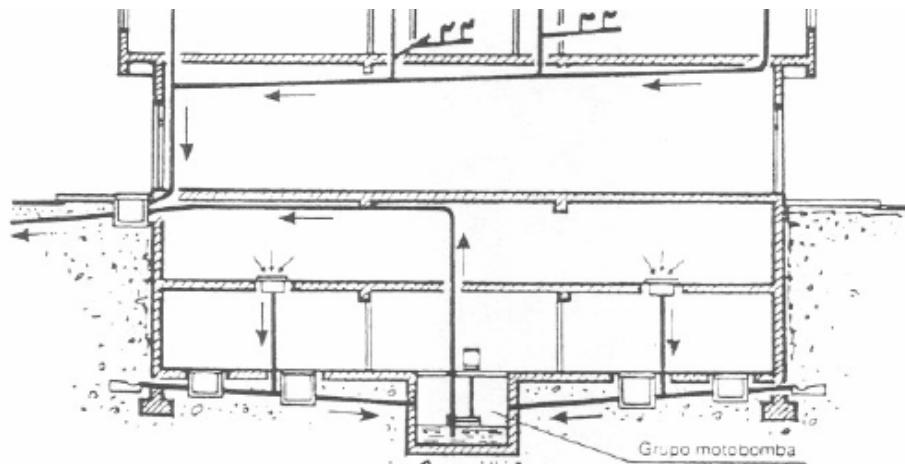


Fig. 13 bis. Red de colectores colgados y enterrados<sup>3</sup>.

- Colectores colgados

Este tipo de instalación, es una solución totalmente garantizada, siendo muy importante la utilización de un tipo de tubería que sea ligera y que disponga de unas juntas de estanqueidad total, al mismo tiempo que permita su fácil inspección y registro. Estos colectores se enlazan con las bajantes directamente, mediante una unión suave y orientada hacia el punto de vertido. No puede realizarse a partir de simples codos a no ser que estén reforzados.

En este caso, una buena disposición es la que se representa en la figura 14a, donde se ve la unión de la bajante con la red de colectores suspendida del forjado, y debido al compromiso de la instalación, la misma, se ha realizado con tubería de fibrocemento de presión y juntas de unión Gibault, que aseguran un cierre hermético y una duración grande, y por lo general, sin problemas.

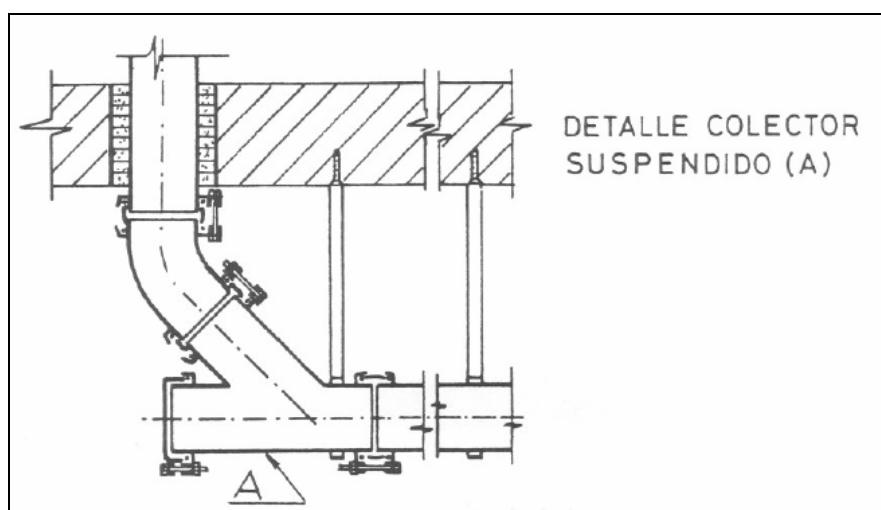


Figura 14a. Unión de la bajante con la red de colectores<sup>4</sup>.

Se debe tener en cuenta que la conexión de una bajante de aguas pluviales al colector en los sistemas mixtos, debe disponerse separada al menos 3 m de la conexión de la bajante más próxima de aguas residuales situada aguas arriba. Además dicha red de colectores colgados debe tener una pendiente del 1% como mínimo, y que no deben acometer en un mismo punto más de dos colectores.

En los tramos rectos, en cada encuentro o acoplamiento tanto en horizontal como en vertical, así como en las derivaciones, deben disponerse registros constituidos por piezas especiales, según el material del que se trate, de tal manera que los tramos entre ellos no superen los 15 m. La fijación de los colectores debe ser muy segura, para evitar que las descargas puedan producir desprendimientos o pérdidas de estanqueidad. Todo el conjunto se debe ocultar con un cielo raso de escayola o similar, si se encuentra en una zona habitable.

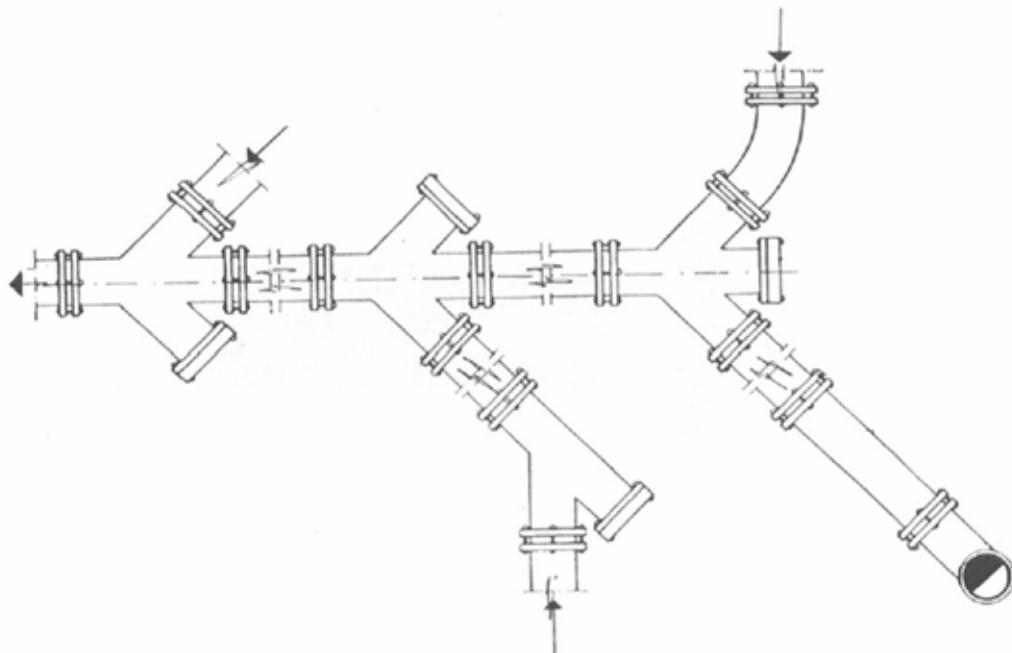


Figura 14b. Red de colectores colgados<sup>4</sup>.

- Colectores enterrados

Los colectores deben estar asentados sobre una solera de hormigón en masa, en el interior de las zanjas por donde discurren y disponer de un pequeño recalce de al menos 5 cm de hormigón, cubriéndoles con relleno por tongadas de 20 cm de espesor, tal y como se representa en la figura 15a.

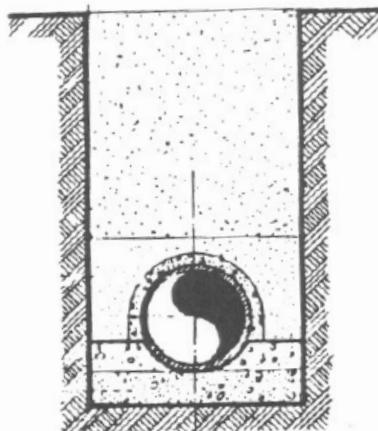


Figura 15a. Colector sobre solera<sup>2</sup>.

Esta red debe tener una pendiente del 2 % como mínimo. La acometida de las bajantes y los manguetones a esta red se hará con interposición de una arqueta de pie de bajante, que no debe ser sifónica. Se dispondrán registros de tal manera que los tramos entre los puntos contiguos no superen 15 m.

Las uniones de los tubos se deben hacer de forma estanca, utilizándose con mucha frecuencia en colectores de hormigón la junta de corchete (figura 15b), formada por rasillas y mortero de cemento de 100 Kg/cm<sup>2</sup>.

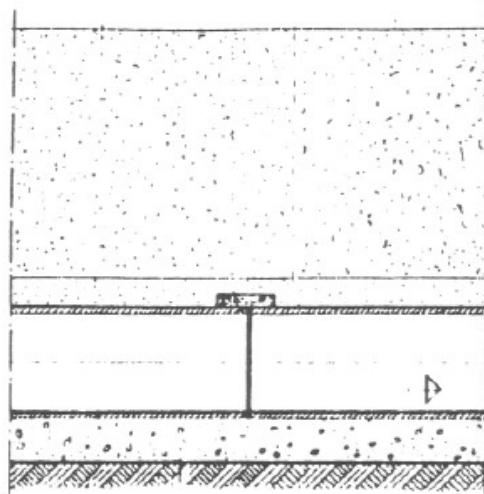


Figura 15b. Junta de corchete en el colector<sup>2</sup>.

La red horizontal de colectores, se dispondrá siempre por debajo de la red de aguas limpias, debiendo llevar en zonas de tránsito una profundidad mínima de 1,20 m y cuando sea preciso en estas zonas, se reforzará con un contratubo resistente.

- **Acometida**

Como norma cada edificio deberá tener su acometida independiente. La acometida en la mayoría de los municipios, normativamente se definirá y constará de las siguientes partes:

1. Arqueta interior o de arranque (pozo o arqueta general sifónica): que hará de enlace de la red del edificio con la tubería de entronque (debe estar en el interior del edificio en zona comunitaria), y registrable, es el último tramo de la red colectora y antes de conectar con el alcantarillado a través de la acometida.
2. tramo de tubería que va desde el límite de la propiedad hasta el alcantarillado; tubería de entronque: es la cometida en sí
3. El entronque con la red de alcantarillado. Se realiza de dos formas:
  - Taladro directo o pieza especial de conexión.
  - Pozo de registro o arqueta de registro general (pozo de encuentro o de acometida)

Las aguas pluviales y fecales de un edificio no contienen sustancias nocivas, aunque este aspecto, está cambiando sustancialmente a lo largo de estos últimos años. Así pues, suele bastar con realizar el pozo de registro o arqueta de registro general que recoge los caudales de los colectores horizontales, al interior o al exterior del edificio, desde donde parte el ramal principal o acometida hasta conectar con la red general. Todo esto en el caso de una solución de vertido por gravedad, pues el caso de evacuación forzada presenta una problemática diferente que analizaremos en el apartado correspondiente. En todos los casos, el diámetro de la acometida de todo edificio, debiera realizarse con un dimensionamiento mínimo de 200 mm.

La ubicación de este pozo suele ser difícil, especialmente cuando las ordenanzas del Municipio, exigen su previsión en el interior del perímetro construido del edificio, debiendo buscarse un patio o lugar de fácil acceso no habitable y lo más

próximo posible a la red general de alcantarillado. Ocasionalmente, la realización de un local, por ejemplo, de almacenamiento de bicicletas o coches de niño, en la planta baja puede resolver esta dificultad.

#### 4.2 Elementos auxiliares de la red de evacuación

Comprenden todos los elementos, accesorios a la red de evacuación, que permiten el funcionamiento correcto de la misma, destacando fundamentalmente los **sifones, sumideros, canalones, botes sifónicos, arquetas y pozos**, que con una misión específica cada uno de ellos, conjugan una evacuación rápida de las aguas, con una independencia que garantiza unas condiciones higiénicas adecuadas.

- **Sifones**

El sifón es el cierre hidráulico que impide la comunicación del aire viciado de la red de evacuación con el aire de los locales habitados donde se encuentran instalados los distintos aparatos sanitarios que desaguan en dicha red.

El **sifón**, además debe permitir el paso fácil de todas las materias sólidas que puedan arrastrar las aguas residuales. No debe representar una dificultad a la evacuación de estos materiales e impedir que queden retenidos en él, con posibilidad de acumulación y posible obstrucción.

Por ello, en su enlace con la bajante debe tener una adecuada pendiente hidráulica, acometiendo a un nivel inferior, al del propio sifón, para que arrastre todos los sólidos que tengan las aguas en suspensión, y además produzca un efecto auto limpiante. Aunque como ya se ha visto anteriormente hay que llevar cuidado con el posible efecto de sifonado en el cierre.

La característica más importante de un sifón, es su **cota de cierre o altura "a"** (figura 16), cuyo valor no puede ser ni demasiado pequeño (peligro de pérdida por los sifonamientos), ni demasiado grande (peligro de obstrucción), siendo el valor adecuado el comprendido entre **5 cm** como mínimo y **10 cm** como máximo, como ya se indicó anteriormente.

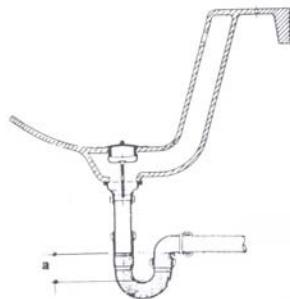


Figura 16. Cota o altura del sifón en reposo<sup>5</sup>.

En las siguientes figuras, se indican los tipos más diversos de sifones, que solucionan todos los casos de instalación, conjugando la salida de la válvula de desagüe del aparato sanitario y la acometida del sifón a su derivación o bajante. Destacamos los siguientes tipos:

- **Tipo P:** para salida vertical y enlace horizontal.
- **Tipo S:** para salida y enlaces verticales.
- **Tipo Q:** para salida vertical y enlace inclinado.
- **Tipo Y:** para salida horizontal y enlace inclinado.
- **Tipo U:** para salida y enlaces horizontales.

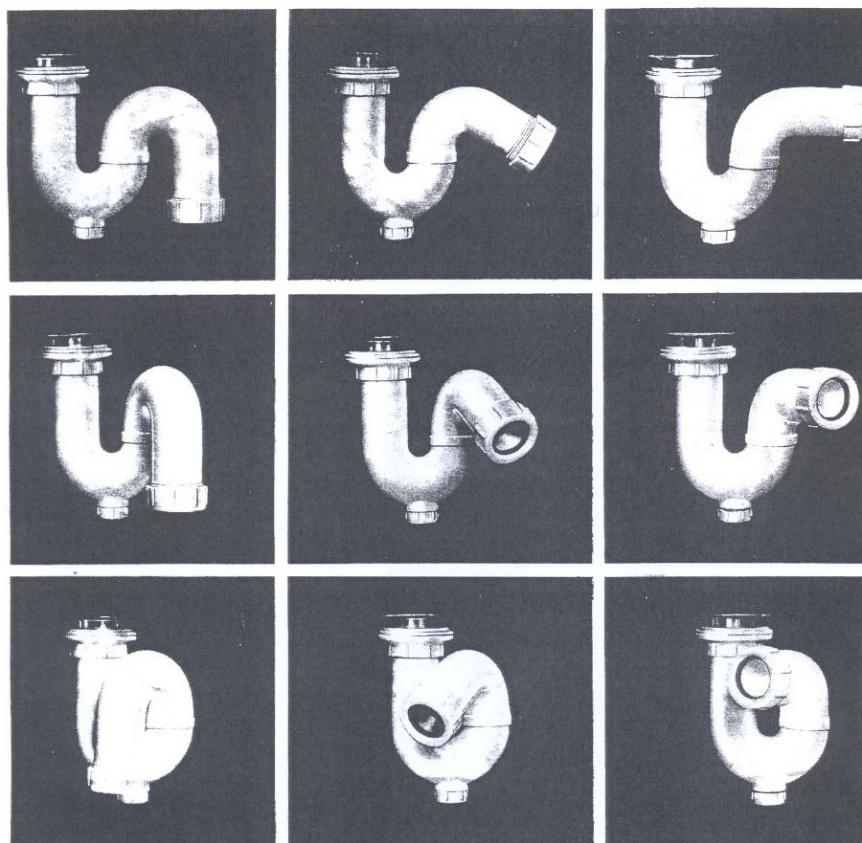


Figura 17: Diferentes tipos de sifones<sup>5</sup>.

Algunos aparatos sanitarios llevan el sifón incorporado, al fabricarse ya con esta intención, como ocurre en los inodoros.



Figura 18. Esquema inodoro, indicando su cota de cierre<sup>4</sup>.

Los sifones deben llevar una tuerca de registro en su parte inferior que permita su limpieza.

Otros cierres hidráulicos que podemos definir en este apartado de los sifones son:

- **Bote sifónico**, para acumulación de varios desagües, indicado en la figura 20. Por lo general, agrupa los desagües de bañera, lavabo y bidé, quedando enrasado con el pavimento (figura 19) y siendo registrable mediante tapa de cierre hermético. La unión a la bajante se puede realizar directamente a ella y si constructivamente no es posible se puede realizar a través del manquetón del inodoro.

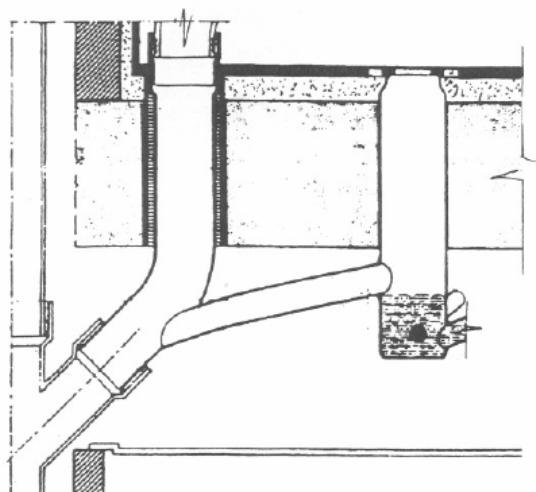
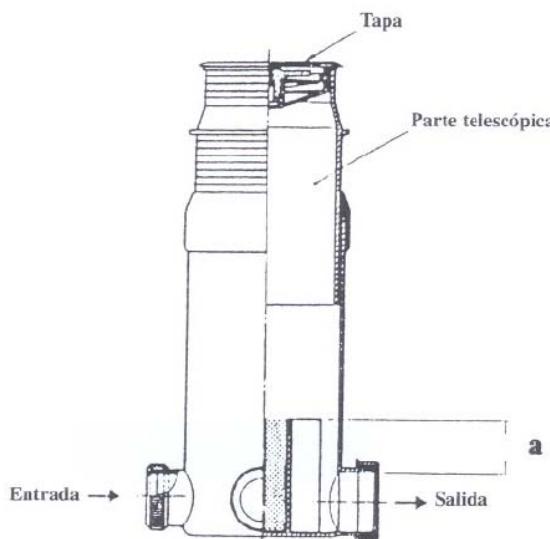
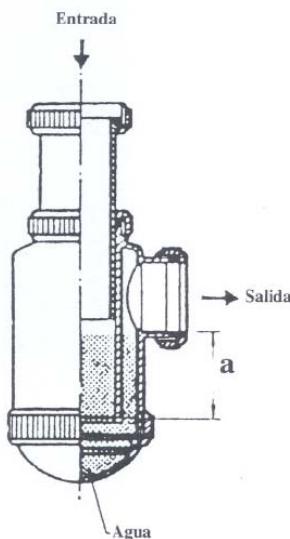
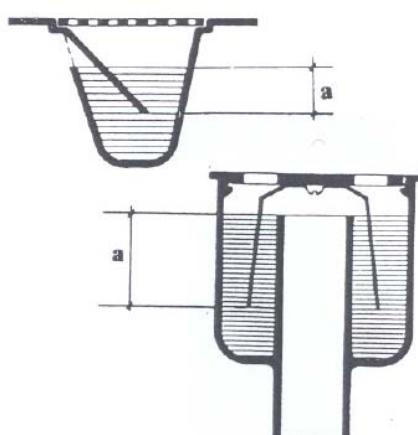


Figura 19. Unión del bote sifónico al manquetón del inodoro<sup>11</sup>.

- **Sifón botella**, cierre hidráulico de gran capacidad. como indica la figura 21, con salida vertical y enlace horizontal muy adecuado para fregaderos, lavaderos, etc.

Figura 20. Bote sifónico<sup>4</sup>Figura 21. Sifón botella<sup>4</sup>

- **Sumideros**, tienen una rejilla de entrada y salida horizontal o vertical, y sirven para la recogida de aguas a ras de pavimento (terrazas, azoteas, patios, garajes, etc.), los sumideros deben de ser sifónicos (figura 22) y los de salida horizontal o inclinada, son más aptos que los de tipo campana, ya que estos últimos no suelen ser autolimpiantes y periódicamente hay que levantar la rejilla y limpiarlos manualmente.

Figura 22. Sumideros<sup>2</sup>.

En azoteas transitables, el sumidero va colocado en el interior de una **caldereta**, tal y como se indica en la figura 23, la cual recoge el vertido del sumidero y lo dirige hacia la bajante.

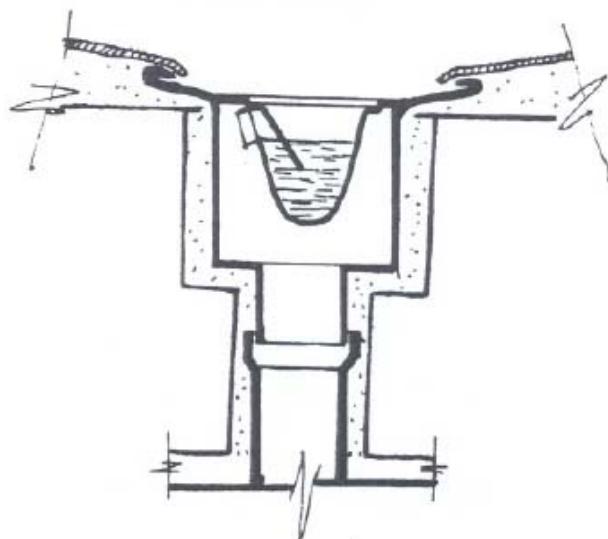


Figura 23. Caldereta<sup>2</sup>.

- **Canalones de pluviales.** Son elementos que se utilizan, para la recogida del agua de lluvia en los aleros y cubiertas, debiendo tener una pendiente suave hacia la bajante y un anclaje seguro y firme que admita su capacidad máxima de llenado sin desprenderse.

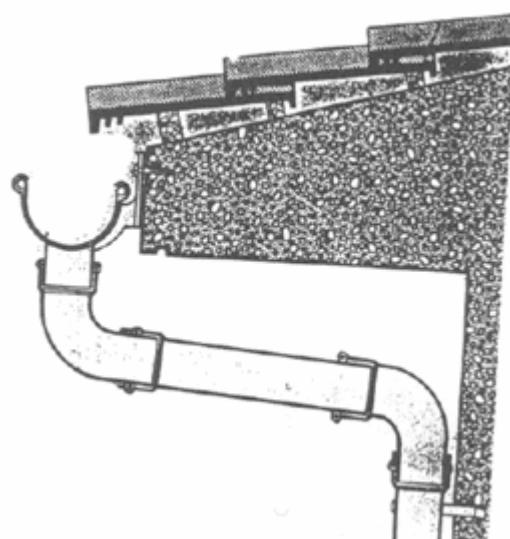
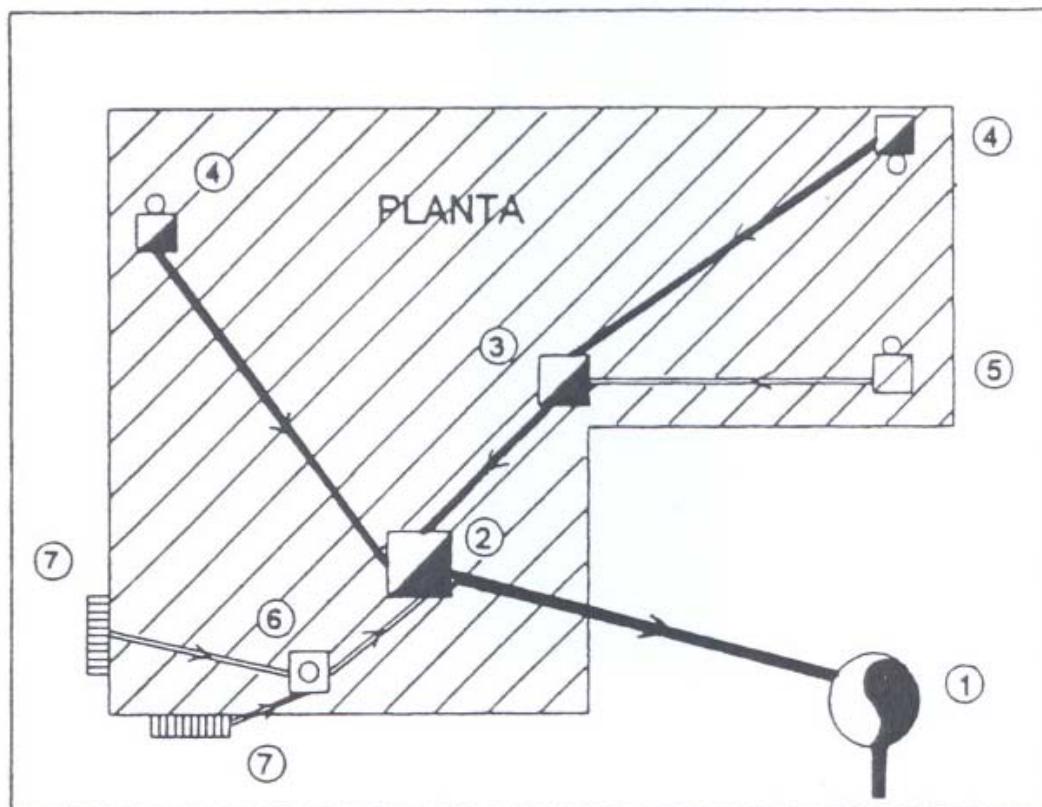


Figura 24. Canalones de pluviales<sup>4</sup>.

### Arquetas y pozos

Las arquetas y los pozos de registro, complementan a la red horizontal de colectores, con el único fin de canalizar con facilidad y rapidez las aguas residuales, hasta la red de alcantarillado urbano.

En la figura siguiente<sup>2</sup>, se ve la disposición de las diferentes clases y tipos de arquetas que, bajo la planta de un supuesto edificio, reúnen los desagües de los colectores hasta el pozo de registro, desde el cual se canaliza hasta el alcantarillado.



- 1 Pozo de registro.
- 2 Arqueta principal.
- 3 Arqueta de paso.
- 4 Arqueta de pie de bajante (fecales).
- 5 Arqueta de pie de bajante (pluviales).
- 6 Arqueta sifónica.
- 7 Arqueta sumidero.

- **Arqueta a pie de bajante**

Son como su nombre indica, las que reúnen o enlazan las bajantes de la red de evacuación con los colectores, y por tanto, cada bajante debe llevar la suya en su final. Por lo general es el punto en que la red que comienza a ser enterrada, y por tanto, como punto conflictivo, debe poder registrarse en caso de necesidad. Por supuesto si la red de colectores está colgada, no existirá este tipo de elementos en la instalación.

Su disposición debe ser tal, que reciba a la bajante lateralmente sobre un dado de hormigón y que el tubo de entrada esté orientado hacia la salida, teniendo el fondo de la arqueta pendiente hacia la salida, para su rápida evacuación. La tapa, se realizará con una losa de hormigón con armaduras, y descansará sobre un cerco de perfil metálico, enfoscada y bruñida interiormente con mortero de cemento.

Estas arquetas pueden ser de recogida de aguas fecales, de pluviales o mixtas, aunque en este último caso es conveniente que se trate de una arqueta sifónica, como ya veremos más adelante, para evitar olores desagradables por la mezcla de aguas principalmente sucias y pluviales.

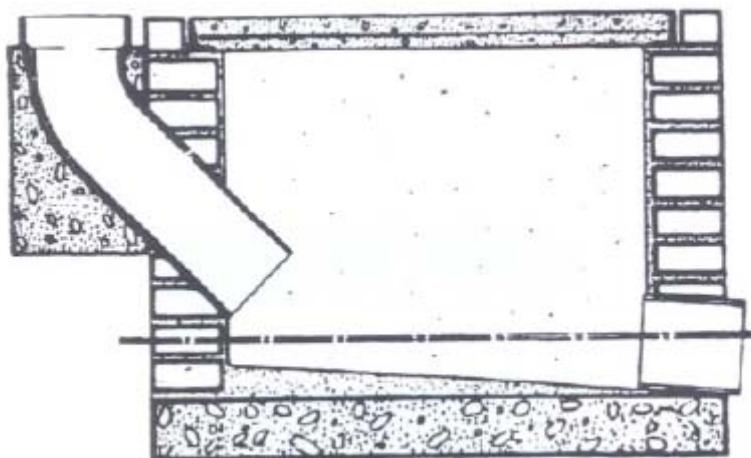


Figura 25. Arqueta a pie de bajante<sup>4</sup>.

- **Arqueta de paso**

Son las que se colocan en los encuentros de los colectores cuando haya cambios de dirección, de sección o de pendiente, o bien en los tramos rectos cada 15

o 20 m de colector. Su disposición (figura 26), es colocando en su interior un semi-tubo que da orientación a los colectores hacia el tubo de salida, debiendo formar ángulos obtusos o mayores de 90º, con la dirección para que la salida sea fácil, y procurar que los colectores opuestos acometan descentrados, no más de uno por cada cara.

De estas arquetas de paso, hay una de ellas que es la última, la cual recibe el nombre de "arqueta principal", esta debe tener unas dimensiones mínimas y, en algunas ocasiones, sustituye al pozo de registro.

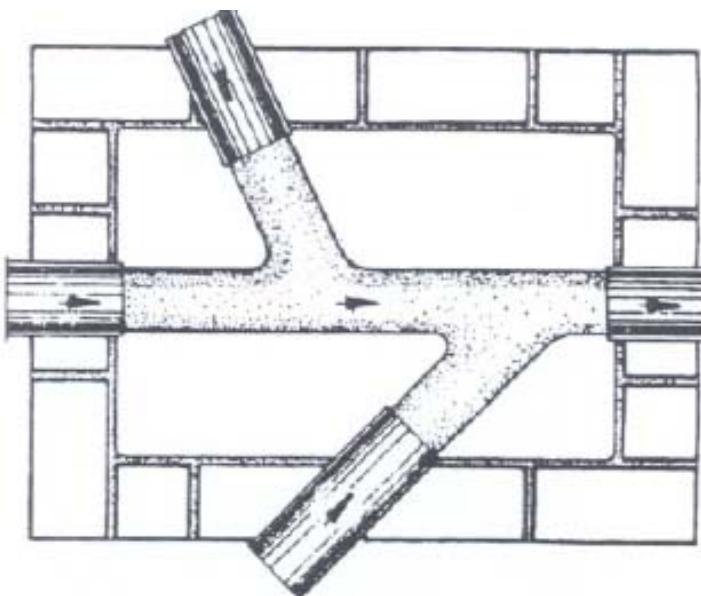


Figura 26. Arqueta de paso<sup>4</sup>.

- **Arqueta sumidero**

Es la que sirve para recogida de aguas de lluvia, escorrentías, riegos, etc., por debajo de la cota del terreno, teniendo su entrada por la parte superior (rejilla), y con la salida horizontal.

Llevará en su fondo pendiente hacia la salida y la rejilla será desmontable, limitando su medida al paso de los cuerpos que puedan arrastrar las aguas, estas arquetas deben estar comunicadas con una arqueta sifónica. Se pueden colocar a la entrada de los garajes de los edificios, en las cubiertas transitables, etc.

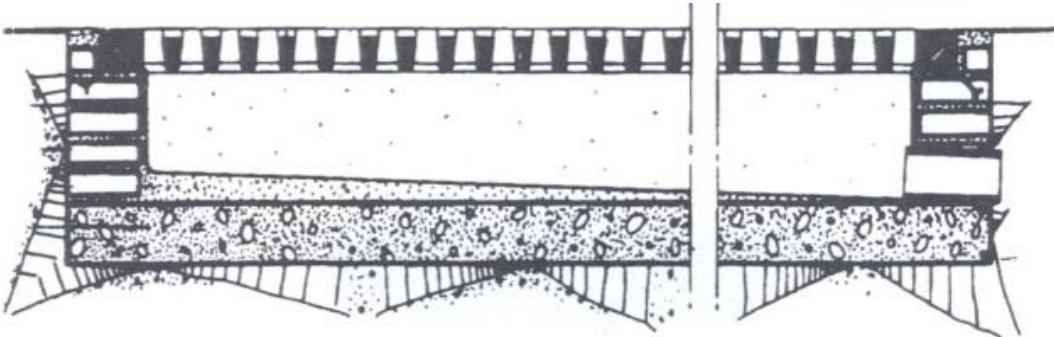


Figura 27. Arqueta sumidero<sup>4</sup>.

- **Arqueta sifónica**

Esta arqueta tiene la entrada más baja que la salida, y a ella deben acometer las arquetas sumidero, antes de acometer a la red de evacuación, de lo contrario saldrían malos olores a través de su rejilla, por lo cual, esta arqueta suele reunir a varios sumideros. La cota de cierre oscila entre 8 y 10 cm, y en zonas muy secas y en verano, suelen precisar hacer algún vertido periódico para evitar la total evaporación del agua de la arqueta sifónica, y por tanto, evitar la rotura del cierre hidráulico.

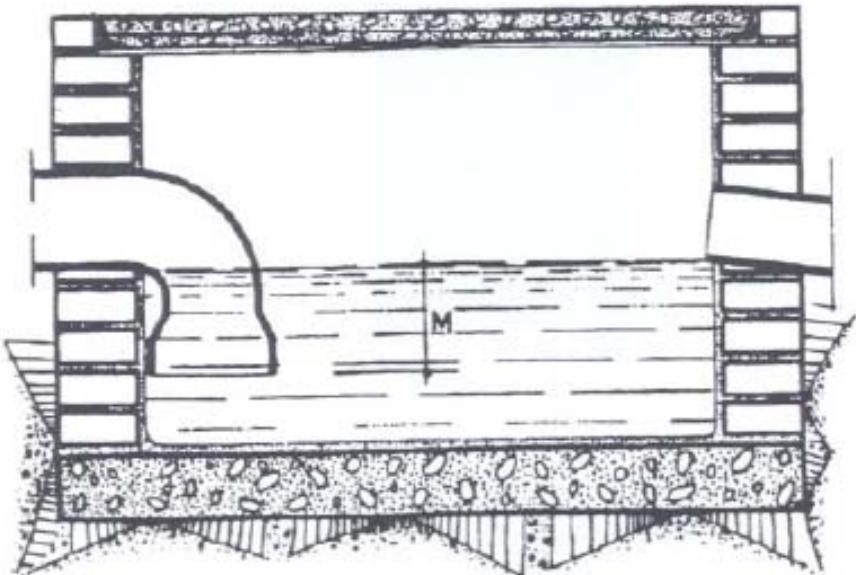


Figura 28-. Arqueta sifónica<sup>2</sup>.

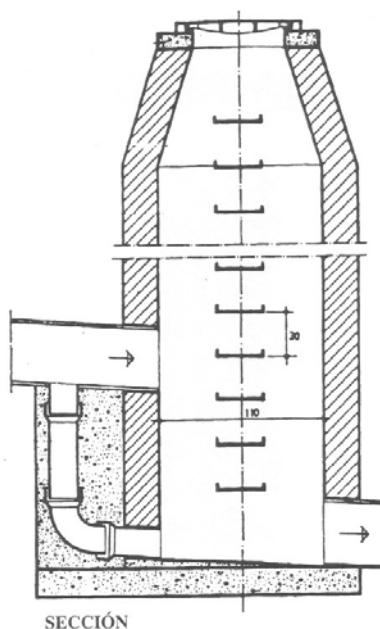
- **Pozos.**

Los pozos pueden ser de dos tipos: de **registro** simplemente, para centralizar la recogida de toda la red inferior y canalizarla hasta la red urbana, o bien de **resalto**, que sirve para compensar las grandes diferencias entre las cotas de la red interior y la urbana, cuando éstas se producen, sirviendo a veces, con un solo pozo para los dos cometidos.

- *El pozo de registro.*

Es obligado por algunas ordenanzas municipales, debe tener un diámetro mínimo de 90 cm y tendrá unos pates de bajada hasta el fondo, así como una tapa registrable, que permita el paso de un hombre (unos 60 cm), que haga posible la limpieza del mismo. Este pozo se instalará dentro de los límites de la propiedad del edificio en que recoge sus aguas de evacuación, y cuando se disponga, en su caso, sustituirá a la arqueta principal. Pueden ser de sección circular (los más frecuentes) cuadrado o rectangular.

Aunque existen actualmente comercializadas soluciones de pozos de registro y arquetas domiciliarias prefabricadas, la realidad es que, aunque estas son útiles para obras de infraestructura de saneamiento a realizar en tiempos reducidos, no son muy usados en los edificios, por lo cual el pozo tradicional recogido en la figura siguiente continúa siendo la solución más habitual



*Figura 29. Pozo de registro<sup>3</sup>.*

#### 4.3 Red de Ventilación

La red de ventilación es un complemento indispensable para el buen funcionamiento de la red de evacuación, y principalmente en aquellas instalaciones donde está es insuficiente, ya que se produce una comunicación entre la red de evacuación interior del edificio con el interior de los locales sanitarios, con los consiguientes inconvenientes que esto provoca.

La causa de este efecto, es la formación de émbolos hidráulicos en las bajantes por acumulación de descargas, efecto que tendrá un mayor riesgo cuanto menor sea el diámetro de la bajante y cuanto mayores sean los caudales de vertido que recoge esta, originando así, unas presiones en el frente de descarga y depresiones tras de sí, que rompen el cierre hidráulico de los sifones y produce la comunicación mencionada. Para evitar esto, se dispone una red de tuberías paralelas a las de evacuación, que comunican las tuberías de evacuación con el aire libre, logrando de esta manera la anulación de los efectos de presión que producen los émbolos hidráulicos.

La red de ventilación se hace necesaria en las instalaciones de evacuación de gran altura, debido a que, como se ha dicho anteriormente, cuando se acumulan las descargas en una bajante o aumenta considerablemente el caudal, esto puede llenar totalmente la sección de la tubería, formándose un émbolo hidráulico (masa de agua), figura 30, que comprime el aire situado en la parte inferior de la bajante. Este aire comprimido, al no tener salida a través de los colectores, empuja el agua de los sifones de los aparatos sanitarios de las plantas más bajas, rompiendo el cierre hidráulico y pasando los aires y gases de la bajante al interior de los locales sanitarios. A este fenómeno se le denomina **sifonamiento por compresión**.

Al mismo tiempo, este pistón hidráulico, al pasar rozando a las derivaciones que llegan a dicha bajante, crea tras de sí una depresión *tirando* del agua de los sifones y produciendo así mismo la rotura del cierre hidráulico, provocado en este caso un **sifonamiento por aspiración**. Estos efectos, son tanto más frecuentes cuanto más reducida sea la sección de la bajante y cuanta más altura tenga, siendo la causa de los malos olores que padecen los cuartos de baño y aseos, en determinadas instalaciones.

Por último otro fenómeno que puede tener lugar es el llamado **autosifonamiento** o lo que es lo mismo sifonamiento por la propia descarga del aparato. Suele ocurrir cuando la derivación de descarga del aparato es muy larga y de poca sección, entonces el vertido antes de pasar a la bajada general, puede llenar completamente la tubería de la derivación, produciendo tras ella una aspiración que absorbe también la última parte del agua descargada, que debería quedar en el sifón para formar el cierre hidráulico.

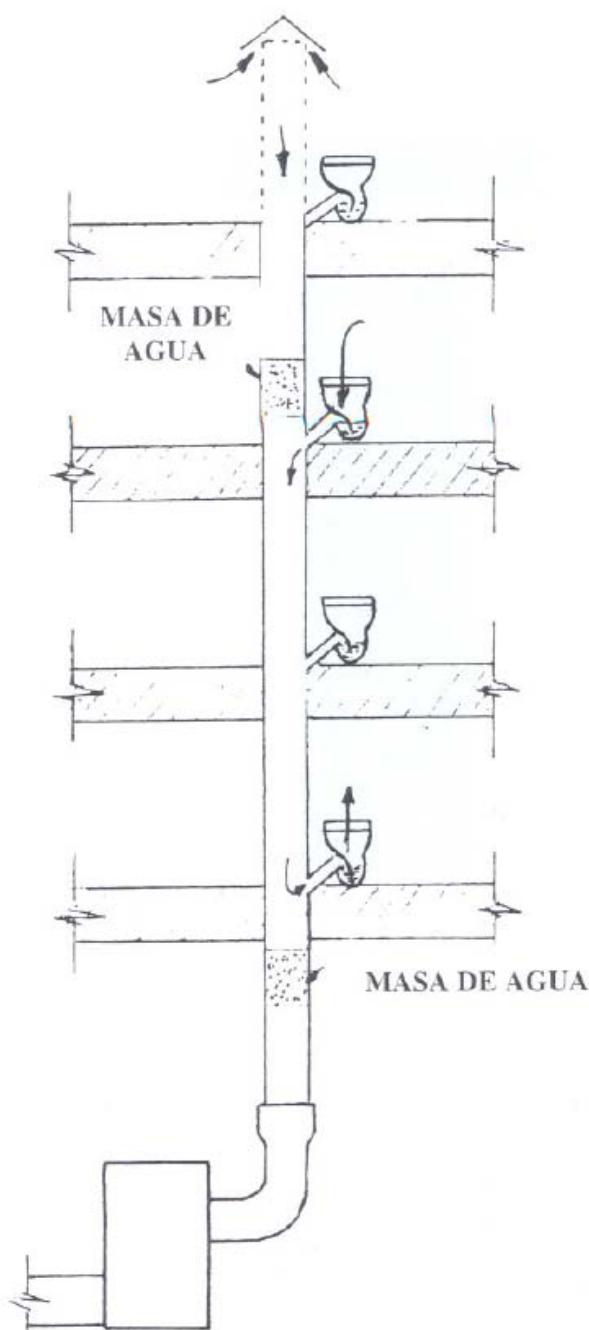


Figura 30. Sifonamiento por compresión, aspiración y autosifonamiento<sup>4</sup>.

Para evitar o atenuar estos inconvenientes, se dispone la **red de ventilación**, distinguiéndose **tres sistemas** que resuelven el problema en toda su dimensión y en todas las instalaciones, según su grado de importancia.

- **Ventilación primaria.**

La ventilación primaria es **obligada en todas las instalaciones**, y consiste simplemente en comunicar todas las bajantes por su parte superior con el exterior, consiguiendo de esta forma evitar los **sifonamientos por aspiración**, y siendo este sistema suficiente para instalaciones en edificios de hasta **7 plantas u 11 plantas si la bajante está sobredimensionada**, y con ramales de desagües cortos (inferiores a 5 m).

Por tanto las *bajantes de aguas residuales* se prolongaran al menos 1,30 m por encima de la cubierta del edificio, si esta no es transitable. Si lo es, la prolongación debe ser de al menos 2,00 m sobre el pavimento de la misma. Esta salida de la *ventilación primaria* no debe estar situada a menos de 6 m de cualquier toma de aire exterior para climatización o ventilación y debe sobreponerse en altura, y cuando existan huecos de recintos habitables a menos de 6 m de la salida de la *ventilación primaria*, ésta debe situarse al menos 50 cm por encima de la cota máxima de dichos huecos.

La salida de la ventilación debe estar convenientemente protegida de la entrada de cuerpos extraños y su diseño debe ser tal que la acción del viento favorezca la expulsión de los gases. No pueden disponerse terminaciones de columna bajo marquesinas o terrazas.

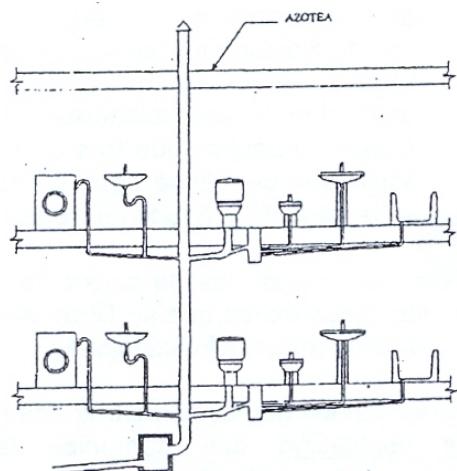


Fig. 31 a) Esquema ventilación primaria<sup>5</sup>.

- **Ventilación secundaria.**

La ventilación secundaria (que lleva implícita la primaria) consiste, en disponer una bajante de ventilación paralela a la de evacuación, comunicada con ella en plantas alternas y por su parte superior con el aire exterior. La última conexión se realizará a hasta 1m por encima del aparato existente más alto. Con ello se evitan los **sifonamientos por aspiración y por compresión**; para edificios de más de 15 plantas se realizarán conexiones a la ventilación secundaria en cada planta.

Las conexiones deben realizarse por encima de la acometida de los aparatos sanitarios. En su parte inferior debe conectarse con el *colector* de la red horizontal, en su generatriz superior y en el punto más cercano posible, a una distancia como máximo 10 veces el diámetro del mismo. Si esto no fuera posible, la conexión inferior debe realizarse por debajo del último ramal.

Debe utilizarse en edificios de más de 10 plantas conectándose a la bajante cada 2 plantas por encima de la acometida de cada aparato.

Esta segunda ventilación, será mucho más correcta, si bien desde el punto de vista constructivo, conlleva una mayor dificultad en la ejecución y una mayor posibilidad de humedades.

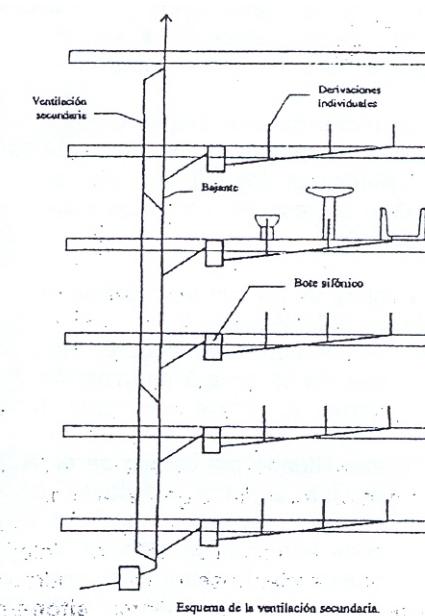


Fig. 31 b) Esquema ventilación secundaria<sup>5</sup>.

- **Ventilación terciaria.**

La ventilación terciaria o completa (que lleva implícitas la primaria y la secundaria) consiste, en disponer la ventilación total de sifones y botes sifónicos, a través de unas derivaciones que se comunican con la bajante de ventilación, así como todos los inodoros por la parte alta de su sifón, consiguiendo de esta forma, anular totalmente los problemas de roturas de los cierres hidráulicos de botes y sifones. Este sistema, es aconsejable cuando los ramales de desagües tienen longitudes superiores a los **5 metros** y el **edificio tiene más de 14 plantas**, con una gran acumulación de descargas en las bajantes.

Sus características principales son: Debe conectarse a una distancia del *cierre hidráulico* comprendida entre 2 y 20 veces el diámetro de la tubería de desagüe del aparato. La abertura de ventilación no debe estar por debajo de la corona del sifón. La toma debe estar por encima del eje vertical de la sección transversal, subiendo verticalmente con un ángulo no mayor que 45º respecto de la vertical. Deben tener una pendiente del 1% como mínimo hacia la tubería de desagüe para recoger la condensación que se forme. Los tramos horizontales deben estar por lo menos 20 cm por encima del rebosadero del aparato sanitario cuyo sifón ventila.

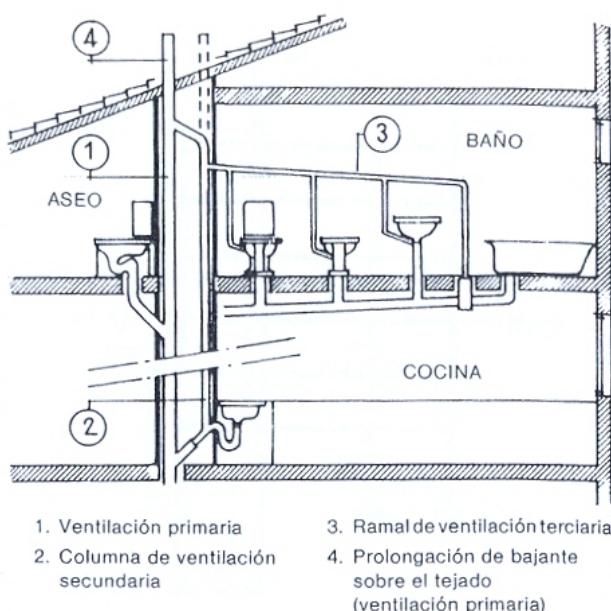


Figura 31 c) Ventilación Terciaria<sup>3</sup>.

No es necesario decir, que una red interior de evacuación **bien ventilada**, nunca produce malos olores, ya que la causa de los olores fétidos que se perciben en determinados locales húmedos del interior de las viviendas, son consecuencia de una red mal ventilada. Este efecto es más notorio en los sistemas unitarios, y fundamentalmente cuando se producen precipitaciones de lluvia, ya que el riesgo de formación de émbolos hidráulicos es mayor en estos casos, al sumarse a los caudales de descarga normales, los que produce la precipitación. También es frecuente percibir estos malos olores en los sistemas urinarios, fundamentalmente durante el estío, a través de los sumideros de terrazas y patios, siendo en estos casos, consecuencia, la mayoría de las veces, de la falta de cierre hidráulico de los sifones, debidos a la evaporación del agua de los mismos, por lo que en estos casos es conveniente rellenarlos con aguas de riegos frecuentes.

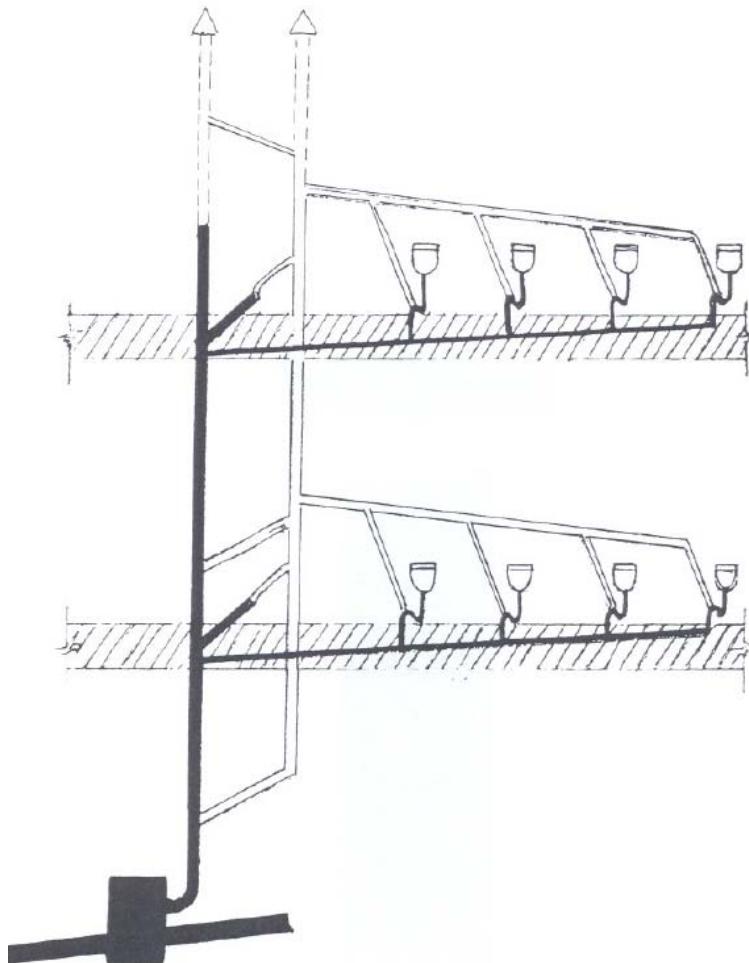


Fig. 31 d) Red de ventilación completa<sup>2</sup>.

Esta red de ventilación, precisa diámetros de tuberías bastante inferiores a los necesarios en la red de evacuación, debiendo tener siempre lógicamente una relación,

la cual podemos estimar en unos 3/5, aproximadamente. El material utilizado suele ser el mismo que se emplea en la red de pequeña evacuación, para lograr una unión fácil entre materiales homogéneos.

Por último, es de destacar, como la red de ventilación evita la corrosión de las tuberías por gases, como el ácido sulfúrico y el amoníaco, que se forman en estas aguas y que son expulsados al exterior por medio de la ventilación.

- **Ventilación con válvulas de aireación**

Recientemente, se han comercializado válvulas de aireación, denominadas "válvulas automáticas para ventilación de bajantes", con objeto de sustituir la ventilación primaria de la bajante y eliminar la necesidad de atravesar el forjado de la cubierta. Esta indudable ventaja presenta el inconveniente de que esa solución no permite ventilar los colectores de alcantarillado público, siendo ésta una de las misiones de la ventilación, por lo que no la recomendamos más que para situaciones extremas.

Debe utilizarse cuando por criterios de diseño se decida combinar los elementos de los demás sistemas de ventilación con el fin de no salir al de la cubierta y ahorrar el espacio ocupado por los elementos del sistema de *ventilación secundaria*. Debe instalarse una única válvula en edificios de 5 plantas o menos y una cada 4 plantas en los de mayor altura. En ramales de cierta entidad es recomendable instalar válvulas secundarias, pudiendo utilizarse sifones individuales combinados.

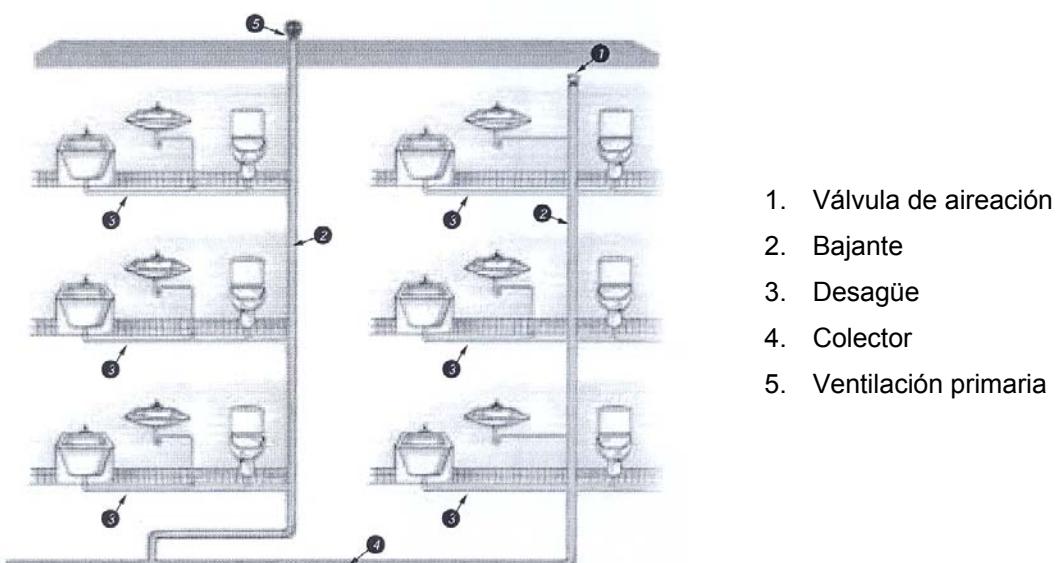


Fig. 31 e) Esquema de ventilación mediante válvulas de aireación y ventilación primaria<sup>9</sup>.

#### 4.3 Elementos especiales en la red de evacuación.

- **Grupos de bombeo**

Un caso cada día más frecuente de acometida: es el de la elevación por bombeo. La solución adecuada consiste en, realizar el bombeo de las aguas hasta el pozo principal y desde allí por gravedad, acometer a la red pública. Naturalmente, el objeto fundamental de esta exigencia es conseguir de la manera más rápida posible la evacuación de las aguas utilizadas en el edificio al exterior del mismo.

La creciente necesidad de disponer del espacio en cotas inferiores a la rasante del terreno para la ubicación de instalaciones y plazas de aparcamiento ha originado progresivamente la necesidad de excavar dos o más plantas de sótano en los edificios. Ello conlleva el que la cota del colector de la red municipal se encuentre más elevada que el de recogida de las aguas residuales del edificio, lo cual origina a su vez la necesidad de que las aguas residuales y a veces las pluviales del edificio se deben recoger en un pozo y mediante un grupo motobomba se transvasen hasta el alcantarillado general.

Pese a la fiabilidad de los equipos de bombeo actuales, es evidente la necesidad de llevar por gravedad todas las aguas que sea posible al alcantarillado general, dejando para el pozo de reunión de la bomba solamente las aguas de plantas inferiores a la cota del colector. Esto es particularmente importante en el caso de las aguas pluviales que pueden alcanzar un volumen considerable en períodos de tiempo cortos, por lo cual las dimensiones del pozo de reunión de aguas a evacuar por el grupo motobomba pueden llegar a ser muy grandes, creando interferencias con la cimentación del edificio y sobredimensionando el grupo.

Es deseable realizar un depósito previo al pozo de la estación de bombeo uniendo ambos con una tubería de 300 mm, de forma que la arqueta de reunión de desagües, como también se le denomina, permita que el caudal de aguas afluja sin turbulencias, especialmente cuando el pozo recoja aguas pluviales, permitiendo un óptimo funcionamiento del grupo. No se trata solamente de evitar que la entrada de agua sea directa al pozo de bombas (con lo cual, por otra

parte, se crean numerosas burbujas de aire), sino que la energía cinética del agua se reduzca al golpear contra la pared, de forma que tenga lugar una desaireación satisfactoria en la cámara o arqueta que, con este motivo, se denomina tranquilizadora. Por ello, es muy frecuente que en las instalaciones de bombeo actuales los pozos prefabricados incluyan, incorporadas, cámaras de este tipo.

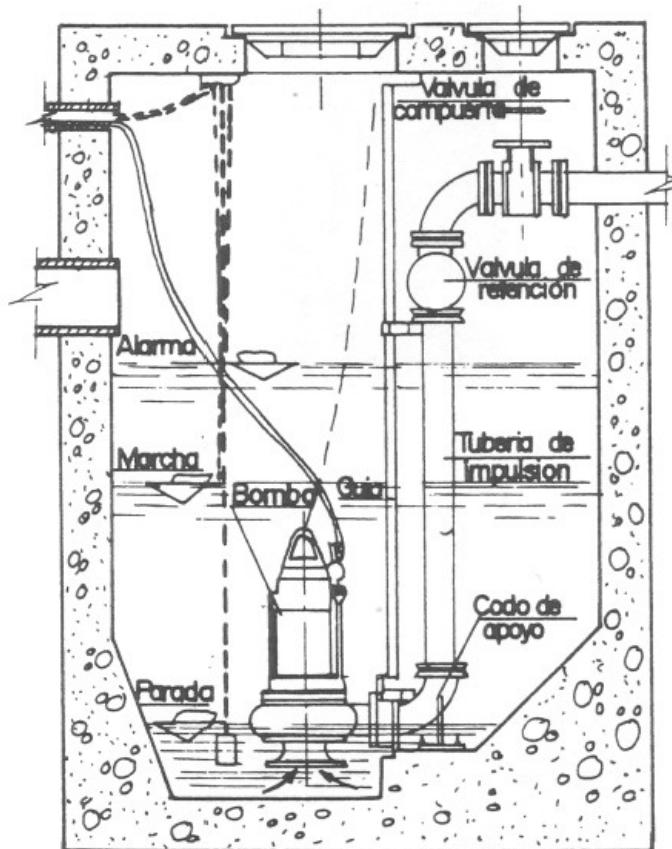


Figura 32. Bomba de aguas residuales<sup>4</sup>.

En todo caso, el pozo debe ser circular no solamente por razones de resistencia mecánica, sino para mejorar el movimiento del líquido y evitar la acumulación de sedimentos en las esquinas. La previsión de una arqueta de reunión de desagües puede ser ocasionalmente difícil de realizar tanto por necesidades de espacio como por la frecuente necesidad de acometer por varios laterales los colectores, pero si existe la posibilidad de evacuar aguas que contengan grasas o aceites hay que colocar un separador de grasas, previamente, para evitar un posible almacenamiento de líquidos inflamables.

Existen numerosos tipos de bombas para la evacuación de las aguas de saneamiento de un edificio, y con todas se obtienen excelentes resultados, si bien las inundables presentan la gran ventaja de ahorrar considerable espacio al colocarse todo el conjunto bajo suelo, por lo cual se hacen imprescindibles en zonas públicas y, en general, al exterior. Esta solución permite, en caso de avería, que el personal de servicio no baje nunca a la arqueta, extrayendo el aparato mediante una cadena colocada superiormente.

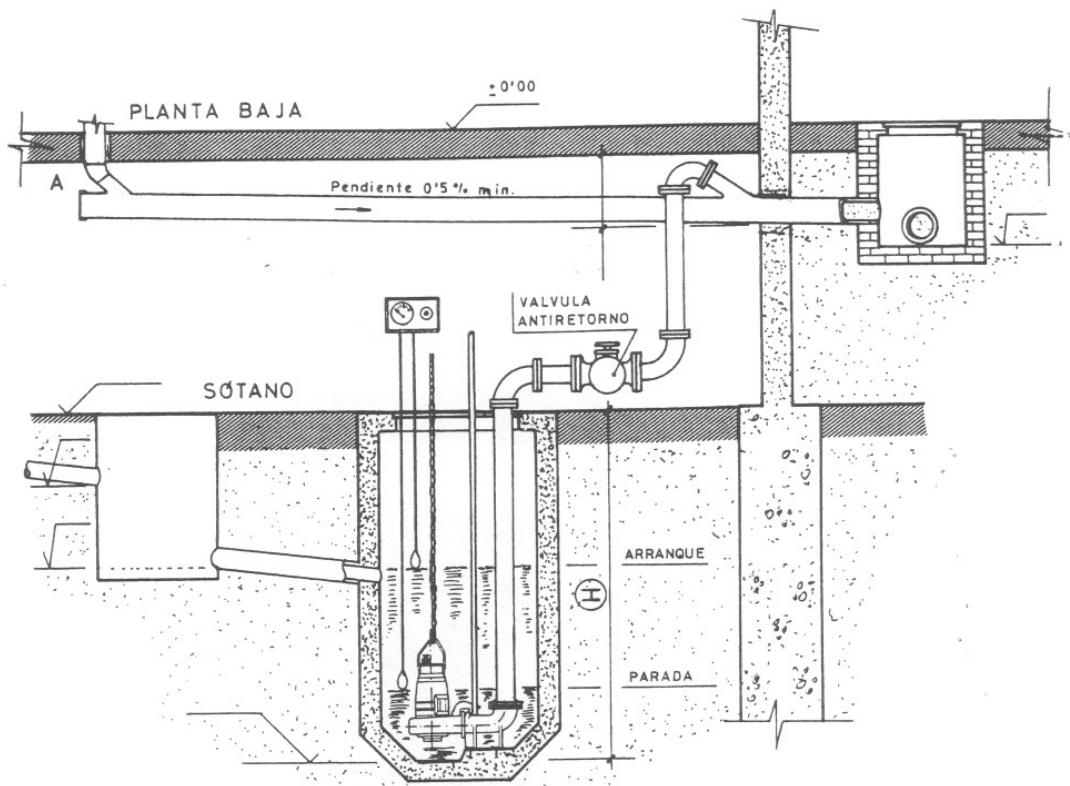


Figura 33. Sistema de elevación de aguas residuales y colectores colgados<sup>3</sup>.

- **Separador de grasas.**

Esta es una arqueta o pozo, que se utiliza para separar las grasas, aceites o fangos, en aquellas instalaciones donde el vertido de estos elementos suele ser muy frecuente (garajes, cocinas de restaurantes, etc.), y es preciso eliminar las grasas antes del vertido a la red de alcantarillado, para lo cual su disposición es similar al de una arqueta sifónica (mayor capacidad), donde por diferencia de densidad, las grasas y aceites quedan flotando en la parte superior, desde donde se absorben periódicamente y se extraen al exterior (enjugándose con serrín) eliminándolas de la instalación.

Las dimensiones y capacidad dependen del volumen de vertido, y el período para su limpieza no debe ser superior a seis meses. La tapa lógicamente será registrable y debe estar interiormente enfoscado y bruñido con mortero de cemento.

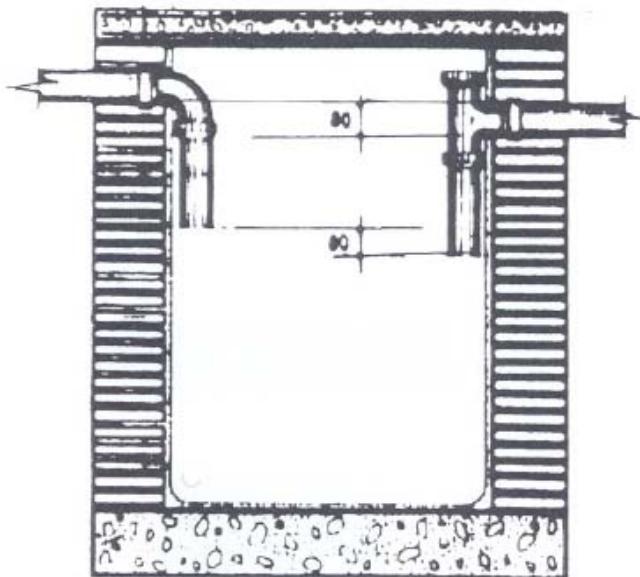


Figura 34. Separador de grasas<sup>4</sup>.

- **Fosas asépticas**

Actualmente, en nuestro país continúan existiendo municipios en los cuales la red de alcantarillado se encuentra muy deficientemente resuelta, y en numerosas zonas aisladas, ni siquiera existe, por lo cual se pueden plantear graves problemas de contaminación cuando se trata de evacuar a pequeños cauces o similares. La solución, aún muy frecuente en numerosos puntos de nuestra geografía, de evacuar directamente a pozos, incluso en núcleos de cierta importancia, presenta también no solamente un deterioro cierto del medio ambiente, sino también la contaminación frecuente de las aguas subterráneas, situación ésta más perniciosa aun que la anterior.

Es por ello que, aun existiendo alcantarillado, en las pequeñas urbanizaciones y núcleos aislados debiera preverse la necesidad de ubicar un elemento depurador previo que en todo caso será imprescindible en las viviendas unifamiliares aisladas. Las dos soluciones actualmente más usadas son las conocidas fosas sépticas o bien, y ello es más recomendable, las soluciones prefabricadas de pozos clarificadores y filtros biológicos y, en general, los tanques

de dos etapas. Esta última solución, si bien resulta cara y ocasionalmente puede plantear problemas de ubicación, ha alcanzado un alto grado de fiabilidad, pudiendo aplicarse no solamente a viviendas unifamiliares aisladas, sino a pequeñas comunidades, hoteles, campings, etc., con elevados rendimientos depuradores.

El ciclo en ambos casos es, sin embargo, el mismo. Previa la separación de las aguas pluviales y fecales, estas últimas se conducen a una cámara de sedimentación donde se depositan las materias sólidas en el fondo del tanque o pozo sedimentar. Este depósito de materias se realiza por gravedad debido a la disminución de velocidad originada por el aumento de superficie del depósito con relación al diámetro de la tubería. Dado que la materia fecal contiene bacterias anaerobias, se produce un proceso de mineralización de la materia orgánica, originándose unos lodos inodoros en el fondo del tanque con una reducción de volumen del 80% aproximadamente, mientras que en la superficie del líquido se forma una capa de espuma impidiendo la entrada del aire en el mismo.

La actuación de las bacterias anaerobias origina una producción de gases, por lo cual deben preverse unos conductos de ventilación que asciendan hasta la cubierta del edificio inmediato y un agua más clara y no descompuesta que pasa a un tanque sifónico situado junto a la fosa séptica, de forma que cuando el agua a descargar alcance cierto nivel su peso haga que cebe el sifón, de forma similar a una arqueta de descarga, y descargue todo el agua contenida en este segundo tanque.

Es más frecuente la previsión de este segundo tanque sin sifón, pero acompañado de un pozo de absorción sobre el que vierte la fosa séptica de forma que se produzca otra depuración complementaria debida a la grasa que atraviesa, lo cual permite el definitivo vertido del líquido al terreno inmediato mediante unas zanjas de drenaje (Figura 35). Este depurador biológico puede sustituirse por unos filtros depuradores siempre que la granulometría de los materiales filtrados (grava y escoria habitualmente) sea de un diámetro comprendido entre los 20 y 35 mm y por un repartidor de forma circular y permeable que permita que la repartición del líquido sobre la superficie del filtro sea homogénea.

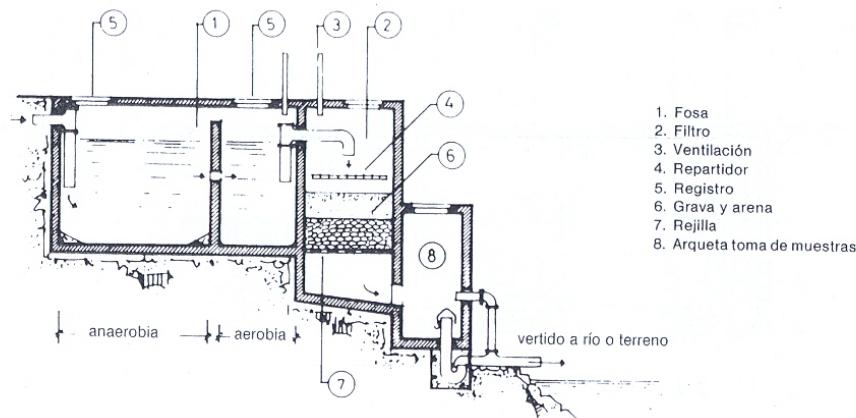


Figura 35. Esquema de una fosa aséptica tradicional<sup>3</sup>.

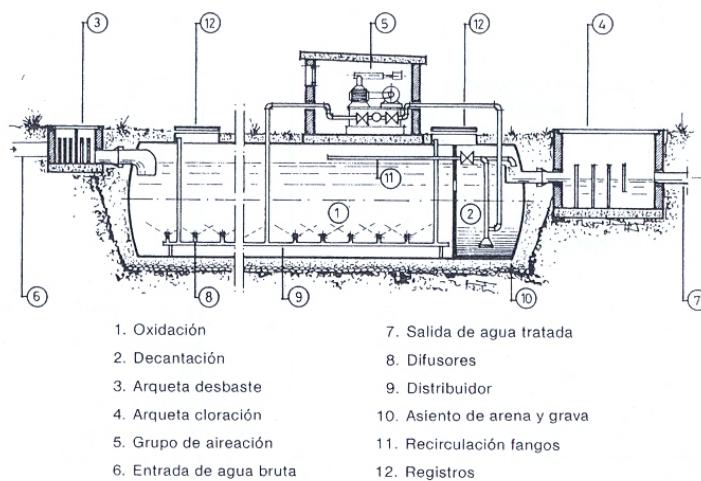


Figura 36. Tanque de oxidación total y componentes<sup>3</sup>.

## 5. CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LA RED DE EVACUACIÓN. RECOMENDACIONES

Deben disponerse *cierres hidráulicos* en la instalación que impidan el paso del aire contenido en ella a los locales ocupados sin afectar al flujo de residuos.

Las tuberías de la red de evacuación deben tener el trazado más sencillo posible, con unas distancias y pendientes que faciliten la evacuación de los residuos y ser autolimpiables. Debe evitarse la retención de aguas en su interior.

Los diámetros de las tuberías deben ser los apropiados para transportar los caudales previsibles en condiciones seguras.

Las redes de tuberías deben diseñarse de tal forma que sean accesibles para su mantenimiento y reparación, para lo cual deben disponerse a la vista o alojadas en huecos o patinillos registrables. En caso contrario deben contar con arquetas o registros.

Se dispondrán sistemas de ventilación adecuados que permitan el funcionamiento de los *cierres hidráulicos* y la evacuación de gases mefíticos.

La instalación no debe utilizarse para la evacuación de otro tipo de residuos que no sean *aguas residuales* o *pluviales*.

Los *colectores* del edificio deben desaguar, preferentemente por gravedad, en el pozo o arqueta general que constituye el punto de conexión entre la instalación de evacuación y la red de alcantarillado público, a través de la correspondiente *acometida*.

Cuando no exista red de alcantarillado público, deben utilizarse sistemas individualizados separados, uno de evacuación de *aguas residuales* dotado de una estación depuradora particular y otro de evacuación de *aguas pluviales* al terreno.

Los residuos agresivos industriales requieren un tratamiento previo al vertido a la red de alcantarillado o sistema de depuración.

Los residuos procedentes de cualquier actividad profesional ejercida en el interior de las viviendas distintos de los domésticos, requieren un tratamiento previo mediante dispositivos tales como depósitos de decantación, separadores o depósitos de neutralización.

Antes del pozo de registro general y después de la arqueta general sifónica del edificio debemos poner una válvula antirretorno para evitar que el agua retroceda hacia el interior del mismo y por la entrada en carga de la tubería de alcantarillado en caso de inundación, lluvia intensa, colapso, atasco etc.

En el caso de viviendas adosadas, la escasa dimensión de fachada presenta problemas para la disposición de las acometidas al colector municipal exterior, por lo que es recomendable la previsión de un «peine» formado por las acometidas de

las viviendas a las arquetas exteriores, las cuales vierten a un colector interior situado en las parcelas, pero asequibles a los Servicios Municipales de Aguas, de forma que se crea un colector paralelo al colector exterior, pero con una sola acometida a este último, a través de un pozo de registro practicable, igual, por tanto, al sistema tradicional en cuanto a la acometida se refiere, lo cual simplifica notablemente la instalación y elimina los numerosos entronques de tuberías que la multiplicidad de acometidas conllevaría.

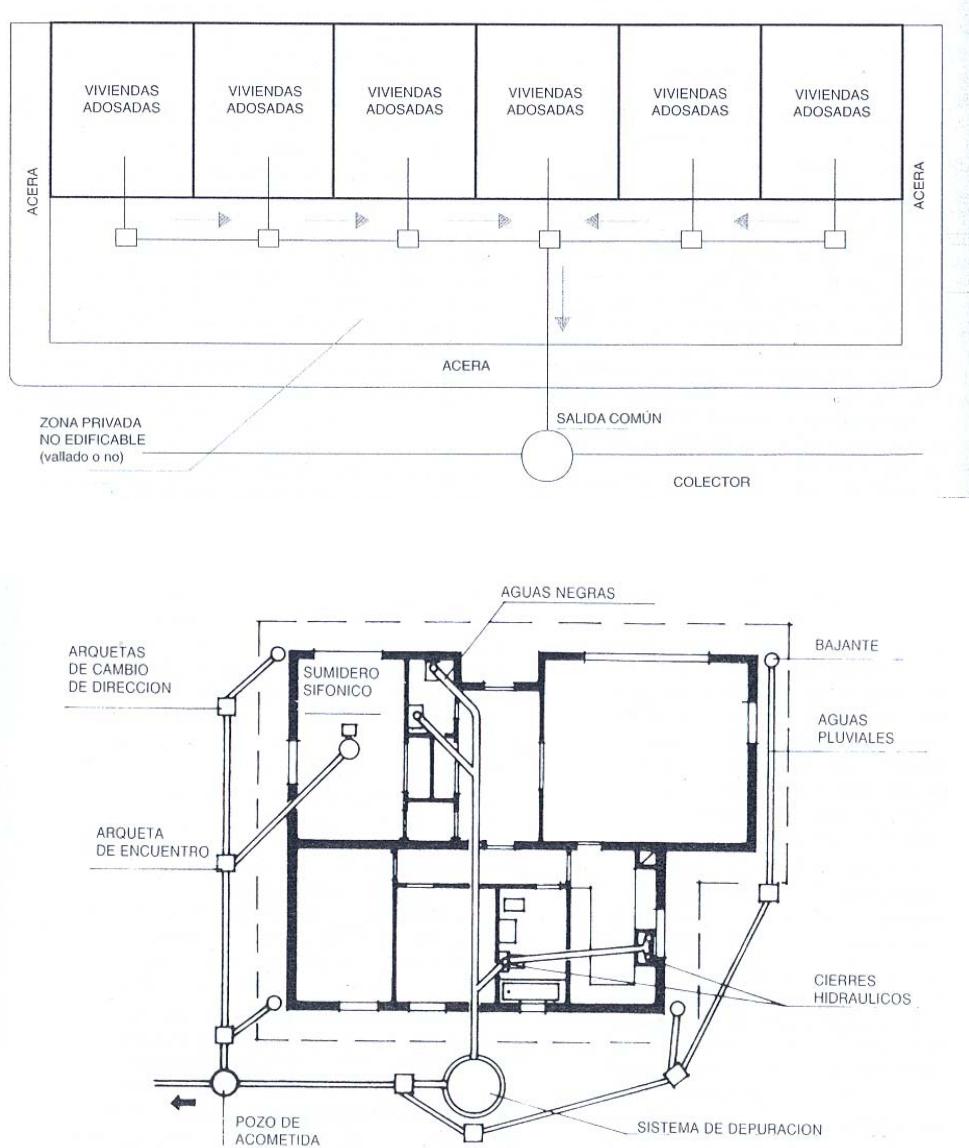


Fig. 37. Esquemas de instalación de evacuación para viviendas adosadas y unifamiliares<sup>3</sup>.

## 5.1 Recogida de las aguas pluviales

La Norma Básica de la Edificación, "Cubiertas con Materiales Bituminosos" (NBE, QB-90), no deja claro las limitaciones sobre las medidas de los "paños de recogida" en función del material o la solución constructiva a adoptar para la impermeabilización. Por su parte las N.T.E establecen, para las cubiertas planas, limitaciones que consideramos excesivamente restrictivas. De cualquier manera recomendamos su detenida lectura, en que quedan claramente diferenciados los criterios constructivos y de diseño de las "Azoteas Transitables (N.T.E., QAT, 1973) Y las "Azoteas no transitables" (NTE., QAN, 1973). Pero toda esta normativa, ya ha quedado derogada, gracias al nuevo código técnico de la edificación.

Por nuestra parte haremos una serie de recomendaciones, como son:

- No sobrecargar la estructura con gruesos excesivos de encascado. Una longitud "a" mayor de 7 m, con pendiente del 2%, se traduce en unas sobrecargas de más de 200 kg/m<sup>2</sup>.
- Teniendo en cuenta que los paños de recogida tienen la impermeabilización soldada en sus bordes a la base, así como su alto coeficiente de dilatación proponemos:
  1. Que los paños de recogida no superen los 100 m<sup>2</sup>.
  2. Que en dichos paños no sea  $b > 3 c$ , a fin de no propiciar dilataciones o contracciones en un solo sentido.

Otras cuestiones a considerar son:

- Evitar puntos conflictivos en las recogidas de aguas.
- Procurar que cazoletas, desvíos y bajantes no interfieran en elementos estructurales tales como capiteles (en forjados reticulares), vigas y nervios de borde.
- Para el del desagüe de terrazas y balcones hacia el interior, será recomendable una solución con una sola pendiente y un canal de recogida.
- En grandes terrazas transitables es frecuente que la recogida de aguas se efectúe bajo el pavimento; éste se

coloca horizontalmente, bien ranurado o bien con juntas abiertas, mediante reguladores de altura. Actualmente se comercializan tales soluciones registrables, evitándose así su problemática confección artesanal.

- En soluciones a cubiertas no planas hay que pasar por el establecimiento de canalones de recogida.

Como recomendación genérica se ha de partir de la base, para cualquier tipo de edificio, que sus juntas de dilatación han de coincidir con límitesas en la cubierta.

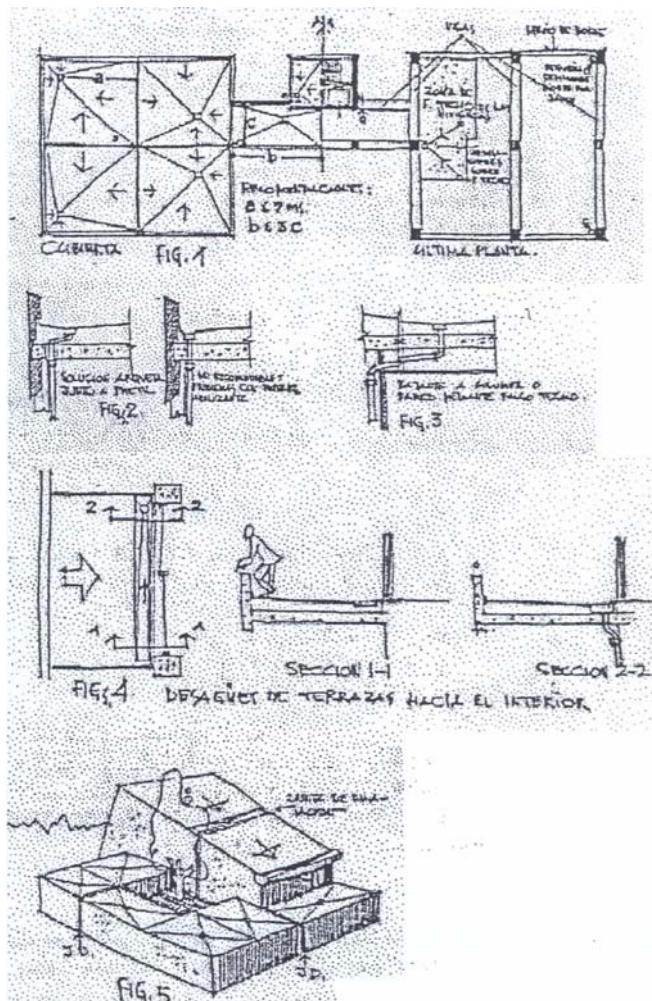


Fig.38. Diferentes recogidas de pluviales en cubiertas y terrazas<sup>6</sup>.

## 6. TIPOS DE SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN DE LA RED DE EVACUACIÓN Y SANEAMIENTO.

Como ya se ha indicado en varias ocasiones la red de evacuación y

saneamiento de un edificio conlleva:

1. Eliminación de las aguas, ya usadas, en sus distintas formas.
2. Recogida y evacuación de las aguas de lluvia que caen sobre las superficies horizontales y no verticales descubiertas del edificio. Éstas son fundamentalmente las cubiertas, azoteas, terrazas y patios.

Además como ya hemos visto, se plantea cada vez con mayor insistencia la necesidad de prever una depuración de las aguas fecales y jabonosas de forma previa a su vertido en la red pública de saneamiento.

Al lado de todo esto debemos indicar que, la existencia de una correspondencia completa entre el saneamiento general del núcleo de población y el específico de cada edificio, ha sido tradicionalmente total. Así tendremos que, la existencia de una red separativa municipal condicionará la exigencia de una evacuación similar en el edificio.

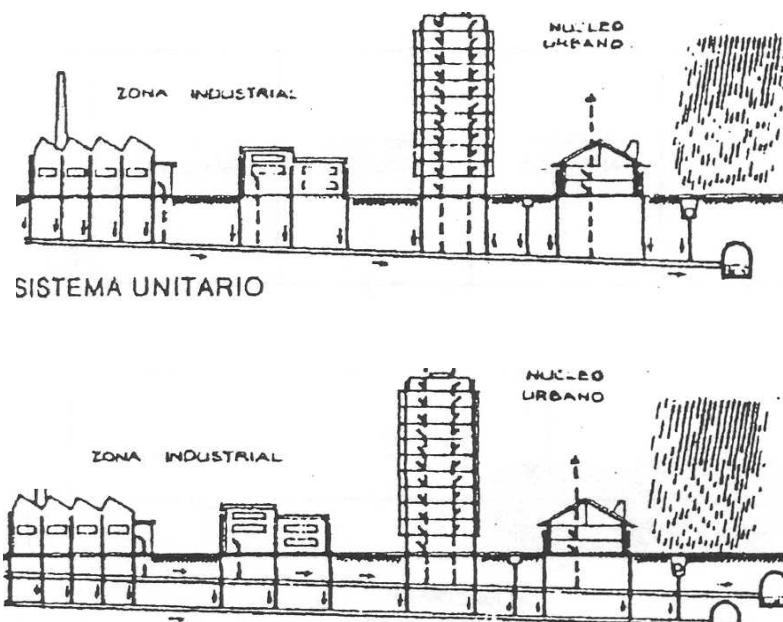


Fig.39. Sistemas de Evacuación de la red de alcantarillado<sup>3</sup>.

El alcantarillado unitario conllevará una red de desagüe también unitaria, si bien en este caso puede adoptarse la solución para el edificio de tener un

saneamiento semiseparativo, que ya veremos en este capítulo.

Una red de saneamiento en un edificio puede concebirse según cinco tipos de sistemas:

1. Sistema unitario
2. Sistema separativo
3. Sistema semiseparativo o mixto
4. Sistemas de elevación forzada.
5. Sistemas mediante trituradores.

Siendo los tres primeros, los sistemas más utilizados y más importantes en la distribución de las aguas residuales.

## 6.1 Sistema unitario

En este tipo de sistema en una misma canalización se pueden recoger todas las aguas producidas, tanto residuales como pluviales.

Algunos autores lo denominan también sistema mixto, pero no es correcto, pues, estrictamente, el mixto se corresponde con el semiseparativo que veremos más adelante.

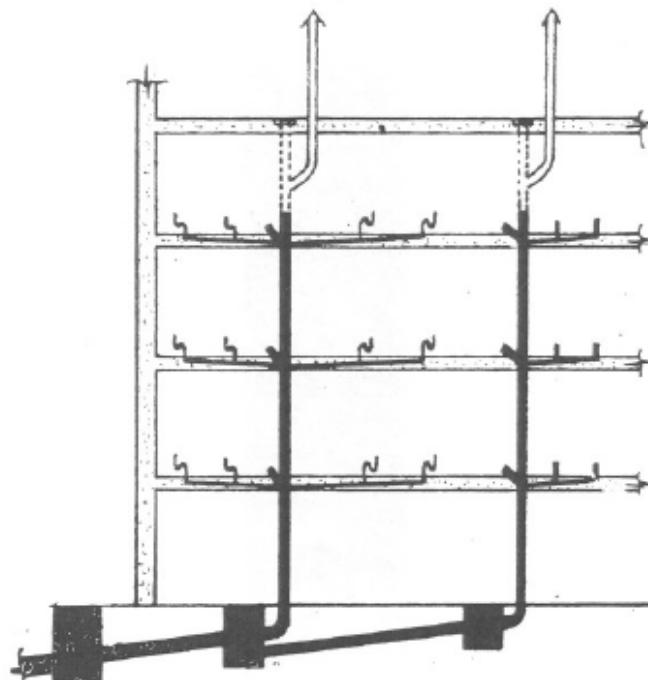


Fig.40. Sistema unitario en la red de evacuación del edificio y en la red pública de alcantarillado<sup>2</sup>.

La práctica diaria de la obra indica que un sistema unitario bien concebido y ejecutado mantiene una excelente relación de economía y simplicidad de funcionamiento, (este factor de la sencillez de proyecto y ejecución no debe desdeñarse, pues, por poner un ejemplo, la multiplicidad de conducciones y bajantes especialmente si se disponen empotradas en los muros suponen por evidentes razones de desarrollo de la red y control de obra un aumento considerable de los focos de humedades interiores al edificio).

A nivel práctico, la principal limitación del sistema unitario, se encuentra en:

- a) la altura del edificio (máximo de siete plantas).
- b) la necesidad de que, al proyectar la cubierta o las terrazas del mismo se haga coincidir el desagüe de los canalones o sumideros de las terrazas con la bajante destinada a las aguas residuales, de forma que las bajantes de pluviales sean una prolongación de las de residuales verticalmente, aprovechándose además esta característica para ventilar toda la bajante. Disponiendo de cubiertas planas esta solución es relativamente sencilla, de no ser así es aconsejable realizar la conexión de los desagües de los canalones en las bajantes de cocinas, para limpiar mediante el agua de lluvia los restos de espumas adheridos a las bajantes y procedentes de lavavajillas, lavadoras y fregaderos.

Las conexiones de los aparatos a las bajantes en este sistema pueden realizarse, bien mediante: sifones singulares o botes sifónicos, siendo en todo caso deseable la previsión de ventilación superior.

El inconveniente de los sistemas unitarios está, en casos de fuertes lluvias, con las cuales las bajantes pueden llegar a ponerse en carga y llenarse en toda su sección, dificultando la correcta ventilación y produciendo indeseables efectos de depresión y succión sobre los sifones de los aparatos que directa o indirectamente desaguan en el mismo. Aunque esta dificultad desaparece con la prolongación de las

bajantes en lodo su diámetro sobre la cubierta o terraza, es decir, con la ventilación primaria.

## 6.2 Sistema separativo

Se define así al sistema que comprende dos canalizaciones paralelas las cuales recogen de forma independiente las aguas pluviales y las residuales. Por tanto habrá que realizar las bajantes diferentes para pluviales y fecales, y además dos redes de colectores independientes que entroncarán con la red de alcantarillado.

En este caso esta red pública debería de ser también separativa, aunque no es condición indispensable, ya que como puede ver en la figura en lugar de tener dos acometidas tenemos un único entronque con la red de alcantarillado.

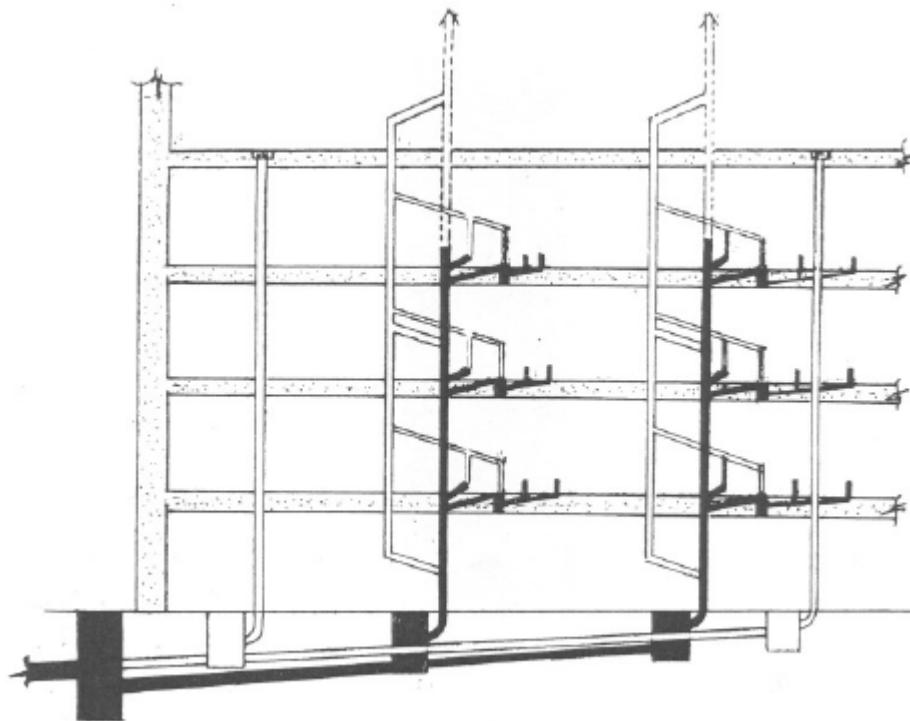


Fig.41. Sistema separativo en el edificio y sistema unitario en la red de alcantarillado<sup>2</sup>.

En los nuevos ensanches, se va imponiendo por su superior calidad el sistema separativo, este sistema se supone que se va a mantener debido a las exigencias paulatinas de depuración, operación indispensable para una adecuada preservación del medio ambiente.

Las ventajas frente al sistema unitario son:

- Una mejor adecuación para un posterior proceso de depuración.
- En caso de fuertes aguaceros es prácticamente imposible que las bajantes puedan llenarse en toda su sección, impidiendo así la ventilación primaria.

El mayor inconveniente reside en la complejidad del sistema y en la necesidad, para un óptimo funcionamiento, de disponer de una red de alcantarillado separativa.

### 6.3 Sistema semiseparativo.

Estos consisten en la realización de las bajantes según dos redes de tuberías, una para pluviales y otra para aguas residuales, mientras que los colectores horizontales se realizan según el sistema unitario.

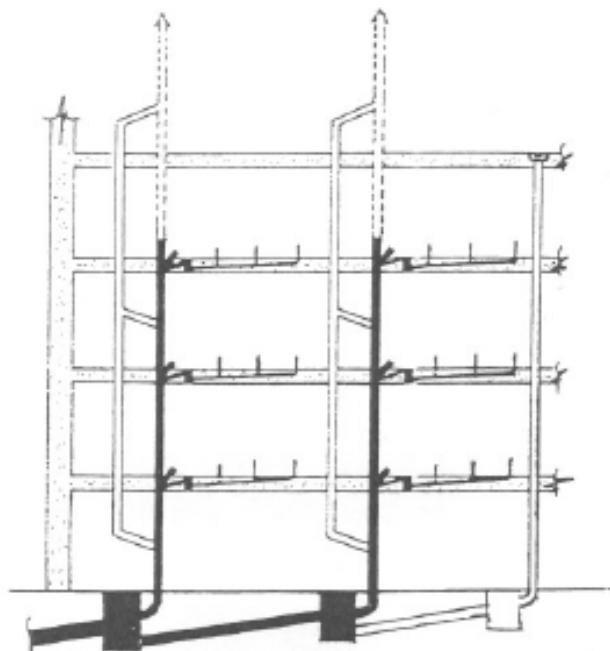


Fig.42.Sistema semiseparativo en el edificio y red de alcantarillado unitaria<sup>4</sup>.

Recoge las ventajas de cada uno de los sistemas

1. solución muy sencilla y económica.
2. excelente resultado calidad- precio.
3. disminuye la posibilidad de atascos en la red de colectores al disminuir al mínimo los recorridos correspondientes.

4. evita una posible puesta en carga de las bajantes.
5. separación de líquidos, para facilitar la futura adecuación de los sistemas de depuración en cada uno de ellos.
6. el hecho de disponer las bajantes independizadas permite eliminar el inconveniente de los sifonamientos, al no trabajar en momentos puntuales a tubería llena.
7. al no tener que duplicar la costosa red de colectores, disminuye el aumento de costo correspondiente frente al separativo,
8. y minimiza los posibles problemas de fugas, encuentros, arquetas, etc. en los mismos.

En resumen, la utilización generalizada del sistema separativo en edificios resulta, en la situación actual, utópica. No así la del semiseparativo que, resultando asequible y económica, permitirá en el futuro convertirse en separativo cuando el sistema de saneamiento exterior también lo sea. De ahí que recomendemos su utilización como solución de compromiso frente a las restantes soluciones.

#### **6.4 Sistema de elevación forzada**

Esta característica es independiente del sistema de evacuación pues las aguas a evacuar mediante impulsión por grupos motobombas pueden ser tanto residuales como pluviales.

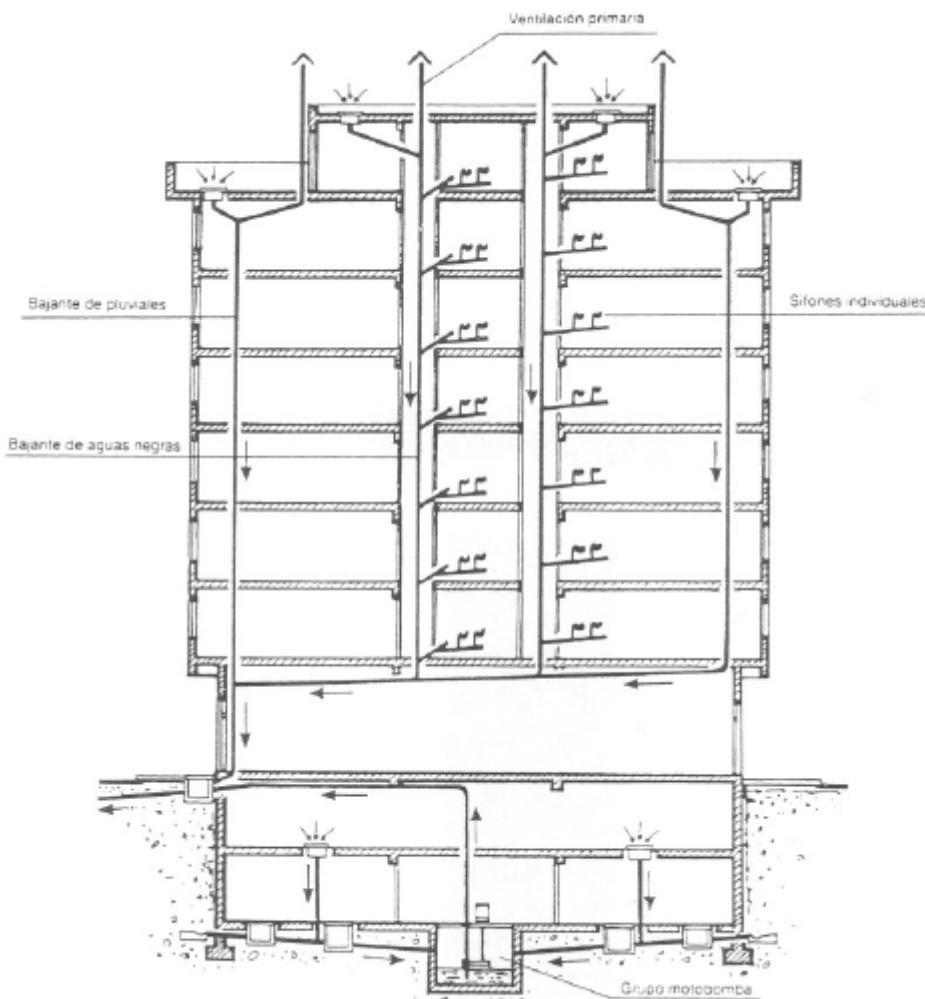
Su característica común es que su cota final de reunión es inferior a la del ramal del alcantarillado público sobre el que deben desaguar.

En este caso, la solución habitual consiste en la previsión de un pozo de bombeo a muy baja cota donde se reúnen todas las aguas procedentes del edificio para desde este punto mediante una o, mejor, dos motobombas impulsar el caudal correspondiente hasta el pozo de registro o arqueta prefabricada, desde donde por simple gravitación se acomete al colector público como en los casos anteriores.

Consiste en disponer una doble red de recogida de aguas dividiendo, por lo tanto, el edificio en dos zonas: la superior e inferior, respectivamente, con respecto al alcantarillado urbano, en la superior se recogerían todos los vertidos por encima de la cota del mismo discurriendo por gravedad, y en la inferior, por el contrario, se recogerían los vertidos por debajo de la cota de alcantarillado los cuales se

concentrarían en un pozo (previo paso en el caso de los vertidos del garaje a través de la arqueta separadora de grasas), desde el que se bombearía hasta la alcantarilla mediante una conducción que discurre colgada por el techo del sótano citado.

Este sistema, muy recomendable y eficaz por el pequeño caudal que se maneja mediante el sistema de bombeo en oposición al de todo el edificio que desagua por gravedad, conlleva el hecho de que el sótano deberá tener una altura superior a la mínima habitual llegando hasta 3 ó 3.50 m, mínimo para realizar con comodidad los cruces con las instalaciones de agua, incendios, detección, etc., habituales en estos casos.



*Fig.43.Sistema combinado de evacuación por gravedad y mediante elevación forzada<sup>3</sup>.*

Existen diversas posibilidades de asegurar este servicio de bombeo frente a una posible falta de suministro eléctrico, sea cual fuere su origen. Lo más práctico, sin

Ilegar a soluciones sofisticadas, en edificios singulares es disponer de un generador autónomo de energía.

Se podría hacer recaer en este pozo las aguas procedentes de la impermeabilización de los muros del sótano, con lo cual tendríamos varias ventajas:

- La primera es drenar los muros de sótano cuando el nivel freático supere el plano de cimentación o bien exista una corriente de agua (hecho normal en terrenos de alta permeabilidad), con lo cual el estado de la cimentación seguirá impecable con el paso del tiempo, sin que se produzcan cedes, ni subpresiones.
- La segunda, más específica del tema que nos ocupa, es que podremos de esta forma, por mezcla con aguas frías, disminuir las temperaturas de las aguas de evacuación sobre calentadas debido a su mezcla en un pozo común. No debe desdeñarse este hecho, pues es indudable que en las conducciones del saneamiento, desaguando líquidos con temperaturas elevadas, aun en proporciones mínimas de ácidos libres, se ejerce una intensa acción corrosiva tanto sobre las partes metálicas como sobre las de hormigón produciéndose graves daños en el alcantarillado.

## 6.5 Sistema mediante trituradores

Recientemente, se ha planteado la posibilidad de realizar el movimiento de las aguas residuales en el interior de los edificios con una libertad prácticamente total mediante la implantación de los sistemas con triturador incorporado, como se realiza en otros países.

Este sistema, ha comenzado a utilizarse hace unos años en las obras de rehabilitación de interiores, en las cuales frecuentemente se planteaban serios problemas para la ubicación de los nuevos aseos higiénicos debido a la escasez de bajantes.

Permite una gran distribución en planta tanto de cocinas como de aseos. Consta de un triturador eléctrico incorporado a la instalación que simultáneamente puede bombear, mediante una sobre presión, los desechos a una determinada distancia y altura.

### Ventajas

- Debido a la labor de trituración de los productos previa al vertido, se permiten diámetros en los conductos de evacuación mínimos (de 20 a 40 mm en sus recorridos horizontales).
- La evacuación tradicional desde los inodoros con sus diámetros de grandes dimensiones para la conexión a las bajantes que eran origen de tantos problemas en las instalaciones tradicionales y la necesidad de agrupar los cuartos de baño junto a las bajantes, dejan de constituir obstáculos insalvables para el diseño en planta de los edificios.
- permite, mediante bombeo, realizar la conexión a la bajante en una cota superior a la de ubicación del baño, lo que permite, por ejemplo, la disposición de aseos higiénicos en sótanos, garajes, etc. sin necesidad de acudir a los tradicionales vertidos por gravedad.

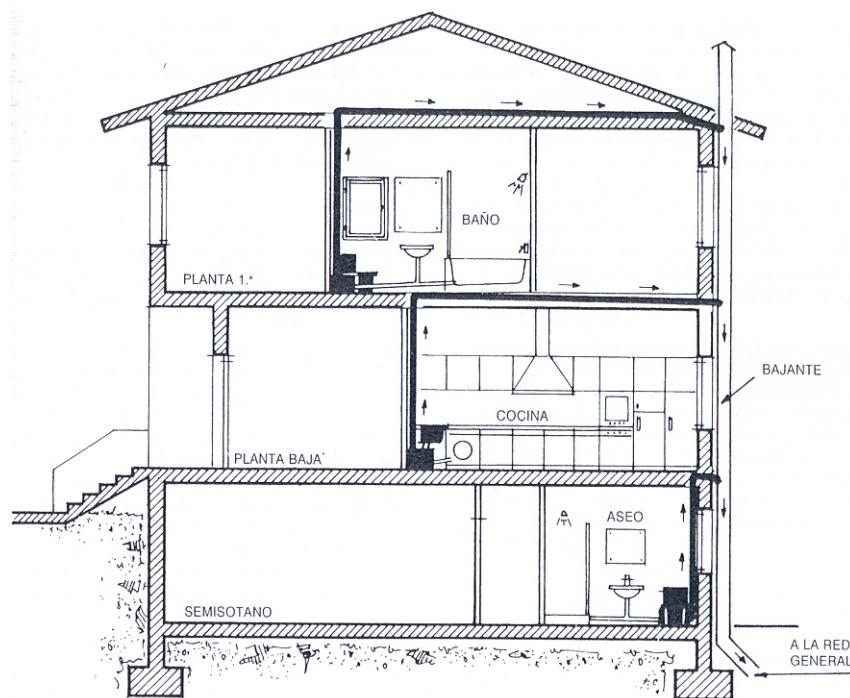


Fig.44. Sistema de evacuación de aguas mediante trituradores<sup>3</sup>.

Inconvenientes: El más importante, la necesidad de suministro eléctrico para las operaciones de trituración y bombeo, pero, pese a ello, está fuera de toda duda que las ventajas superan con mucho a los inconvenientes que presenta este sistema.

## 7. TIPOS DE MATERIALES UTILIZADOS

De forma general, las características de los materiales definidos para estas instalaciones serán:

- a) Resistencia a la fuerte agresividad de las aguas a evacuar.
- b) Impermeabilidad total a líquidos y gases.
- c) Suficiente resistencia a las cargas externas.
- d) Flexibilidad para poder absorber sus movimientos.
- e) Lisura interior.
- f) Resistencia a la abrasión.
- g) Resistencia a la corrosión.
- h) absorción de ruidos, producidos y transmitidos.

### 7.1 Materiales de las canalizaciones

Los materiales por tanto usados, siguiendo la normativa, para las canalizaciones de la red de evacuación son:

- a) Tuberías de fundición
- b) Tuberías de PVC (policloruro de vinilio)
- c) Tuberías de polipropileno (PP)
- d) Tuberías de gres
- e) Tuberías de hormigón

#### 7.1.1 Tuberías de Fundición

Ha sido utilizado para bajantes y derivaciones de forma muy reducida hasta hace unos años, pero que está conociendo una justificada expansión, especialmente por razones acústicas y estéticas, sobre todo en trabajos de rehabilitación de edificios de carga histórica, para los cuales constituye una solución imprescindible.

Tienen una elevada resistencia mecánica, (en ocasiones se usa con excelentes resultados actuando como pasatubos en paso de muros o lugares de elevada sobrecarga protegiendo a conducciones de menor resistencia.). Y además de esas excelentes cualidades de durabilidad, tienen un buen aislamiento acústico.

Posee el inconveniente de que pesa más y es más difícil de trabajar que los plásticos, pero sus soluciones de juntas y condiciones de resistencia la hacen muy adecuada en condiciones de fuertes presiones así como en el caso de soluciones vistas. Debe llevar un recubrimiento interior del tipo brea-epoxi para que sus condiciones de resistencia no se alteren.

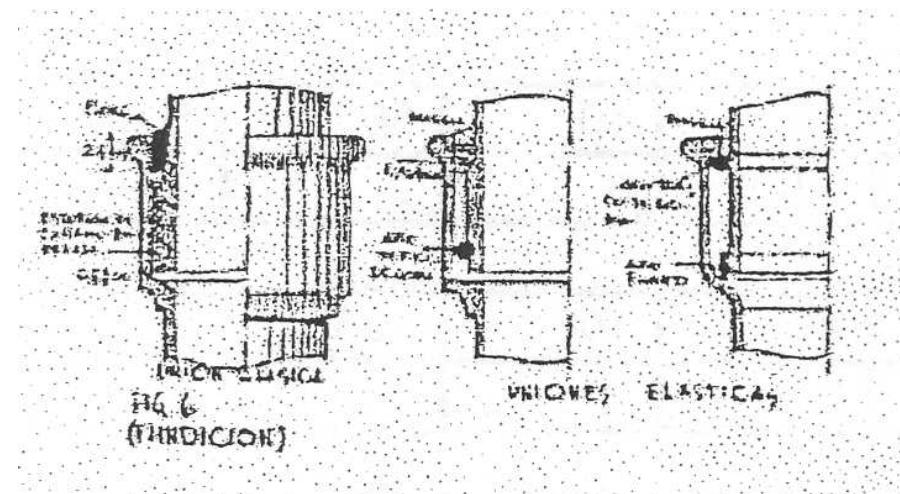
Son recomendados en aquellos casos en que sea una instalación completamente vertical sin tramos diagonales, pues es difícil la obtención de piezas especiales en este material.

Se consigue con los tubos de fundición excelentes instalaciones por lo que constituye desde hace un siglo el material más usado en los países anglosajones. En España su utilización es reducida por su alto precio en relación con otras técnicas y además por su escasa tradición artesanal.

Cabe distinguir dos clases de instalaciones con este tipo de material, las de tubos tradicionales y los de tubos ligeros:

a) Tubos tradicionales o pesados.

Acero fundido con contenido medio de carbono, (0,5% aproximadamente) y espesores de 5.5 mm aproximadamente, obtenidos por colada en moldes verticales. Sus empalmes, tanto a cordón y enchufe, se realizan conforme indica la figura siguiente<sup>6</sup>:



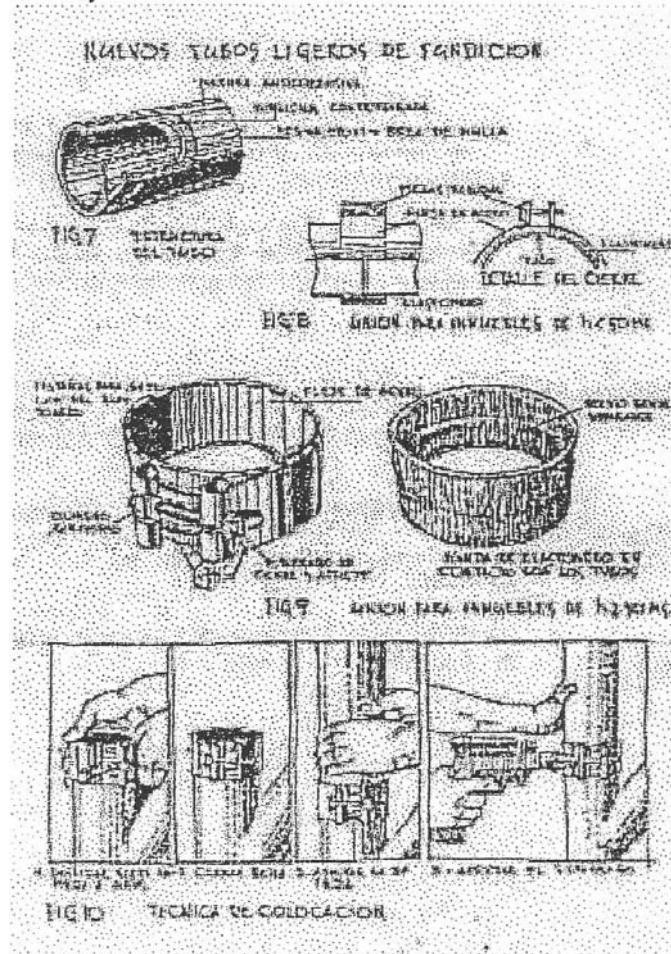
Las uniones con otros materiales se realizan mediante unas piezas especiales y con técnicas similares a las anteriores.

**b) Tubos modernos o ligeros.**

Son tubos de acero fundido de alto contenido en carbono (3,5% aproximadamente) y espesores de 3.5 mm aproximadamente. Para su fabricación se combina simultáneamente el sistema de colada con el de centrifugación, lo que garantiza su compacidad. Posteriormente el producto se "recuece", con lo que, si bien disminuye su dureza, aumenta su límite elástico y se suprimen las tensiones internas iniciales de fabricación.

Normalmente se presentan revestidos interior y exterior con productos para mejorar su resistencia a la corrosión.

Pueden venir provistos de copa, en cuyo caso las uniones se realizan como la de los tubos tradicionales. Actualmente se van introduciendo nuevas técnicas de ensamblaje más rápidas y seguras para tubos rectos y sin copas, tanto para tramos de escasa pendiente como para bajantes. En el cuadro siguiente<sup>6</sup> se puede ver una unión para un caso general; para una utilización de edificios con alturas superiores a 50 m, así como su técnica de colocación.



### 7.1.2 Tuberías plásticas

Es un material utilizado comúnmente en toda la instalación. Los compuestos utilizados para la fabricación de las tuberías y piezas de las conducciones de agua pertenecen a la variedad termoplástica. Dicha propiedad significa que tras reblanecerse por la acción del calor, recuperan, al enfriarse, sus características organolépticas. Tipos de plásticos más utilizados son:

#### A) Policloruro de vinilo (PVC).

Es ligero, barato y actualmente, con multitud de accesorios y piezas especiales que facilita un rápido montaje, y da lugar a excelentes y seguras instalaciones de saneamiento.

Existen 2 clases de tubos de este material:

- Serie "F"; utilizables para ventilaciones de redes, ciertas aguas residuales (manguetones de inodoro) y pluviales.
- Serie "C", utilizables para todo tipo de aguas residuales, tanto en ramales como en bajantes y colectores.

Sus características y comportamientos exigibles están regulados por la Norma UNE indicadas en el CTE DB-HS 5 apartado 6.2. Un tubo de PVC rígido se designará por las siglas PVC seguidas de dos números el primero que indica el diámetro nominal (D.N), y el segundo su espesor; además una letra que indica el tipo de tubo y la referencia a la norma UNE a la que está sujeto (Ejemplo: Tubo PVC 50 x 3,2 C, UNE 53114 ).

Los accesorios se designan análogamente a los tubos, haciendo notar que los diámetros nominales que se citan corresponden al de los tubos a los que sirven.

Una variedad de este material muy utilizado es, el policloruro de vinilo reforzado, es cual es:

- es inalterable por los ácidos,
- puede aserrarse y soldarse
- tiene todo tipo de figuras o piezas de enlace que posibilitan que

cualquier disposición hacia la red de bajantes.

- y, otra característica a destacar es su gran resistencia a los materiales usados en obra, particularmente el yeso y la cal, sin embargo, su reacción frente al fuego no es muy favorable.

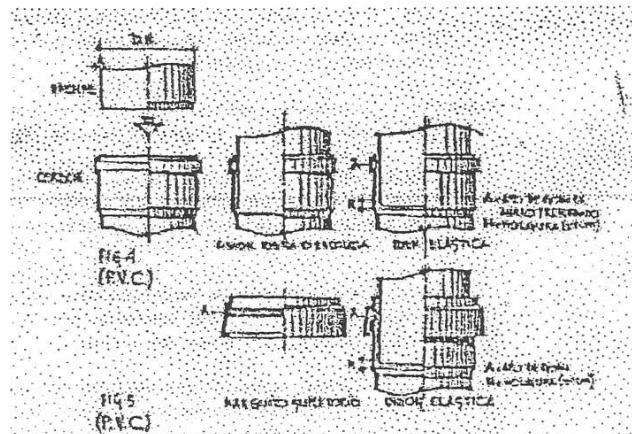
Inconvenientes de PVC en general. Residen en:

- la ausencia de datos sobre su duración y propiedades durante el envejecimiento;
- su elevado coeficiente de dilatación, que puede plantear problemas a partir de cierta temperatura. Sin embargo, la práctica constructiva nos indica que siempre que sea reforzado, es decir, de espesor 3,2 mm, no existe inconveniente alguno en realizar toda la red sin excepción mediante estos materiales termoplásticos. Será necesario la colocación de dilatadores cada cierto número de metros:
  - Ramales: 2 m.
  - Bajantes : 3 m.
  - Colectores: 6 m.
- su factor contaminante, si bien estamos en un momento de tenso debate al respecto, es indudable que su fabricación y utilización produce serias inquietudes en la opinión pública, por lo que todo parece indicar que el polipropileno sustituirá al PVC en un plazo presumiblemente breve.
- la sonoridad al impacto y rozamiento, fenómeno que se acusa particularmente en las instalaciones de colectores colgadas por lo que, consecuentemente, hay que recurrir a aislamientos acústicos en forma de mantas o coquillas.

Uniones.

Existen dos clases de uniones<sup>6</sup>

- la encolada o rígida
- la elástica: Se ejecuta mediante junta de goma alojada en anillo preformado en la copa o en manguito supletorio.



#### B) Polipropileno Copolímero (P.P.).

Plástico gris o blanco idóneo para los tramos iniciales de las instalaciones (válvulas, sifones, etc.). Tienen mayor resistencia al impacto y al calor que el PVC.

Sus uniones no admite encolado, y se deben realizar mediante: Junta elástica o racor de presión

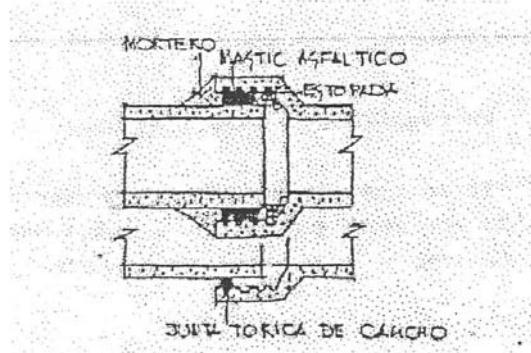
Dada la creciente variedad de propuestas de los distintos fabricantes intentar aquí una recopilación resultaría fútil, por lo que remitimos a los extensos catálogos comerciales al uso. Las normas UNE por la que se rigen están indicadas en el CTE, al igual que las de PVC.

#### *7.1.3 Tuberías de gres*

Son tubos de pasta cerámica figulítica seleccionada y mejorada con adición de cuarzos y feldespatos para su cocción hasta la vitrificación. Se recubren interior y exteriormente de un vidriado, obtenido de barro ferruginoso y manganésico, de color oscuro y brillante.

A pesar de ser impermeable, inatacable e inalterable ha entrado en desuso por su fragilidad y solo se han dejado para ser usadas en el caso de aguas muy corrosivas (tintorerías, laboratorios, etc.), así como en colectores sustituyendo a los hormigones y amianto de cementos en terrenos ácidos o selenitosos.

Es necesario un gran número de juntas necesarias, dada la corta longitud de los tubos. Dichas uniones entre piezas se realizan conforme se indica en la figura abajo indicada<sup>6</sup>, siendo favorecidas por la existencia de estrías en el interior de la copa.



Diámetro interior en mm	60	80	100	125	150
Espesor aproximado de las paredes en mm	15	15	16	16	17

#### 7.1.4 Tuberías de hormigón

Han tenido problemas durante bastante tiempo debido a su porosidad ya que sus juntas poco conseguidas, pero hoy ya no supone problema alguno si estas se ejecutan con un mínimo de cuidados. Se debe considerar inaceptable el que las tuberías de este tipo que hagan de colectores se asienten sobre tierra apisonada, pues deben descansar sobre un lecho de hormigón en toda su longitud, desde la arqueta de bajante hasta su conexión con el alcantarillado de la zona; aunque como medida constructiva no sea recomendable, por espíritu de economía en redes largas de colectores se puede sustituir la losa de hormigón por una verdugada de ladrillo tendida sobre la tierra apisonada.

El espesor de este lecho de hormigón será de 15 cm, (como mínimo, en albañales caseros, el espesor no debe ser inferior a los 6 u 8 cm), su anchura dependerá del diámetro de tubo empleado, teniendo las anchuras mínimas siguientes:

- Tubos de hasta 150 mm de diámetro interior, solera de 50 cm;
- Tubos de hasta 250 mm de diámetro interior, solera de 60 cm;

excepto, evidentemente, en aquellos casos en que la aparición de roca, por ejemplo, haga innecesaria en principio esta precaución.

El espacio libre que queda por debajo del tubo se rellena finalmente de arena, de forma que el colector se encuentre apoyado en toda su longitud sobre este material.

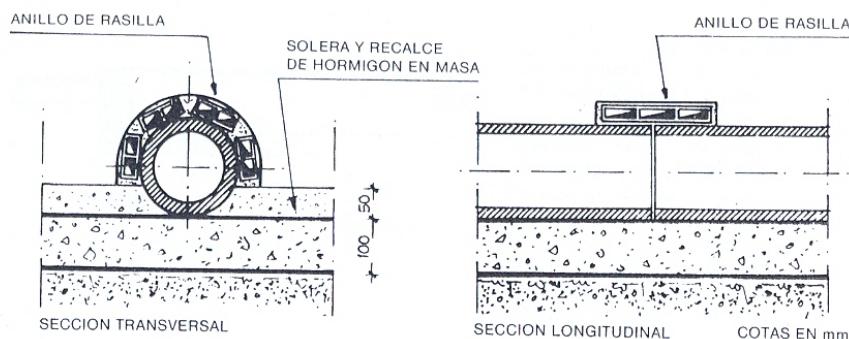


Fig.45. Unión de colectores de hormigón<sup>3</sup>.

## 7.2 Materiales de los accesorios

Cumplirán las siguientes condiciones:

- a) Cualquier elemento metálico o no que sea necesario para la perfecta ejecución de estas instalaciones reunirá, las mismas condiciones exigidas para la canalización en que se inserte.
- b) Las piezas de fundición destinadas a tapas, sumideros, válvulas, etc., cumplirán las condiciones exigidas para las tuberías de fundición.
- c) Las bridales, presillas y demás elementos destinados a la fijación de *bajantes* serán de hierro metalizado o galvanizado.
- d) Cuando se trate de *bajantes* de material plástico se intercalará, entre la abrazadera y la *bajante*, un manguito de plástico.
- e) Igualmente cumplirán estas prescripciones todos los herrajes que se utilicen en la ejecución, tales como peldaños de pozos, tuercas y bridales de presión en las tapas de registro, etc.

## 8. EJECUCIÓN EN OBRA

Este punto pertenece al apartado 5 del documento básico DB-HS 5. Evacuación de aguas, del código técnico de la edificación, el cual nos dice: *La instalación de evacuación de aguas residuales se ejecutará con sujeción al proyecto, a la legislación aplicable, a las normas de la buena construcción y a las instrucciones del director de obra y del director de ejecución de la obra.*

### 8.1 Ejecución de los puntos de captación

#### 8.1.1 Válvulas de desagüe

- Su ensamblaje e interconexión se efectuará mediante juntas mecánicas con tuerca y junta tórica. Todas irán dotadas de su correspondiente tapón y cadena, salvo que sean automáticas o con dispositivo incorporado a la grifería, y juntas de estanqueidad para su acoplamiento al aparato sanitario.
- Las rejillas de todas las válvulas serán de latón cromado o de acero inoxidable, excepto en fregaderos en los que serán necesariamente de acero inoxidable. La unión entre rejilla y válvula se realizará mediante tornillo de acero inoxidable roscado sobre tuerca de latón inserta en el cuerpo de la válvula.
- En el montaje de válvulas no se permitirá la manipulación de las mismas, quedando prohibida la unión con enmasillado. Cuando el tubo sea de polipropileno, no se utilizará líquido soldador.

#### 8.1.2 Sifones individuales y botes sifónicos

- Tanto los sifones individuales como los botes sifónicos serán accesibles en todos los casos y siempre desde el propio local en que se hallen instalados. Los cierres hidráulicos no quedarán tapados u ocultos por tabiques, forjados, etc., que dificulten o imposibiliten su acceso y mantenimiento. Los botes sifónicos empotrados en forjados sólo se podrán utilizar en condiciones ineludibles y justificadas de diseño.
- Los sifones individuales llevarán en el fondo un dispositivo de registro con tapón roscado y se instalarán lo más cerca posible de la válvula de descarga del aparato sanitario o en el mismo aparato sanitario, para minimizar la longitud de tubería sucia en contacto con el ambiente.

- La distancia máxima, en sentido vertical, entre la válvula de desagüe y la corona del sifón debe ser igual o inferior a 60 cm, para evitar la pérdida del sello hidráulico.
- Cuando se instalen sifones individuales, se dispondrán en orden de menor a mayor altura de los respectivos cierres hidráulicos a partir de la embocadura a la bajante o al manquetón del inodoro, si es el caso, donde desembocarán los restantes aparatos aprovechando el máximo desnivel posible en el desagüe de cada uno de ellos. Así, el más próximo a la bajante será la bañera, después el bidé y finalmente el o los lavabos.
- No se permitirá la instalación de sifones antisucción, ni cualquier otro que por su diseño pueda permitir el vaciado del sello hidráulico por sifonamiento.
- No se podrán conectar desagües procedentes de ningún de aparato sanitario a botes sifónicos que recojan desagües de urinarios,
- Los botes sifónicos quedarán enrasados con el pavimento y serán registrables mediante tapa de cierre hermético, estanca al aire y al agua.
- La conexión de los ramales de desagüe al bote sifónico se realizará a una altura mínima de 20 mm y el tubo de salida como mínimo a 50 mm, formando así un cierre hidráulico. La conexión del tubo de salida a la bajante no se realizará a un nivel inferior al de la boca del bote para evitar la pérdida del sello hidráulico.
- El diámetro de los botes sifónicos será como mínimo de 110 mm.
- Los botes sifónicos llevarán incorporada una válvula de retención contra inundaciones con boya flotador y desmontable para acceder al interior. Así mismo, contarán con un tapón de registro de acceso directo al tubo de evacuación para eventuales atascos y obstrucciones.
- No se permitirá la conexión al sifón de otro aparato del desagüe de electrodomésticos, aparatos de bombeo o fregaderos con triturador.

### 8.1.3 Calderetas o cazoletas y sumideros

- La superficie de la boca de la caldereta será como mínimo un 50 % mayor que la sección de bajante a la que sirve. Tendrá una profundidad mínima de 15 cm y un solape también mínimo de 5 cm bajo el solado. Irán provistas de rejillas, planas en el caso de cubiertas transitables y esféricas en las no transitables.

- Tanto en las bajantes mixtas como en las bajantes de pluviales, la caldereta se instalará en paralelo con la bajante, a fin de poder garantizar el funcionamiento de la columna de ventilación.
- Los sumideros de recogida de aguas pluviales, tanto en cubiertas, como en terrazas y garajes serán de tipo sifónico, capaces de soportar, de forma constante, cargas de  $100 \text{ kg/cm}^2$ . El sellado estanco entre al impermeabilizante y el sumidero se realizará mediante apriete mecánico tipo “brida” de la tapa del sumidero sobre el cuerpo del mismo. Así mismo, el impermeabilizante se protegerá con una brida de material plástico.
- El sumidero, en su montaje, permitirá absorber diferencias de espesores de suelo, de hasta 90 mm.
- El sumidero sifónico se dispondrá a una distancia de la bajante inferior o igual a 5 m, y se garantizará que en ningún punto de la cubierta se supera una altura de 15 cm de hormigón de pendiente. Su diámetro será superior a 1,5 veces el diámetro de la bajante a la que desagua.

#### 8.1.4 Canalones

- Los canalones, en general y salvo las siguientes especificaciones, se dispondrán con una pendiente mínima de 0,5%, con una ligera pendiente hacia el exterior.
- Para la construcción de canalones de zinc, se soldarán las piezas en todo su perímetro, las abrazaderas a las que se sujetará la chapa, se ajustarán a la forma de la misma y serán de pletina de acero galvanizado. Se colocarán estos elementos de sujeción a una distancia máxima de 50 cm e irá remetido al menos 15 mm de la línea de tejas del alero.
- En canalones de plástico, se puede establecer una pendiente mínima de 0,16%. En estos canalones se unirán los diferentes perfiles con manguito de unión con junta de goma. La separación máxima entre ganchos de sujeción no excederá de 1 m, dejando espacio para las bajantes y uniones, aunque en zonas de nieve dicha distancia se reducirá a 0,70 m. Todos sus accesorios deben llevar una zona de dilatación de al menos 10 mm.
- La conexión de canalones al colector general de la red vertical aneja, en su caso, se hará a través de sumidero sifónico.

## 8.2 Ejecución de las redes de pequeña evacuación

- Las redes serán estancas y no presentarán exudaciones ni estarán expuestas a obstrucciones.
- Se evitarán los cambios bruscos de dirección y se utilizarán piezas especiales adecuadas. Se evitará el enfrentamiento de dos ramales sobre una misma tubería colectiva.
- Se sujetarán mediante bridás o ganchos dispuestos cada 700 mm para tubos de diámetro no superior a 50 mm y cada 500 mm para diámetros superiores. Cuando la sujeción se realice a paramentos verticales, estos tendrán un espesor mínimo de 90 mm. Las abrazaderas de cuelgue de los forjados llevarán forro interior elástico y serán regulables para darles la pendiente adecuada.
- En el caso de tuberías empotradas se aislarán para evitar corrosiones, aplastamientos o fugas. Igualmente, no quedarán sujetas a la obra con elementos rígidos tales como yesos o morteros.
- En el caso de utilizar tuberías de gres, por la agresividad de las aguas, la sujeción no será rígida, evitando los morteros y utilizando en su lugar un cordón embreado y el resto relleno de asfalto.
- Los pasos a través de forjados, o de cualquier elemento estructural, se harán con contratubo de material adecuado, con una holgura mínima de 10 mm, que se retacará con masilla asfáltica o material elástico.
- Cuando el manguetón del inodoro sea de plástico, se acoplará al desagüe del aparato por medio de un sistema de junta de caucho de sellado hermético.

## 8.3 Ejecución de bajantes y ventilaciones

### 8.3.1 Ejecución de las bajantes

- Las bajantes se ejecutarán de manera que queden aplomadas y fijadas a la obra, cuyo espesor no debe menor de 12 cm, con elementos de agarre mínimos entre forjados. La fijación se realizará con una abrazadera de fijación en la zona de la embocadura, para que cada tramo de tubo sea autoportante, y una abrazadera de guiado en las zonas intermedias. La distancia entre abrazaderas debe ser de 15 veces el diámetro, y podrá tomarse la tabla siguiente como referencia, para tubos de 3 m:

Tabla 5.1
Diámetro del tubo en mm 40 50 63 75 110 125 160
Distancia en m 0,4 0,8 1,0 1,1 1,5 1,5 1,5

- Las uniones de los tubos y piezas especiales de las bajantes de PVC se sellarán con colas sintéticas impermeables de gran adherencia dejando una holgura en la copa de 5 mm, aunque también se podrá realizar la unión mediante junta elástica.
- En las bajantes de polipropileno, la unión entre tubería y accesorios, se realizará por soldadura en uno de sus extremos y junta deslizante (anillo adaptador) por el otro; montándose la tubería a media carrera de la copa, a fin de poder absorber las dilataciones o contracciones que se produzcan.
- Para los tubos y piezas de gres se realizarán juntas a enchufe y cordón. Se rodeará el cordón con cuerda embreada u otro tipo de empaquetadura similar. Se incluirá este extremo en la copa o enchufe, fijando la posición debida y apretando dicha empaquetadura de forma que ocupe la cuarta parte de la altura total de la copa. El espacio restante se llenará con mortero de cemento y arena de río en la proporción 1:1. Se retacará este mortero contra la pieza del cordón, en forma de bisel.
- Para las bajantes de fundición, las juntas se realizarán a enchufe y cordón, llenando el espacio libre entre copa y cordón con una empaquetadura que se retacará hasta que deje una profundidad libre de 25 mm. Así mismo, se podrán realizar juntas por bridas, tanto en tuberías normales como en piezas especiales.
- Las bajantes, en cualquier caso, se mantendrán separadas de los paramentos, para, por un lado poder efectuar futuras reparaciones o acabados, y por otro lado no afectar a los mismos por las posibles condensaciones en la cara exterior de las mismas.
- A las bajantes que discurren vistos, sea cual sea su material de constitución, se les presuponga un cierto riesgo de impacto, se les dotará de la adecuada protección que lo evite en lo posible.
- En edificios de más de 10 plantas, se interrumpirá la verticalidad de la bajante, con el fin de disminuir el posible impacto de caída. La desviación debe preverse con piezas especiales o escudos de protección de la bajante y el ángulo de la desviación con la vertical debe ser superior a 60º, a fin de evitar

posibles atascos. El reforzamiento se realizará con elementos de poliéster aplicados “in situ”.

### **8.3.2 Ejecución de las redes de ventilación**

- Las ventilaciones primarias irán provistas del correspondiente accesorio estándar que garantice la estanqueidad permanente del remate entre impermeabilizante y tubería.
- En las bajantes mixtas o residuales, que vayan dotadas de columna de ventilación paralela, ésta se montará lo más próxima posible a la bajante; para la interconexión entre ambas se utilizarán accesorios estándar del mismo material de la bajante, que garanticen la absorción de las distintas dilataciones que se produzcan en las dos conducciones, bajante y ventilación. Dicha interconexión se realizará en cualquier caso, en el sentido inverso al del flujo de las aguas, a fin de impedir que éstas penetren en la columna de ventilación.
- Los pasos a través de forjados se harán en idénticas condiciones que para las bajantes, según el material de que se trate. Igualmente, dicha columna de ventilación debe quedar fijada a muro de espesor no menor de 9 cm, mediante abrazaderas, no menos de 2 por tubo y con distancias máximas de 150 cm.
- La ventilación terciaria se conectará a una distancia del cierre hidráulico entre 2 y 20 veces el diámetro de la tubería. Se realizará en sentido ascendente o en todo caso horizontal por una de las paredes del local húmedo.
- Las válvulas de aireación se montarán entre el último y el penúltimo aparato, y por encima, de 1 a 2 m, del nivel del flujo de los aparatos. Se colocarán en un lugar ventilado y accesible. La unión podrá ser por presión con junta de caucho o sellada con silicona.

## **8.4 Ejecución de albañales y colectores**

### **8.4.1 Ejecución de la red horizontal colgada**

- El entronque con la bajante se mantendrá libre de conexiones de desagüe a una distancia igual o mayor que 1 m a ambos lados.
- Se situará un tapón de registro en cada entronque y en tramos rectos cada 15 m, que se instalarán en la mitad superior de la tubería.
- En los cambios de dirección se situarán codos de 45º, con registro roscado.

- La separación entre abrazaderas será función de la flecha máxima admisible por el tipo de tubo, siendo:
  - a) en tubos de PVC y para todos los diámetros, 0,3 cm;
  - b) en tubos de fundición, y para todos los diámetros, 0,3 cm.
- Aunque se debe comprobar la flecha máxima citada, se incluirán abrazaderas cada 1,50 m, para todo tipo de tubos, y la red quedará separada de la cara inferior del forjado un mínimo de 5 cm. Estas abrazaderas, con las que se sujetarán al forjado, serán de hierro galvanizado y dispondrán de forro interior elástico, siendo regulables para darles la pendiente deseada. Se dispondrán sin apriete en las gargantas de cada accesorio, estableciéndose de ésta forma los puntos fijos; los restantes soportes serán deslizantes y soportarán únicamente la red.
- Cuando la generatriz superior del tubo quede a más de 25 cm del forjado que la sustenta, todos los puntos fijos de anclaje de la instalación se realizarán mediante silletas o trapecios de fijación, por medio de tirantes anclados al forjado en ambos sentidos (aguas arriba y aguas abajo) del eje de la conducción, a fin de evitar el desplazamiento de dichos puntos por pandeo del soporte.
- En todos los casos se instalarán los absorbedores de dilatación necesarios. En tuberías encoladas se utilizarán manguitos de dilatación o uniones mixtas (encoladas con juntas de goma) cada 10 m.
- La tubería principal se prolongará 30 cm desde la primera toma para resolver posibles obturaciones.
- Los pasos a través de elementos de fábrica se harán con contra-tubo de algún material adecuado, con las holguras correspondientes, según se ha indicado para las bajantes.

#### **8.4.2 Ejecución de la red horizontal enterrada**

- La unión de la bajante a la arqueta se realizará mediante un manguito deslizante arenado previamente y recibido a la arqueta. Este arenado permitirá ser recibido con mortero de cemento en la arqueta, garantizando de esta forma una unión estanca.

- Si la distancia de la bajante a la arqueta de pie de bajante es larga se colocará el tramo de tubo entre ambas sobre un soporte adecuado que no limite el movimiento de este, para impedir que funcione como ménsula.
- Para la unión de los distintos tramos de tubos dentro de las zanjas, se considerará la compatibilidad de materiales y sus tipos de unión:
  - a) para tuberías de hormigón, las uniones serán mediante corchetes de hormigón en masa;
  - b) para tuberías de PVC, no se admitirán las uniones fabricadas mediante soldadura o pegamento
  - c) de diversos elementos, las uniones entre tubos serán de enchufe o cordón con junta de goma,
  - d) pegado mediante adhesivos.
- Cuando exista la posibilidad de invasión de la red por raíces de las plantaciones inmediatas a ésta, se tomarán las medidas adecuadas para impedirlo tales como disponer mallas de geotextil.

#### **8.4.3 Ejecución de las zanjas**

- Las zanjas se ejecutarán en función de las características del terreno y de los materiales de las canalizaciones a enterrar. Se considerarán tuberías más deformables que el terreno las de materiales plásticos, y menos deformables que el terreno las de fundición, hormigón y gres.
- Sin perjuicio del estudio particular del terreno que pueda ser necesario, se tomarán de forma general, las siguientes medidas.

##### *8.4.3.1 Zanjas para tuberías de materiales plásticos*

- Las zanjas serán de paredes verticales; su anchura será el diámetro del tubo más 500 mm, y como mínimo de 0,60 m.
- Su profundidad vendrá definida en el proyecto, siendo función de las pendientes adoptadas. Si la tubería discurre bajo calzada, se adoptará una profundidad mínima de 80 cm, desde la clave hasta la rasante del terreno.
- Los tubos se apoyarán en toda su longitud sobre un lecho de material granular (arena/grava) o tierra exenta de piedras de un grueso mínimo de 10 + diámetro exterior/ 10 cm. Se compactarán los laterales y se dejarán al descubierto las uniones hasta haberse realizado las pruebas de estanqueidad. El relleno se

realizará por capas de 10 cm, compactando, hasta 30 cm del nivel superior en que se realizará un último vertido y la compactación final.

- La base de la zanja, cuando se trate de terrenos poco consistentes, será un lecho de hormigón en toda su longitud. El espesor de este lecho de hormigón será de 15 cm y sobre él irá el lecho descrito en el párrafo anterior.

#### *8.4.3.2 Zanjas para tuberías de fundición, hormigón y gres*

- Además de las prescripciones dadas para las tuberías de materiales plásticos se cumplirán las siguientes.
- El lecho de apoyo se interrumpirá reservando unos nichos en la zona donde irán situadas las juntas de unión.
- Una vez situada la tubería, se llenarán los flancos para evitar que queden huecos y se compactarán los laterales hasta el nivel del plano horizontal que pasa por el eje del tubo. Se utilizará relleno que no contenga piedras o terrones de más de 3 cm de diámetro y tal que el material pulverulento, diámetro inferior a 0,1 mm, no supere el 12 %. Se proseguirá el relleno de los laterales hasta 15 cm por encima del nivel de la clave del tubo y se compactará nuevamente. La compactación de las capas sucesivas se realizará por capas no superiores a 30 cm y se utilizará material exento de piedras de diámetro superior a 1 cm.

#### **8.4.4 Protección de las tuberías de fundición enterradas**

- En general se seguirán las instrucciones dadas para las demás tuberías en cuanto a su enterramiento, con las prescripciones correspondientes a las protecciones a tomar relativas a las características de los terrenos particularmente agresivos.
- Se definirán como terrenos particularmente agresivos los que presenten algunas de las características siguientes:
  - a) baja resistividad: valor inferior a  $1.000 \Omega \times \text{cm}$ ;
  - b) reacción ácida:  $\text{pH} < 6$ ;
  - c) contenido en cloruros superior a 300 mg por kg de tierra;
  - d) contenido en sulfatos superior a 500 mg por kg de tierra;
  - e) indicios de sulfuros;
  - f) débil valor del potencial redox: valor inferior a +100 mV.

- En este caso, se podrá evitar su acción mediante la aportación de tierras químicamente neutras o de reacción básica (por adición de cal), empleando tubos con revestimientos especiales y empleando protecciones exteriores mediante fundas de film de polietileno.
- En éste último caso, se utilizará tubo de PE de 0,2 mm de espesor y de diámetro superior al tubo de fundición. Como complemento, se utilizará alambre de acero con recubrimiento plastificador y tiras adhesivas de film de PE de unos 50 mm de ancho.
- La protección de la tubería se realizará durante su montaje, mediante un primer tubo de PE que servirá de funda al tubo de fundición e irá colocado a lo largo de éste dejando al descubierto sus extremos y un segundo tubo de 70 cm de longitud, aproximadamente, que hará de funda de la unión.

#### **8.4.5 Ejecución de los elementos de conexión de las redes enterradas**

##### **8.4.5.1 Arquetas**

- Si son fabricadas “in situ” podrán ser construidas con fábrica de ladrillo macizo de medio pie de espesor, enfoscada y bruñida interiormente, se apoyarán sobre una solera de hormigón H-100 de 10 cm de espesor y se cubrirán con una tapa de hormigón prefabricado de 5 cm de espesor. El espesor de las realizadas con hormigón será de 10 cm. La tapa será hermética con junta de goma para evitar el paso de olores y gases.
- Las arquetas sumidero se cubrirán con rejilla metálica apoyada sobre angulares. Cuando estas arquetas sumideros tengan dimensiones considerables, como en el caso de rampas de garajes, la rejilla plana será desmontable. El desagüe se realizará por uno de sus laterales, con un diámetro mínimo de 110 mm, vertiendo a una arqueta sifónica o a un separador de grasas y fangos.
- En las arquetas sifónicas, el conducto de salida de las aguas irá provisto de un codo de 90°, siendo el espesor de la lámina de agua de 45 cm.
- Los encuentros de las paredes laterales se deben realizar a media caña, para evitar el depósito de materias sólidas en las esquinas. Igualmente, se conducirán las aguas entre la entrada y la salida

mediante medianas cañas realizadas sobre cama de hormigón formando pendiente.

#### 8.4.5.2 Pozos

Si son fabricados “in situ”, se construirán con fábrica de ladrillo macizo de 1 pie de espesor que irá enfoscada y bruñida interiormente. Se apoyará sobre solera de hormigón H-100 de 20 cm de espesor y se cubrirá con una tapa hermética de hierro fundido. Los prefabricados tendrán unas prestaciones similares.

#### 8.4.5.3 Separadores

- Si son fabricados “in situ”, se construirán con fábrica de ladrillo macizo de 1 pie de espesor que irá enfoscada y bruñida interiormente. Se apoyará sobre solera de hormigón H-100 de 20 cm de espesor y se cubrirá con una tapa hermética de hierro fundido, practicable.
- En el caso que el separador se construya en hormigón, el espesor de las paredes será como mínimo de 10 cm y la solera de 15 cm.
- Cuando se exija por las condiciones de evacuación se utilizará un separador con dos etapas de tratamiento: en la primera se realizará un pozo separador de fango, en donde se depositarán las materias gruesas, en la segunda se hará un pozo separador de grasas, cayendo al fondo del mismo las materias ligeras.
- En todo caso, deben estar dotados de una eficaz ventilación, que se realizará con tubo de 100 mm, hasta la cubierta del edificio.
- El material de revestimiento será inatacable pudiendo realizarse mediante materiales cerámicos o vidriados.
- El conducto de alimentación al separador llevará un sifón tal que su generatriz inferior esté a 5 cm sobre el nivel del agua en el separador siendo de 10 cm la distancia del primer tabique interior al conducto de llegada. Estos serán inamovibles sobresaliendo 20 cm del nivel de aceites y teniendo, como mínimo, otros 20 cm de altura mínima sumergida. Su separación entre sí será, como mínimo, la anchura total del separador de grasas. Los conductos de evacuación serán de gres vidriado con una pendiente mínima del 3 % para facilitar una rápida evacuación a la red general.

## 8.5 Ejecución de los sistemas de elevación y bombeo

### 8.5.1 Depósito de recepción

- El depósito acumulador de aguas residuales debe ser de construcción estanca para evitar la salida de malos olores y estará dotado de una tubería de ventilación con un diámetro igual a la mitad del de acometida y como mínimo de 80 mm.
- Tendrá, preferiblemente, en planta una superficie de sección circular, para evitar la acumulación de depósitos sólidos.
- Debe quedar un mínimo de 10 cm entre el nivel máximo del agua en el depósito y la generatriz inferior de la tubería de acometida, o de la parte más baja de las generatrices inferiores de las tuberías de acometida, para evitar su inundación y permitir la circulación del aire.
- Se dejarán al menos 20 cm entre el nivel mínimo del agua en el depósito y el fondo para que la boca de aspiración de la bomba esté siempre sumergida, aunque esta cota podrá variar según requisitos específicos del fabricante.
- La altura total será de al menos 1 m, a la que habrá que añadir la diferencia de cota entre el nivel del suelo y la generatriz inferior de la tubería, para obtener la profundidad total del depósito.
- Cuando se utilicen bombas de tipo sumergible, se alojarán en una fosa para reducir la cantidad de agua que queda por debajo de la boca de aspiración. La misma forma podrá tener el fondo del tanque cuando existan dos cámaras, una para recibir las aguas (fosa húmeda) y otra para alojar las bombas (fosa seca).
- El fondo del tanque debe tener una pendiente mínima del 25 %.
- El caudal de entrada de aire al tanque debe ser igual al de la bomba.

### 8.5.2 Dispositivos de elevación y control

- Las bombas tendrán un diseño que garantice una protección adecuada contra las materias sólidas en suspensión en el agua.
- Para controlar la marcha y parada de la bomba se utilizarán interruptores de nivel, instalados en los niveles alto y bajo respectivamente. Se instalará además un nivel de alarma por encima del nivel superior y otro de seguridad por debajo del nivel mínimo.

- Si las bombas son dos o más, se multiplicará proporcionalmente el número de interruptores. Se añadirá, además un dispositivo para alternar el funcionamiento de las bombas con el fin de mantenerlas en igual estado de uso, con un funcionamiento de las bombas secuencial.
- Cuando exista riesgo de flotación de los equipos, éstos se fijarán a su alojamiento para evitar dicho riesgo. En caso de existencia de fosa seca, ésta dispondrá de espacio suficiente para que haya, al menos, 600 mm alrededor y por encima de las partes o componentes que puedan necesitar mantenimiento. Igualmente, se le dotará de sumidero de al menos 100 mm de diámetro, ventilación adecuada e iluminación mínima de 200 lux.
- Todas las conexiones de las tuberías del sistema de bombeo y elevación estarán dotadas de los elementos necesarios para la no transmisión de ruidos y vibraciones. El depósito de recepción que contenga residuos fecales no estará integrado en la estructura del edificio.
- En la entrada del equipo se dispondrá una llave de corte, así como a la salida y después de la válvula de retención. No se realizará conexión alguna en la tubería de descarga del sistema. No se conectará la tubería de descarga a bajante de cualquier tipo. La conexión con el colector de desagüe se hará siempre por gravedad. En la tubería de descarga no se colocarán válvulas de aireación.

## 8.6 Pruebas

### 8.6.1 Pruebas de estanqueidad parcial

- Se realizarán pruebas de estanqueidad parcial descargando cada aparato aislado o simultáneamente, verificando los tiempos de desagüe, los fenómenos de sifonado que se produzcan en el propio aparato o en los demás conectados a la red, ruidos en desagües y tuberías y comprobación de cierres hidráulicos.
- No se admitirá que quede en el sifón de un aparato una altura de cierre hidráulico inferior a 25 mm.
- Las pruebas de vaciado se realizarán abriendo los grifos de los aparatos, con los caudales mínimos considerados para cada uno de ellos y con la válvula de desagüe asimismo abierta; no se acumulará agua en el aparato en el tiempo mínimo de 1 minuto.

- En la red horizontal se probará cada tramo de tubería, para garantizar su estanqueidad introduciendo agua a presión (entre 0,3 y 0,6 bar) durante diez minutos.
- Las arquetas y pozos de registro se someterán a idénticas pruebas llenándolos previamente de agua y observando si se advierte o no un descenso de nivel.
- Se controlarán al 100 % las uniones, entronques y/o derivaciones.

#### **8.6.2 Pruebas de estanqueidad total**

Las pruebas deben hacerse sobre el sistema total, bien de una sola vez o por partes podrán seguir las prescripciones siguientes.

#### **8.6.3 Prueba con agua**

- La prueba con agua se efectuará sobre las redes de evacuación de aguas residuales y pluviales. Para ello, se taponarán todos los terminales de las tuberías de evacuación, excepto los de cubierta, y se llenará la red con agua hasta rebosar.
- La presión a la que debe estar sometida cualquier parte de la red no debe ser inferior a 0,3 bares, ni superar el máximo de 1 bar.
- Si el sistema tuviese una altura equivalente más alta de 1 bar, se efectuarán las pruebas por fases, subdividiendo la red en partes en sentido vertical.
- Si se prueba la red por partes, se hará con presiones entre 0,3 y 0,6 bar, suficientes para detectar fugas.
- Si la red de ventilación está realizada en el momento de la prueba, se le someterá al mismo régimen que al resto de la red de evacuación.
- La prueba se dará por terminada solamente cuando ninguna de las uniones acusen pérdida de agua.

#### **8.6.4 Prueba con aire**

- La prueba con aire se realizará de forma similar a la prueba con agua, salvo que la presión a la que se someterá la red será entre 0,5 y 1 bar como máximo.
- Esta prueba se considerará satisfactoria cuando la presión se mantenga constante durante tres minutos.

### 8.6.5 Prueba con humo

- La prueba con humo se efectuará sobre la red de aguas residuales y su correspondiente red de ventilación.
- Debe utilizarse un producto que produzca un humo espeso y que, además, tenga un fuerte olor.
- La introducción del producto se hará por medio de máquinas o bombas y se efectuará en la parte baja del sistema, desde distintos puntos si es necesario, para inundar completamente el sistema, después de haber llenado con agua todos los cierres hidráulicos.
- Cuando el humo comience a aparecer por los terminales de cubierta del sistema, se taponarán éstos a fin de mantener una presión de gases de 250 Pa.
- El sistema debe resistir durante su funcionamiento fluctuaciones de  $\pm 250$  Pa, para las cuales ha sido diseñado, sin pérdida de estanqueidad en los cierres hidráulicos.
- La prueba se considerará satisfactoria cuando no se detecte presencia de humo y olores en el interior del edificio.

## INSTALACIONES DE EVACUACIÓN Y SANEAMIENTO EN EDIFICACIÓN

### 2<sup>a</sup> Parte. DIMENSIONADO

#### 1. REPRESENTACIÓN GRÁFICA. PLANOS

Los planos serán los suficientes y necesarios para que, a una escala que permita la lectura cómoda, reflejen toda y cada una de las partes de la instalación, con indicación de sus elementos y equipos específicos y resaltando aquellos que, a según criterio, tengan mayor importancia en el conjunto de la instalación.

Se indica a continuación, a título orientativo, la simbología utilizada más comúnmente en el graficado de planos, para reflejar la instalación de saneamiento.

	CONDUCTO DERIVACIONES		COLECTOR COLGADO O SUSPENDIDO
	DESAGÜE DE APARATO (ESPECIFICAR O DIBUJAR) A BOTE SIFONICO		COLECTOR ENTERRADO
	DESAGÜE DE APARATO CON SIFÓN INDIVIDUAL INCORPORADO		SUMIDERO SIFONICO
	BAJANTE AGUAS RESIDUALES		POZO DE REGISTRO
	BAJANTE AGUAS PLUVIALES		ARQUETA DE PASO
	CONDUCTO DE VENTILACIÓN		ARQUETA A PIE DE BAJANTE
			ARQUETA SIFONICA
			BOTE SIFONICO

Fig.46. Simbología instalación de saneamiento<sup>5</sup>.

La simbología según el código técnico de la edificación, es la misma que la presentada para el abastecimiento de agua la cual se encuentra en el apéndice D del DB-HS 4.

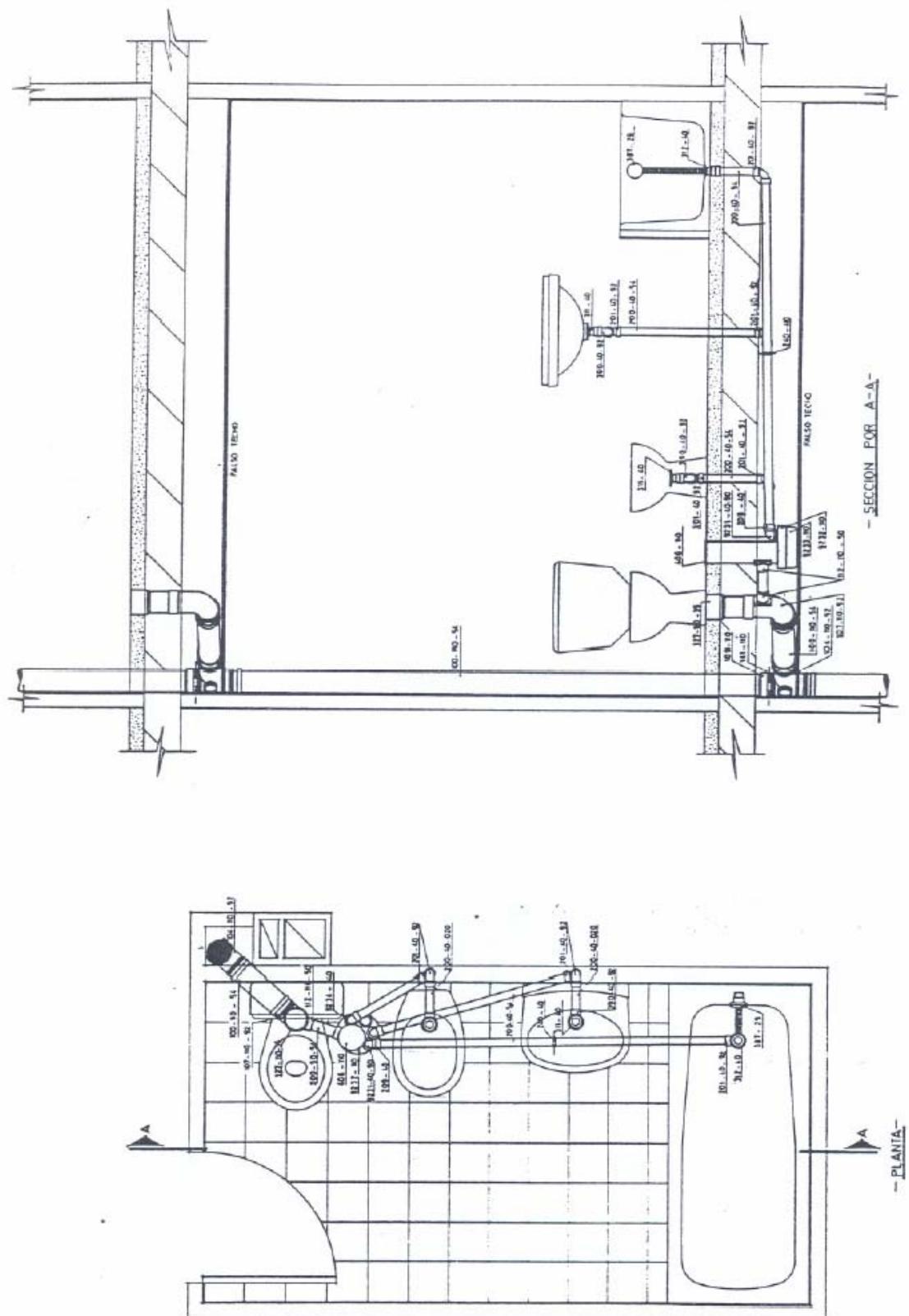


Fig.47. Planos de ejemplos de pequeñas redes de evacuación. Escala 1:30.<sup>5</sup>

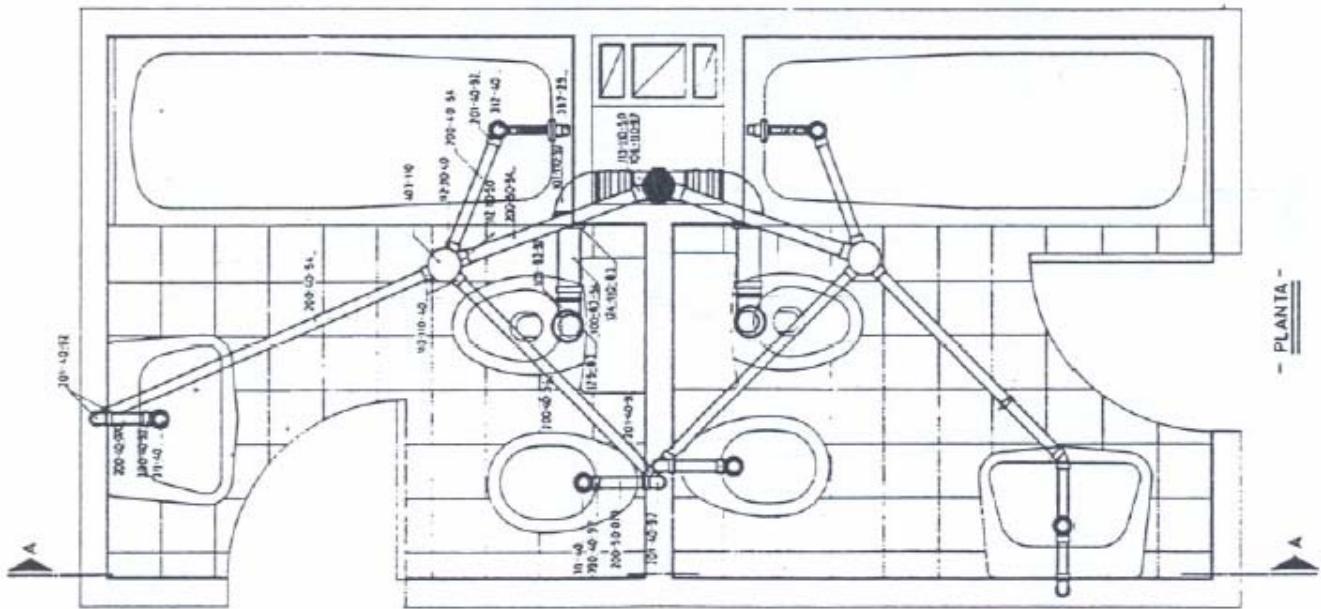


Fig.48. Evacuación de dos baños a una misma bajante con botes sifónicos.<sup>5</sup>

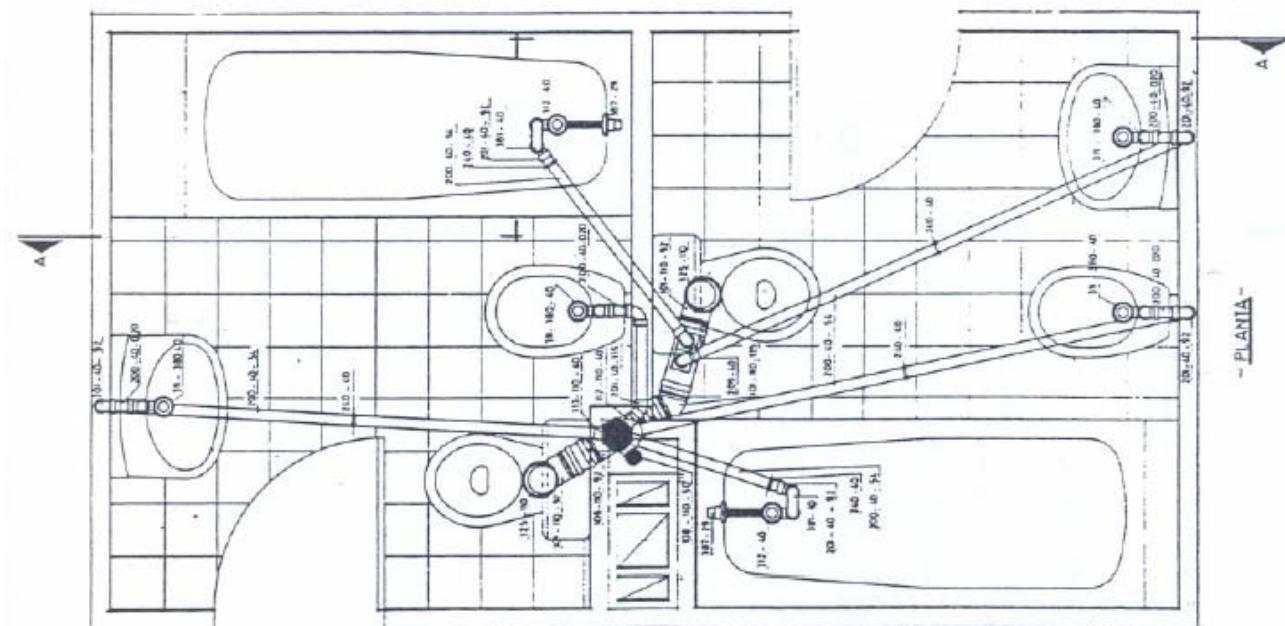


Fig.49. Evacuación de dos baños a una misma bajante con sifones individuales.<sup>5</sup>

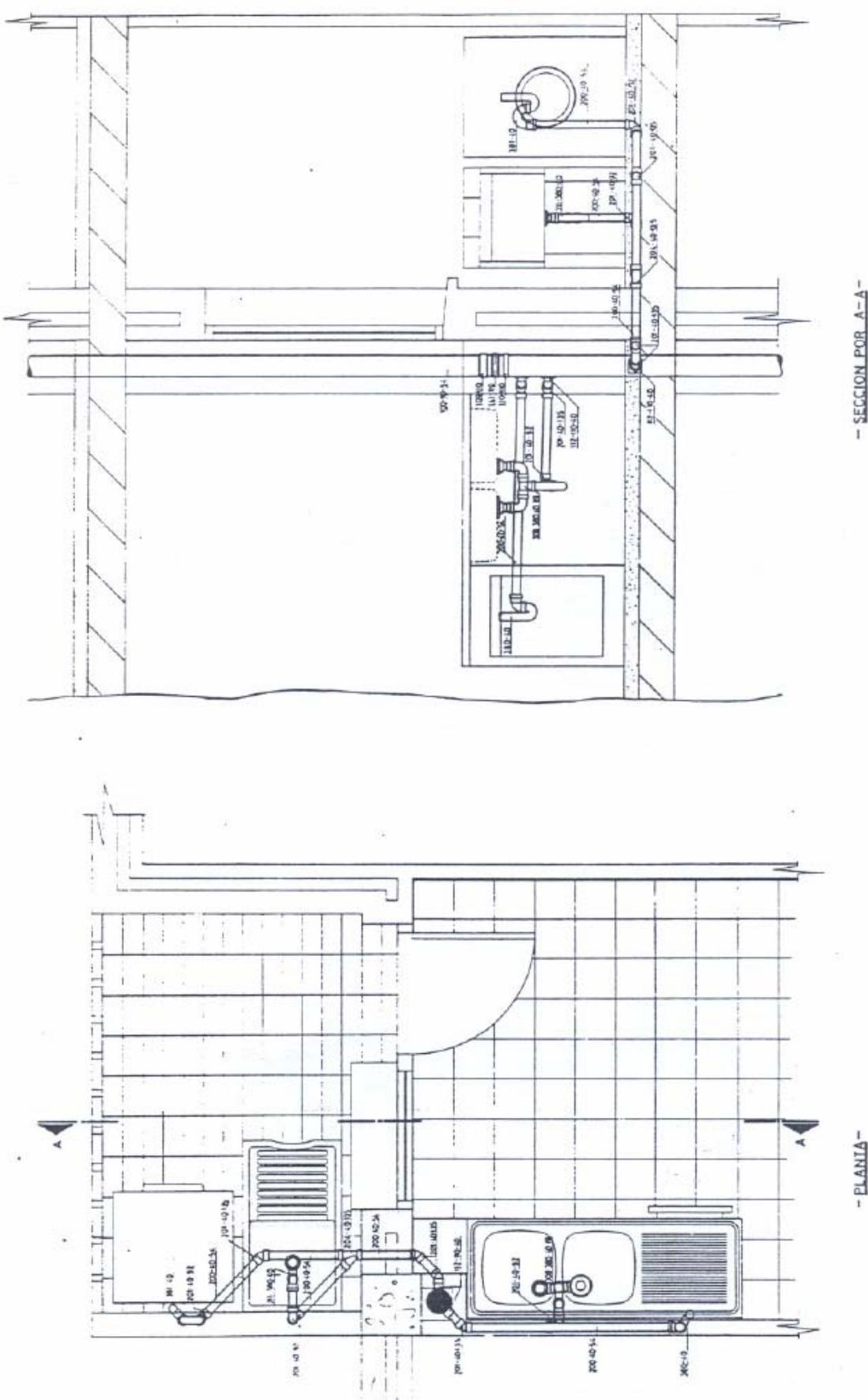


Fig.50. Evacuación de cocina y lavadero a una misma bajante con sifones individuales<sup>5</sup>.

## 2. DIMENSIONADO

Según la nueva normativa del código técnico, debe aplicarse un procedimiento de dimensionado para un *sistema separativo*, es decir, debe dimensionarse la red de *aguas residuales* por un lado y la red de *aguas pluviales* por otro, de forma separada e independiente, y posteriormente mediante las oportunas conversiones, dimensionar un *sistema mixto o semiseparativo*.

En el cálculo utilizaremos el concepto de "unidades de descarga". La **Unidad de Descarga (UD)**, equivale a un caudal que corresponde a la evacuación de 28 litros de agua en un minuto de tiempo, o lo que es lo mismo 0,47 l/s.

Este valor se considera que es igual a la capacidad de un lavabo (standard) y permite, adecuando los volúmenes necesarios, expresar en función de esa capacidad unitaria los caudales de evacuación de los distintos aparatos. Esta unidad engloba el concepto de gasto y simultaneidad, por lo que su clasificación será función del uso privado o público de cada uno de los aparatos sanitarios del edificio.

Por tanto los valores de los desagües de los distintos aparatos se proporcionarán en Unidades de Descarga. Así, al decir que el desagüe de un inodoro público es de 5 unidades de descarga (UD), se quiere decir que el gasto a considerar es de  $0,47 \times 5 = 2,35$  litros/segundo.

### 2.1 Dimensionado de la red de evacuación de aguas residuales

Tras haber indicado unos conceptos generales para el diseño y organización de las redes de desagüe, comenzaremos a exponer de forma escalonada un método de calculo de dimensiones de las tuberías de saneamiento dentro del edificio. También indicaremos, de una forma sencilla, como se puede resolver con un mínimo de cálculos la problemática de las bombas para aguas de evacuación, así como algunos elementos singulares.

### 2.1.1 Derivaciones individuales.

Comenzaremos con la adjudicación de UD a cada tipo de aparato y los diámetros mínimos de los sifones y las derivaciones individuales correspondientes, todo ello se establece en la tabla 1, teniendo en cuenta el uso.

*Tabla 1 UDs correspondientes a los distintos aparatos sanitarios<sup>1</sup>*

Tipo de aparato sanitario	Unidades de desagüe UD		Diámetro mínimo sifón y derivación individual (mm)	
	Uso privado	Uso público	Uso privado	Uso público
Lavabo	1	2	32	40
Bidé	2	3	32	40
Ducha	2	3	40	50
Bañera (con o sin ducha)	3	4	40	50
Inodoro	Con cisterna	4	100	100
	Con fluxómetro	8	100	100
Urinario	Pedestal	-	4	50
	Suspendido	-	2	40
	En batería	-	3.5	-
Fregadero	De cocina	3	6	40
	De laboratorio, restaurante, etc.	-	2	-
Lavadero		3	-	40
Vertedero		-	8	-
Fuente para beber		-	0.5	-
Sumidero sifónico		1	3	40
Lavavajillas		3	6	40
Lavadora		3	6	40
Cuarto de baño	Inodoro con cisterna	7	-	100
(lavabo, inodoro, bañera y bidé)	Inodoro con fluxómetro	8	-	100
Cuarto de aseo	Inodoro con cisterna	6	-	100
(lavabo, inodoro y ducha)	Inodoro con fluxómetro	8	-	100

Los diámetros indicados en la tabla 1 se consideran válidos para ramales individuales cuya longitud sea igual a 1,5 m, cuando los ramales sean mayores debe efectuarse un cálculo pormenorizado, en función de la longitud, la pendiente y el caudal a evacuar.

También hay que tener cuidado con esta tabla a la hora de sacar las unidades de descarga del baño completo, ya que se puede calcular considerando cada uno de los aparatos por separado obteniendo así unas unidades de descarga superiores al valor dado en la tabla, este procedimiento es necesario cuando se realicen derivaciones a botes sifónicos antes de la bajante.

Algo que siempre hay que tener en cuenta a la hora de diseñar la red es que el diámetro de las conducciones nunca debe ser menor que el de los tramos situados aguas arriba.

Otros desagües que no aparecen en la tabla pero que en muchas ocasiones es necesario tener en cuenta y dimensionar son, los desagües de tipo continuo o semicontinuo, tales como los de los equipos de climatización, las bandejas de condensación, etc., para los cuales debe tomarse 1 UD para cada 0,03 dm<sup>3</sup>/s de caudal estimado. Una vez obtenidas las unidades de descarga, nos iríamos a la tabla 2 para definir el diámetro del desagüe.

Esta tabla se utilizará también para el cálculo de las UD de aparatos sanitarios o equipos que no estén incluidos en la tabla 1, pueden utilizarse los valores que se indican en la tabla 2 en función del diámetro del tubo de desagüe, con el que estén diseñados:

Tabla 2 UD de otros aparatos sanitarios y equipos<sup>1</sup>

Diámetro del desagüe (mm)	Unidades de desagüe UD
32	1
40	2
50	3
60	4
80	5
100	6

- **Botes sifónicos o sifones individuales**

Los sifones individuales deben tener el mismo diámetro que la válvula de desagüe conectada. Mientras que los botes sifónicos deben tener el número y tamaño de entradas adecuado y una altura suficiente para evitar que la descarga de un aparato sanitario alto salga por otro de menor altura.

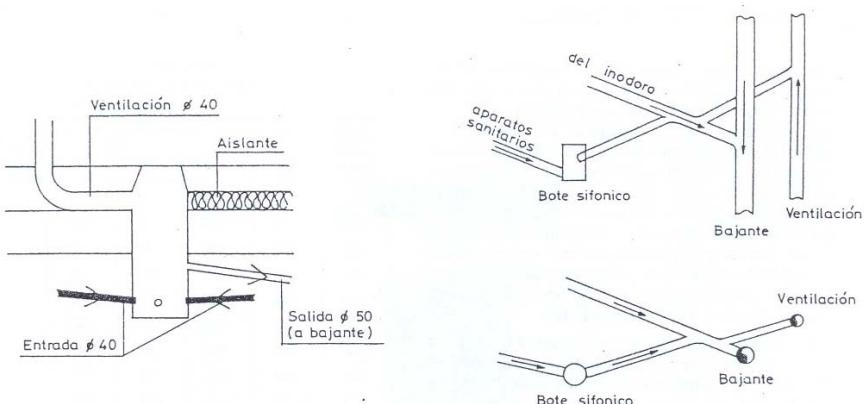


Fig.51. Bote sifónico tipo aéreo<sup>3</sup>.

El diámetro de salida del bote sifónicos, se obtendrá a partir de las unidades de descarga y de la pendiente que tenga la tubería tal y como se ve en la tabla 3, aunque el diámetro más común para la salida de los colectores es de 50 mm con una pendiente del 2%.

- **Derivaciones o ramales colectores**

Las derivaciones o los ramales colectores tal y como hemos visto en apartados anteriores tienen como función unir los diferentes desagües de los aparatos sanitarios con las bajantes, el diámetro de estas tuberías horizontales dependerán del número y tipo de aparatos sanitarios conectados a ellas. Teniendo en cuenta que tendrán una pendiente que favorecerá la evacuación del vertido. Con la tabla 3 se obtiene el diámetro de las derivaciones o los ramales colectores entre aparatos sanitarios y la bajante según el número máximo de unidades de desagüe y la pendiente del ramal colector.

Tabla 3 Diámetros de derivaciones entre aparatos sanitarios y bajante<sup>1</sup>

Máximo número de UD			Diámetro (mm)
1 %	Pendiente 2 %	4 %	
-	1	1	32
-	2	3	40
-	6	8	50
-	11	14	63
-	21	28	75
47	60	75	90
123	151	181	110
180	234	280	125
438	582	800	160
870	1.150	1.680	200

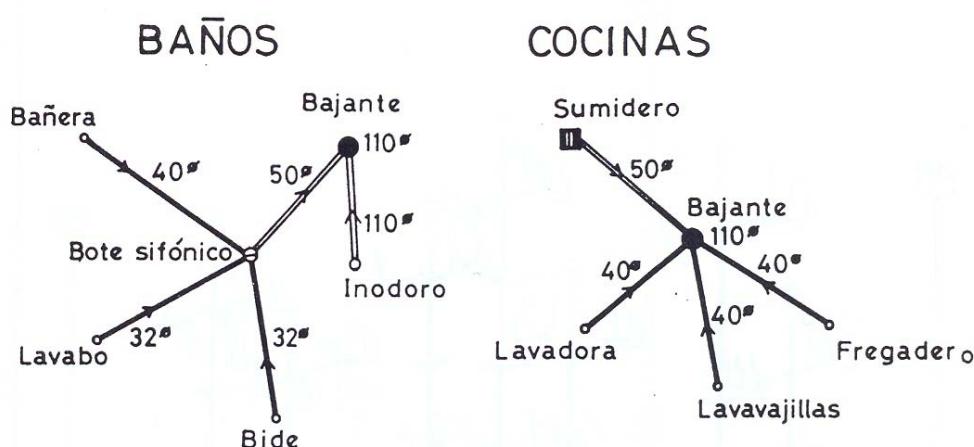


Fig.52. Representación en planta de una red de pequeña evacuación<sup>2</sup>.

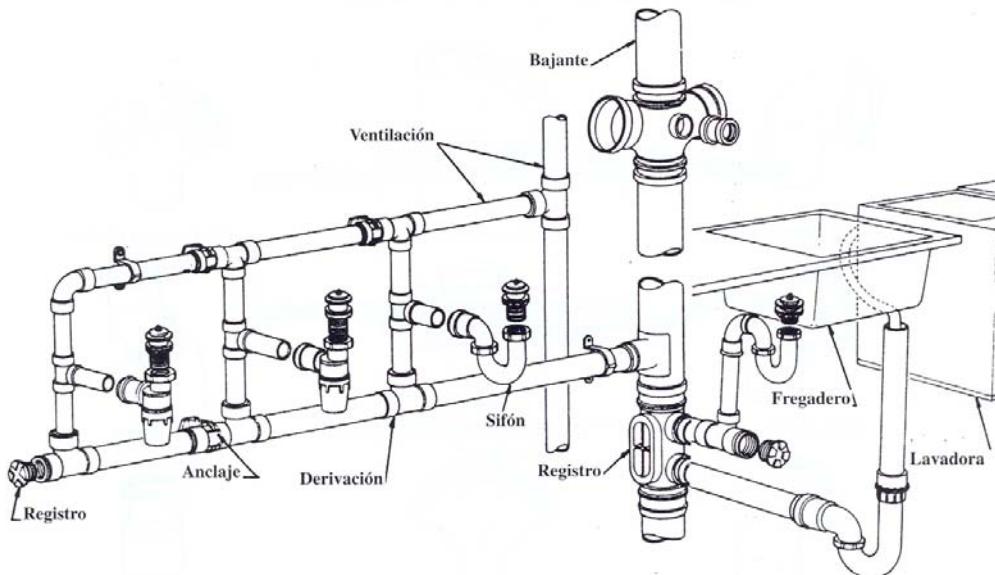


Fig.53. Red de tuberías de pequeña evacuación<sup>4</sup>.

### 2.1.2 Bajantes de aguas residuales.

La normativa indica que el dimensionado de las bajantes debe realizarse de forma tal que no se rebase el límite de  $\pm 250$  Pa de variación de presión y para un caudal de vertido tal que la superficie ocupada por el agua no sea mayor que 1/3 de la sección transversal de la tubería.

Por ello el diámetro de las bajantes se obtiene en la tabla 4, como el mayor de los valores obtenidos considerando el máximo número de UD en la bajante y el máximo número de UD en cada ramal que acomete a la bajante, en función del número de plantas.

Tabla 4 Diámetro de las bajantes según el número de alturas del edificio y el número de UD<sup>1</sup>.

Máximo número de UD, para una altura de bajante de:		Máximo número de UD, en cada ramal para una altura de bajante de:		Diámetro (mm)
Hasta 3 plantas	Más de 3 plantas	Hasta 3 plantas	Más de 3 plantas	
10	25	6	6	50
19	38	11	9	63
27	53	21	13	75
135	280	70	53	90
360	740	181	134	110
540	1.100	280	200	125
1.208	2.240	1.120	400	160
2.200	3.600	1.680	600	200
3.800	5.600	2.500	1.000	250
6.000	9.240	4.320	1.650	315

Además de lo que acabamos de indicar, es bueno tener en cuenta, y debe ser criterio de diseño que a todas aquellas bajantes que acometen inodoros, el diámetro mínimo sea de 110 mm de diámetro, aunque el número de descargas según la tabla sea mucho menor que la correspondiente para dicho diámetro, ya que el diámetro del mánqueton del inodoro va a ser como mínimo de 100 mm, como ya se ha visto anteriormente.

En el caso de tener desviaciones con respecto a la vertical en las bajantes, se dimensionan con el criterio siguiente:

- a) Si la desviación forma un ángulo con la vertical menor que  $45^\circ$ , no se requiere ningún cambio de sección.
- b) Si la desviación forma un ángulo mayor que  $45^\circ$ , se procede de la manera siguiente:
  - i) el tramo de la bajante situado por encima de la desviación se dimensiona como se ha especificado de forma general;
  - ii) el tramo de la desviación, se dimensiona como un colector horizontal, aplicando una pendiente del 4% y considerando que no debe ser menor que el tramo anterior;
  - iii) para el tramo situado por debajo de la desviación se adoptará un diámetro igual o mayor al de la desviación.

### 2.1.3 Colectores horizontales de aguas residuales.

En este apartado se dimensionarán los colectores horizontales solo de aguas residuales para un sistema separativo, si se considera un sistema semiseparativo se calcularán como colectores mixtos, lo cual veremos más adelante. Estos colectores horizontales se dimensionan para funcionar a media de sección, hasta un máximo de tres cuartos de sección, bajo condiciones de flujo uniforme.

El diámetro de los colectores horizontales, tanto enterrados como colgados, se obtiene en la tabla 5 en función del máximo número de UD y de la pendiente. El diseño de esta red se realizará mediante tramos en los cuales se irán acoplando las diferentes bajantes, por lo tanto el diámetro de los colectores irá aumentando a medida que se van sumando bajantes o lo que es lo mismo unidades de descarga. La

pendiente de los tramos dependerá de la longitud de los diferentes tramos y de los obstáculos que deba de saltar.

*Tabla 5 Diámetro de los colectores horizontales en función del número máximo de UD y la pendiente adoptada<sup>1</sup>.*

1 %	Máximo número de UD			Diámetro (mm)
	Pendiente 2 %		4 %	
-	20		25	50
-	24		29	63
-	38		57	75
96	130		160	90
264	321		382	110
390	480		580	125
880	1.056		1.300	160
1.600	1.920		2.300	200
2.900	3.500		4.200	250
5.710	6.920		8.290	315
8.300	10.000		12.000	350

El diámetro mínimo recomendado para una red de colectores enterrados será de 125 mm y sobre todo si a él le llegan bajantes con ramales de inodoros, si la red es colgada y nos encontramos en la misma situación el diámetro mínimo del colector será de 110 mm.

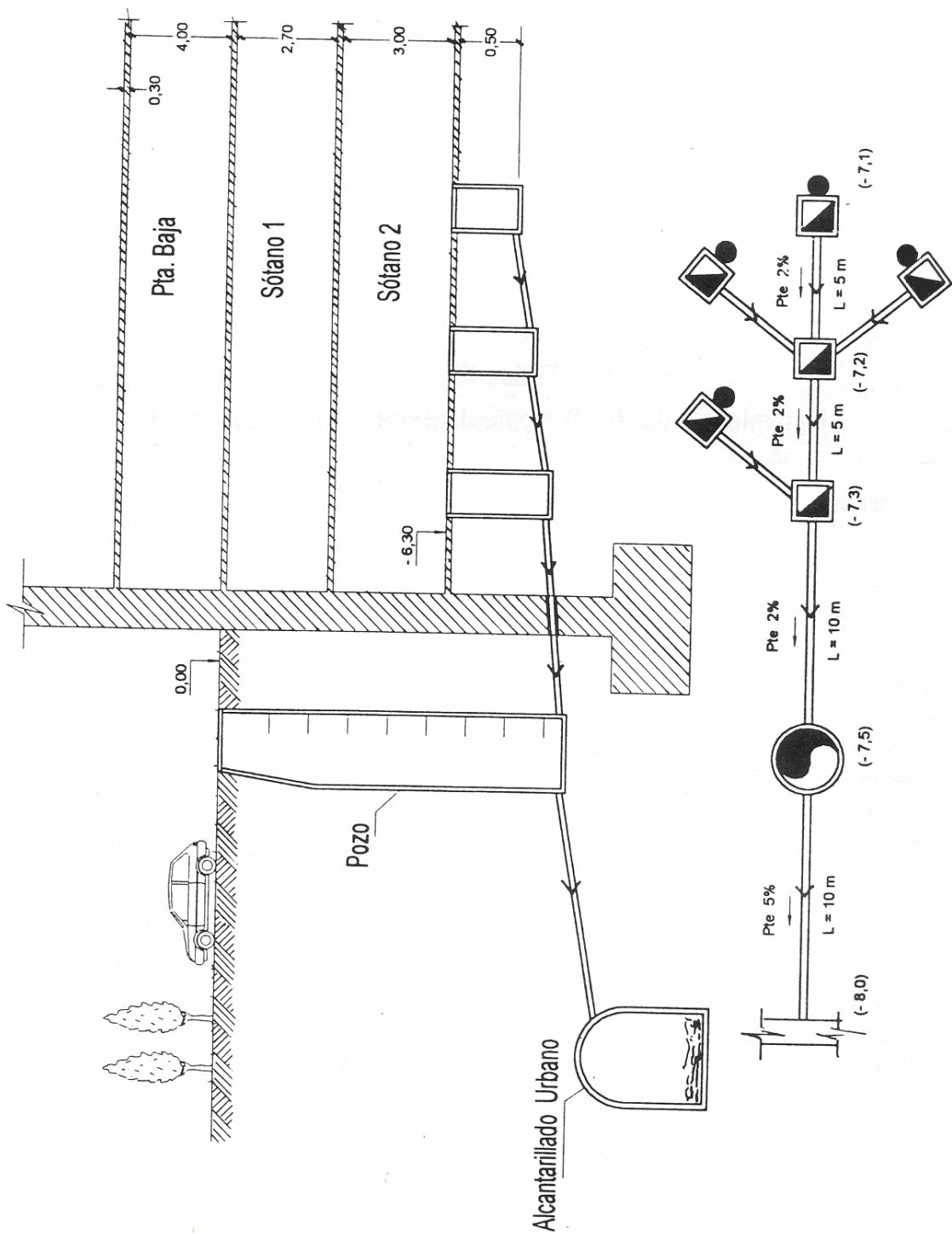
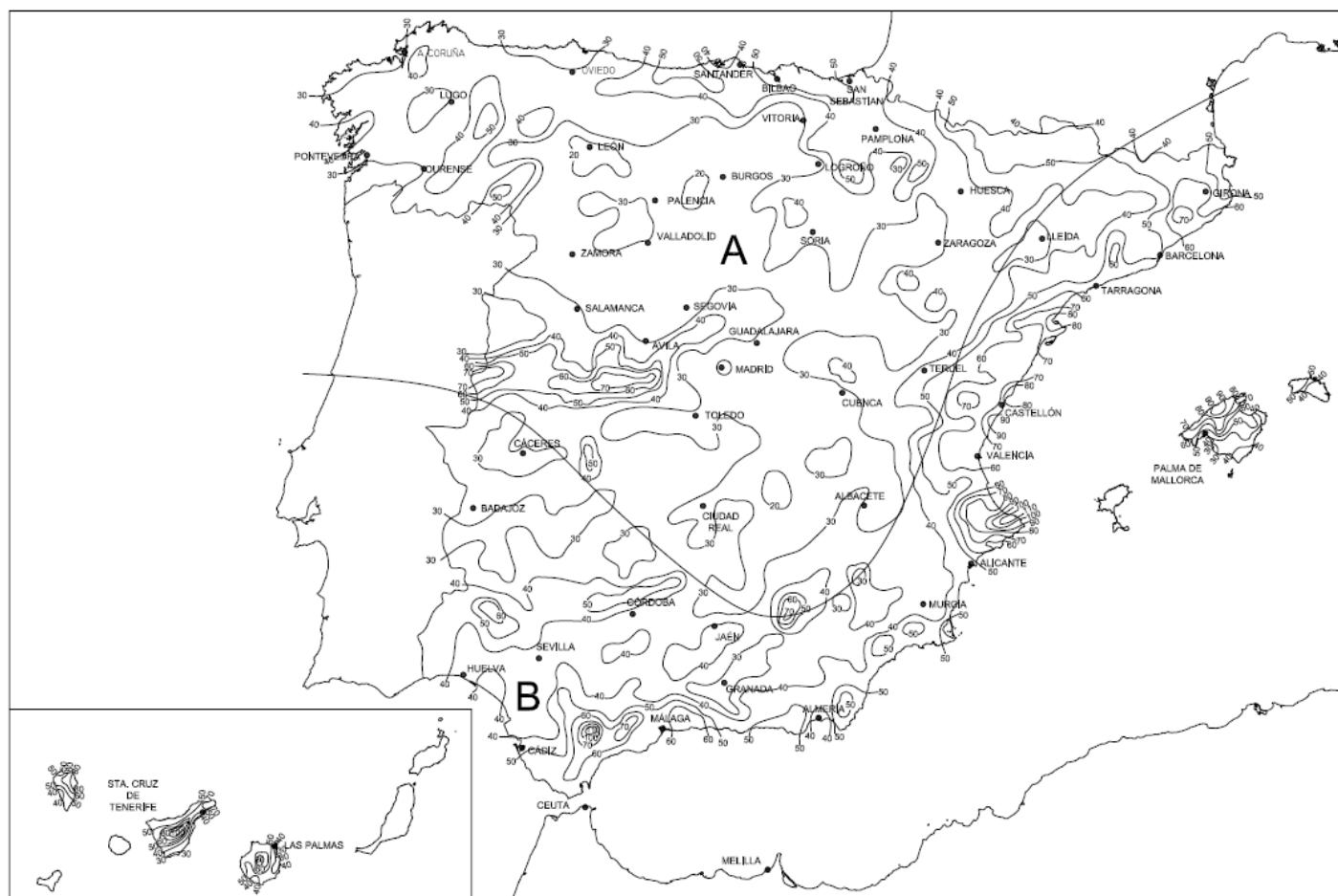


Fig.54. Red de evacuación de un sistema de colectores de aguas solo residuales<sup>3</sup>.

## 2.2 Dimensionado de la red de evacuación de aguas pluviales

Antes de comenzar con el diseño, es necesario conocer que intensidad pluviométrica es característica en cada zona geográfica. El mapa pluviométrico de España, divide a nuestro país en dos zonas A y B pluviométricas, señalando además las intensidades de precipitación a adoptar, y de este modo realizar el dimensionamiento en función caudales de precipitación en l/s. Este mapa ha sido elaborado por el Ministerio de Medio Ambiente, y adoptado para el CTE.

Por tanto, la intensidad pluviométrica  $i$  se obtendrá en la tabla B.1, en función de la isoyeta y de la zona pluviométrica, correspondientes a la localidad, y determinadas mediante el mapa de la figura B.1<sup>1</sup>.



**Figura B.1** Mapa de isoyetas y zonas pluviométricas

**Tabla B.1**  
**Intensidad Pluviométrica  $i$  (mm/h)**

Isoyeta	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Zona A	30	65	90	125	155	180	210	240	275	300	330	365
Zona B	30	50	70	90	110	135	150	170	195	220	240	265

La normativa por defecto ha realizado todas las tablas de dimensionado para una intensidad pluviométrica media de 100 mm/h, pero para un régimen con intensidad pluviométrica diferente de 100 mm/h, debe aplicarse un factor  $f$  de corrección a la superficie servida tal que:

$$f = i / 100 \quad (1)$$

siendo,  $i$  la intensidad pluviométrica que se quiere considerar. Este factor mayorará la superficie proyectada cuando la intensidad pluviométrica sea mayor a 100 mm/h y la minorará cuando sea menor de ese valor standard. Con esta superficie modificada entraremos en las tablas correspondientes.

Por ejemplo, Cartagena tiene una intensidad pluviométrica según el mapa pluviométrico de 110 mm/h, ya que está sobre la isoyeta de 50 y se encuentra en la zona B del mapa, con estos datos nos vamos a la tabla y sacamos la intensidad pluviométrica que ya se ha indicado de 110 mm/h. El factor de corrección, en este caso, a multiplicar por las superficies afectadas sería:

$$f = 110/100 = 1.1, \quad \text{según la fórmula (1).}$$

Y si la superficie proyectada de cubierta fuera de  $65 \text{ m}^2$ , la superficie modificada para poder trabajar con las tablas de dimensionamiento será de  $71.5 \text{ m}^2$ .

## 2.2.1 Red de pequeña evacuación de aguas pluviales

Comenzaremos con los elementos de recogida de las aguas pluviales como son las calderetas o los sumideros sifónicos. El área de la superficie de paso del elemento filtrante de una caldereta debe estar comprendida entre 1,5 y 2 veces la sección recta de la tubería a la que se conecta, y el número mínimo de sumideros que deben disponerse es el indicado en la tabla 6, en función de la superficie proyectada horizontalmente de la cubierta a la que sirven.

*Tabla 6 Número de sumideros en función de la superficie de cubierta<sup>1</sup>.*

Superficie de cubierta en proyección horizontal ( $\text{m}^2$ )	Número de sumideros
$S < 100$	2
$100 \leq S < 200$	3
$200 \leq S < 500$	4
$S > 500$	1 cada $150 \text{ m}^2$

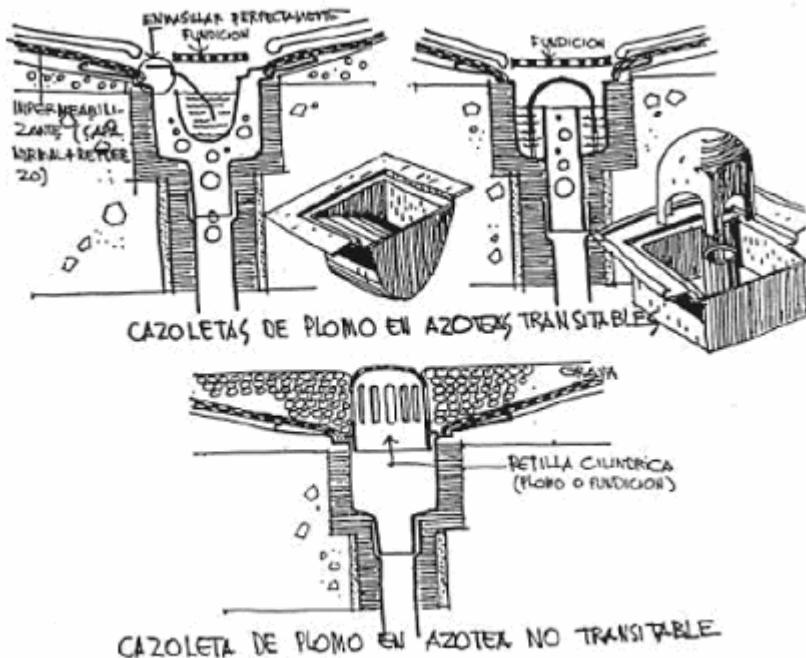


Fig.55. Cazoletas de plomo en azoteas transitables y no transitables<sup>5</sup>.

El número de puntos de recogida debe ser suficiente para que no haya desniveles mayores que 150 mm y pendientes máximas del 0,5 %, lo cual evitará una sobrecarga excesiva de la cubierta.

Cuando por razones de diseño no se instalen estos puntos de recogida de aguas pluviales, es necesario prever de algún modo la evacuación de las aguas de precipitación, como por ejemplo colocando rebosaderos.

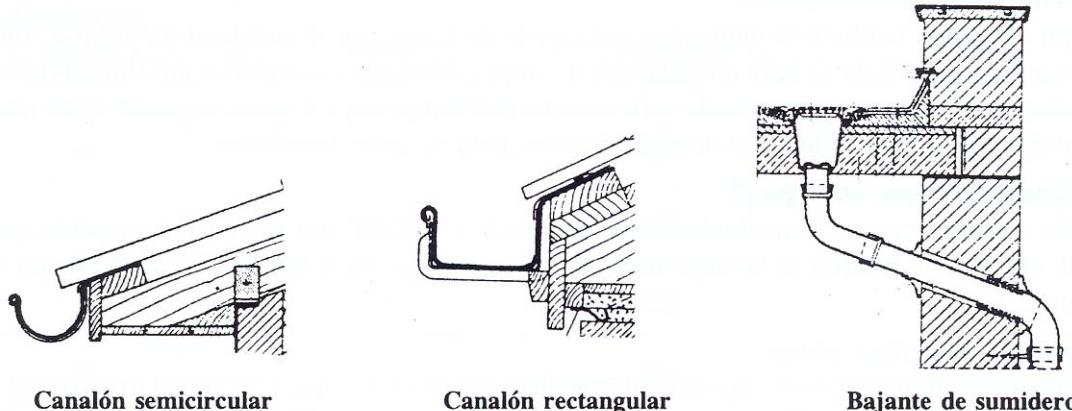
## 2.2.2 Canalones

Elementos necesarios en el diseño de recogida de aguas pluviales en cubiertas a varias aguas. El diámetro nominal del canalón de evacuación de aguas pluviales de sección semicircular para una intensidad pluviométrica de 100 mm/h se obtiene en la tabla 7 en función de su pendiente y de la superficie a la que sirve.

Tabla 7 Diámetro del canalón para un régimen pluviométrico<sup>1</sup> de 100 mm/h

Máxima superficie de cubierta en proyección horizontal (m <sup>2</sup> )	Pendiente del canalón			Diámetro nominal del canalón (mm)
	0.5 %	1 %	2 %	
35	45	65	95	100
60	80	115	165	125
90	125	175	255	150
185	260	370	520	200
335	475	670	930	250

Si la sección adoptada para el canalón no fuese semicircular, entonces la sección cuadrangular equivalente debe ser un 10 % superior a la obtenida como sección semicircular.

Fig.56.<sup>4</sup>

### 2.2.3 Bajantes de aguas pluviales

El diámetro correspondiente a la superficie, en proyección horizontal, servida por cada bajante de aguas pluviales se obtiene en la tabla 8:

*Tabla 8 Diámetro de las bajantes de aguas pluviales para un régimen pluviométrico<sup>1</sup> de 100 mm/h*

Superficie en proyección horizontal servida (m <sup>2</sup> )	Diámetro nominal de la bajante (mm)
65	50
113	63
177	75
318	90
580	110
805	125
1.544	160
2.700	200

Como ya se ha indicado anteriormente, para intensidades distintas de 100 mm/h, debe aplicarse el factor f correspondiente.

### 2.2.4 Colectores de aguas pluviales

Los colectores de aguas pluviales se calculan a sección llena en régimen permanente. El dimensionamiento de los colectores se hará al igual que el de los residuales, realizando diferentes tramos. El diámetro de los colectores de aguas

pluviales se obtiene en la tabla 9, en función de su pendiente y de la superficie a la que sirve, teniendo en cuenta como se ha dicho antes que los colectores irán sirviendo a superficies proyectadas a medida que se van incorporando a la red bajantes de pluviales.

*Tabla 9 Diámetro de los colectores de aguas pluviales para un régimen pluviométrico<sup>1</sup> de 100 mm/h*

Pendiente del colector	Superficie proyectada (m <sup>2</sup> )			Diámetro nominal del colector (mm)
	1 %	2 %	4 %	
125	178	253		90
229	323	458		110
310	440	620		125
614	862	1.228		160
1.070	1.510	2.140		200
1.920	2.710	3.850		250
2.016	4.589	6.500		315

## 2.3 Dimensionado de los colectores de tipo mixto

Es el proceso más comúnmente utilizado, ya que no tiene mucho sentido el disponer de redes de colectores independientes de aguas residuales y pluviales, si finalmente la red de alcantarillado que existe en la mayoría de las ciudades es unitaria, por tanto la distribución en el edificio se hace a través de un sistema semiseparativo con colectores mixtos.

Para dimensionar los colectores de tipo mixto deben transformarse las unidades de desagüe correspondientes a las aguas residuales en superficies equivalentes de recogida de aguas, y sumarse a las correspondientes a las aguas pluviales. El diámetro de los colectores se obtiene como se haría en el caso de considerar una red de colectores únicamente de pluviales es decir a partir de la tabla 9 anterior, en función también de su pendiente y de la superficie así obtenida.

La transformación de las UD en superficie equivalente para un régimen pluviométrico de 100 mm/h se efectúa con el siguiente criterio:

- a) para un número de UD menor o igual que 250 la superficie equivalente es de 90 m<sup>2</sup>;

- b) para un número de UD mayor que 250 la superficie equivalente es de  $0,36 \times n^o \text{ UD m}^2$ .

Si el régimen pluviométrico es diferente al valor estándar de 100 mm/h, deben multiplicarse los valores de las superficies equivalentes obtenidas como acabamos de ver por el factor f de corrección indicado en apartados anteriores.

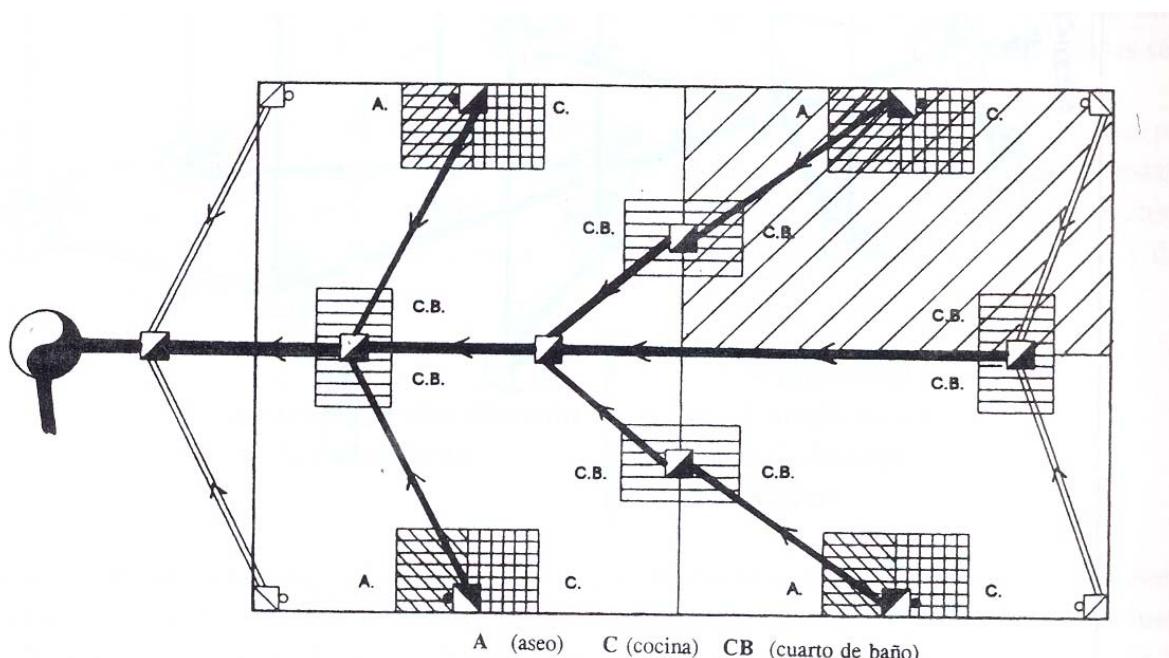


Fig.57. Instalación en planta de una red de colectores mixtos<sup>2</sup>.

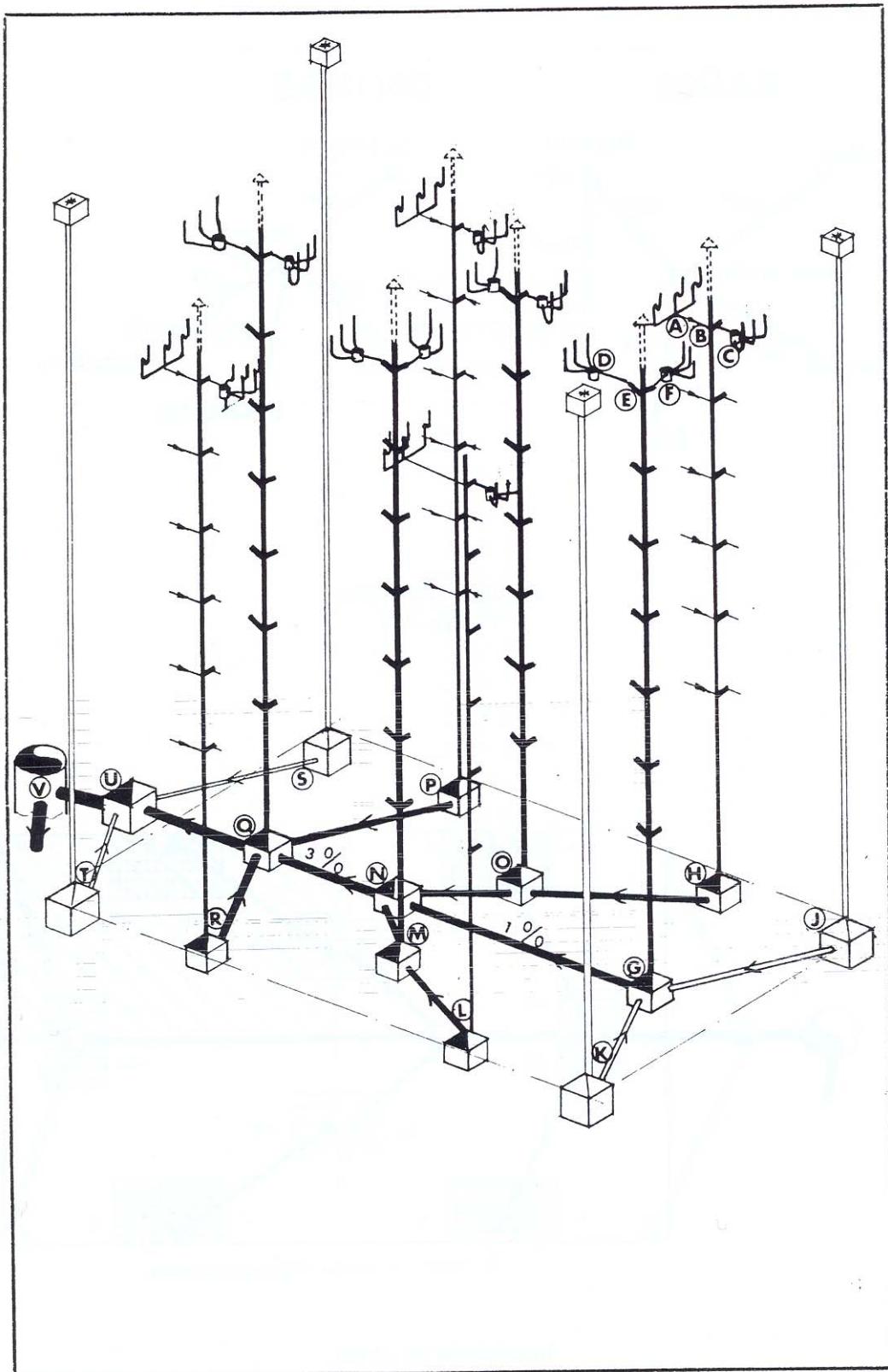


Fig.58. Instalación en alzado de una red de evacuación semiseparativa<sup>2</sup>.

- **Tubo de Acometida.**

Este cálculo no solo se realizará para la esta red de colectores sino que se seguirá el mismo criterio en todas las redes de colectores vistas anteriormente. El tubo de acometida que se conectará con el pozo de registro, saldrá de la arqueta general sifónica y se dimensionará a partir de la fórmula siguiente:

$$\phi_{salida} = \sqrt{\sum \phi_{entrada}^2} \quad (3)$$

Siendo  $\phi_{entrada}$ , los diámetros de los colectores que llegan a la arqueta general sifónica. La pendiente más recomendable para el tubo de acometida es del 4% y un diámetro de 250 mm.

En muchos casos los colectores de las arquetas de paso también se dimensionan a partir de dicha ecuación.

## 2.4 Dimensionado de las redes de ventilación

### 2.4.1 Ventilación primaria

La ventilación primaria es la prolongación de la bajante hasta la cubierta para evitar problemas de sifonamiento en la red de evacuación, por tanto debe tener el mismo diámetro que la bajante de la que es prolongación, aunque a ella se conecte una columna de ventilación secundaria.

### 2.4.2 Ventilación secundaria

Debe tener un diámetro uniforme en todo su recorrido y debe ser al menos igual a la mitad del diámetro de la bajante a la que sirve, para que realice su función de forma adecuada. Y el diámetro de la tubería de unión entre la bajante y la columna de ventilación debe ser igual al de la columna.

Dichos diámetros nominales de la columna de ventilación secundaria se obtienen de la tabla siguiente, en función por tanto del diámetro de la bajante, del número de UD y de su longitud efectiva.

*Tabla 10 Dimensionado de la columna de ventilación secundaria<sup>1</sup>*

Diámetro de la bajante (mm)	UD	Máxima longitud efectiva (m)					
32	2	9					
40	8	15	45				
50	10	9	30				
	24	7	14	40			
63	19	13	38	100			
	40	10	32	90			
75	27	10	25	68	130		
	54	8	20	63	120		
90	65		14	30	93	175	
	153		12	26	58	145	
110	180			15	56	97	290
	360			10	51	79	270
	740			8	48	73	220
125	300			6	45	65	100
	540				42	57	85
	1.100				40	47	70
160	696					32	47
	1.048					31	40
	1.960					25	34
200	1.000					28	37
	1.400					25	30
	2.200					19	22
	3.600					18	20
250	2.500					10	18
	3.800						75
	5.600					16	40
315	4.450					14	25
	6.508						75
	9.046					7	8
		32	40	50	63	80	100
						125	150
							200
		Diámetro de la columna de ventilación secundaria (mm)					

En el caso de que la altura del edificio sea mayor y deban realizarse conexiones a la columna de ventilación en cada planta, los diámetros de esta se obtienen en la tabla 11 en función del diámetro de la bajante:

*Tabla 11 Diámetros de columnas de ventilación secundaria con uniones en cada planta<sup>1</sup>*

Diámetro de la bajante (mm)	Diámetro de la columna de ventilación (mm)
40	32
50	32
63	40
75	40
90	50
110	63
125	75
160	90
200	110
250	125
315	160

### 2.4.3 Ventilación terciaria

Los diámetros de las ventilaciones terciarias, junto con sus longitudes máximas se obtienen en la tabla 12 en función del diámetro y de la pendiente del ramal de desagüe.

*Tabla 12 Diámetros y longitudes máximas de la ventilación terciaria<sup>1</sup>*

Diámetro del ramal de desagüe (mm)	Pendiente del ramal de desagüe (%)	Máxima longitud del ramal de ventilación (m)					
		>300	>300	>300	>300	>300	>300
32	2	>300					
40	2	>300	>300				
50	1	>300	>300	>300			
	2	>300	>300	>300			
65	1	300	>300	>300	>300		
	2	250	>300	>300	>300		
80	1	200	300	>300	>300	>300	
	2	100	215	>300	>300	>300	
100	1	40	110	300	>300	>300	
	2	20	44	180	>300	>300	
125	1		28	107	255	>300	
	2		15	48	125	>300	
150	1			37	96	>300	
	2			18	47	>300	
		32	40	50	65	80	
		Diámetro del ramal de ventilación (mm)					

### 2.5 Dimensionado de Arquetas

Como ya se ha visto anteriormente existen diferentes tipo de arquetas en la red de colectores enterrados, a pie de bajante, de paso, arquetas sifónicas, arqueta general, etc.

En la tabla 13 se obtienen las dimensiones mínimas necesarias (longitud L y anchura A mínimas) de una arqueta en función del diámetro del colector de salida de ésta. Este procedimiento se utilizará para arquetas pequeñas, como arquetas a pie de bajante, arquetas sifónicas con un único colector de entrada, etc.

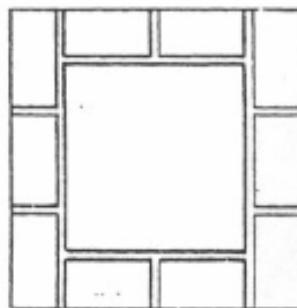
*Tabla 13 Dimensiones de las arquetas<sup>1</sup>*

	Diámetro del colector de salida [mm]									
	100	150	200	250	300	350	400	450	500	
L x A [cm]	40 x 40	50 x 50	60 x 60	60 x 70	70 x 70	70 x 80	80 x 80	80 x 90	90 x 90	

Para arquetas de paso y para la arqueta general sifónica emplearemos otro procedimiento que consiste en dimensionar las arquetas en función del diámetro de los colectores que llegan a ella y del diámetro del colector de salida, como se ha dimensionado el tubo de acometida. En las tablas siguientes nos aportan información de cual es la capacidad máxima de cada una de las arquetas, en función de los diámetros de entrada y de salida.

D salida (mm)	D entrada (mm)	100	150	200	250
100	100	3	-	-	-
	150	2	1	-	-
	200	4	-	-	-
	250	2	2	-	-
		4	-	-	-
		-	3	-	-
	250	2	-	1	-

51x50x<70



200	4	-	-	-
	3	1	-	-
	2	2	-	-
250	4	-	1	-
	-	1	2	-
	-	3	-	-
	3	2	-	-
	1	1	1	-
	-	4	-	-
300	3	-	-	1
	-	2	2	-
	1	2	-	1
	6	-	-	-

63x51x<70

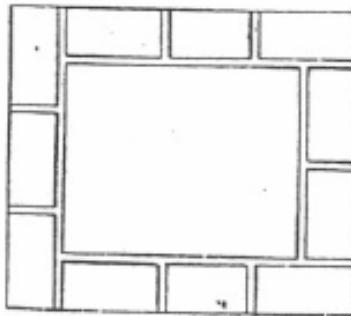


Fig.59. Dimensiones interiores de arquetas en función de los conductos de entrada y de salida<sup>5</sup>.(cont.)

	5	-	-	-
200	4	1	-	-
	1	2	-	-
	2	-	2	-
	-	1	2	-
	-	4	-	-
250	4	-	1	-
	1	3	-	-
	1	1	1	-
	-	4	-	-
	5	2	-	-
	2	3	-	-
300	4	-	-	1
	-	2	2	-
	1	2	-	1

**63x63x<80**

D salida (mm)	D entrada (mm)			
	100	150	200	250
	6	-	-	-
200	4	1	-	-
	-	3	-	-
	2	2	-	-
	7	-	-	-
	4	-	1	-
	-	4	-	-
250	-	2	1	-
	1	3	-	-
	2	-	2	-
	-	1	2	1
	-	3	1	-
	4	-	2	-
	1	2	2	-
300	-	3	-	1
	4	-	-	1
	1	2	1	1
	1	2	-	1
	-	-	3	-
	8	-	-	-

**70x70x<90**

Fig.59. Dimensiones interiores de arquetas en función de los conductos de entrada y de salida<sup>5</sup>.

## 2.6 Dimensionado de los sistemas de bombeo y elevación

### 2.6.1 Dimensionado del depósito de recepción

El dimensionado del depósito de recepción de las aguas residuales, a partir del cual la bomba se alimenta, se hace de forma que se limite el número de arranques y paradas de las bombas, considerando aceptable que éstas sean 12 veces a la hora, como máximo, ya que un número mayor disminuiría considerablemente la vida de la bomba

La capacidad del depósito se calcula con la expresión:

$$V_u = 0,3 Q_b \text{ (dm}^3\text{)} \quad (2)$$

Siendo  $Q_b$  el caudal de la bomba ( $\text{dm}^3/\text{s}$ ).

Se tiene que tener en cuenta que esta capacidad debe ser mayor que la mitad de la aportación media diaria de aguas residuales que llegarían a dicho depósito para evitar problemas en momentos de utilización de la red de plena carga.

Estos depósitos tienen tuberías de aireación o ventilación con un diámetro que debe ser mínimo igual a la mitad del de la acometida que llega a dicho depósito y, al menos, de 80 mm. Con ello se asegura que el caudal de entrada de aire al depósito sea igual al de las bombas.

### 2.6.2 Cálculo de las Bombas de elevación

La elección provisional del modelo adecuado de bombas es importante, obtener modelos altamente fiables se basa en dos limitaciones importantes: deben trabajar durante largos períodos de tiempo con un mínimo de mantenimiento y, por otra parte, las consecuencias de un nivel de agua no controlada pueden ser desastrosas. Por lo tanto, debe tratarse este problema con cuidado.

Una vez definido el tipo de bomba que consideramos adecuada, en cuanto al modelo específico en cada caso, siendo las de tipo sumergible las más utilizadas por las ventajas ya enunciadas en capítulos anteriores, la elección depende no solamente de los caudales de entrada, sino también de conocer la altura total manométrica a que hemos de evacuar el agua en cuestión con lo que, de esta manera, habremos llegado

al final del cálculo con la seguridad de haber realizado una selección adecuada a las necesidades de cada instalación.

El caudal de cada bomba debe ser igual o mayor que el 125 % del caudal de aportación al pozo de recogida, siendo todas las bombas iguales.

La presión manométrica de la bomba debe obtenerse como resultado de sumar la altura geométrica entre el punto más alto al que la bomba debe elevar las aguas y el nivel mínimo de las mismas en el depósito, en el caso de bombas sumergibles esta altura es igual a cero, y la pérdida de presión producida a lo largo de la tubería, desde la boca de la bomba hasta el punto más elevado. Teniendo en cuenta todos los elementos que se pueden encontrar en ese tramo: codos, válvula de retención, etc. Obtenidos ambos datos se elige las bombas de los catálogos comerciales que se ajusten a estos requisitos.

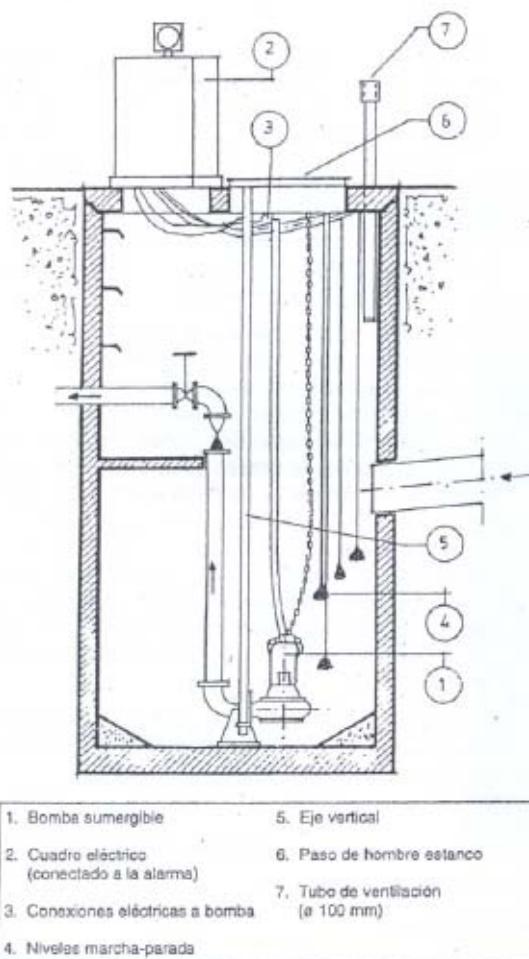


Fig.60. Esquema de un sistema de bombeo de aguas residuales sumergido<sup>4</sup>.

Desde el punto de conexión con la red de colectores horizontales, o desde el punto de elevación, la tubería debe dimensionarse como cualquier otro colector horizontal por los métodos que ya señalados en los apartados anteriores.



# Bibliografía

1. Código Técnico de la Edificación. Ministerio de la Vivienda. Marzo 2006. (RD 314/2006 de 17 de marzo).
2. Instalaciones de Fontanería, Saneamiento y Calefacción. Franco Martín Sánchez. 4<sup>a</sup> edición. 2007.
3. Cálculo y normativa básica de las instalaciones en los edificios. J.L. Arizmendi Barnes. Ed.: Eunsa. 6<sup>a</sup> edición. 2000.
4. Nuevo Manual de Instalaciones de Fontanería y Saneamiento. Franco Martín. Ed. A. Vicente 2007.
5. Instalaciones de fluidos en los edificios. Saneamiento. A. Ayala. COITMU y Universidad Politécnica de Valencia. 2001.
6. Instalaciones de evacuación. M. Roca Suárez, J. Carratalá y J. Solís Robaina. Univ. De las Palmas de Gran Canaria. 2005.
7. Instalaciones sanitarias. Pedro M<sup>a</sup> Rubio Requena. 1974.
8. Manuales técnicos ROCA.
9. Catálogo comercial Uralita. 2007.
10. Catálogos comerciales.
11. NTE. Instalaciones 2<sup>a</sup> Parte. Ministerio de Fomento. 2002.



# *Instalaciones de Energía Solar en Edificación*





## 1. NORMATIVA

En la actualidad España ha elaborado unas disposiciones legislativas que establecen mayores exigencias en calidad, tanto en el aspecto constructivo, los cuales afectan directamente a la demanda de energía, como a las instalaciones transformadoras de la energía, que son las responsables de satisfacer nuestras necesidades energéticas.

Esta normativa incluye:

- Código Técnico de la Edificación (CTE) (BOE 28 de Marzo de 2006). El Código Técnico de la Edificación, CTE, es el Marco normativo que fija las exigencias básicas de calidad de los edificios y sus instalaciones, que permiten el cumplimiento de los ‘requisitos básicos de la edificación’ establecidos en la Ley 38/1999 de 5 de noviembre, de Ordenación de la Edificación, LOE con el fin de garantizar la seguridad de las personas, el bienestar de la sociedad y la protección del medio ambiente.

Sustituirá a la Normativa Básica, y establecerá mayores exigencias en materia de aislamiento, iluminación, instalaciones de calefacción y aire acondicionado e instalaciones de energía solar, para reducir a límites aceptables el consumo de energía de los edificios, y para que una parte de este consumo proceda de fuentes renovables.([www.codigotecnico.org](http://www.codigotecnico.org))

- Reglamento de Instalaciones Térmicas (RITE) y sus instrucciones complementarias, el cual está actualmente en fase de revisión. Instrucción complementaria ITE 10 es la que hace referencia a las instalaciones específicas de energía solar tanto para ACS como para piscinas
- Ordenanzas Solares. Se definen así a las ordenanzas municipales que definen las características de las edificaciones nuevas y de las reformas sustanciales con usos de ACS y/o piscinas climatizadas. Se basan en el pliego de condiciones técnicas del IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía). Las ordenanzas solares promueven la calidad de las instalaciones, la eficiencia energética frente al metro cuadrado de suelo y controlan los permisos e inspecciones que se llevan a cargo en la instalación. Actualmente en España existen pocas comunidades con ayuntamiento que sostengan ordenanzas solares, las únicas provincias son: Madrid, Valencia, Alicante, Barcelona, Navarra, Islas Baleares, Burgos, Granada, Málaga, Sevilla, Cádiz y Ceuta.



Fig. 1: Mapa de Ordenanzas Municipales<sup>10</sup> (Junio 2004)

- La certificación energética, por la cual cada edificio tendrá una calificación en función de la calidad de sus instalaciones de suministro de energía, y de sus características constructivas, que afectan a la demanda energética.



Mediante la certificación energética, los compradores podrán conocer la calidad energética de una vivienda antes de comprarla favoreciendo una mayor transparencia en el mercado inmobiliario y se fomentarán las inversiones en el ahorro de energía.

Se encuadra en el marco de obligaciones que marca la nueva Directiva Europea de Eficiencia Energética en Edificios, aprobada el 16 de diciembre de 2002 (Directiva 2002/91/CE). Esta directiva obliga a los estados miembros de la Unión Europea a desarrollar medidas concretas que garanticen la mejora de la eficiencia energética en los edificios.

- Normas UNE. Indicadas en el CTE

## 1.1 Ámbito de aplicación

- 1) Es aplicable a los edificios de nueva construcción y rehabilitación de edificios existentes de cualquier uso en los que exista una demanda de agua caliente sanitaria y/o climatización de piscina cubierta.
- 2) La contribución solar mínima determinada en aplicación de la exigencia básica que se desarrolla en el CTE, podrá disminuirse justificadamente en los siguientes casos:
  - a) cuando se cubra ese aporte energético de agua caliente sanitaria mediante el aprovechamiento de energías renovables, procesos de cogeneración o fuentes de energía residual procedente de la instalación de recuperadores de calor ajenos a la propia generación de calor del edificio;
  - b) cuando el cumplimiento de este nivel de producción suponga sobrepasar los criterios de cálculo que marca la legislación de carácter básico aplicable;
  - c) cuando el emplazamiento del edificio no cuente con suficiente acceso al sol por barreras externas al mismo;
  - d) en rehabilitación de edificios, cuando existan limitaciones no subsanables derivadas de la configuración previa del edificio existente o de la normativa urbanística aplicable;
  - e) en edificios de nueva planta, cuando existan limitaciones no subsanables derivadas de la normativa urbanística aplicable, que imposibiliten de forma evidente la disposición de la superficie de captación necesaria;
  - f) cuando así lo determine el órgano competente que deba dictaminar en materia de protección histórico-artística.
- 3) En edificios que se encuentren en los casos b), c) d), y e) del apartado anterior, en el proyecto, se justificará la inclusión alternativa de medidas o elementos que produzcan un ahorro energético térmico o reducción de emisiones de dióxido de carbono, equivalentes a las que se obtendrían mediante la correspondiente instalación solar, respecto a los requisitos básicos que fije la normativa vigente, realizando mejoras en el

aislamiento térmico y rendimiento energético de los equipos.

## 2. LA ENERGÍA SOLAR

El aprovechamiento energético del sol, directo o indirecto, de forma natural o artificial es una constante en nuestra estructura agrícola, urbana, industrial, etc.

Ensanchar las fronteras del aprovechamiento de la energía solar llevando su aplicación a sistemas más dinámicos y directos, constituye un objetivo del que se ha tomado conciencia desde épocas recientes.

La energía solar como fuente energética presenta como características más peculiares las siguientes:

- Elevada calidad energética
- Pequeño o nulo impacto ecológico
- Inagotable a escala humana

Pero frente a ello, la energía solar también plantea ciertos problemas, como serían:

- Se produce de forma semi-aleatoria estando sometida a ciclos día-noche y estacionales, invierno-verano.
- Llega a la tierra de forma dispersa.
- No se puede almacenar de forma directa, siendo necesario realizar una transformación energética.

Conviene desde el principio diferenciar las distintas formas de captación solar que se consideran dentro del concepto de energías renovables (fig. 2). Aunque las dos formas principales medidas de aprovechamiento de la energía solar en la actualidad se dividen en:

1. Sistemas solares fototérmicos: Los cuales tiene como fundamento el aprovechamiento de la energía solar transformándola en calor absorbido en un fluido, ya sea aire o agua principalmente.
2. Sistemas solares fotovoltaicos: Estos sistemas aprovechan la energía solar transformándola en energía eléctrica a través del efecto fotoeléctrico que se producirá las células fotovoltaicas que constituyen los paneles solares.

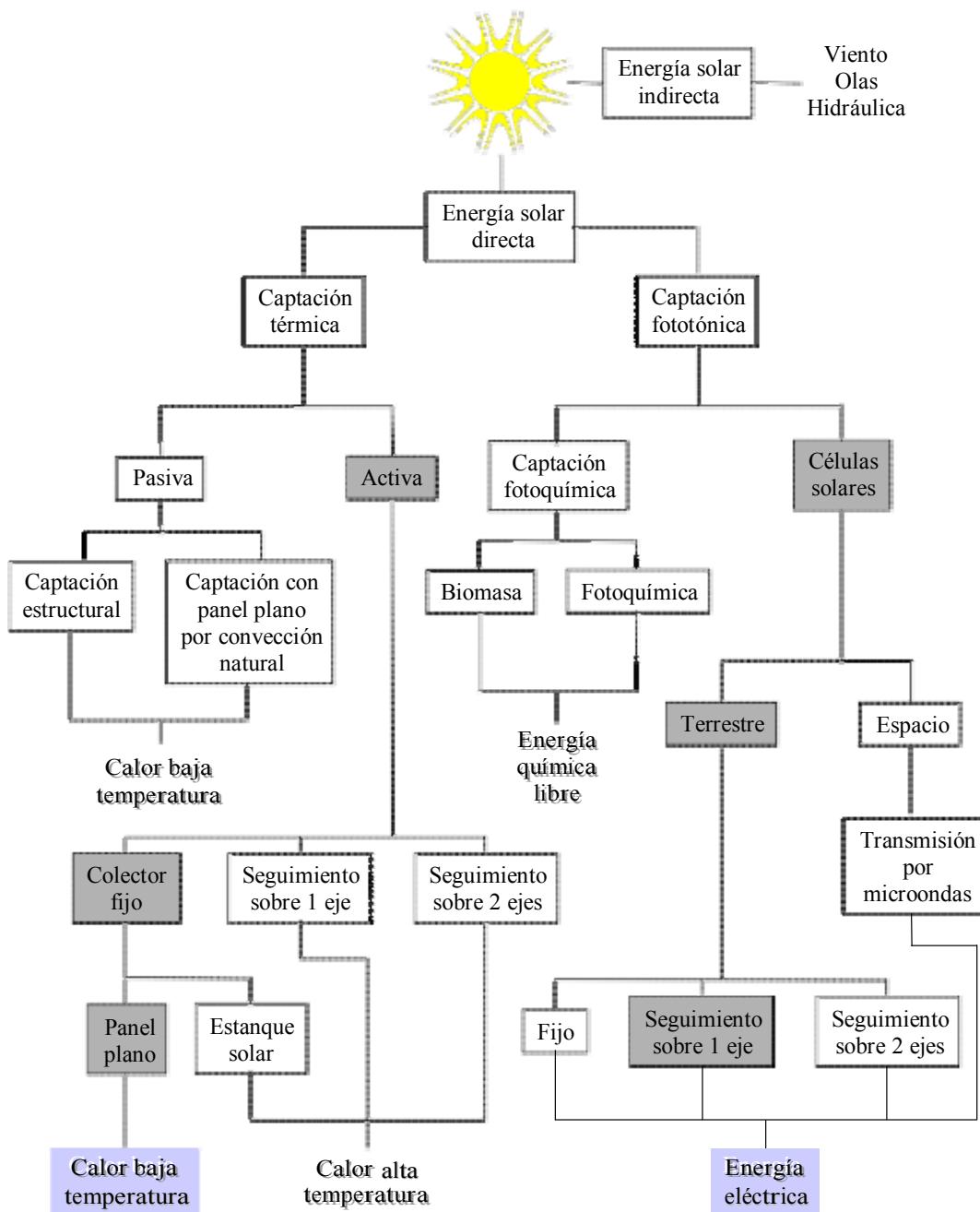


Fig. 2: Captación solar en el entorno de las diferentes energías renovables.

## 2.1 Características de la radiación solar.

El flujo de radiación solar que llega a la tierra es la fuente primaria de todas las formas de energía conocidas. Las dos características más singulares que presenta son:

- Gran dispersión y por tanto baja densidad
- Intermitencia

Desde el punto de vista de los sistemas de aprovechamiento, se debe de estudiar la radiación solar que incide sobre una superficie en la tierra y su relación con parámetros geométricos y climatológicos.

En algunas aplicaciones es útil también obtener una estimación de los valores espectrales

de radiación difusa y directa, ya que a partir de esta información se puede determinar cómo disponer un sistema de captación que aproveche la energía de manera óptima.

#### 2.1.1 POSICIÓN RELATIVA SOL-SUPERFICIE HORIZONTAL

Para calcular la radiación solar que llega a una superficie en la tierra, es necesario conocer las relaciones trigonométricas entre la posición del sol y esta superficie.

Para conocer la posición del sol en el cielo en cualquier momento es necesario determinar dos ángulos: acimut y altura solar.

- La altura solar se define como el ángulo, en un plano vertical, entre los rayos del sol y la proyección de estos sobre un plano horizontal ( $\alpha$ ).
- El acimut es el ángulo, medido en el plano horizontal, que forma la proyección de los rayos del sol en éste plano con el sur, para el hemisferio Norte ( $\Psi$ ).

Otros ángulos que también se utilizan, y que están relacionados son:

- El ángulo cenital,  $\theta_z$ , es el ángulo entre los rayos de sol y una línea perpendicular al plano horizontal. Se cumple que :
$$\alpha + \theta_z = \pi / 2$$
- El ángulo horario,  $w$ , es el ángulo medido en la bóveda del cielo, entre el meridiano del observador y el meridiano solar. Cambia  $15^\circ$  cada hora (es cero al mediodía y positivo por la mañana).
- Declinación solar,  $\delta$ , es el ángulo formado por una línea que une los centros de la tierra y el sol y el plano ecuatorial. Este ángulo varía cada día.

Para especificar la posición de un punto en la superficie de la tierra, es necesario conocer su latitud  $\phi$ , y longitud  $L$ . En la siguiente figura se puede observar todos estos ángulos:

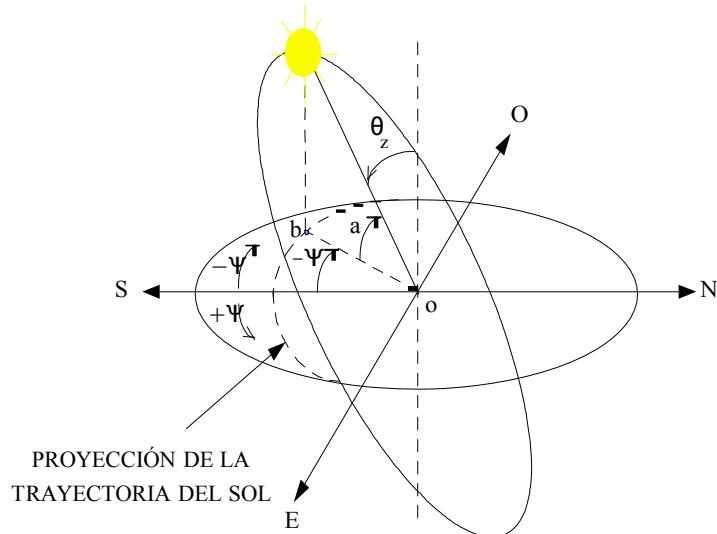


Fig. 3: Relación entre los diferentes ángulos sol-superficie.

Para una posición geográfica determinada, las relaciones trigonométricas entre el sol y una superficie horizontal son las siguientes:

$$\cos \theta_z = \sin \delta \sin \phi + \cos \delta \cos \phi \cos w = \sin \alpha$$

$$\cos \psi = (\sin \alpha \sin \phi - \sin \delta) / (\cos \alpha \cos \phi)$$

$$0^\circ \leq \psi \leq 90^\circ, \cos \psi \geq 0$$

$$90^\circ \leq \psi \leq 180^\circ, \cos \psi \leq 0$$

A la salida del sol la altura solar es cero, y el ángulo cenital  $90^\circ$ . Así si  $w_s$  es el ángulo de salida del sol, se cumple que:

$$\cos w_s = -\sin \phi \sin \delta / (\cos \phi \cos \delta)$$

### 2.1.2 RADIACIÓN SOLAR EN LA SUPERFICIE DE LA TIERRA

La radiación solar que llega a la superficie de la tierra está condicionada por dos fenómenos de distinta naturaleza:

- Factores astronómicos: Son aquellos que depende de la geometría tierra-sol. Son función de la posición relativa sol - tierra y de las coordenadas geográficas del lugar considerado, latitud y longitud. Condicionan básicamente el recorrido de la radiación a través de la atmósfera y el ángulo de incidencia de los rayos solares. Son función, pues, de la altura solar en cada instante. Podemos considerarlos, por su naturaleza y efecto, como deterministas. Estos factores hacen que para cada altura podamos definir una radiación máxima esperable.

- Factores climáticos: No toda la radiación máxima esperable para cada localidad y altura solar será siempre observable en la superficie de la tierra. Los factores llamados climáticos la atenuarán. Las nubes, la cantidad de vapor de agua, ozono, aerosoles, etc... contenidos en la atmósfera son los responsables de esta atenuación, que ocurre fundamentalmente por absorción, reflexión y difusión de la radiación. En la siguiente figura se muestra el efecto de estos factores en la radiación a su paso por la atmósfera:

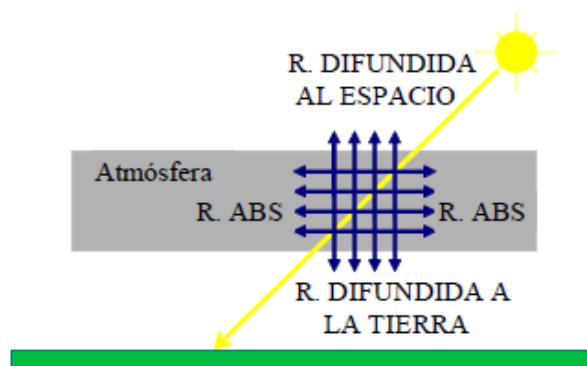


Fig. 4: Tipos de radiación

El espectro de la radiación solar al atravesar la atmósfera sufre modificaciones debido, básicamente, a la desigual absorción de las distintas longitudes de onda del mismo, por los componentes atmosféricos.

El total de radiación procedente del sol que incide en una superficie en la tierra estará compuesto por:

- Radiación directa (I): la que llega a la tierra directamente en la línea con el disco solar.
  - Radiación difusa (D): originada por los efectos de dispersión de los componentes de la atmósfera, incluidas las nubes.
  - Radiación reflejada(R): radiación incidente en la superficie que procede de la reflejada por el suelo. Al cociente entre la radiación reflejada y la radiación incidente en la superficie de la tierra se llama albedo.

La radiación global o total que llega a una superficie se puede expresar como la suma de estas tres componentes:

$$H_d = I_d + D_d + R_d$$

i) Radiación global sobre una superficie horizontal

En el dimensionado de sistemas de aprovechamiento de energía solar es necesario conocer la disponibilidad energética de la fuente, tanto cuantitativa como cualitativamente. Sin embargo, debido a los factores climáticos que condicionan la radiación que llega a una superficie en la tierra, será imposible conocer con antelación la energía que recibirá el sistema. Por esto, para el dimensionado de instalaciones solares es necesario utilizar valores de radiación de años anteriores.

En España, el Instituto Nacional de Meteorología tiene alrededor de 110 estaciones que registran valores de horas de sol, y otras que registran radiación global diaria y horaria. Pero no son en un número muy elevado por lo que se deben de hacer estimaciones sobre la incidencia de la energía solar en la superficie terrestre, y a partir de ellos realizar los mapas de radiación solar horizontal como el de la figura 5. En el cual se puede ver tanto la radiación solar anual en cada una de las comunidades autónomas por unidad de superficie, o lo que también es conocido como irradiación; y el número de horas de sol media anual a la que está expuesta la superficie de toda nuestra geografía.

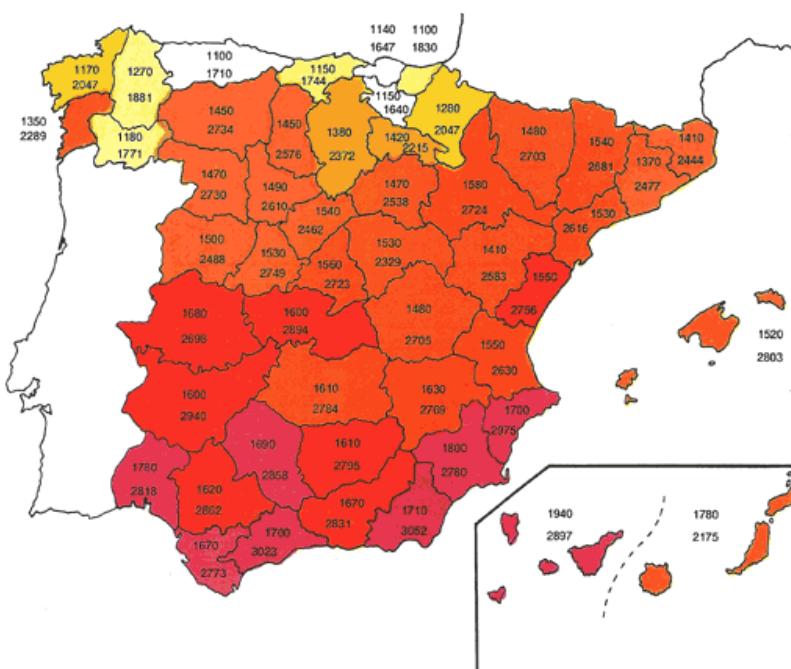


Fig. 5: Mapa de Radiación Solar Horizontal. (Cifra superior en cada provincia: Radiación solar media anual ( $KWh/m^2$ ); Cifra inferior: Número de horas de sol)<sup>4</sup>.

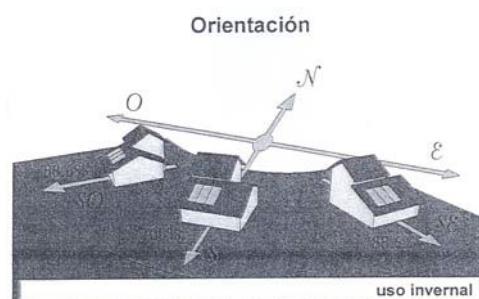
Existen otras fuentes como pueden ser el IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía), CENSOLAR, CIEMAT; etc. Las cuales se centran en el desarrollo del aprovechamiento de energías renovables, y que han elaborado diferentes tablas en las cuales se obtiene el valor de la energía solar incidente sobre un metro cuadrado de superficie en un día medio para los diferentes meses del año (Tablas CENSOLAR, anexo al final del tema).

## ii) Radiación global sobre superficies inclinadas

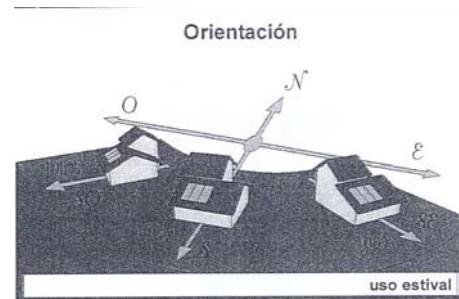
La radiación global diaria incidente sobre una superficie inclinada se puede calcular como suma de la radiación directa, difusa procedente del cielo y reflejada (albedo), que inciden sobre esta superficie<sup>11</sup>:

$$H_{d,\beta} = I_{d,\beta} + D_{d,\beta} + R_{d,\beta}$$

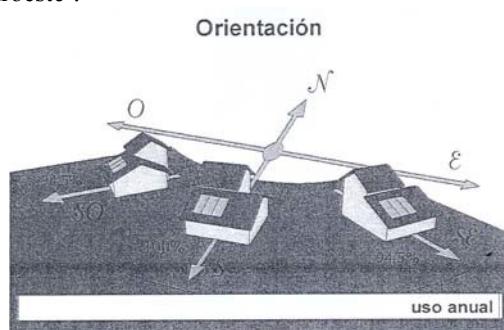
La orientación de la superficie y su inclinación harán que la captación de la energía solar sea más o menos óptima dependiendo también del uso que se le vaya a dar a la instalación, es decir, si va a ser una instalación de uso estacional o de uso anual. Si nos centramos en el caso de la radiación solar aprovechable para la energía solar térmica, vemos como la orientación de los captadores optimiza el sistema, debiendo intentar que estén orientados dentro de unos márgenes de efectividad<sup>11</sup>:



El aprovechamiento de la energía solar térmica será del 100% con orientación Sur, y del 88.6% en Sureste y Suroeste<sup>7</sup>.



El aprovechamiento de la energía solar térmica será del 100% con orientación Sur, Sureste y Suroeste<sup>7</sup>.



El aprovechamiento para un uso anual de la energía solar térmica tendrá un valor del 100% con los captadores en orientación Sur; y del 94.5% en orientación Sureste y Suroeste<sup>7</sup>.

La inclinación del captador es otro factor determinante figura 6 en el rendimiento de la instalación, como ya se ha indicado anteriormente, ya que la incidencia de la radiación solar sobre la superficie está directamente relacionada con la inclinación que tengan estos, por lo que los márgenes de inclinación que va a tener un colector van a estar entre los 15° y los 60°. Como norma general se considera que para uso anual el ángulo de inclinación corresponderá con la latitud del lugar, para uso en invierno: latitud + 10°; y en verano será: latitud -10°, debido a la incidencia de los rayos del sol sobre la superficie de la tierra.

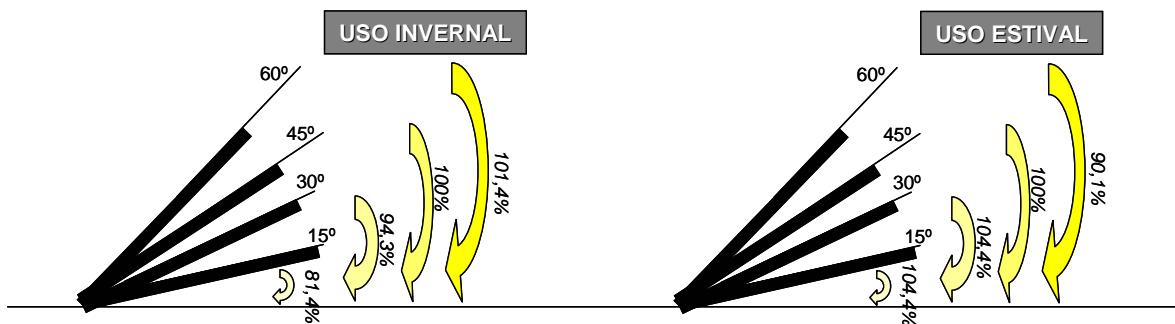


Fig. 6. Márgenes de inclinación de los colectores solares en función del uso de la instalación

La relación entre la inclinación y orientación de los captadores y su eficiencia se ve reflejada en el espectro siguiente, en el cual utilizaremos posteriormente para calcular las pérdidas en el sistema de captación.

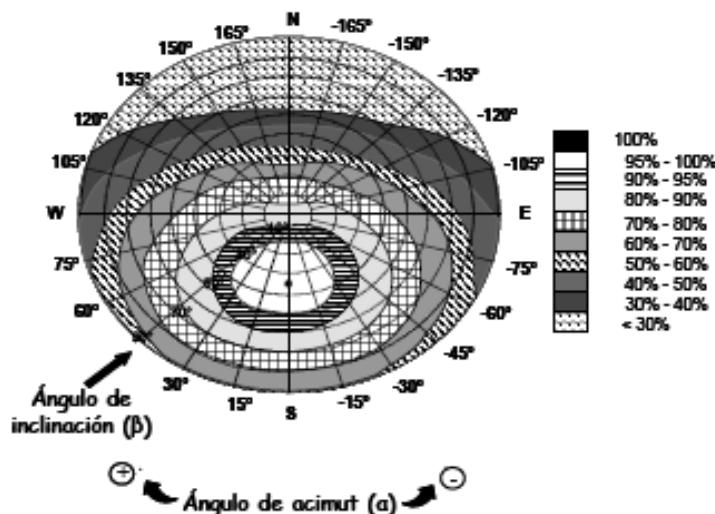


Fig. 7.<sup>1</sup>

Se puede realizar una aproximación a partir de la radiación global sobre una superficie horizontal y un coeficiente de corrección  $k$  aproximado que va a depender de la inclinación y de la inclinación de la superficie (tablas de CENSOLAR). Dichos factores de corrección se encuentran en el anexo al final del tema. Por tanto se puede calcular de forma aproximada la radiación global que llega a una superficie inclinada, corrigiendo la radiación global que llega a una superficie horizontal para cada uno de los meses del año, considerando un día medio.

$$H_{d,\beta} \text{ (corregida)} = k \cdot H_d$$

### 3. INSTALACIÓN DE ENERGÍA SOLAR TÉRMICA

La energía solar térmica puede utilizarse de forma satisfactoria en toda nuestra geografía, dado que España es uno de los países europeos que más radiación solar por unidad de superficie recibe a lo largo del año.

Llamamos sistema solar térmico a toda instalación destinada a convertir la radiación solar en calor útil. Estos sistemas, de forma general, requieren el acoplamiento de tres subsistemas principales<sup>9</sup>:

- Sistema de captación: cuya finalidad es la captación de la energía solar.
- Sistema acumulador: cuya finalidad es adaptar en el tiempo la disponibilidad de energía y la demanda, acumulándola cuando está disponible, para poderla ofrecer en cualquier momento en que se solicite.
- Sistema de distribución o consumo: cuya finalidad es trasladar a los puntos de consumo el agua caliente producida.

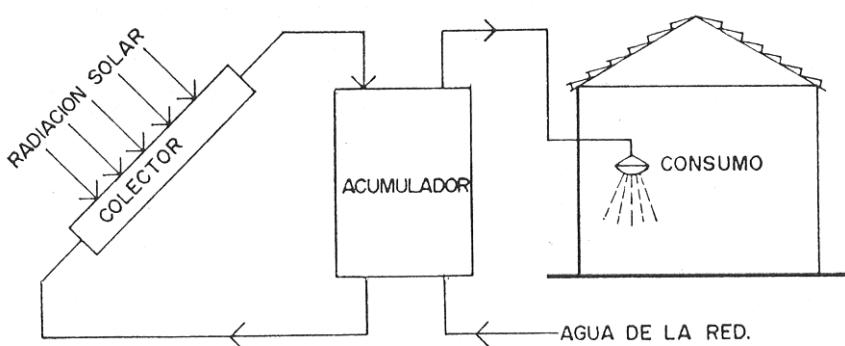


Fig. 8: Esquema de aprovechamiento de la energía solar térmica<sup>9</sup>.

El funcionamiento de los tres subsistemas está condicionado por la meteorología, fundamentalmente radiación solar y temperatura, así como demanda energética en la instalación. En muchos casos se les llama sistemas de baja temperatura, ya que la temperatura de funcionamiento del sistema no va a sobrepasar los 60°C.

➤ Fundamento Técnico de la energía solar térmica.

La energía solar térmica es empleada para calentar un fluido, al que se denominará fluido calo-portador, y que principalmente va a ser agua, mientras que circula por el interior de los colectores. Este calor es transmitido al agua de consumo, normalmente acumulada en un depósito, a través de un intercambiador.

Los paneles solares más utilizados en la actualidad son los denominados captadores planos o de placa plana, adecuados para calentar el agua hasta temperaturas de 60°C.

Los sistemas solares nunca se diseñarán para cubrir el 100% del consumo, puesto que exigiría un dimensionamiento capaz de cubrir las épocas peores, permaneciendo sin uso en las mejores. Por lo tanto es necesario un sistema de apoyo convencional para preparar el agua caliente. Aún con este sistema de apoyo, una instalación solar fototérmica podría suponer un

ahorro en el coste de la preparación del agua de aproximadamente entre un 70 y un 80% respecto a los sistemas convencionales.

En caso de las instalaciones de circuito cerrado, existen dos circuitos diferentes el primario y el secundario. El circuito primario está compuesto por los colectores solares donde se produce el calentamiento del agua, y la bomba de impulsión. El calor ganado por el agua a través de los colectores lo cede en el intercambiador térmico al circuito secundario. El depósito almacena el agua caliente en este circuito secundario. Como elemento independiente del depósito de acumulación además de la bomba del circuito secundario, se encuentra la fuente energética auxiliar, que entra en funcionamiento cuando la temperatura del agua de salida del acumulador es inferior a los requerimientos de la demanda. En el caso de las instalaciones de circuito abierto, el agua que circula por los colectores es usada directamente por el consumo.

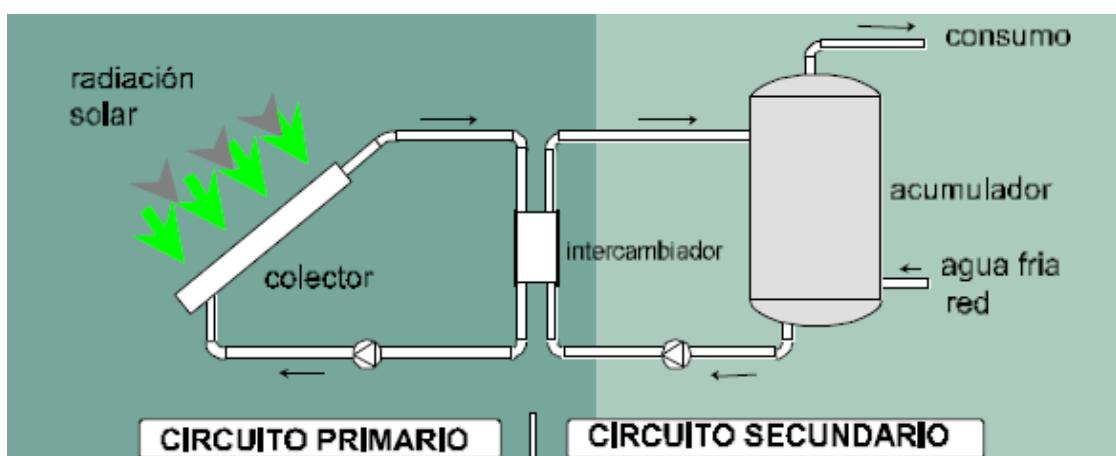


Fig. 9: Esquema de instalación de circuito cerrado. Diferenciación entre circuito primario y secundario.<sup>5</sup>

### 3.1 Aplicaciones de la energía solar térmica.

La energía solar térmica de baja temperatura encuentra cada día nuevas aplicaciones aunque la predominante con gran diferencia, es la producción de ACS y otras aplicaciones con cierto peso relativo son la calefacción y el calentamiento de piscinas. Siempre hay que tener en cuenta, que en todos los casos, las instalaciones de energía solar térmica necesitan un apoyo de sistemas convencionales de producción de agua caliente (caldera de gas, caldera de gasóleo, electricidad, etc.)

#### 3.1.1 PRODUCCIÓN DE AGUA CALIENTE SANITARIA

Es la aplicación más extendida en el ámbito comercial. Se pueden realizar instalaciones del tipo de circuito abierto o bien de circuito cerrado, contándose con un circuito primario y otro secundario.

##### a) Instalaciones de circuito abierto

Son más económicas en cuanto a su realización, presentando también un mantenimiento más simple y en muchos casos un mejor rendimiento energético. Sin embargo su aplicación puede estar limitada por:

- Calidad de las aguas: Al tratarse de un circuito abierto pueden existir graves problemas de incrustaciones. Este problema se soluciona con ciertos aditivos o dispositivos electrónicos.

- Existencia de heladas estacionales: Dentro de un circuito abierto el fluido es agua. Al no ser posible añadir determinadas cantidades de anticongelante al fluido, en épocas de heladas es necesario vaciar el circuito, en prevención de daños, ya que el volumen del hielo es mayor que el del agua líquida. Por este motivo, las instalaciones de circuito abierto son empleadas en lugares donde no se dan heladas a lo largo del año (zonas costeras de países meridionales) o bien en aplicaciones estacionales (establecimientos de hostelería de temporada, piscinas descubiertas...)

b) Instalaciones de circuito cerrado

Estas son las instalaciones cuantitativamente más importantes. Son algo más complejas que las de circuito abierto, al contar con elementos específicos tales como intercambiadores de calor o bombas. El rendimiento de la instalación va a estar siempre condicionado por el rendimiento del intercambiador, empleándose preferentemente intercambiadores de placas en las instalaciones de mayor tamaño.

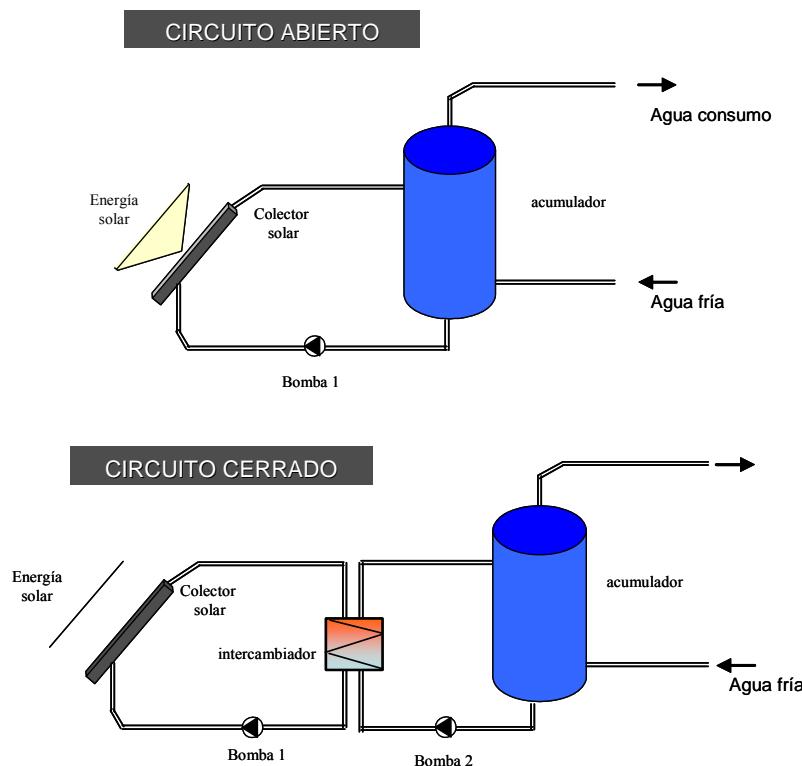


Fig. 10: Esquema para sistemas en circuito abierto y cerrado.

c) Equipos compactos

Los compactos para ACS son instalaciones muy sencillas, tipo “kit de montaje” que llevan incluidos todos los elementos necesarios para su funcionamiento. Están formados por un solo bloque que incluye el sistema de captación y el sistema de acumulación. Para su colocación sólo suele ser necesaria una toma de electricidad y conducciones para el agua de alimentación y la salida de A.C.S. Entre sus ventajas destaca la facilidad de su colocación, además de la posibilidad de su producción en serie, lo que permite que tenga unos precios más asequibles que otro tipo de instalaciones.

#### d) Sistemas de termosifón

Estos sistemas tienen la ventaja de no contar con bombas de impulsión, en el circuito primario cuando son de circuito cerrado, aprovechando la circulación natural del agua caliente, que tiende a ascender. Este principio se aplica en los sistemas compactos, aunque un cierto número de instalaciones de tamaño medio también aprovechan este efecto.



Fig. 11: Sistema completo Termosifón<sup>12</sup>

### 3.1.2 INSTALACIONES DE CALEFACCION

Existe la posibilidad de realizar el suministro de calefacción mediante energía solar térmica. El rango de temperatura que se alcanza con energía solar, entorno a los 50°C, es especialmente indicado para su utilización en sistemas de calefacción basados en el suelo radiante o en “fan-coils”<sup>11</sup>. La utilización de radiadores de agua caliente convencionales no es muy recomendable, ya que a su temperatura de trabajo, alrededor de los 80°C, el rendimiento de los colectores solares es muy pequeño. Evidentemente, la principal ventaja de la calefacción solar es su bajo coste de operación. Sin embargo, en el caso de que la instalación de apoyo no pueda funcionar en serie, una gran parte de este ahorro puede perderse, ya que cuando las necesidades de calefacción son máximas es cuando las condiciones meteorológicas son más adversas. Otro inconveniente son los consumos eléctricos de los “fan-coils”, que pueden reducir los ahorros. Sin embargo, la autonomía del sistema y su escaso impacto ambiental hacen de la calefacción solar una alternativa atractiva para tipos concretos de edificios.

La aplicación de calefacción suele estar asociada a la producción de ACS, existiendo elementos de control que dan paso a la calefacción una vez que se han cubierto las necesidades de ACS, o bien aprovechando el calor del fluido caloportador, una vez realizado el intercambio para ACS, en los casos que la calefacción funciona a temperaturas más bajas.

Otra posibilidad muy interesante es la combinación del uso para calefacción y ACS con la climatización de piscinas cubiertas o descubiertas ya que existe una complementariedad en los tiempos de uso de la instalación que puede mantenerse en servicio todo el año.

En el caso de segundas viviendas, la calefacción solar puede mantener el edificio en condiciones de habitabilidad, incrementando el nivel de confort de las mismas.

### 3.1.3 CALENTAMIENTO DE PISCINAS

En el calentamiento de piscinas mediante energía solar térmica podemos distinguir a grandes rasgos dos tipos de instalaciones:

- Instalaciones en piscinas descubiertas. En este caso se suele emplear sistemas muy simples, en los que la propia piscina actúa como acumulador. Consta de un sistema de captación, que suele estar basado en moquetas de caucho o paneles sin vidrio, más económicos y resistentes al cloro del agua de la piscina, que puede ser alimentado con la propia agua de la piscina, eliminando la necesidad de intercambiador, instalándose la bomba para la circulación ala salida de la depuradora, en la parte fría de la instalación.

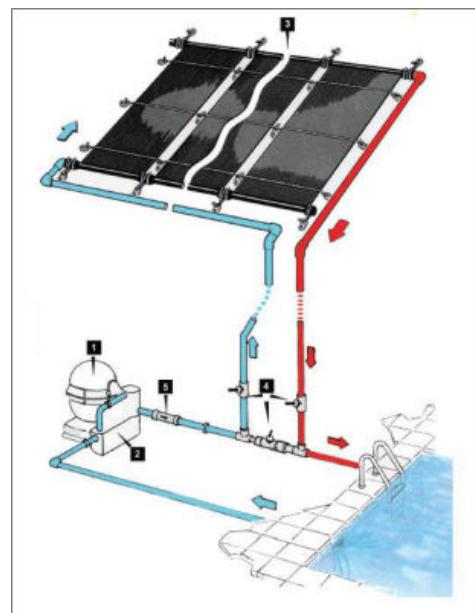


Fig. 12. Aprovechamiento de la Energía Solar Térmica para la climatización de piscinas<sup>21</sup>.

- Instalaciones en piscinas cubiertas. En este caso, los requerimientos son similares a los planteados en el caso de la calefacción. La ventaja es que el agua del vaso de la piscina debe estar a una temperatura de 25°C, perfectamente compatible con los sistemas tradicionales de aprovechamiento solar. Se emplean colectores planos normales, y el sistema está formado por un circuito doble, con intercambiadores para la producción de ACS y calefacción y para el calentamiento del agua de la piscina. En ciertos casos también se puede colocar sistemas de captación energética sin carcasa bajo la cubierta de las instalaciones, aprovechando por una parte la radiación solar y por otra las pérdidas térmicas de la propia piscina. Las piscinas cubiertas deben contar con fuente energética de apoyo, y es necesario planificar su operación teniendo en cuenta los largos periodos necesarios para calentar la totalidad del agua del vaso con el sistema solar.

### 3.1.4 OTRAS APLICACIONES

Otras posibles aplicaciones son:

- Secaderos solares.
- Aplicaciones en industrias.
- Precalentamiento de fluidos para distintos procesos industriales
- Cubiertas climáticas
- Desalinización de agua de mar.
- Otros

## 3.2 Instalación de energía solar térmica para la producción de ACS.

La producción de A.C.S. es quizás la aplicación práctica de la energía solar que mejor se adapta a las características de la misma pues, los niveles de temperaturas que son necesarios lograr (normalmente entre 40°C y 50°C) coinciden con los más apropiados de funcionamiento para una buena eficacia del colector y, por otra, es una necesidad que debe ser satisfecha durante los doce meses del año, por lo que la inversión en el sistema solar se rentabilizará más rápidamente que en el caso de aplicaciones estacionales, como pueden ser la calefacción en invierno, o el calentamiento de piscinas en verano.

Dejando aparte sistemas con características muy peculiares que, bien en fase experimental o en aplicaciones muy restringidas, se usan a veces para producir A.C.S. lo cierto es que, y en especial en nuestro país, la práctica totalidad de los sistemas consisten en la combinación de c.p.p. con un acumulador integrado en un mismo conjunto con éstos, o bien separado de ellos.

### Contribución solar mínima

- La contribución solar mínima anual para la producción de ACS es la fracción entre los valores anuales de la energía solar aportada exigida y la demanda energética anual, obtenidos a partir de los valores mensuales. En las tablas 1 y 2 se indican, para cada zona climática y diferentes niveles de demanda de agua caliente sanitaria (ACS) a una temperatura de referencia de 60 °C, la contribución solar mínima anual, considerándose los siguientes casos:
  - a) general: suponiendo que la fuente energética de apoyo sea gasóleo, propano, gas natural, u otras;
  - b) efecto Joule: suponiendo que la fuente energética de apoyo sea electricidad mediante efecto Joule.

Demanda total de ACS del edificio (l/d)	Zona climática				
	I	II	III	IV	V
50-5.000	30	30	50	60	70
5.000-6.000	30	30	55	65	70
6.000-7.000	30	35	61	70	70
7.000-8.000	30	45	63	70	70
8.000-9.000	30	52	65	70	70
9.000-10.000	30	55	70	70	70
10.000-12.500	30	65	70	70	70
12.500-15.000	30	70	70	70	70
15.000-17.500	35	70	70	70	70
17.500-20.000	45	70	70	70	70
> 20.000	52	70	70	70	70

Tabla 1: Contribución solar mínima en %. Caso General<sup>1</sup>

Demanda total de ACS del edificio (l/d)	Zona climática				
	I	II	III	IV	V
50-1.000	50	60	70	70	70
1.000-2.000	50	63	70	70	70
2.000-3.000	50	66	70	70	70
3.000-4.000	51	69	70	70	70
4.000-5.000	58	70	70	70	70
5.000-6.000	62	70	70	70	70
> 6.000	70	70	70	70	70

Tabla 2: Contribución solar mínima en %. Caso Efecto Joule<sup>1</sup>Fig. 13: Zonas climáticas<sup>1</sup>

Dentro de cada comunidad también existe una subdivisión en zonas climáticas así por ejemplo en la Región de Murcia la clasificación por localidades es:

MURCIA	Águilas V
	Alcantarilla IV
	Caravaca de la Cruz V
	Cartagena IV
	Cieza V
	Jumilla V
	Lorca V
	Molina de Segura V
	Murcia IV
	Torre-Pacheco IV
	Totana V
	Yecla V

- Con independencia del uso al que se destine la instalación, en el caso de que en algún mes del año la contribución solar real sobrepase el 110 % de la demanda energética o en más de tres meses seguidos el 100 %, se adoptarán cualquiera de las siguientes medidas:
  - a) dotar a la instalación de la posibilidad de disipar dichos excedentes (a través de equipos específicos o mediante la circulación nocturna del circuito primario);
  - b) tapado parcial del campo de captadores. En este caso el captador está aislado del calentamiento producido por la radiación solar y a su vez evacua los posibles excedentes térmicos residuales a través del fluido del circuito primario (que seguirá atravesando el captador);
  - c) vaciado parcial del campo de captadores. Esta solución permite evitar el sobrecalentamiento, pero dada la pérdida de parte del fluido del circuito primario, debe ser repuesto por un fluido de características similares debiendo incluirse este trabajo en ese caso entre las labores del contrato de mantenimiento;
  - d) desvío de los excedentes energéticos a otras aplicaciones existentes.
- La orientación e inclinación del sistema generador y las posibles sombras sobre el mismo serán tales que las pérdidas sean inferiores a los límites de la tabla 3.

Caso	Orientación e inclinación	Sombras	Total
General	10 %	10 %	15 %
Superposición	20 %	15 %	30 %
Integración arquitectónica	40 %	20 %	50 %

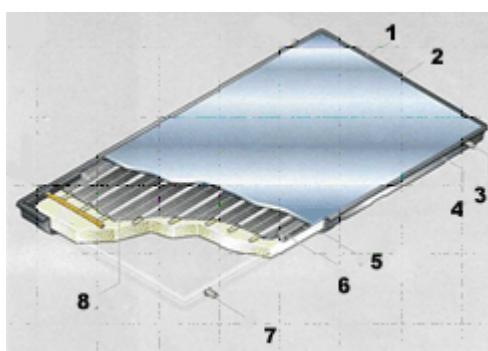
Tabla 3: Pérdidas límite<sup>1</sup>

### 3.2.1 COMPONENTES PRINCIPALES DE LA INSTALACIÓN

#### A) Captadores solares

Los captadores solares, también denominados colectores, es el elemento del sistema que tiene por objeto captar la energía solar incidente.

Sus componentes principales son (figura 14):



1. Marco (parte de la carcasa)
2. Cubierta transparente
3. Boca de impulsión
4. Carcasa
5. Aislante
6. Serpentín del fluido caloportador
7. Boca de retorno del fluido
8. Absorbente

Fig. 14 : Esquema de las partes de un colector solar de placa plana<sup>22</sup>.

- La cubierta transparente, formada por una o dos láminas de vidrio principalmente pero que algunos fabricantes están sustituyendo por materiales plásticos que pueden llegar a tener una propiedades ópticas óptimas para ofrecer una transparencia alta a la radiación solar.
- La placa absorbente o superficie negra, la cual tendrá la función de absorber la energía solar para transmitirla al fluido caloportador, que como ya se indicado anteriormente va a ser principalmente el agua, aunque podría ser también el aire.
- Los elementos por los que circula el fluido caloportador, estos elementos son principalmente tubos principalmente de cobre. Estos tubos se encuentran recubiertos por la placa absorbente como se puede apreciar en la figura.

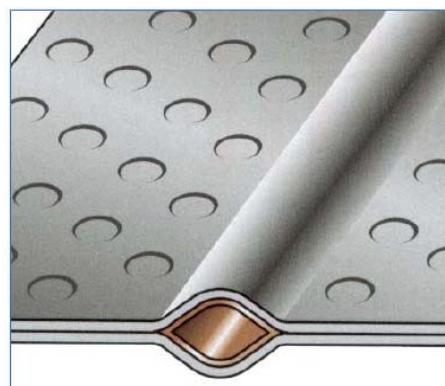


Fig.15 : Configuración del absorbedor sobre tuberías de cobre<sup>6</sup>.

- El aislamiento , que protege la parte lateral y posterior del colector, de las posibles pérdidas que se pueden dar en el absorbedor; y
- La caja o carcasa que contiene a los elementos anteriores y que los protege de la intemperie. Además actúa de enlace con el conjunto del edificio sobre el cual se sitúa el colector, a través de los bastidores y elementos de anclaje necesarios.

El diagrama de flujo de un captador de capa plana se ve representado en la figura 16, en la cual vemos como hay pérdidas que se producen en la cubierta transparente del colector, pérdidas por reflexión en el absorbedor, y pérdidas también el aislamiento. El funcionamiento del colector se centra principalmente en la diferencia de temperaturas entre el ambiente exterior y el interior del captador, si esa diferencia de temperaturas es elevada el rendimiento del captador disminuye por lo que sería necesario colocar vidrios dobles en la cubierta para fomentar el efecto invernadero en la capa de absorción del captador.

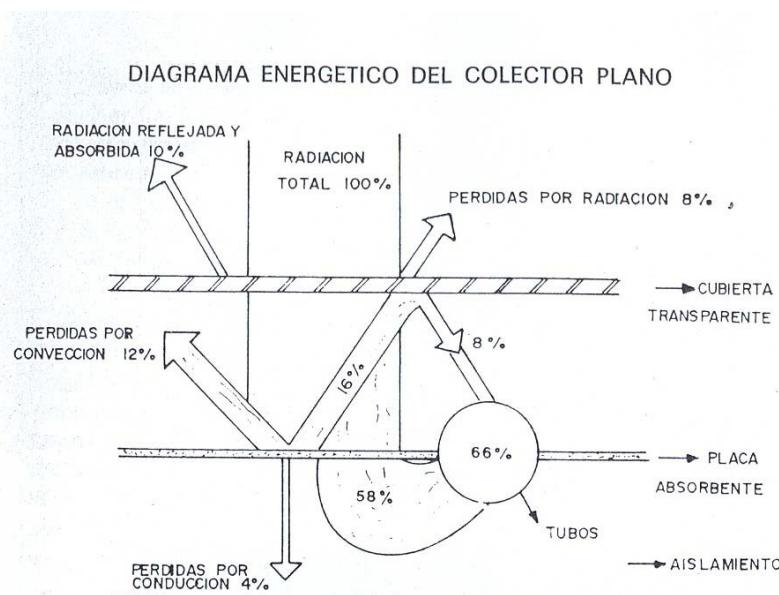


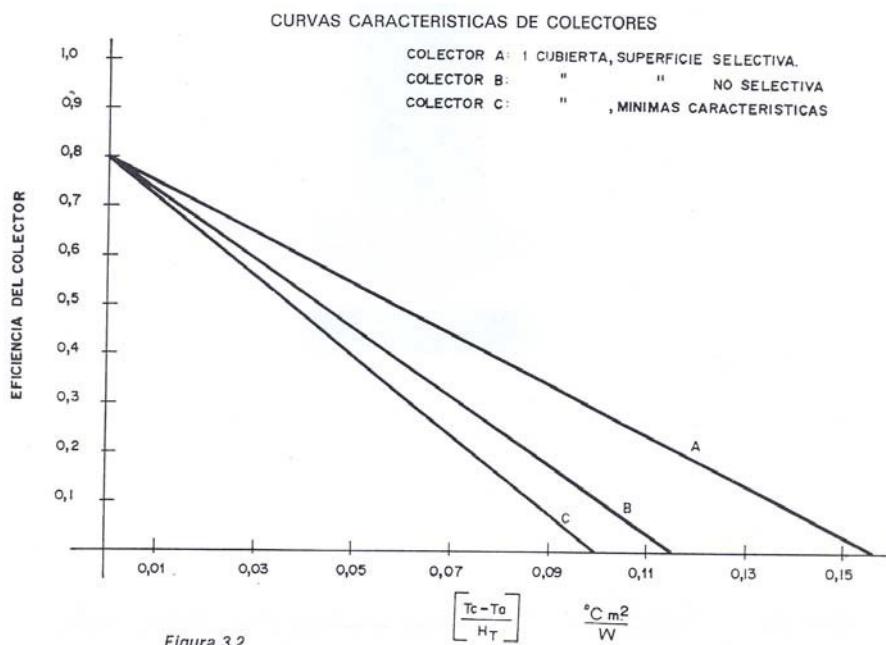
Fig. 16: Diagrama de flujo de un captador solar<sup>9</sup>.

Es conveniente que la cara del absorbedor expuesta al sol esté recubierta de un revestimiento especialmente elegido para absorber bien los rayos solares. Se utilizan dos procedimientos: pinturas y superficies selectivas. Las pinturas, de color negro u oscuro, absorben muy bien la radiación solar (coeficiente de absorción del orden de 0.9) pero tienen un coeficiente de emisión sensiblemente igual al coeficiente de absorción. Dicho de otra forma, las pérdidas por emisión de radiación son bastante elevadas y crecen rápidamente con la temperatura, por lo que estos revestimientos no son indicados para usar a temperaturas muy elevadas.

Para paliar los anteriores inconvenientes, se han buscado otros revestimientos, que tengan también un buen coeficiente de absorción de la radiación solar, pero con un coeficiente de emisión más bajo. A estos revestimientos se les llama «superficies selectivas», por la diferencia entre el coeficiente de absorción (0.8 ó 0.9) y el coeficiente de emisión (0.06 ó 0.15). No existen materiales simples que tengan esta propiedad, sino que se obtienen por superposición de varias capas (metal y compuestos metálicos) o tratamientos especiales de las superficies: Recubrimiento con cromo negro, o recubrimiento en vacío por sputtering (azulado).

Un dato importante a tener en cuenta a la hora de la elección de un colector solar es su curva de rendimiento. Dicha curva nos indica el comportamiento energético del colector en función de la temperatura media del panel y de la temperatura ambiente, además de la curva siempre se indica la ecuación de curva de rendimiento, necesaria a la hora de hacer el dimensionamiento. Éste es un dato que se obtiene mediante ensayos en laboratorio, el cual es necesario para la homologación del colector. En España normalmente los realiza el INTA y en Europa una de las entidades más reconocidas es el Instituto para la Técnica Solar, SPF (Suiza), y que se rige por la norma EN-12975.

La ecuación general del rendimiento de un colector es:  $\eta = F_R(\tau\alpha)_n - F_R U_L (t_c - t_a)/H_T$

Fig. 17 : Curva de rendimiento de un colector solar<sup>9</sup>.

Se recomienda que los captadores que integren la instalación sean del mismo modelo, tanto por criterios energéticos como por criterios constructivos.

La integración de los colectores de placa plana en la edificación se puede realizar de varias formas:

- Integrados en el techo o fachada. Sustituyendo materiales.



- Sobre el techo. Colocados sobre unos bastidores.



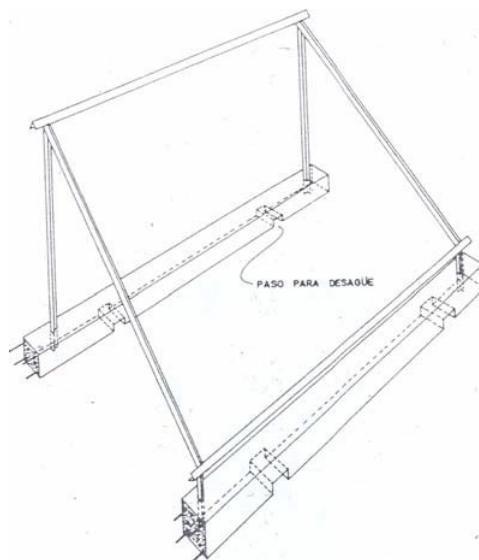
- Sobre cubierta plana. Para lo que será necesario una estructura para soporte y anclaje.



Los soportes sobre los que se instalarán los colectores deben de ser de un material resistente a la corrosión, casi siempre acero inoxidable, y además deben soportar los valores máximos de carga de nieve y velocidad media del viento. En el caso de los soportes sobre cubierta plana el ángulo de inclinación correspondería con el ángulo de inclinación óptimo del colector, el cual variará según:

- Consumo constante anual: latitud geográfica.
- Consumo preferente en invierno: latitud geográfica + 10°
- Consumo preferente en verano: latitud geográfica – 10°

Pero normalmente los soportes van a tener un ángulo de inclinación estandarizado en 45°.

Fig. 18: Estructura y anclaje para colectores<sup>9</sup>.

Los captadores se dispondrán en filas constituidas, preferentemente, por el mismo número de elementos. Las filas de captadores se pueden conectar entre sí en paralelo, en serie o en serie-paralelo, debiéndose instalar válvulas de cierre en la entrada y salida de las distintas baterías de captadores y entre las bombas, de manera que puedan utilizarse para aislamiento de estos componentes en labores de mantenimiento, sustitución, etc.

El número de captadores que se pueden conectar en paralelo tendrá en cuenta las limitaciones del fabricante. El número de captadores conexionados en serie no será superior a tres. En casos de aplicaciones para algunos usos industriales y refrigeración por absorción, si está justificado, este número podrá elevarse a cuatro, siempre y cuando sea permitido por el fabricante. En el caso de que la aplicación sea de A.C.S. no deben conectarse más de dos captadores en serie. Se dispondrá de un sistema para asegurar igual recorrido hidráulico en todas las baterías de captadores.

En la figura 19 se pueden observar de forma esquemática las conexiones mencionadas en este apartado.

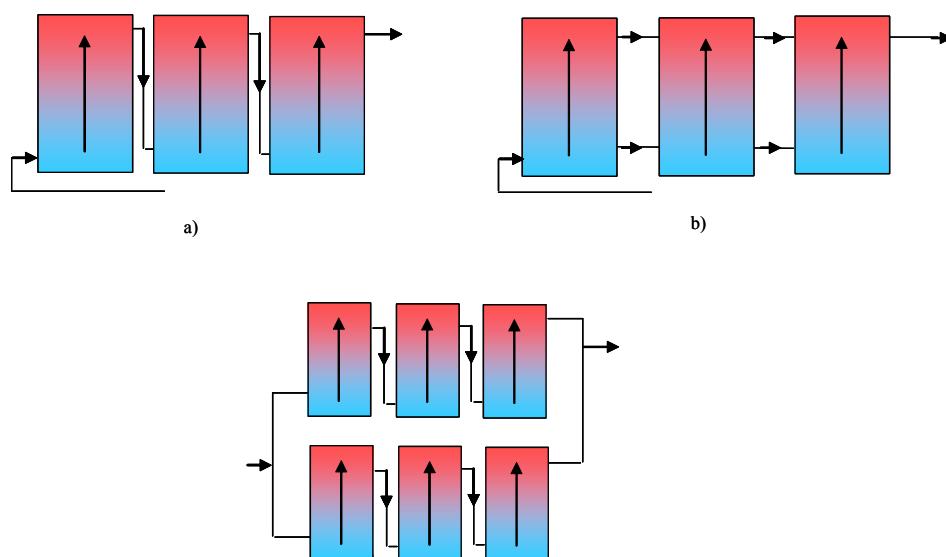


Fig. 19: Esquemas de conexión de los colectores solares. a) serie, b)paralelo, c)serie-paralelo.

- Características según el CTE.

Los captadores con absorbente de hierro no pueden ser utilizados bajo ningún concepto. Cuando se utilicen captadores con absorbente de aluminio, obligatoriamente se utilizarán fluidos de trabajo con un tratamiento inhibidor de los iones de cobre e hierro.

El captador llevará, preferentemente, un orificio de ventilación de diámetro no inferior a 4 mm situado en la parte inferior de forma que puedan eliminarse acumulaciones de agua en el captador. El orificio se realizará de forma que el agua pueda drenarse en su totalidad sin afectar al aislamiento.

Se montará el captador, entre los diferentes tipos existentes en el mercado, que mejor se adapte a las características y condiciones de trabajo de la instalación, siguiendo siempre las especificaciones y recomendaciones dadas por el fabricante.

Las características ópticas del tratamiento superficial aplicado al absorbedor, no deben quedar modificadas substancialmente en el transcurso del periodo de vida previsto por el fabricante, incluso en condiciones de temperaturas máximas del captador.

La carcasa del captador debe asegurar que en la cubierta se eviten tensiones inadmisibles, incluso bajo condiciones de temperatura máxima alcanzable por el captador.

El captador llevará en lugar visible una placa en la que consten, como mínimo, los siguientes datos:

- a) nombre y domicilio de la empresa fabricante, y eventualmente su anagrama;
- b) modelo, tipo, año de producción;
- c) número de serie de fabricación;
- d) área total del captador;
- e) peso del captador vacío, capacidad de líquido;
- f) presión máxima de servicio.

Esta placa estará redactada como mínimo en castellano y podrá ser impresa o grabada con la condición que asegure que los caracteres permanecen indelebles.



Fig. 20: Captador solar plano de la marca Junkers (modelo FK 240s)<sup>13</sup>.

## B) Fluido Caloportador

Cumple la misión de recoger el calor captado por la superficie absorbente y llevarlo al depósito de acumulación o al intercambiador. El fluido más utilizado en los sistemas solares de ACS, es el agua, debido a su alta capacidad calorífica y su disponibilidad.

Pero los problemas que pueden existir, con la utilización de este fluido son:

- 1) La congelación. Si existe peligro de heladas debe proveerse la instalación de drenaje de los colectores, el cual se pone en funcionamiento por una señal de temperatura ambiente. Otra solución es la utilización de anticongelantes como el etilenglicol, hasta hace solo 1 o 2 años se utilizada el propileneglicol pero actualmente está prohibido.
  - 2) Sobrecalentamientos. Estos pueden dar lugar a la corrosión de la instalación según la calidad del agua, y además al generarse vapor de agua en el interior de los colectores se producen sobrepresiones, por tanto las instalaciones de circuito cerrado deben estar provistos de vasos de expansión.
- Características según el CTE.

El fluido portador se seleccionará de acuerdo con las especificaciones del fabricante de los captadores. Pueden utilizarse como fluidos en el circuito primario agua de la red, agua desmineralizada o agua con aditivos, según las características climatológicas del lugar de instalación y de la calidad del agua empleada. En caso de utilización de otros fluidos térmicos se incluirán en el proyecto su composición y su calor específico.

El fluido de trabajo tendrá un pH a 20 °C entre 5 y 9, y un contenido en sales que se ajustará a los señalados en los puntos siguientes:

1. la salinidad del agua del circuito primario no excederá de 500 mg/l totales de sales solubles. En el caso de no disponer de este valor se tomará el de conductividad como variable limitante, no sobrepasando los 650 µS/cm;
2. el contenido en sales de calcio no excederá de 200 mg/l, expresados como contenido en carbonato cálcico;
3. el límite de dióxido de carbono libre contenido en el agua no excederá de 50 mg/l.

Fuera de estos valores, el agua deberá ser tratada.

## C) Acumuladores

Es obvio que la necesidad de energía no siempre coincide en el tiempo con la captación que obtenemos del Sol, por lo que es absolutamente imprescindible disponer de un sistema de almacenamiento que haga frente a la demanda en momentos de poca o nula insolación.

Almacenar energía mediante agua caliente tiene indudables ventajas. Es barata, fácil de manejar, tiene una alta capacidad calorífica y es al mismo tiempo el elemento de consumo para el caso de A.C.S.

La elección del material para el tanque depende de varios factores; como el tipo de licuación, lugar de instalación, coste, vida media calculada y facilidad de mantenimiento. Los materiales que se usan normalmente son: el acero, acero inoxidable, aluminio y fibra vidrio reforzada.

El acero, que es el más utilizado dado su asequible coste, necesita protección interior contra la corrosión, ya sea mediante aplicación de pintura de la denominada comercialmente tipo «epoxi», vitrificado, con ánodo anticorrosión de magnesio, o galvanizado en caliente, en cuyo caso la temperatura de almacenamiento no debe sobrepasar los 70°C.

En cuanto a la forma, suele ser cilíndrica, por su facilidad de construcción. La dimensión vertical (altura) debe ser mayor que la horizontal (diámetro), en una proporción 2 a 1, ya que de esta manera se favorece el fenómeno de la estratificación en el interior del acumulador. Como sabemos, el agua disminuye su densidad al aumentar la temperatura, por lo que tanto cuanto mayor sea la altura, mayor será la diferencia entre la temperatura en la parte superior e inferior del depósito, es decir, mayor será la estratificación (ver figura 21).

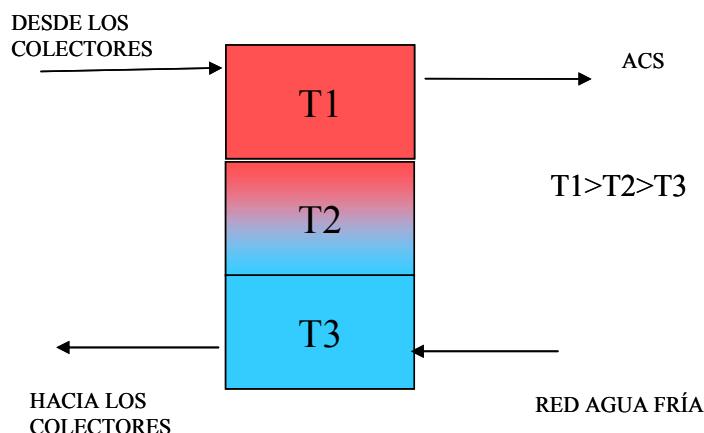


Fig. 21: Estratificación en el interior de un depósito acumulador.

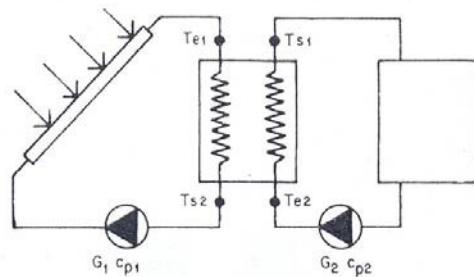
Los acumuladores se aislarán, para evitar pérdidas caloríficas con una espuma de poliuretano y se recubrirán con una funda plástica. Principalmente se realizará con acumuladores de grandes volúmenes como los que se utilizarían en instalaciones centralizadas de acumulación. Sin embargo existen acumuladores comerciales de menor volumen distribuidos individualizados los cuales llevan un aislamiento en el interior de la carcasa metálica, tanto para el aislamiento de calor como para la protección contra quemaduras exterior.



Fig. 22: Acumulador individual solar de ACS<sup>3</sup>.

Existen diferentes tipos de acumuladores, teniendo muchos de ellos en su interior otro de los elementos importantes de la instalación como es el intercambiador, para lo cual hay que tener en cuenta las superficies de intercambio mínimas que se verán a la hora del diseño del intercambiador.

A) CAMBIADOR EXTERIOR AL ACUMULADOR



B) CAMBIADOR INTEGRADO CON EL ACUMULADOR

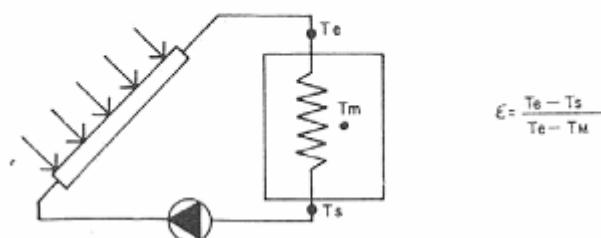


Fig.23-: Acumulador con intercambiador independiente al cumulador e integrado<sup>9</sup>.

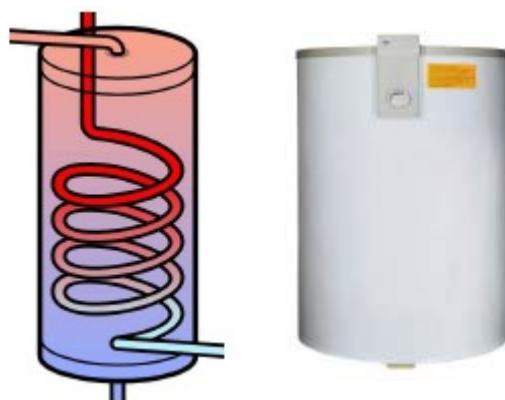


Fig.24 : Acumulador individual con serpentín incorporado (Marca Junkers)<sup>13</sup>.

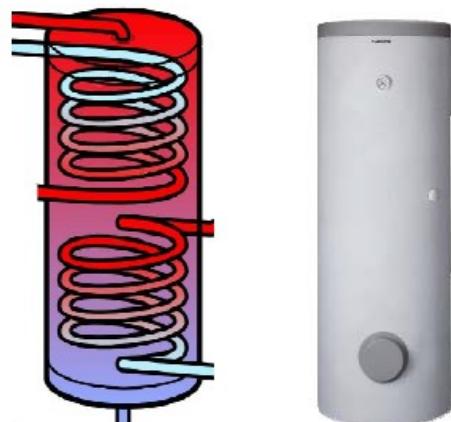


Fig.25 : Acumulador individual con doble serpentín incorporado (Marca Junkers)<sup>13</sup>

El dimensionamiento de un volumen de acumulación se realizará considerando que debe de abastecer la carga de consumo diaria como mínimo, ya sea individual o centralizada. Además como criterio de diseño para aprovechar al máximo la energía captada y evitar la pérdida de la estratificación por temperatura en los depósitos, la situación de las tomas para las diferentes conexiones serán las establecidas en los puntos siguientes:

- a) La conexión de entrada de agua caliente procedente del intercambiador o de los captadores al acumulador se realizará, preferentemente, a una altura comprendida entre el 50 % y el 75 % de la altura total del mismo.
- b) La conexión de salida de agua fría del acumulador hacia el intercambiador o los captadores se realizará por la parte inferior de éste.
- c) En caso de una sola aplicación, la alimentación de agua de retorno de consumo al depósito se realizará por la parte inferior. En caso de sistemas abiertos en el consumo, como por ejemplo A.C.S., esto se refiere al agua fría de red. La extracción de agua caliente del depósito se realizará por la parte superior.
- d) En caso de varias aplicaciones dentro del mismo depósito habrá que tener en cuenta los niveles térmicos de éstas, de forma que tanto las salidas como los retornos para aplicaciones que requieran un mayor nivel térmico en temperaturas estén por encima de las que requieran un nivel menor.

En el caso específico en el que tengamos un circuito abierto, es decir, que el acumulador esté directamente conectado con la red de distribución de agua caliente sanitaria, deberá ubicarse un termómetro en un sitio claramente visible por el usuario. Y además el sistema deberá ser capaz de elevar la temperatura del acumulador a 60°C y hasta 70°C con objeto de prevenir la legionelosis.

• Características que deben de cumplir según el CTE

Cuando el intercambiador esté incorporado al acumulador, la placa de identificación indicará además, los siguientes datos:

- a) superficie de intercambio térmico en m<sup>2</sup>;
- b) presión máxima de trabajo, del circuito primario.

Cada acumulador vendrá equipado de fábrica de los necesarios manguitos de acoplamiento, soldados antes del tratamiento de protección, para las siguientes funciones:

- a) manguitos roscados para la entrada de agua fría y la salida de agua caliente;
- b) registro embridado para inspección del interior del acumulador y eventual acoplamiento del serpentín;
- c) manguitos roscados para la entrada y salida del fluido primario;
- d) manguitos roscados para accesorios como termómetro y termostato;
- e) manguito para el vaciado.

En cualquier caso la placa característica del acumulador indicará la pérdida de carga del mismo.

Los depósitos mayores de 750 l dispondrán de una boca de hombre con un diámetro mínimo de 400 mm, fácilmente accesible, situada en uno de los laterales del acumulador y cerca del suelo, que permita la entrada de una persona en el interior del depósito de modo sencillo, sin necesidad de desmontar tubos ni accesorios;

El acumulador estará enteramente recubierto con material aislante y, es recomendable disponer una protección mecánica en chapa pintada al horno, PRFV, o lámina de material plástica.

Podrán utilizarse acumuladores de las características y tratamientos descritos a continuación:

- a) acumuladores de acero vitrificado con protección catódica;
- b) acumuladores de acero con un tratamiento que asegure la resistencia a temperatura y corrosión con un sistema de protección catódica;
- c) acumuladores de acero inoxidable adecuado al tipo de agua y temperatura de trabajo.
- d) acumuladores de cobre;
- e) acumuladores no metálicos que soporten la temperatura máxima del circuito y esté autorizada su utilización por las compañías de suministro de agua potable;
- f) acumuladores de acero negro (sólo en circuitos cerrados, cuando el agua de consumo pertenezca a un circuito terciario);
- g) los acumuladores se ubicarán en lugares adecuados que permitan su sustitución por envejecimiento o averías.

#### D) Intercambiador de calor

Se introduce un intercambiador de calor en una instalación solar cuando se quieren tener dos circuitos independientes. Se usarán en:

- Instalaciones de agua caliente sanitaria en las cuales no se desea que el agua sanitaria pase por los colectores para evitar riesgos de helada, incrustaciones en los colectores, corrosión del circuito, sobrepresión, etc.
- Instalaciones de calefacción con almacenamiento térmico por agua caliente en las cuales se quiere limitar la cantidad de anticongelante a añadir, gracias a un circuito primario de volumen reducido.
- Instalaciones combinadas de agua caliente y calefacción en las cuales el agua sanitaria se calienta por medio de un intercambiador, así como en el sistema de distribución de calefacción si se quiere reducir la cantidad de anticongelante.
- Instalaciones bifásicas, que comprenden captación por colectores de agua y calefacción por aire forzado, mediante sistema de «Fan-Coil».

Nos centraremos en los intercambiadores líquido-líquido, que son los empleados para obtención de A.C.S.

La utilización de intercambiadores presenta tres inconvenientes importantes:

- a) Suponen una pérdida de rendimiento del sistema. Hay siempre una diferencia de temperatura entre los líquidos primario y secundario que puede ser de 5 °C a 10 °C.
- b) Suponen una elevación del coste de la instalación, no sólo por su propio coste, sino también por el de una serie de elementos que los acompañan necesariamente.
- c) En las instalaciones de agua caliente sanitaria los intercambiadores de calor están sometidos a una reglamentación específica, aplicable cuando el líquido primario no es agua potable.

Los tipos de intercambiadores utilizados para ACS, son:

- Sumergido en el interior de acumulador
- De serpentín
- Simple.(fig. 24)

- Doble. Si el acumulador también tiene el sistema de auxilio integrado.(fig. 25)
  - De haz tubular
- De doble envolvente. En este caso el circuito primario envuelve al secundario, produciéndose el intercambio a través de la superficie de contacto.
- Independientes.

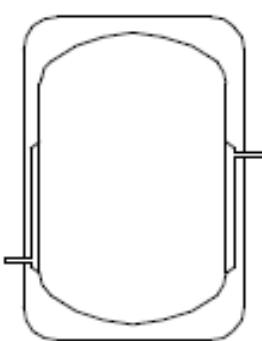


Fig. 26: Intercambiador de doble envolvente<sup>9</sup>. Fig.27: Intercambiador independiente al acumulador<sup>3</sup>.

La potencia mínima en W de diseño del intercambiador será función del área de captadores ( $m^2$ ), cumpliéndose la condición:

$$P \geq 500 \text{ A}$$

Si el intercambiador es sumergido o de tipo envolvente, la relación entre la superficie útil de intercambio y la superficie total de captación no será inferior a 0,15.

- Características que deben cumplir según el CTE

Cualquier intercambiador de calor existente entre el circuito de captadores y el sistema de suministro al consumo no debería reducir la eficiencia del captador debido a un incremento en la temperatura de funcionamiento de captadores.

Si en una instalación a medida sólo se usa un intercambiador entre el circuito de captadores y el acumulador, la transferencia de calor del intercambiador de calor por unidad de área de captador no debería ser menor que 40 W/m<sup>2</sup>·K.

#### E) Bombas de circulación

Se instalarán en todos aquellos sistemas en los que sea necesario el impulso del agua en la instalación, es decir, sistemas forzados. Normalmente los sistemas con mayor grado de especificación, llevarán bombas para poder alejar los sistemas de captación de los de acumulación.

- Características que deben cumplir según el CTE

Los materiales de la bomba del circuito primario serán compatibles con las mezclas anticongelantes y en general con el fluido de trabajo utilizado.

Cuando las conexiones de los captadores son en paralelo, el caudal nominal de la bomba será el igual caudal unitario de diseño multiplicado por la superficie total de captadores en paralelo.

Se debe de cumplir que la potencia eléctrica parásita para la bomba no debería exceder los valores dados en la tabla 4:

Sistema	Potencia eléctrica de la bomba
<b>Sistema pequeño</b>	50 W o 2% de la mayor potencia calorífica que pueda suministrar el grupo de captadores
<b>Sistemas grandes</b>	1 % de la mayor potencia calorífica que puede suministrar el grupo de captadores

Tabla 4 : Potencia eléctrica máxima de la bomba<sup>1</sup>

La potencia máxima de la bomba especificada anteriormente excluye la potencia de las bombas de los sistemas de drenaje con recuperación, que sólo es necesaria para llenar el sistema después de un drenaje. Además la bomba permitirá efectuar de forma simple la operación de desaireación o purga, del sistema.

#### F) Sistemas auxiliares

Los sistemas auxiliares que se van a integrar en el sistema de ACS, para dar soporte cuando la energía solar no sea suficiente, podrán ser de diferentes tipos:

En función de la energía de aporte utilizada:

- De gases combustibles. Principalmente calderas mixtas, diseñadas para trabajar a partir de agua templada.(fig.)
- Eléctricos (efecto Joule). Los cuales se desaconsejan en caso de fracciones de consumo elevadas y fracciones solares anuales bajas.



Fig.28: Caldera mixta de gas. Preparada para la utilización en sistemas térmicos solares de ACS<sup>13</sup>.

En función de cómo va a realizar el apoyo a la instalación:

- Forma independiente o en línea. (fig. 29)
- Acumulador de doble serpentín apoyado con caldera. (fig.30)

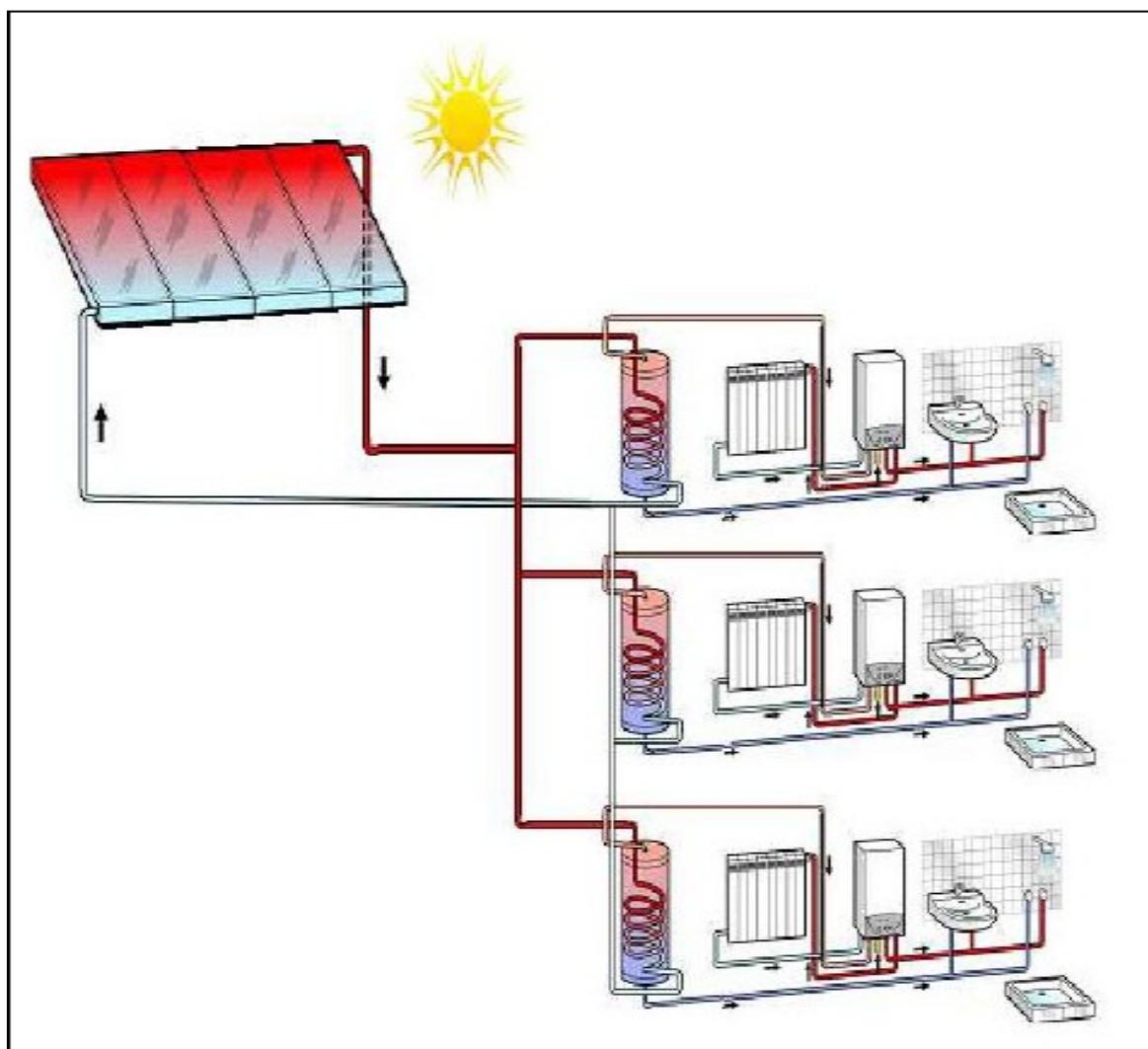


Fig.29: Sistema de apoyo auxiliar con caldera mixta conectada en línea. No existe retorno al acumulador. Si la temperatura de entrada >temperatura demandada no se pone en funcionamiento<sup>13</sup>.

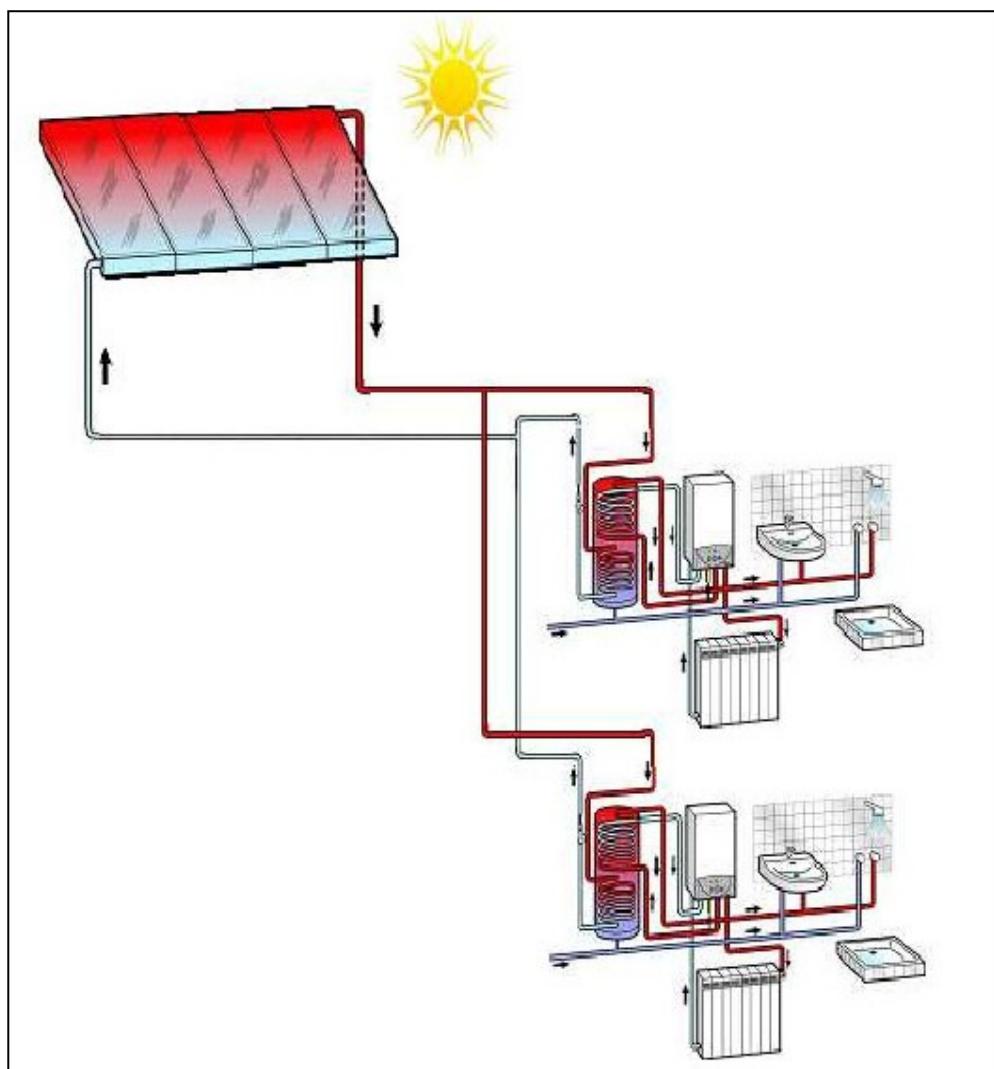


Fig. 30: Sistema con apoyo auxiliar de caldera mixta con acumulador de doble serpentín<sup>13</sup>.

### G) Tuberías

Como ocurre en muchos otros componentes de las instalaciones para obtención de ACS por energía solar, las conducciones no constituyen novedad alguna si las comparamos con las empleadas para otros usos, como calefacción y fontanería.

Los materiales usados son: cobre, acero galvanizado, acero inoxidable, hierro negro y plásticos.

- Cobre.-Es un material ampliamente utilizado en instalaciones de todo tipo, y es, sin duda, el más aconsejable para instalaciones de energía solar, por ser técnicamente idóneo y económicamente muy competitivo.

La tubería de cobre sólo tiene pequeñas cantidades de fósforo residual, que además facilita la soldadura, y goza de las excelentes características de este metal, como son resistencia a la corrosión, maleabilidad y ductilidad.

El cobre resiste la corrosión, tanto de los líquidos que puedan circular por su interior debida a los agentes exteriores, aire, humedad o elementos constructivos que entren en contacto con él.

- Características que deben de cumplir según el CTE

En las tuberías del circuito primario podrán utilizarse como materiales el cobre y el acero inoxidable, con uniones roscadas, soldadas o embriddadas y protección exterior con pintura anticorrosiva.

En el circuito secundario o de servicio de agua caliente sanitaria, podrá utilizarse cobre y acero inoxidable. Podrán utilizarse materiales plásticos que soporten la temperatura máxima del circuito y que le sean de aplicación y esté autorizada su utilización por las compañías de suministro de agua potable.

#### H) Válvulas

Al igual que en cualquier instalación de abastecimiento de agua, será necesarios la instalación de elementos de regulación y corte, y sobre todo en un sistema como este en el que las condiciones del fluido circulante es crítico para la instalación, por lo que será casi obligado la colocación de válvula anti-retorno en el circuito primario del sistema, para asegurar el buen funcionamiento y el tiempo de vida del campo de colectores.

- Características que deben de cumplir según el CTE

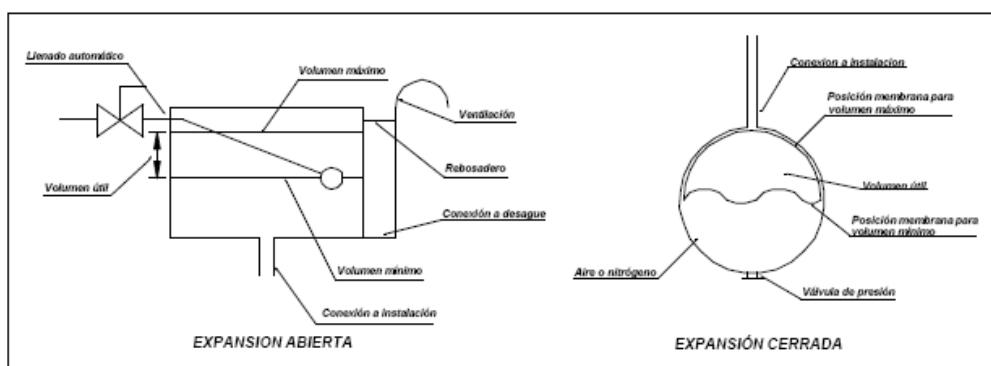
La elección de las válvulas se realizará, de acuerdo con la función que desempeñen y las condiciones extremas de funcionamiento (presión y temperatura) siguiendo preferentemente los criterios que a continuación se citan:

- a) para aislamiento: válvulas de esfera;
- b) para equilibrado de circuitos: válvulas de asiento;
- c) para vaciado: válvulas de esfera o de macho;
- d) para llenado: válvulas de esfera;
- e) para purga de aire: válvulas de esfera o de macho;
- f) para seguridad: válvula de resorte;
- g) para retención: válvulas de disco de doble compuerta, o de clapeta.

Las válvulas de seguridad, por su importante función, deben ser capaces de derivar la potencia máxima del captador o grupo de captadores, incluso en forma de vapor, de manera que en ningún caso sobrepase la máxima presión de trabajo del captador o del sistema.

#### I) Vasos de expansión

Es uno de los elementos de seguridad de la instalación, el cual compensa variaciones de presión en el interior de esta. En caso de usar anticongelante hay que tener en cuenta el coeficiente de dilatación de la mezcla. La capacidad del depósito debe ser suficiente para admitir la expansión del agua o de la mezcla agua-anticongelante. Se debe de tener en cuenta que no puede existir ninguna válvula de cierre en los tubos de seguridad que comunican los colectores con los vasos de expansión<sup>8</sup>.



## Tipos de vasos de expansión:

### 1. Vasos de expansión abiertos

Se utilizarán en sistemas abiertos, y se colocarán por encima del punto más alto de la instalación. El volumen comprendido entre la unión de la tubería al depósito de expansión y el nivel máximo de este debe ser de un 6% del volumen de la instalación.

### 2. Vasos de expansión cerrados

Cuando el medio de transferencia de calor pueda evaporarse bajo condiciones de estancamiento, hay que realizar un dimensionado especial del volumen de expansión: Además de dimensionarlo como es usual en sistemas de calefacción cerrados (la expansión del medio de transferencia de calor completo), el depósito de expansión deberá ser capaz de compensar el volumen del medio de transferencia de calor en todo el grupo de captadores completo incluyendo todas las tuberías de conexión entre captadores más un 10 %.



Fig.31: Vasos de expansión cerrados<sup>16</sup>

## J) Sistema eléctrico y de control

El diseño del sistema de control asegurará el correcto funcionamiento de las instalaciones, procurando obtener un buen aprovechamiento de la energía solar captada y asegurando un uso adecuado de la energía auxiliar. El sistema de regulación y control comprende los siguientes sistemas:

- Control de funcionamiento del circuito primario y secundario ( si existe).
- Sistemas de protección y seguridad de las instalaciones contra sobrecalentamientos, heladas, etc.

El sistema de control asegurará que en ningún caso se alcancen temperaturas superiores a las máximas soportadas por los materiales, componentes y tratamientos de los circuitos.



Fig. 32: Regulador solar<sup>17</sup>

### 3.2.2 TIPOS DE SISTEMAS DE APROVECHAMIENTO.

A efectos de requisitos mínimos, se consideran las siguientes clases de instalaciones:

- ❖ Sistemas solares de calentamiento prefabricados son lotes de productos con una marca registrada, que son vendidos como equipos completos y listos para instalar, con configuraciones fijas. Los sistemas de esta categoría se consideran como un solo producto y se evalúan en un laboratorio de ensayo como un todo. Si un sistema es modificado cambiando su configuración o cambiando uno o más de sus componentes, el sistema modificado se considera como un nuevo sistema, para el cual es necesario una nueva evaluación en el laboratorio de ensayo.
- ❖ Sistemas solares de calentamiento a medida o por elementos son aquellos sistemas construidos de forma única, o montados eligiéndolos de una lista de componentes. Los sistemas de esta categoría son considerados como un conjunto de componentes. Los componentes se ensayan de forma separada y los resultados de los ensayos se integran en una evaluación del sistema completo. Los sistemas solares de calentamiento a medida se subdividen en dos categorías:
  - Sistemas grandes a medida son diseñados únicamente para una situación específica. En general son diseñados por ingenieros, fabricantes y otros expertos.
  - Sistemas pequeños a medida son ofrecidos por una Compañía y descritos en el así llamado archivo de clasificación, en el cual se especifican todos los componentes y posibles configuraciones de los sistemas fabricados por la Compañía. Cada posible combinación de una configuración del sistema con componentes de la clasificación se considera un solo sistema a medida.

Sistemas so/ares prefabricados (*)	Sistemas so/ares a medida (**)
Sistemas por termosifón para agua caliente sanitaria.	Sistemas de circulación forzada (o de termosifón) para agua caliente y/o calefacción y/o refrigeración y/o calentamiento de piscinas montados usando componentes y configuraciones descritos en un archivo de documentación (principalmente sistemas pequeños).
Sistemas de circulación forzada como lote de productos con configuración fija para agua caliente sanitaria.	Sistemas únicos en el diseño y montaje, utilizados para calentamiento de agua, calefacción y/o refrigeración y/o calentamiento de piscinas o usos industriales (principalmente sistemas grandes)
Sistemas con captador-depósito integrados (es decir, en un mismo volumen) para agua caliente sanitaria.	(*) También denominados "equipos domésticos" o "equipos compactos". (***) También denominados "instalaciones diseñadas por elementos" o "instalaciones partidas".

También existen dentro de estos sistemas solares térmicos que aplicarán los siguientes criterios, más asociados a los tipos de componentes que van a formar el sistema<sup>11</sup>:

- El principio de circulación del fluido.
- El sistema de transferencia de calor.
- El sistema de expansión.
- El sistema de aporte auxiliar.
- Por el principio de circulación se clasificarán en:
  - Instalaciones por termosifón o circulación natural
  - Instalaciones por circulación forzada
- Por el sistema de transferencia de calor:
  - Instalaciones de transferencia directa sin intercambiador de calor
  - Instalación con intercambiador de calor en el acumulador solar
    - Sumergido
    - De doble envolvente
  - Instalaciones con intercambiador de calor independiente
- Por el sistema de expansión:
  - Sistema abierto
  - Sistema cerrado
- Por el sistema de aporte de energía auxiliar:
  - Sistema de energía auxiliar en el acumulador solar
  - Sistema de energía auxiliar en acumulador secundario individual Sistema de energía auxiliar en acumulador secundario centralizado Sistema de energía auxiliar en acumuladores secundarios distribuidos Sistema de energía auxiliar en línea centralizado
  - Sistema de energía auxiliar en línea distribuido
  - Sistema de energía auxiliar en paralelo

Se utilizarán diferentes sistemas según donde se instala:

A) Viviendas unifamiliares.

Se instalan principalmente equipos compactos:

- Termosifonados



Instalación en vivienda unifamiliar de equipo compacto termosifonado en el techo<sup>15</sup>.

- Forzados. El acumulador puede encontrarse en un emplazamiento diferente a los colectores. Es necesaria equipo de regulación

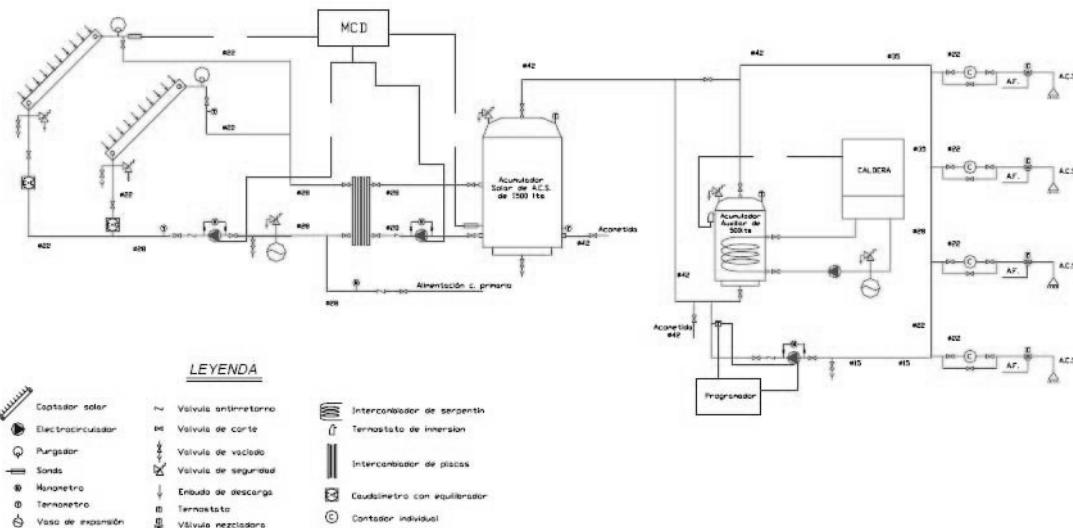


Instalación en vivienda unifamiliar de equipo compacto forzado<sup>13</sup>

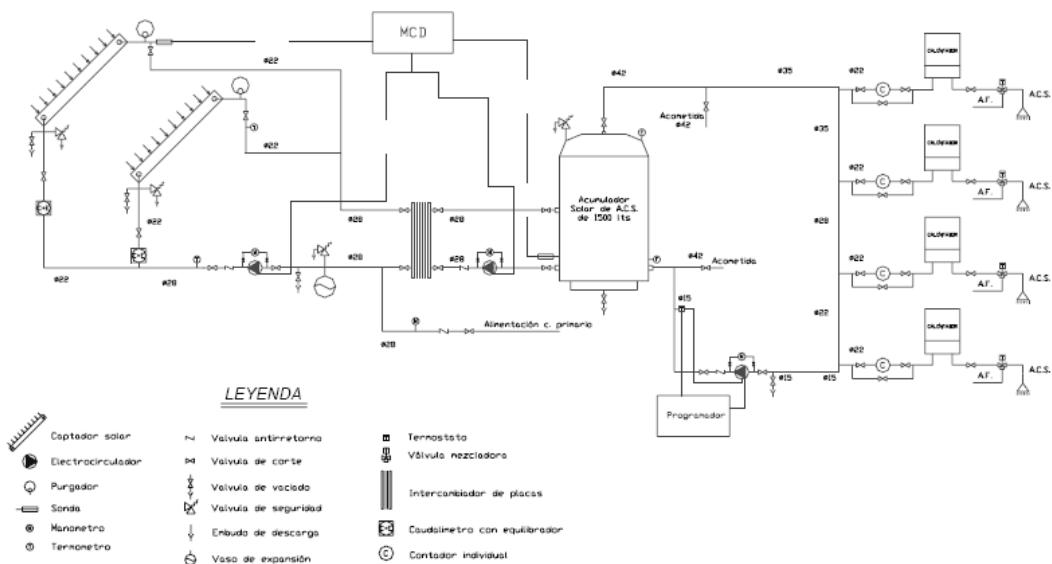
## B) En edificios de viviendas

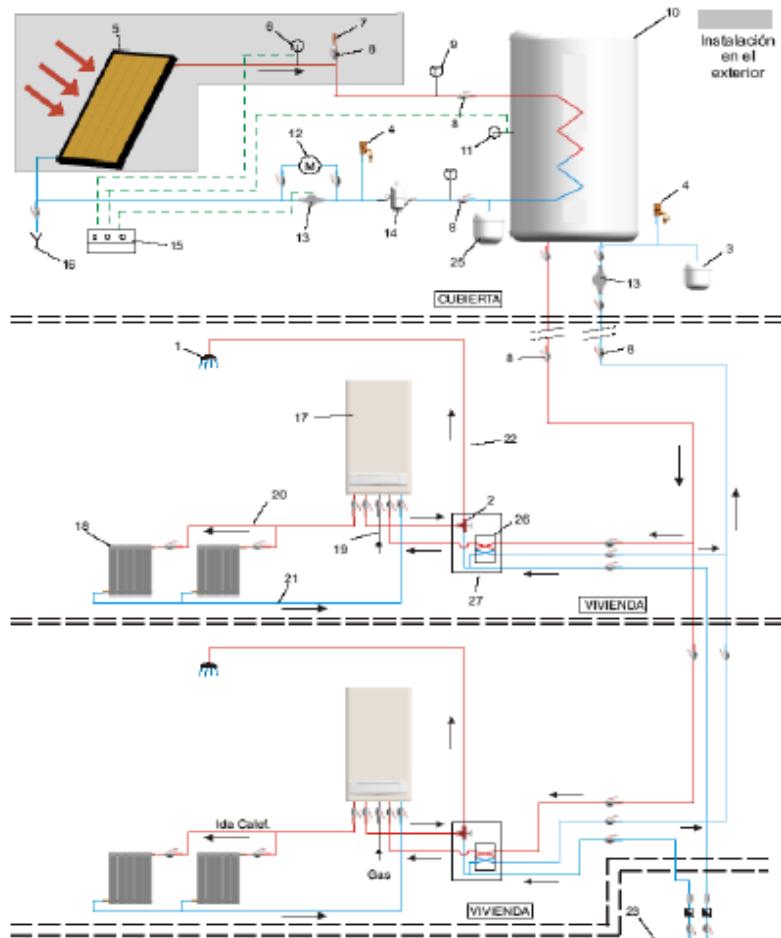
Las más comunes son:

- Instalación todo centralizado. Sistema de captación común; sistema de acumulación común y sistema de apoyo común<sup>11</sup>.

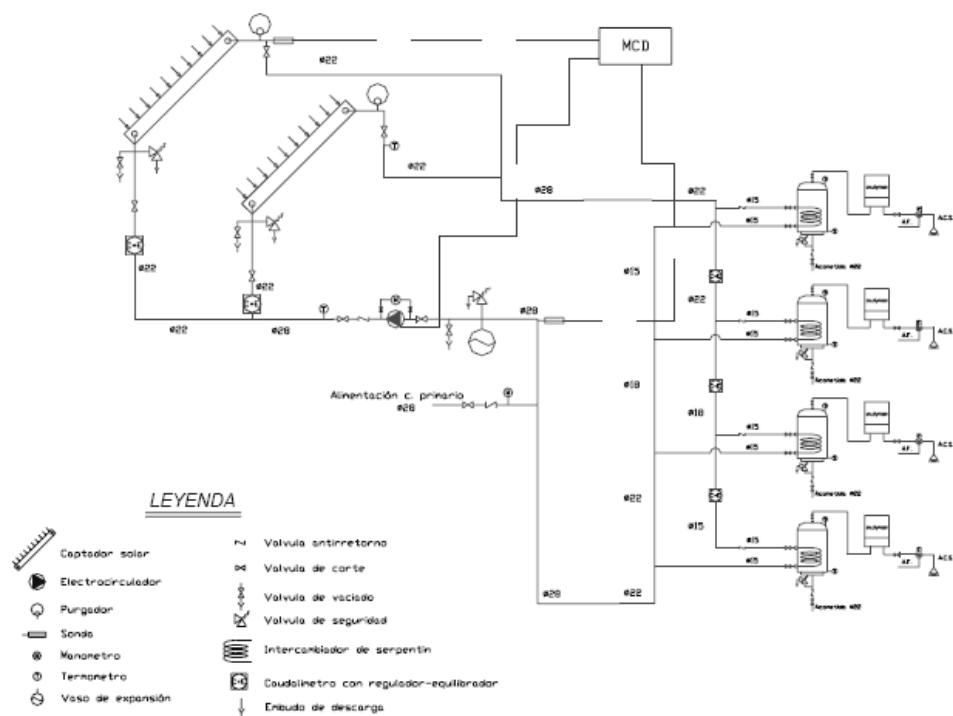


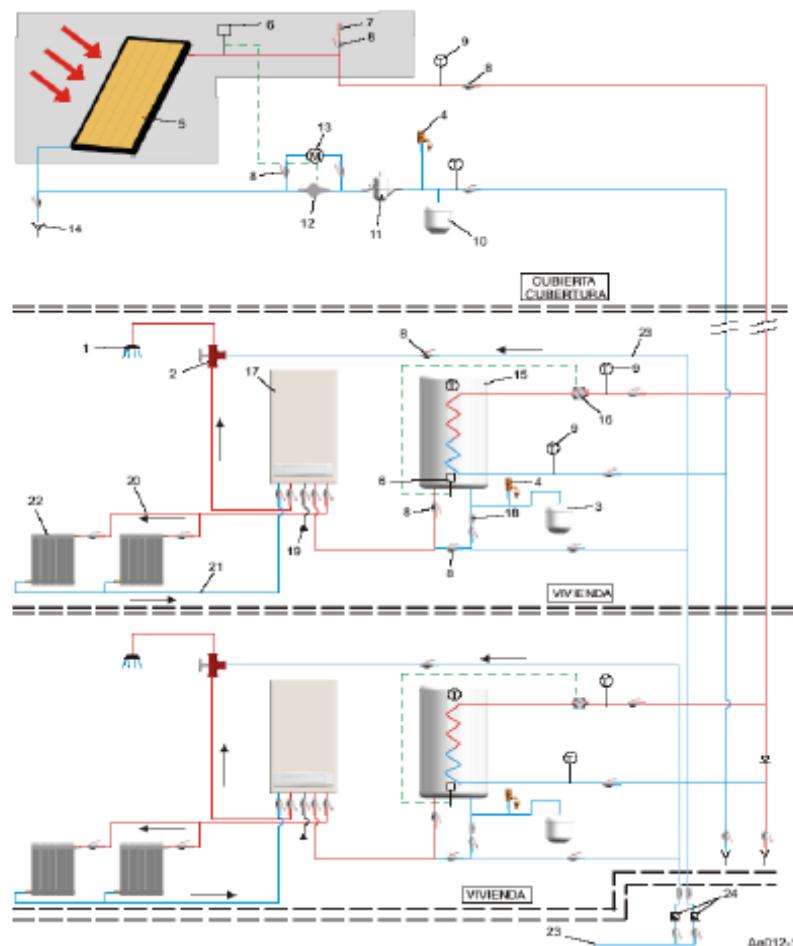
- Instalación con apoyo descentralizado. Sistema de captación común; sistema de acumulación común y sistema de apoyo individual<sup>3,11</sup>.



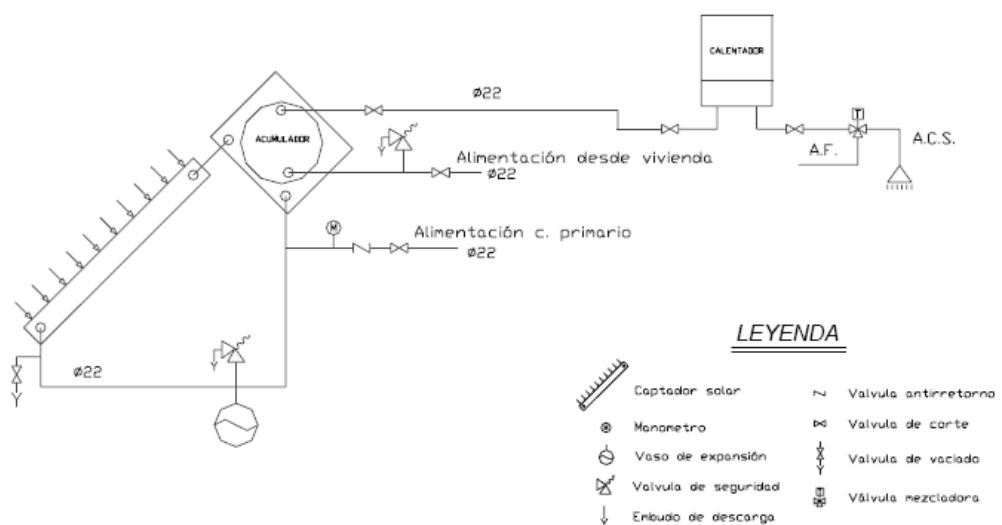


- Instalación con captación centralizada. Sistema de captación común; sistema de acumulación individualizado y sistema de apoyo Individualizado<sup>11</sup>.





- Instalación todo descentralizado. Sistema de captación individual; sistema de acumulación individualizado y sistema de apoyo individualizado. Habrá diferentes grupos de captadores en la cubierta correspondientes a cada una de las viviendas<sup>11</sup>.



### 3.3 Dimensionado y cálculo.

#### 3.3.1 DATOS DE PARTIDA

Los datos de partida necesarios para el dimensionado y cálculo de la instalación están constituidos por dos grupos de parámetros que definen las condiciones de uso y climáticas.

##### Condiciones de uso

Las condiciones de uso vienen dadas por la demanda energética asociada a la instalación según los diferentes tipos de consumo. Cálculo de la demanda, en función del consumo de agua caliente.

Criterio de demanda	Litros ACS/día a 60º C	
Viviendas unifamiliares	30	por persona
Viviendas multifamiliares	22	por persona
Hospitales y clínicas	55	por cama
Hotel ****	70	por cama
Hotel ***	55	por cama
Hotel/Hostal **	40	por cama
Camping	40	por emplazamiento
Hostal/Pensión *	35	por cama
Residencia (ancianos, estudiantes, etc)	55	por cama
Vestuarios/Duchas colectivas	15	por servicio
Escuelas	3	por alumno
Cuartellos	20	por persona
Fábricas y talleres	15	por persona
Administrativos	3	por persona
Gimnasios	20 a 25	por usuario
Lavanderías	3 a 5	por kilo de ropa
Restaurantes	5 a 10	por comida
Cafeterías	1	por almuerzo

Tabla 5: Demanda de referencia a 60°C<sup>1</sup>

Si se considera otra temperatura en el acumulador final diferente a 60°C, la demanda a considerar a efectos de cálculo, según la temperatura elegida, será la que se obtenga a partir de la siguiente expresión<sup>1</sup>:

$$D(T) = \sum_1^{12} D_i(T)$$

$$D_i(T) = D_i(60^{\circ}\text{C}) \times \left( \frac{60 - T_i}{T - T_i} \right)$$

D(T)= Demanda anual

Di(T)= Demanda mensual a la temperatura elegida.

Di(60°)= Demanda mensual a 60°C.

T= Temperatura elegida en el acumulador final.

Ti= Temperatura del agua de red por meses.

##### Condiciones climáticas

Las condiciones climáticas vienen dadas por la radiación global total en el campo de captación, la temperatura ambiente diaria y la temperatura del agua de la red.

Podrán utilizarse datos de radiación publicados por entidades de reconocido prestigio y los datos de temperatura publicados por el Instituto Nacional de Meteorología.

A falta de otros datos, se recomienda usar las tablas de radiación y temperatura ambiente por provincias publicadas por CENSOLAR, recogidas en los Anexos.

### 3.3.2 DIMENSIONADO BÁSICO

El dimensionado básico de las instalaciones o sistemas a medida se refiere a la selección de la superficie de captadores solares y, en caso de que exista, al volumen de acumulación solar, para la aplicación a la que está destinada la instalación. El dimensionado básico de los sistemas solares prefabricados se refiere a la selección del sistema solar prefabricado para la aplicación de A.C.S. a la que está destinado.

El dimensionado se debe de realizar forma que en ningún mes del año la energía producida por la instalación solar supere el 110 % de la demanda de consumo y no más de tres meses seguidos el 100 %, como ya se indicó en apartados anteriores. A estos efectos, y para instalaciones de un marcado carácter estacional, no se tomarán en consideración aquellos periodos de tiempo en los cuales la demanda se sitúe un 50% debajo de la media correspondiente al resto del año. Pero en el caso de que se dé la situación de estacionalidad en los consumos indicados anteriormente, deberán tomarse las medidas de protección de la instalación correspondientes.

A estos efectos, se definen los conceptos de fracción solar y rendimiento medio estacional o anual de la siguiente forma:

- ❖ Fracción solar mes "x" =  $(\text{Energía solar aportada el mes "x"} / \text{Demanda energética durante el mes "x"}) \times 100$
- ❖ Fracción solar año "y" =  $(\text{Energía solar aportada el año "y"} / \text{Demanda energética durante el año "y"}) \times 100$
- ❖ Rendimiento medio año "y" =  $(\text{Energía solar aportada el año "y"} / \text{Irradiación incidente año "y"}) \times 100$
- ❖ Irradiación incidente año "y" = Suma de las irradiaciones incidentes de los meses del año "y"
- ❖ Irradiaciones incidentes en el mes "x" = Irradiación en el mes "x" x Superficie captadora

El concepto de energía solar aportada el año "y" se refiere a la energía demandada realmente satisfecha por la instalación de energía solar. Esto significa que para su cálculo nunca podrá considerarse más de un 100 % de aporte solar en un determinado mes. Y a partir de este valor se comprobará la contribución solar mínima del sistema.

Para el cálculo del dimensionado básico de instalaciones a medida podrá utilizarse cualquiera de los métodos de cálculo comerciales de uso aceptado por proyectistas, fabricantes e instaladores. El método de cálculo especificará, al menos sobre base mensual, los valores medios diarios de la demanda de energía y del aporte solar. Asimismo, el método de cálculo incluirá las prestaciones globales anuales definidas por:

- La demanda de energía térmica.
- La energía solar térmica aportada.
- La fracción solar media anual.
- El rendimiento medio anual.

La selección del sistema solar prefabricado se realizará a partir de los resultados de ensayo del sistema, teniendo en cuenta que tendrá también que cumplir lo especificado en el CTE.

Independientemente de lo especificado en los párrafos anteriores, en caso de A.C.S., se debe tener en cuenta que el sistema solar se debe diseñar y calcular en función de la energía que aporta a lo largo del día y no en función de la potencia del generador (captadores solares), por tanto se debe prever una acumulación acorde con la demanda y el aporte, al no ser ésta simultánea con la generación.

Para esta aplicación el área total de los captadores tendrá un valor tal que se cumpla la condición:

$$50 < V/A < 180$$

donde: A será el área total de los captadores, expresada en  $m^2$ ,

V es el volumen del depósito el cual corresponderá como mínimo con la carga de consumo diaria M:  $V = M$

Además, para instalaciones con fracciones solares bajas, se deberá considerar el uso de relaciones V/A pequeñas y para instalaciones con fracciones solares elevadas se deberá aumentar dicha relación.

### 3.3.3 CÁLCULO DE LAS PÉRDIDAS POR ORIENTACIÓN E INCLINACIÓN

El objeto de este apartado es determinar los límites en la orientación e inclinación de los módulos de captadores de acuerdo a las pérdidas máximas permisibles.

Las pérdidas por este concepto se calcularán en función de:

- a) ángulo de inclinación,  $\beta$  definido como el ángulo que forma la superficie de los módulos con el plano horizontal. Su valor es 0 para módulos horizontales y  $90^\circ$  para verticales;
- b) ángulo de acimut,  $\alpha$  definido como el ángulo entre la proyección sobre el plano horizontal de la normal a la superficie del módulo y el meridiano del lugar. Valores típicos son  $0^\circ$  para módulos orientados al sur,  $-90^\circ$  para módulos orientados al este y  $+90^\circ$  para módulos orientados al oeste.

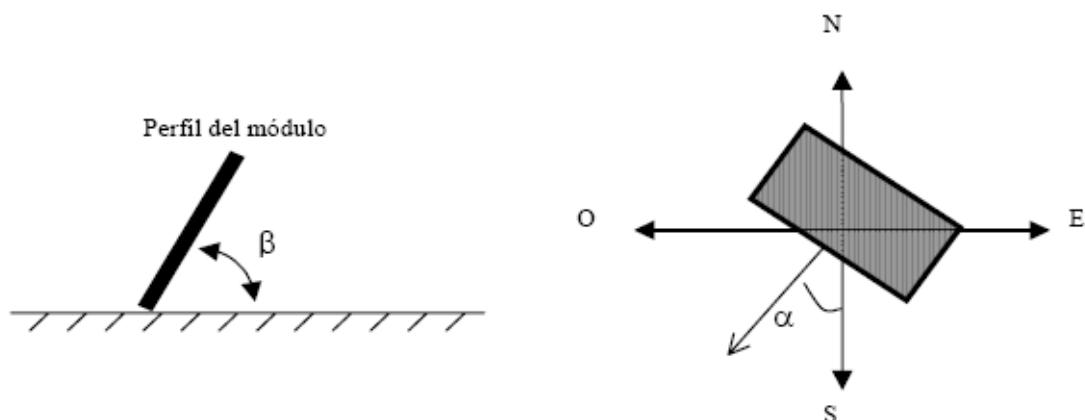


Fig.32: Orientación e inclinación de los módulos<sup>1</sup>.

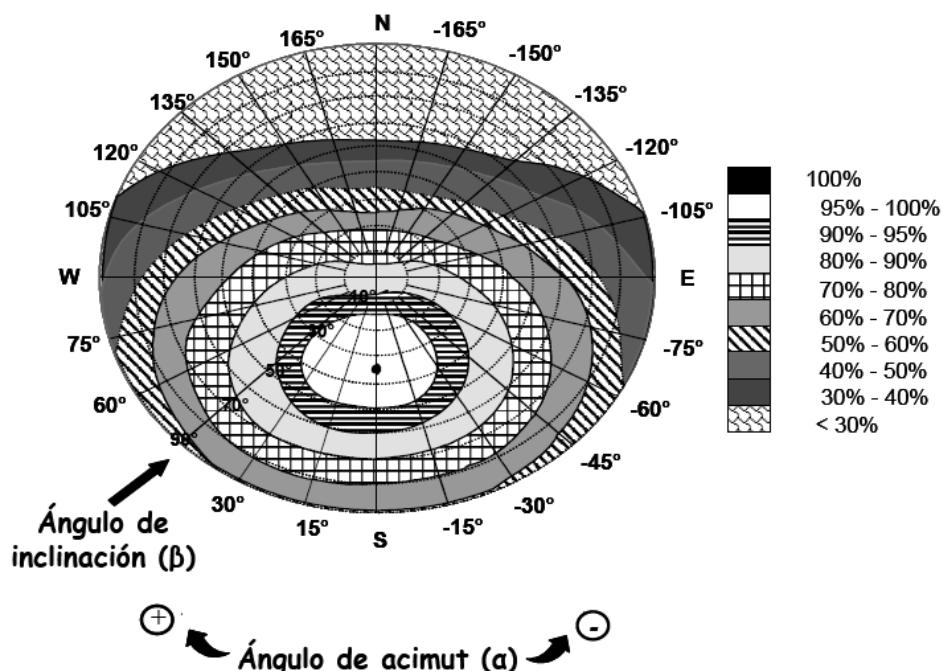


Fig. 33: Espectro de porcentaje de energía respecto al máximo como consecuencia de las pérdidas por orientación e inclinación<sup>1</sup>.

Determinado el ángulo de acimut del captador, se calcularán los límites de inclinación aceptables de acuerdo a las pérdidas máximas respecto a la inclinación óptima establecidas con la figura 33, válida para una la latitud ( $\phi$ ) de  $41^\circ$ , de la siguiente forma:

- conocido el acimut, determinamos en la figura 3.3 los límites para la inclinación en el caso ( $\phi = 41^\circ$ ). Para el caso general, las pérdidas máximas por este concepto son del 10%, para superposición del 20 % y para integración arquitectónica del 40 %. Los puntos de intersección del límite de pérdidas con la recta de acimut nos proporcionan los valores de inclinación máxima y mínima;
- si no hay intersección entre ambas, las pérdidas son superiores a las permitidas y la instalación estará fuera de los límites. Si ambas curvas se interceptan, se obtienen los valores para latitud ( $\phi = 41^\circ$ ) y se corriguen de acuerdo a lo indicado a continuación;

Se corregirán los límites de inclinación aceptables en función de la diferencia entre la latitud del lugar en cuestión y la de  $41^\circ$ , de acuerdo a las siguientes fórmulas:

- inclinación máxima = inclinación ( $\phi = 41^\circ$ ) – ( $41^\circ$  - latitud);
- inclinación mínima = inclinación ( $\phi = 41^\circ$ ) – ( $41^\circ$ -latitud); siendo  $5^\circ$  su valor mínimo.

En casos cerca del límite y como instrumento de verificación, se utilizará la siguiente fórmula:

$$\begin{aligned} \text{Pérdidas (\%)} &= 100 \cdot \left[ 1,2 \cdot 10^{-4} \cdot (\beta - \beta_{\text{opt}})^2 + 3,5 \cdot 10^{-5} \alpha^2 \right] && \text{para } 15^\circ < \beta < 90^\circ \\ \text{Pérdidas (\%)} &= 100 \cdot \left[ 1,2 \cdot 10^{-4} \cdot (\beta - \beta_{\text{opt}})^2 \right] && \text{para } \beta \leq 15^\circ \end{aligned}$$

Nota:  $\alpha$  y  $\beta$  se expresan en grados sexagesimales.

### 3.3.4 CÁLCULO DE PÉRDIDAS DE RADIACIÓN SOLAR POR SOMBRA

El presente apartado describe un método de cálculo de las pérdidas de radiación solar que experimenta una superficie debidas a sombras circundantes. Tales pérdidas se expresan como porcentaje de la radiación solar global que incidiría sobre la mencionada superficie, de no existir sombra alguna.

El procedimiento es muy complicado y consiste en la comparación del perfil de obstáculos que afecta a la superficie de estudio con el diagrama de trayectorias del sol. Los pasos a seguir son los siguientes:

- Localización de los principales obstáculos que afectan a la superficie, en términos de sus coordenadas de posición acimut (ángulo de desviación con respecto a la dirección sur) y elevación (ángulo de inclinación con respecto al plano horizontal). Para ello puede utilizarse un teodolito.
- Representación del perfil de obstáculos en el diagrama de la figura 35, en el que se muestra la banda de trayectorias del sol a lo largo de todo el año, válido para localidades de la Península Ibérica y Baleares (para las Islas Canarias el diagrama debe desplazarse 12° en sentido vertical ascendente). Dicha banda se encuentra dividida en porciones, delimitadas por las horas solares (negativas antes del mediodía solar y positivas después de éste) e identificadas por una letra y un número (A1, A2, ..., D14).
- Cada una de las porciones de la figura representa el recorrido del sol en un cierto periodo de tiempo (una hora a lo largo de varios días) y tiene, por tanto, una determinada contribución a la irradiación solar global anual que incide sobre la superficie de estudio. Así, el hecho de que un obstáculo cubra una de las porciones supone una cierta pérdida de irradiación, en particular aquella que resulte interceptada por el obstáculo.
- La comparación del perfil de obstáculos con el diagrama de trayectorias del sol permite calcular las pérdidas por sombreado de la radiación solar global que incide sobre la superficie, a lo largo de todo el año. Para ello se han de sumar las contribuciones de aquellas porciones que resulten total o parcialmente ocultas por el perfil de obstáculos representado. En el caso de occultación parcial se utilizará el factor de llenado (fracción oculta respecto del total de la porción) más próximo a los valores: 0,25, 0,50, 0,75 ó 1.

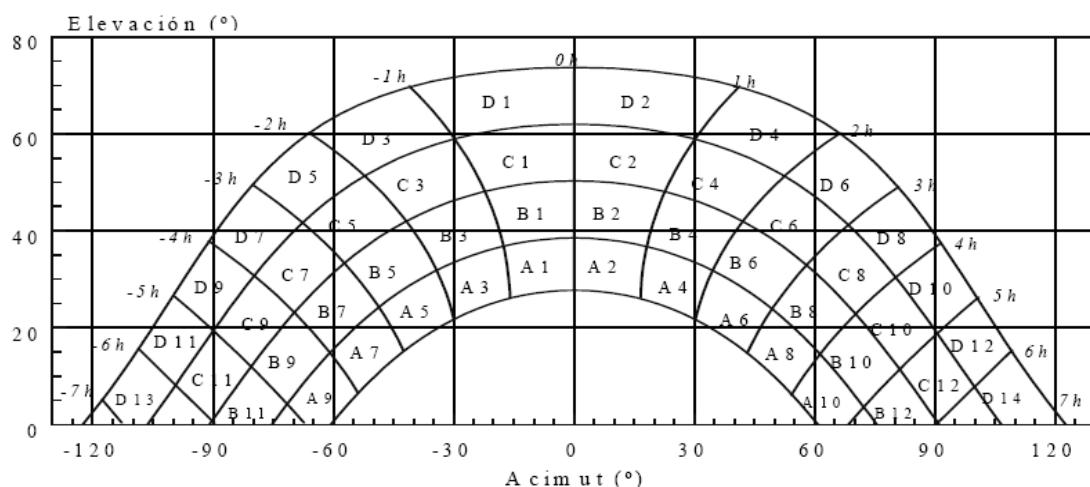


Fig.34: Diagrama de trayectorias de sol<sup>1</sup>

### 3.3.5 DISTANCIA MÍNIMA ENTRE FILAS DE CAPTADORES

LA distancia d, medida sobre la horizontal entre una fila de colectores y un obstáculo, de altura h, que pueda producir sombras sobre la instalación deberá garantizar un mínimo de 4 horas de sol entorno al mediodía del solsticio de invierno. Esta distancia d será superior al valor obtenido en la expresión:

$$d = h / \tan (61^\circ - \text{latitud})$$

donde  $1/\tan(61^\circ - \text{latitud})$  es un coeficiente adimensional,

Algunos valores significativos según la latitud son:

Latitud	29°	37°	39°	41°	43°	45°
k	1,600	2,246	2,475	2,747	3,078	3,487

Tabla 6.<sup>1</sup>

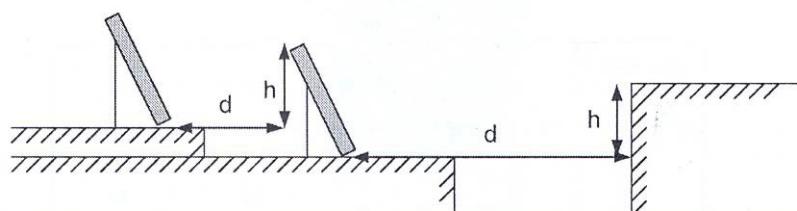
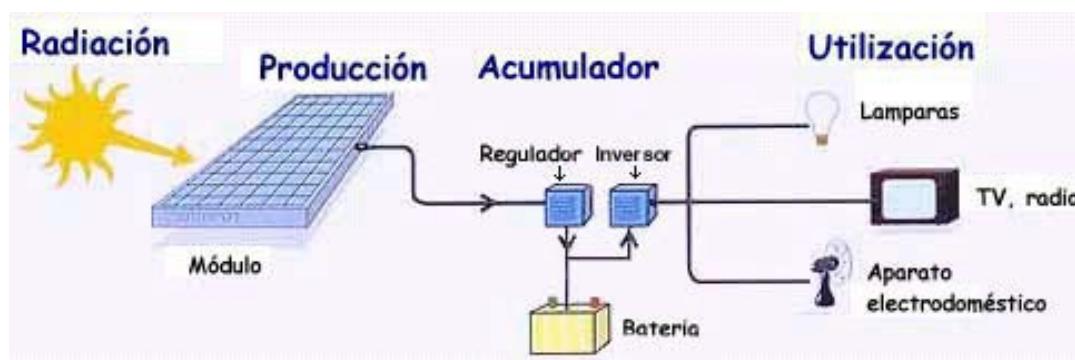


Figura 35.<sup>1</sup>

La separación entre la parte posterior de una fila de colectores y el comienzo de la siguiente, no será inferior a la obtenida por la expresión anterior, considerando h a la diferencia de alturas entre la parte alta de una fila y la parte baja de la siguiente.

## 4. SISTEMAS SOLARES FOTOVOLTAICOS

Consiste en la conversión directa de la energía solar en electricidad, mediante un dispositivo denominado “célula solar”. Esta conversión es debido a un fenómeno físico conocido como efecto fotovoltaico o fotoeléctrico.



Esquema utilización de un sistema solar fotovoltaico<sup>18</sup>.

Tiene diversas aplicaciones, ya que permite suministrar energía en emplazamientos aislados de la red eléctrica, como pueden ser:

- Viviendas aisladas
- Faros
- Postes SOS
- Repetidores de comunicación.
- Aplicaciones militares
- Aplicaciones aeroespaciales

Como en instalaciones conectadas a la red eléctrica, de pequeño tamaño (vivienda individual), o centrales de gran tamaño.

Así como otras posibles aplicaciones:

- Relojes electrónicos
- Calculadoras de bolsillo
- Juguetes y maquetas
- Kits educativos

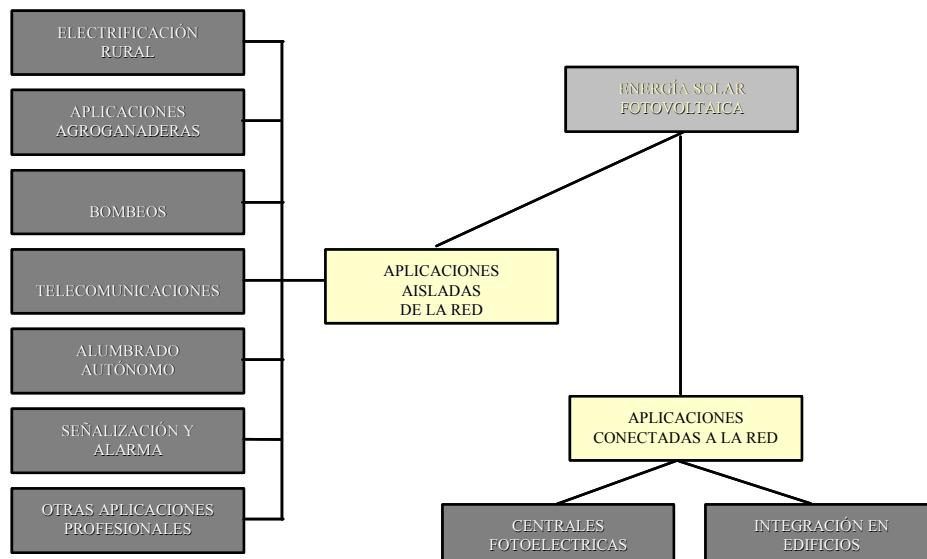
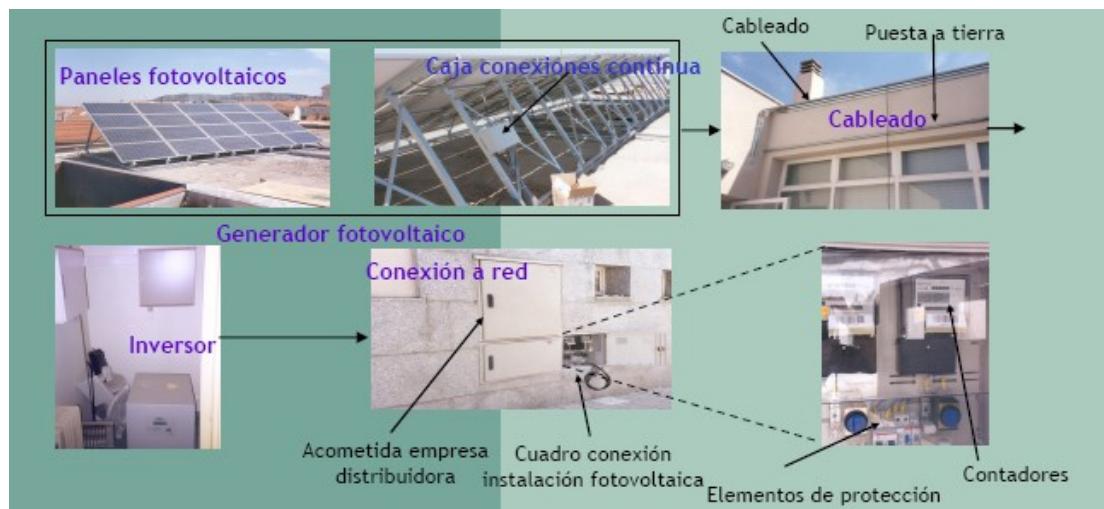


Fig. Aplicaciones de la energía solar fotovoltaica

Un sistema solar fotovoltaico está constituido por las siguientes partes: Sistema de Captación Energética, Sistema de Acumulación, Sistema de Regulación, Sistema de Adaptación de Corriente, Sistema de Distribución de Energía, y en algunas ocasiones debido al carácter de esta fuente de energía es necesario, una fuente auxiliar de potencia como puede ser un grupo electrógeno que formaría parte del subsistema auxiliar denominado Sistema de Generación auxiliar.

Fig. Elementos y proceso de la instalación fotovoltaica.<sup>4</sup>

- Sistema de captación Energética. Generador fotovoltaico

Está constituido por el campo solar formado por los módulos fotovoltaicos, así como sus conexiones correspondientes.

Los módulos fotovoltaicos que convierten la luz directamente en electricidad, van montados en una estructura soporte y conexionados entre sí para dar la potencia de salida deseada.

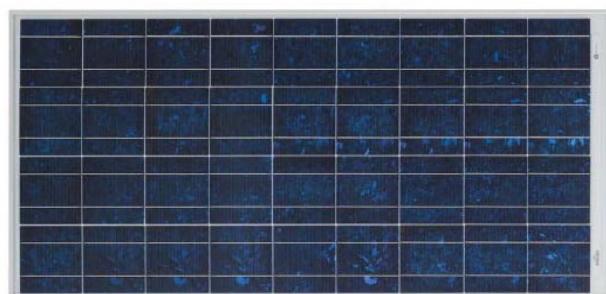
La conversión de la luz en electricidad se lleva a cabo esencialmente, a través de células fotovoltaicas, las cuales son principalmente obleas de silicio de alta pureza y que una vez transformadas en semiconductores por procedimientos físico-químicos, de avanzada tecnología, se conectan entre sí mediante conductores de corriente, encapsulándolas a continuación para protegerlas del medio ambiente, obteniendo de este modo el módulo solar fotovoltaico, cuya potencia de salida ha sido previamente estudiada y desarrollada en el proyecto de fabricación del mismo.

Los módulos se pueden conectar con facilidad en cualquier configuración serie o paralelo para formar lo que se llama el panel solar, capaz de cubrir las necesidades de tensión e intensidad eléctrica solicitados por el usuario.

La estructura soporte de los módulos está estudiada y fabricada para que resista el peso de los mismos y el empuje del viento sobre la superficie formada por el conjunto de módulos.

Los módulos fotovoltaicos son de tres tipos:

- Monocristalinos
- Policristalinos
- Amorfos

Fig. Panel solar silicio policristalino<sup>19</sup>

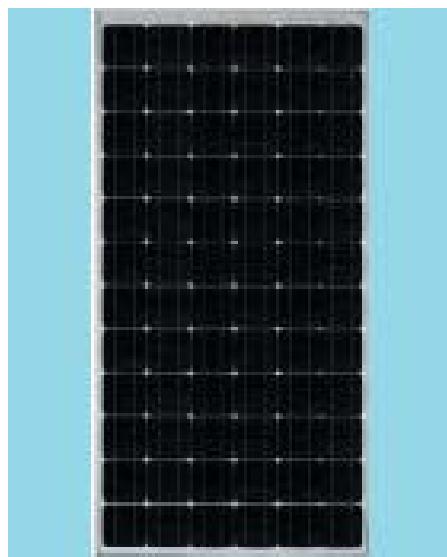


Fig. Panel de silicio monocristalino<sup>19</sup>

- Sistema de acumulación

Está constituido básicamente por las baterías y se encarga de almacenar, en las horas de máxima radiación solar, energía eléctrica para su utilización durante la noche y los días con poca radiación. El principio básico de funcionamiento es como el de cualquier batería de coche, pero las empleadas en energía fotovoltaica son en realidad de mayor calidad por el voltaje que precisan soportar –Pb/Sb en lugar de Ni/Ca.

- Sistema de Regulación

El regulador es el encargado de controlar todo el proceso de carga/descarga de la batería, atendiendo a la energía aportada por las placas fotovoltaicas y el consumo demandado en la vivienda. En instalaciones mixtas que tanto pueden utilizar electricidad de la red habitual como de las placas fotovoltaicas, el regulador es también el encargado de permitir la entrada de electricidad de red cuando el sistema solar no llega a cubrir los picos de demanda.

- Sistema de adaptación de corriente

Su misión es convertir la corriente continua proveniente del campo solar o del sistema de acumulación en corriente alterna, utilizable directamente por los electrodomésticos convencionales. Existen distintos tipos y modelos de inversores: los más sencillos son los que consiguen generar una onda electromagnética cuadrada o trapezoidal a partir de la corriente continua, mientras que los equipos más modernos replican con exactitud la onda senoidal pura de la corriente alterna de la red.

- Sistema de Distribución de Energía

Estará constituido por el circuito eléctrico: cableado tanto del circuito de generación como del circuito de utilización, cuya contribución es fundamental y obligada para la conexión y posterior distribución de energía a partir del generador solar, y todos aquellos elementos que componen la distribución de energía y que hacen que el sistema sea más seguro y fiable.

Así como protecciones y medidas de seguridad que deben tenerse a lo largo de las líneas de aparatos del sistema y de la instalación en general.



Campo solar fotovoltaico

## 5. CÁLCULO INSTALACION SOLAR TÉRMICA PARA ACS

Ejemplo de cálculo de la superficie de captación<sup>7,11</sup>.

Esquema del proceso de cálculo.

1. Calcular mes a mes, el consumo energético de acuerdo con los datos de partida.

Se utilizará la ecuación:  $Q = m \cdot C_e \cdot (t_{ac}^a - t_{agua\_red}^a)$  en termias; si la masa de agua se utiliza en toneladas (equivalente a  $m^3$ ); ( $C_e=1$  termia/tonelada. $^{\circ}\text{C}$ ) ( $1\text{termia} = 4,18 \text{ MJ}$ ).

2. Buscar el valor de radiación solar sobre superficie horizontal  $H$  ( $\text{MJ/m}^2$ ); se corregirá en primer lugar dependiendo de la atmósfera:

- a. Ubicación en zona de montaña o con atmósfera muy limpia: 1,05.
- b. Ubicación en zonas solucionadas o grandes urbes: 0,95.

La energía aprovechable  $E$  será la radiación solar corregida con un factor  $k$  de inclinación según el ángulo elegido:  $E = 0,94 \cdot k \cdot H$  (considerando un 6% de pérdidas de radiación solar en determinadas horas del día).

Si la orientación se desvía  $\beta$  del sur el valor de  $E$  se multiplica por el factor:

$$0.71 + 0.29 \cos(0.95 \beta \alpha^{0.3})$$

3. Calcular la intensidad útil  $I$  ( $\text{W/m}^2$ ); dividiendo  $E$  (Julios) por el tiempo útil de sol (segundos)
4. A partir de la ecuación teórica del rendimiento del colector:

$$\eta = F(\tau\alpha)_N - FU_L(t_m^a - t_a^a)/I$$

Se aplican diferentes factores de corrección: si es por superposición de los rayos solares: 0,97; si es por efecto del envejecimiento de la cubierta transparente: 0,97; y si es afectado por los ambos casos sería un factor de: 0,94 que debe multiplicarse al factor independiente de la ecuación teórica del rendimiento del colector.

$$\eta = 0.94F(\tau\alpha)_N - FU_L(t_m^a - t_a^a)/I$$

La temperatura del módulo,  $t_m^a$  se fija igual que la temperatura del acumulador. Y la temperatura ambiente diurna  $t_a^a$  viene dada en tablas.

5. Se calcula la aportación por  $\text{m}^2$  de colector ( $\eta E$ ).
6. La energía neta disponible, tendrá en cuenta las pérdidas globales y será:
  - i.  $0,85\eta E$  (caso general)
  - ii.  $0,8\eta E$  (caso desfavorable o fines de semana)
  - iii.  $0,9\eta E$  (caso favorable)
7. Se divide el consumo de energía total anual entre la energía neta disponible por  $\text{m}^2$ , y el resultado será el número de metros cuadrados necesarios. Teniendo en cuenta la relación entre el volumen de acumulación y la superficie captadora.

$$50 < V(l)/A(m^2) < 180$$

### Ejemplo:

Instalación de ACS, para un edificio de 7 plantas con 2 viviendas por planta de 3 y 4 habitaciones, ubicada en Sierra Nevada (Granada) y que se encuentra en servicio todo el año<sup>7,11,20</sup>.

Se utilizará un colector de 2 m<sup>2</sup> de superficie efectiva con cubierta de vidrio, cuya ecuación de rendimiento:  $\eta = 0.85 - 5.89(t_m - t_a)/I$ . T<sup>a</sup> del acumulador a 45°C. Acumulación centralizada.

### Solución:

El consumo diario para 45°C será: D(45°C) = 22 . (60 – 10)/(45-10) = 31,4 l/día . persona

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	%Ocupación	Consumo mensual en m <sup>3</sup>	T <sup>a</sup> del agua de red	Salto Térmico	Necesidad energética mensual (termias)	Necesidad energética mensual (MJ)	Necesidad energética diaria (MJ)	H (MJ/m <sup>2</sup> )	H (MJ/m <sup>2</sup> ) corregida	k	E (MJ/m <sup>2</sup> )
Enero	70	48	6	39	1860,2	7775,5	250,8	7,8	8,2	1,33	10,2
Febrero	70	43	7	38	1637,1	6843,0	244,4	10,8	11,3	1,24	13,2
Marzo	70	48	9	36	1717,1	7177,4	231,5	15,2	16,0	1,14	17,1
Abril	80	53	11	34	1793,6	7497,1	249,9	18,5	19,4	1,03	18,8
Mayo	100	68	12	33	2248,6	9399,0	303,2	21,9	23,0	0,96	20,8
Junio	100	66	13	32	2110,1	8820,1	294,0	24,8	26,0	0,93	22,8
Julio	100	68	14	31	2112,3	8829,3	284,8	26,7	28,0	0,96	25,3
Agosto	100	68	13	32	2180,4	9114,1	294,0	23,6	24,8	1,04	24,2
Septiembre	100	66	12	33	2176,0	9095,8	303,2	18,8	19,7	1,17	21,7
Octubre	80	55	11	34	1853,4	7747,0	249,9	12,9	13,5	1,32	16,8
Noviembre	70	46	9	36	1661,7	6945,9	231,5	9,6	10,1	1,42	13,5
Diciembre	70	48	6	39	1860,2	7775,5	250,8	7,1	7,5	1,41	9,9
					97019,6						

	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
	Nº de horas de sol útiles	I(W/m <sup>2</sup> )	T <sup>a</sup> del ambiente exterior	100(FU <sub>L</sub> (t <sup>a</sup> <sub>m</sub> - t <sup>a</sup> <sub>a</sub> )/I)	η(%)	Aportación solar por m <sup>2</sup> (MJ/ m <sup>2</sup> )	Energía neta disponible al día por m <sup>2</sup> (MJ/ m <sup>2</sup> )	Energía neta disponible al mes por m <sup>2</sup> (MJ/ m <sup>2</sup> )	Energía solar total (MJ)	% de aportación
Enero	4,5	632	9	33,5	46	4,7	4,0	125,1	2751,3	35
Febrero	5	734	10	28,1	52	6,9	5,8	163,0	3586,9	52
Marzo	6	792	13	23,8	56	9,6	8,2	252,8	5561,6	77
Abril	7	746	16	22,9	57	10,7	9,1	273,4	6015,4	80
Mayo	7,5	769	18	20,7	59	12,3	10,4	323,7	7122,2	76
Junio	9	703	24	17,6	62	14,2	12,1	361,6	7955,5	90
Julio	9	781	27	13,6	66	16,8	14,3	442,1	9726,6	110
Agosto	8,5	792	27	13,4	67	16,1	13,7	424,5	9339,8	102
Septiembre	8	754	24	16,4	63	13,8	11,7	351,5	7732,9	85
Octubre	7	667	18	23,8	56	9,4	8,0	248,2	5461,3	70
Noviembre	6	623	13	30,3	50	6,7	5,7	170,3	3747,0	54
Diciembre	5	549	9	38,6	41	4,1	3,5	107,5	2364,1	30
								3243,8	71364,6	

Volumen de acumulación: 31,4 l/día . persona \* 70 personas = 2198 l/día ~ 2200 l/día

La contribución solar mínima es:  $0,7 * \text{Necesidad energética anual} = 0,7 * 97019,6 \text{ MJ} = 67913,7 \text{ MJ}$ , es decir el sistema no puede aportar una energía menor a esta, sino incumpliríamos la normativa.

Para hacer el cálculo de la superficie de captación se divide la necesidad energética mensual (MJ) entre la energía neta disponible al mes por  $\text{m}^2$  ( $\text{MJ/m}^2$ ); y con esto obtenemos los metros cuadrados de superficie.

$$\text{Superficie de captación} = 97019,6 \text{ (MJ)} / 3243,8 \text{ (MJ/m}^2\text{)} = 30 \text{ m}^2$$

Comprobar si el cociente V/A se encuentra entre el rango de 50 y 180:

$$2200 \text{ l} / 30 \text{ m}^2 = 74 > 50 ; \text{ si cumple la condición; por tanto la superficie máxima será } 30 \text{ m}^2.$$

Por último debemos calcular Energía solar total mensual (MJ) (columna 20), y la energía solar total anual (MJ); la cual nos indicará la contribución solar real anual del sistema. La energía solar total mensual se calcula multiplicando la Energía neta disponible al mes por  $\text{m}^2$  ( $\text{MJ/ m}^2$ ) (columna 19) por la superficie de captación, pero la superficie de captación se irá iterando hasta encontrar el equilibrio entre la contribución solar mínima y que el porcentaje mensual de energía solar no sobrepase el 110%, ni existan 3 meses seguidos con el 100% de aporte. Con lo que llegamos a la conclusión que la superficie de captación van a ser de  $22 \text{ m}^2$ , lo que equivale a una campo solar de 11 captadores. La contribución solar será de  $71364,6 \text{ MJ} >$  contribución solar mínima ( $67913,7 \text{ MJ}$ ), y que no hay ningún mes con una aportación mayor de 110%, ni 3 meses seguidos con el 100% (columna 21).

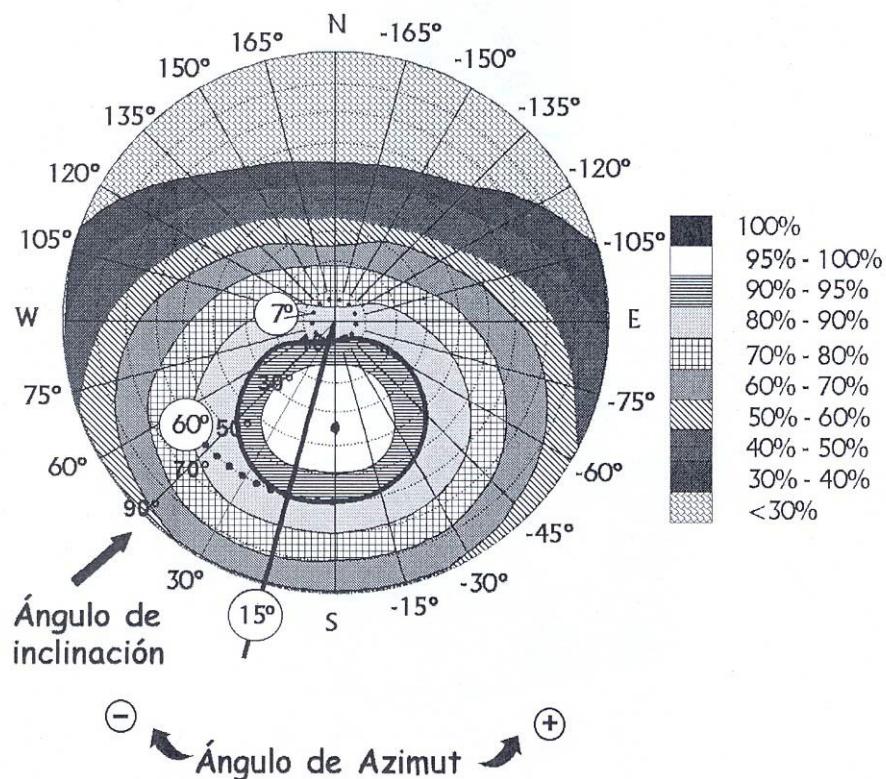
#### Ejemplo de cálculo de las pérdidas por inclinación y orientación<sup>7,20</sup>

Se trata de evaluar si las pérdidas por orientación e inclinación del captador están dentro de los límites permitidos para una instalación en un tejado orientado  $15^\circ$  hacia el Oeste (azimut =  $+15^\circ$ ) y con una inclinación de  $40^\circ$  respecto a la horizontal, para una localidad situada en el archipiélago Canario cuya latitud es de  $29^\circ$ .

Conocido el azimut, cuyo valor es  $+15^\circ$ , determinamos en la figura anexa los límites para la inclinación para el caso de  $\phi = 41^\circ$ . Los puntos de intersección del límite de pérdidas del 10% (borde exterior de la región 90 % - 95 %), el cual es el máximo para el caso general, con la recta de azimut nos proporcionan los valores siguientes (ver figura):

$$\text{Inclinación máxima} = 60^\circ$$

$$\text{Inclinación mínima} = 7^\circ$$



(Fuente: IDAE)

Corregido para la latitud del lugar:

$$\text{Inclinación máxima} = 60^\circ - (41^\circ - 29^\circ) = 48^\circ.$$

$$\text{Inclinación mínima} = 7^\circ - (41^\circ - 29^\circ) = -5^\circ, \text{ que está fuera de rango y se toma, por tanto, inclinación mínima} = 0^\circ.$$

Por tanto, esta instalación, de inclinación 40°, cumple los requisitos de pérdidas por orientación e inclinación.

## ANEXOS

### ANEXO A: Temperatura media del agua de la red general en °C. (Fuente CENSOLAR)

	ENE	FE13	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO
ÁLVORA	5	6	8	10	11	12	13	12	11	10	8	5	9.3
2 ALBACETE	5	6	8	10	11	12	13	12	11	10	8	5	9.3
3 ALICANTE	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	11	8	12.3
4 ALMERIA	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	11	8	12.3
5 ASTURIAS	6	7	9	11	12	13	14	13	12	11	9	6	10.3
6 ÁVILA	4	5	7	9	10	11	12	11	10	9	7	4	8.3
7 BADAJOZ	6	7	9	11	12	13	14	13	12	11	9	6	10.3
8 BALEARES	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	11	8	12.3
9 BARCELONA	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	11	8	12.3
10 BURGOS	4	5	7	9	10	11	12	11	10	9	7	4	8.3
11 CÁCERES	6	7	9	11	12	13	14	13	12	11	9	6	10.3
12 CÁDIZ	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	11	8	12.3
13 CANTABRIA	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	11	8	12.3
14 CASTELLÓN	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	11	8	12.3
15 CEUTA	8	9	10	12	13	13	14	13	13	12	11	8	11.3
16 CIUDAD REAL	5	6	8	10	11	12	13	12	11	10	8	5	9.3
17 CÓRDOBA	6	7	9	11	12	13	14	13	12	11	9	6	10.3
18 LA CORUÑA	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	11	8	12.3
19 CUENCA	4	5	7	9	10	11	12	11	10	9	7	4	8.3
20 GERONA	6	7	9	11	12	13	14	13	12	11	9	6	10.3
21 GRANADA	6	7	9	11	12	13	14	13	12	11	9	6	10.3
22 GUADALAJARA	6	7	9	11	12	13	14	13	12	11	9	6	10.3
23 GUIPÚZCOA	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	11	8	12.3
24 HUELVA	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	11	8	12.3
25 HUESCA	5	6	8	10	11	12	13	12	11	10	8	5	9.3
26 JAÉN	8	9	11	13	14	15	17	16	14	13	11	7	12.3
27 LEÓN	4	5	7	9	10	11	12	11	10	9	7	4	8.3
28 LÉRIDA	5	6	8	10	11	12	13	12	11	10	8	5	9.3
29 LUGO	6	7	9	11	12	13	14	13	12	11	9	6	10.3
30 MADRID	6	7	9	11	12	13	14	13	12	11	9	6	10.3
31 MÁLAGA	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	11	8	12.3
32 MELILLA	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	11	8	12.3
33 MURCIA	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	11	8	12.3
34 NAVARRA	5	6	8	10	11	12	13	12	11	10	8	5	9.3
35 ORENSE	5	7	9	11	12	13	14	13	12	11	9	6	10.2
36 PALENCIA	5	6	8	10	11	12	13	12	11	10	8	5	9.3
37 LAS PALMAS	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	11	8	12.3
38 PONTEVEDRA	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	11	8	12.3
39 LA RIOJA	6	7	9	11	12	13	14	13	12	11	9	6	10.3
40 SALAMANCA	5	6	8	10	11	12	13	12	11	10	8	5	9.3
41 STA. C. DE TENERIFE	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	11	8	12.3
42 SEGOVIA	4	5	7	9	10	11	12	11	10	9	7	4	8.3
43 SEVILLA	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	11	8	12.3
44 SORIA	4	5	7	9	10	11	12	11	10	9	7	4	8.3
45 TARRAGONA	6	7	9	11	12	13	14	13	12	11	9	6	10.3
46 TERUEL	4	5	7	9	10	11	12	11	10	9	7	4	8.3
47 TOLEDO	6	7	9	11	12	13	14	13	12	11	9	6	10.3
48 VALENCIA	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	11	8	12.3
49 VALLADOLID	5	6	8	10	11	12	13	12	11	10	8	5	9.3
50 VIZCAYA	6	7	9	11	12	13	14	13	12	11	9	6	10.3
51 ZAMORA	5	6	8	10	11	12	13	12	11	10	8	5	9.3
52 ZARAGOZA	5	6	8	10	11	12	13	12	11	10	8	5	9.3

## ANEXO B: Temperatura ambiente media durante las horas de sol, en °C (Fuente CENSOLAR)

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO
1 ÁLAVA	7	7	11	12	15	19	21	21	19	15	10	7	13,7
2 ALBACETE	6	8	11	13	17	22	26	26	22	16	11	7	15,4
3 ALICANTE	13	14	16	18	21	25	28	28	26	21	17	14	20,1
4 ALMERÍA	15	15	16	18	21	24	27	28	26	22	18	16	20,5
5 ASTURIAS	9	10	11	12	15	18	20	20	19	16	12	10	14,3
6 ÁVILA	4	5	8	11	14	18	22	22	18	13	8	5	12,3
7 BADAJOZ	11	12	15	17	20	25	28	28	25	20	15	11	18,9
8 BALEARES	12	13	14	17	19	23	26	27	25	20	16	14	18,8
9 BARCELONA	11	12	14	17	20	24	26	26	24	20	16	12	18,5
10 BURGOS	5	6	9	11	14	18	21	21	18	13	9	5	12,5
11 CÁCERES	10	11	14	16	19	25	28	28	25	19	14	10	18,3
12 CÁDIZ	13	15	17	19	21	24	27	27	25	22	18	15	20,3
13 CANTABRIA	11	11	14	14	16	19	21	21	20	17	14	12	15,8
14 CASTELLÓN	13	13	15	17	20	24	26	27	25	21	16	13	19,2
15 CEUTA	15	15	16	17	19	23	25	26	24	21	18	16	19,6
16 CIUDAD REAL	7	9	12	15	18	23	28	27	20	17	11	8	16,3
17 CÓRDOBA	11	13	16	18	21	26	30	30	26	21	16	12	20
18 LA CORUÑA	12	12	14	14	16	19	20	21	20	17	14	12	15,9
19 CUENCA	5	6	9	12	15	20	24	23	20	14	9	6	13,6
20 GERONA	9	10	13	15	19	23	26	25	23	18	13	10	17
21 GRANADA	9	10	13	16	18	24	27	27	24	18	13	9	17,3
22 GUADALAJARA	7	8	12	14	18	22	26	26	22	16	10	8	15,8
23 GUIPÚZCOA	10	10	13	14	16	19	21	21	20	17	13	10	15,3
24 HUELVA	13	14	16	20	21	24	27	27	25	21	17	14	19,9
25 HUESCA	7	8	12	15	18	22	25	25	21	16	11	7	15,6
26 JAÉN	11	11	14	17	21	26	30	29	25	19	15	10	19
27 LEÓN	5	6	10	12	15	19	22	22	19	14	9	6	13,3
28 LÉRIDA	7	10	14	15	21	24	27	27	23	18	11	8	17,1
29 LUGO	8	9	11	13	15	18	20	21	19	15	11	8	14
30 MADRID	6	8	11	13	18	23	28	26	21	15	11	7	15,6
31 MÁLAGA	15	15	17	19	21	25	27	28	26	22	18	15	20,7
32 MELILLA	15	15	16	18	21	25	27	28	26	22	18	16	20,6
33 MURCIA	12	12	15	17	21	25	28	28	25	20	16	12	19,3
34 NAVARRA	7	7	11	13	16	20	22	23	20	15	10	8	14,3
35 ORENSE	9	9	13	15	18	21	24	23	21	16	12	9	15,8
36 PALENCIA	5	7	10	13	16	20	23	23	20	14	9	6	13,8
37 LAS PALMAS	20	20	21	22	23	24	25	20	26	25	23	21	22,5
38 PONTEVEDRA	11	12	14	16	18	20	22	23	20	17	14	12	16,6
39 LA RIOJA	7	9	12	14	17	21	24	24	21	16	11	8	15,3
40 SALAMANCA	6	7	10	13	16	20	24	23	20	14	9	6	14
41 STA. C. DE TENERIFE	19	20	20	21	22	24	26	27	26	25	23	20	22,8
42 SEGOVIA	4	6	10	12	15	20	24	23	20	14	9	5	13,5
43 SEVILLA	11	13	14	17	21	25	29	29	24	20	16	12	19,3
44 SORIA	4	6	9	11	14	19	22	22	18	13	8	5	12,6
45 TARRAGONA	11	12	14	16	19	22	25	26	23	20	15	12	17,9
46 TERUEL	5	6	9	12	16	20	23	24	19	14	9	6	13,6
47 TOLEDO	8	9	13	15	19	24	28	27	23	17	12	8	16,9
48 VALENCIA	12	13	15	17	20	23	26	27	24	20	16	13	18,8
49 VALLADOLID	4	6	9	12	17	21	24	23	18	13	8	4	13,3
50 VIZCAYA	10	11	12	13	16	20	22	22	20	16	13	10	15,4
51 ZAMORA	6	7	11	13	16	21	24	23	20	15	10	6	14,3
52 ZARAGOZA	8	10	13	16	19	23	26	26	23	17	12	9	16,8

**ANEXO C: Energía en MJ que incide sobre un m<sup>2</sup> de superficie horizontal en un día medio de cada mes (Fuente CENSOLAR).**

		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO
1	ÁLA V1	4.6	6,9	11.2	13	14,8	16,6	18,1	17,3	14,3	9,5	5,5	4,1	11.3
2	ALBACETE	6.7	10,5	15	19,2	21,2	25,1	26,7	23,2	18,8	12,4	8,4	6,4	16,1
3	ALICANTE	8,5	12	16,3	18,9	23,1	24,8	25,8	22,5	18,3	13,6	9,8	7,6	16,8
4	ALMERÍA	8,9	12,2	16,4	19,6	23,1	24,6	25,3	22,5	18,5	13,9	10	8	16,9
5	ASTURIAS	5,3	7,7	10,6	12,2	15	15,2	16,8	14,8	12,4	9,8	5,9	4,6	10,9
6	ÁVILA	6	9,1	13,5	17,7	19,4	22,3	26,3	25,3	18,8	11,2	6,9	5,2	15,1
7	131\DA.IOZ	6,5	10	13,6	18,7	21,8	24,6	25,9	23,8	17,9	12,3	8,2	6,2	15,8
8	BALEA RES	7,2	10,7	14,4	16,2	21	22,7	24,2	20,6	16,4	12,1	8,5	6,5	15
9	BARCELONA	6,5	9,5	12,9	16,1	18,6	20,3	21,6	18,1	14,6	10,8	7,2	5,8	13,5
IO	IJURGOS	5,1	7,9	12,4	16	18,7	21,5	23	20,7	16,7	10,1	6,5	4,5	13,6
II	CÁCERES	6,8	10	14,7	19,6	22,1	25,1	28,1	25,4	19,7	12,7	8,9	6,6	16,6
I2	CÁDIZ	8,1	11,5	15,7	18,5	22,2	23,8	25,9	23	18,1	14,2	10	7,4	16,5
I3	CANTAI3RIA	5	7,4	JI	13	16,1	17	18,4	15,5	13	9,5	5,8	4,5	11,3
I4	CASTELLÓN	8	12,2	15,5	17,4	20,6	21,4	23,9	19,5	16,6	13,1	8,6	7,3	15,3
15	CEUTA	8	13,1	18,6	21	24,3	26,7	26,8	24,3	19,1	14,2	JI	8,6	18,1
16	CIUDAD REAL	7	10,1	15	18,7	21,4	23,7	25,3	23,2	18,8	12,5	8,7	6,5	15,9
17	CÓRDOJA	2	10,1	15,1	18,5	21,8	25,9	28,5	25,1	19,9	12,6	8,6	6,9	16,7
18	LA CORUÑA	5,4	8	11,4	12,4	15,4	16,2	17,4	15,3	13,9	10,9	6,4	5,1	11,5
19	CUENCA	5,9	8,8	12,9	17,4	18,7	22	25,6	22,3	17,5	JI,2	7,2	5,5	14,6
20	GERONA	7,1	10,5	14,2	15,9	18,7	19	22,3	18,5	14,9	11,7	7,8	6,6	13,9
21	GRANADA	7,8	10,8	15,2	18,5	21,9	24,8	26,7	23,6	18,8	12,9	9,6	7,1	16,5
22	GUADALAIARA	6,5	9,2	14	17,9	19,4	22,7	25	23,2	17,8	11,7	7,8	5,6	15,1
23	GUIPÚZCOA	5,5	7,7	11,3	11,7	14,6	16,2	16,1	13,6	12,7	10,3	6,2	5	10,9
24	IIUELVA	7,6	11,3	16	19,5	24,1	25,6	28,7	25,6	21,2	14,5	9,2	7,5	17,6
25	IIUESCA	6,1	9,6	14,3	18,7	20,3	22,1	23,1	20,9	16,9	11,3	7,2	5,1	14,6
26	JA8N	7	10,1	14,4	18	20,3	24,4	26,7	24,1	19,2	11,9	8,1	6,5	15,9
27	LEÓN	5,8	8,7	13,8	17,2	19,5	22,1	24,2	20,9	17,2	10,4	7	4,8	14,3
28	LÉRIDA	6	9,9	18	18,8	20,9	22,6	23,8	21,3	16,8	12,1	7,2	4,8	15,2
29	LUGO	5,1	7,6	11,7	15,2	17,1	19,5	20,2	18,4	15	9,9	6,2	4,5	12,5
30	MADRID	6,7	10,6	13,6	18,8	20,9	23,5	26	23,1	16,9	11,4	7,5	5,9	15,4
31	MÁLAGA	8,3	12	15,5	18,5	23,2	24,5	26,5	23,2	19	13,6	9,3	8	16,8
32	MELILLA	9,4	12,6	17,2	20,3	23	24,8	24,8	22,6	18,3	14,2	10,9	8,7	17,2
33	MURCIA	10,1	14,8	16,6	20,4	24,2	25,6	27,7	23,5	18,6	13,9	9,8	8,1	17,8
34	NAVARRA	5	7,4	12,3	14,5	17,1	18,9	20,5	18,2	16,2	10,2	6	4,5	12,6
35	ORENSE	4,7	7,3	JI,3	14	16,2	17,6	18,3	16,6	14,3	9,4	5,6	4,3	11,6
36	PALEN CIA	5,3	9	13,2	17,5	19,7	21,8	24,1	21,6	17,1	10,9	6,6	4,6	14,3
37	LAS PALMAS	11,2	14,2	17,8	19,6	21,7	22,5	24,3	21,9	19,8	15,1	12,3	10,7	17,6
38	PONTEVEDRA	5,5	8,2	13	15,7	17,5	20,4	22	18,9	15,1	11,3	6,8	5,5	13,3
39	LA RIOJA	5,6	8,8	13,7	16,6	19,2	21,4	23,3	20,8	16,2	10,7	6,8	4,8	14
40	SALA MANCA	6,1	9,5	13,5	17,1	19,7	22,8	24,6	22,6	17,5	11,3	7,4	5,2	14,8
41	STA.C.DE TENERIFE	10,7	13,3	18,1	21,5	25,7	26,5	29,3	26,6	21,2	16,2	10,8	9,3	19,1
42	SEGOVIA	5,7	8,8	13,4	18,4	20,4	22,6	25,7	24,9	18,8	11,4	6,8	5,1	15,2
43	SEVILLA	7,3	10,9	14,4	19,2	22,4	24,3	24,9	23	17,9	12,3	8,8	6,9	16
44	SORIA	5,9	8,7	12,8	17,1	19,7	21,8	24,1	22,3	17,5	11,1	7,6	5,6	14,5
45	TARRAGONA	7,3	10,7	14,9	17,6	20,2	22,5	23,8	20,5	16,4	12,3	8,8	6,3	15,1
46	TERUEL	6,1	8,8	12,9	16,7	18,4	20,6	21,8	20,7	16,9	JI	7,1	5,3	13,9
47	TOLEDO	6,2	9,5	14	19,3	21	24,4	27,2	24,5	18,1	11,9	7,6	5,6	15,8
48	VALENCIA	7,6	10,6	14,9	18,1	20,6	22,8	23,8	20,7	16,7	12	8,7	6,6	15,3
49	VALLADOLID	5,5	8,8	13,9	17,2	19,9	22,6	25,1	23	18,3	11,2	6,9	4,2	14,7
50	VIZCAYA	5	7,1	10,8	12,7	15,5	16,7	17,9	15,7	13,1	9,3	6	4,6	11,2
51	ZAMORA	5,4	8,9	13,2	17,3	22,2	21,6	23,5	22	17,2	11,1	6,7	4,6	14,5
52	ZARAGOZA	6,3	9,8	15,2	18,3	21,8	24,2	25,1	23,4	18,3	12,1	7,4	5,7	15,6

**ANEXO D:** Factor de corrección *k* para superficies inclinadas (Fuente CENSOLAR).

LATITUD = 28°

Incli.	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
0	1	1	1	1				1	1	1	1	
5	1,05	1,04	1,03	1,01		1		1,02	1,03	1,05	1,06	1,06
10	1,1	1,08	1,05	1,02	1	0,99	1	1,02	1,06	1,1	1,12	1,12
15	1,14	1,11	1,07	1,02	0,99	0,98	0,99	1,03	1,08	1,13	1,17	1,17
20	1,17	1,13	1,08	1,02	0,97	0,95	0,97	1,02	1,09	1,16	1,21	1,21
25	1,2	1,15	1,08		0,95	0,93	0,95	1,01	1,09	1,19	1,25	1,24
30	1,22	1,15	1,07	0,98	0,92	0,89	0,92	0,99	1,09	1,2	1,27	1,27
35	1,23	1,16	1,06	0,96	0,88	0,85	0,88	0,96	1,08	1,21	1,29	1,29
40	1,24	1,15	1,04	0,92	0,84	0,8	0,84	0,93	1,06	1,21	1,3	1,3
45	1,23	1,14	1,01	0,89	0,79	0,75	0,79	0,89	1,04	1,2	1,3	1,3
50	1,22	1,12	0,98	0,84	0,73	0,69	0,73	0,84	1	1,18	1,3	1,3
55	1,2	1,09	0,94	0,79	0,68	0,63	0,67	0,79	0,96	1,15	1,28	1,28
60	1,18	1,05	0,9	0,73	0,61	0,57	0,61	0,73	0,92	1,12	1,26	1,26
65	1,14	1,01	0,85	0,67	0,55	0,5	0,54	0,67	0,86	1,08	1,22	1,23
70	1,1	0,97	0,79	0,61	0,48	0,42	0,47	0,6	0,81	1,03	1,18	1,19
75	1,06	0,91	0,73	0,54	0,4	0,35	0,39	0,53	0,74	0,97	1,14	1,15
80	1	0,86	0,66	0,47	0,33	0,27	0,32	0,46	0,67	0,91	1,08	1,1
85	0,94	0,79	0,59	0,39	0,25	0,19	0,24	0,38	0,6	0,84	1,02	1,04
90	0,88	0,72	0,52	0,32	0,17	0,11	0,16	0,31	0,53	0,77	0,95	0,98

LATITUD = 29°

Incli.	ENE	FEB	MAR	AIJR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
0								1	1	1	1	1
5	1,05	1,04	1,03	1,02		1		1,02	1,03	1,05	1,07	1,06
10	1,1	1,08	1,05	1,02	1	0,99	1	1,03	1,06	1,1	1,12	1,12
15	1,15	1,11	1,07	1,03	0,99	0,98	0,99	1,03	1,08	1,14	1,18	1,17
20	1,18	1,14	1,08	1,02	0,98	0,96	0,98	1,03	1,1	1,17	1,22	1,22
25	1,21	1,15	1,08	1,01	0,95	0,93	0,95	1,01	1,1	1,2	1,26	1,25
30	1,23	1,16	1,08	0,99	0,92	0,9	0,92	1	1,1	1,21	1,28	1,28
35	1,24	1,17	1,07	0,97	0,89	0,86	0,89	0,97	1,09	1,22	1,3	1,3
40	1,25	1,16	1,05	0,93	0,85	0,81	0,85	0,94	1,07	1,22	1,32	1,31
45	1,24	1,15	1,02	0,9	0,8	0,76	0,8	0,9	1,05	1,21	1,32	1,32
50	1,23	1,13	0,99	0,85	0,75	0,71	0,74	0,85	1,02	1,19	1,31	1,31
55	1,22	1,1	0,95	0,8	0,69	0,64	0,68	0,8	0,98	1,17	1,3	1,3
60	1,19	1,07	0,91	0,75	0,63	0,58	0,62	0,75	0,93	1,14	1,28	1,28
65	1,16	1,03	0,86	0,69	0,56	0,51	0,55	0,69	0,88	1,1	1,24	1,25
70	1,12	0,98	0,8	0,62	0,49	0,44	0,48	0,62	0,82	1,05	1,2	1,22
75	1,07	0,93	0,74	0,55	0,42	0,36	0,41	0,55	0,76	0,99	1,16	1,17
80	1,02	0,87	0,68	0,48	0,34	0,28	0,33	0,48	0,69	0,93	1,1	1,12
85	0,96	0,81	0,61	0,41	0,26	0,21	0,25	0,4	0,62	0,87	1,04	1,06
90	0,9	0,74	0,54	0,33	0,18	0,13	0,17	0,32	0,54	0,79	0,97	

LATITUD = 34°

Incli.	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
0				1	1	1		1		1	1	1
5	1.06	1.05	1.04	1.02	1,01	1.01	1.01	1.02	1,04	1,06	1.08	1,07
10	1.12	1.1	1,07	1.04	1.01	1.01	1.02	1.04	1,08	1,12	1.14	1,14
15	1.17	1.13	1.09	1.05	1.01	1	1.01	1.05	1.1 1	1.17	1.21	1.2
20	1.21	1,16	1'11	1.05	1	0.98	1	1.05	1,13	1.21	1.26	1.25
25	1.25	1.19	1.12	1.04	0.98	0.96	0.99	1.05	1.14	1.24	1.31	1.3
30	1.27	1.2	1.12	1.03	0.96	0.94	0.96	1.03	1,14	1.27	1.34	1.33
35	1.29	1.21	1.11	1.01	0.93	0.9	0.93	1.01	1.14	1.28	1.37	1.36
40	1.31	1.21	1.1	0.98	0.89	0.86	0.89	0.99	1.13	1.29	1.39	1.38
45	1.31	1.21	1.08	0.95	0.85	0.81	0.85	0.95	1.11	1.29	1.4	1.4
50	1.31	1.19	1.05	0.91	0.8	0.76	0.8	0.91	1.09	1.28	1.41	1.4
55	1.3	1.17	1.02	0.86	0.75	0.7	0.75	0.87	1.05	1.26	1.4	1.39
60	1.28	1.14	0.98	0.81	0.69	0.64	0.69	0.82	1.01	1.23	1.38	1.38
65	1.25	1.11	0.93	0.75	0.63	0.58	0.62	0.76	0.96	1.2	1.36	1.36
70	1.21	1.06	0.88	0.69	0.56	0.51	0.55	0.69	0.91	1.15	1.32	1.32
75	1.17	1.01	0.82	0.63	0.49	0.43	0.48	0.63	0.85	1.1	1.28	1.28
80	1.12	0.96	0.76	0.56	0.41	0.36	0.41	0.56	0.78	1.04	1.23	1.24
85	1.06	0.9	0.69	0.48	0.34	0.28	0.33	0.48	0.71	0.98	1.17	1.18
90		0.83	0.62	0.41	0.26	0.2	0.25	0.4	0.64	0.91	1,1	1,12

LATITUD = 35°

Incli.	E E	FEB	MAR	AIJR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
0							1				1	
5	1,06	1.05	1.04	1.02	1.01	1,01	1.01	1.03	1.04	1,06	1.08	1.07
10	1.12	1.1	1.07	1.04	1.02	1,01	1.02	1.04	1.08	1,12	1.15	1.14
15	1.17	1.14	1.09	1.05	1.02	1	1.02	1.05	1.1 1	1.17	1.21	1.21
20	1.22	1,17	1.11	1.05	1.01	0.99	1,01	1.06	1.13	1.22	1.27	1.26
25	1.25	1.2	1'12	1.05	0.99	0.97	0.99	1.05	1.15	1.25	1.32	1.31
30	1.28	1,21	1,13	1.04	0.97	0.94	0.97	1.04	1,15	1.28	1.36	1.35
35	1.31	1.22	1,12	1.02	0.94	0.91	0.94	1.02	1.15	1.29	1.39	1.38
40	1.32	1.23	1'11	0.99	0.9	0.87	0.9		1,14	1.3	1.41	1.4
45	1.33	1.22	1.09	0.96	0.86	0.82	0.86	0.97	1.13	1.3	1.42	1.41
50	1.32	1.21	1.07	0.92	0.81	0.77	0.81	0.93	1,1	1.3	1.43	1.42
55	1.31	1.19	1.03	0.87	0.76	0.72	0.76	0.88	1.07	1.28	1.42	1.41
60	1.29	1.16	0.99	0.82	0.7	0.66	0.7	0.83	1.03	1.25	1.41	1.4
65	1.27	1.12	0.95	0.77	0.64	0.59	0.64	0.77	0.98	1.22	1.38	1.38
70	1.23	1.08	0.9	0.71	0.57	0.52	0.57	0.71	0.93	1.18	1.35	1.35
75	1.19	1.03	0.84	0.64	0.5	0.45	0.5	0.64	0.87	1.13	1.31	1.31
80	1.14	0.98	0.78	0.57	0.43	0.37	0.42	0.57	0.8	1,07	1.26	1.26
85	1.09	0.92	0.71	0.5	0.35	0.29	0.34	0.5	0.73	1	1.2	1.21
90	1.02	0.85	0,64	0.42	0.27	0,21	0.26	0.42	0.66	0.93	1.13	1'15

LATITUD= 36°

Incli.	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JU	JUL	AGO	SEI'	OCT	NOY	DIC
0		1	1							1		1
5	1,07	1,05	1,04	1,02	1,01	1,01	1,01	1,03	1,05	1,07	1,08	1,08
10	1,13	1,1	1,07	1,04	1,02	1,01	1,02	1,03	1,08	1,13	1,15	1,15
15	1,18	1,14	1,1	1,05	1,02	1,01	1,02	1,06	1,12	1,18	1,22	1,21
20	1,22	1,18	1,12	1,06	1,01	0,99	1,01	1,06	1,14	1,22	1,28	1,27
25	1,26	1,2	1,13	1,05		0,98	1	1,06	1,16	1,26	1,33	1,32
30	1,29	1,22	1,13	1,04	0,98	0,95	0,98	1,08	1,16	1,29	1,37	1,36
35	1,32	1,23	1,13	1,02	0,95	0,92	0,95	1,03	1,16	1,31	1,4	1,39
40	1,33	1,24	1,12	1	0,91	0,88	0,91	1,01	1,16	1,32	1,43	1,41
45	1,34	1,23	1,1	0,97	0,87	0,84	0,87	0,98	1,14	1,32	1,44	1,43
50	1,34	1,22	1,08	0,93	0,82	0,78	0,82	0,94	1,12	1,31	1,45	1,44
55	1,33	1,2	1,05	0,89	0,77	0,73	0,77	0,9	1,08	1,3	1,44	1,43
60	1,31	1,17	1,01	0,84	0,71	0,67	0,71	0,84	1,05	1,27	1,43	1,42
65	1,29	1,14	0,96	0,78	0,65	0,6	0,65	0,79	1	1,24	1,41	1,4
70	1,25	1,1	0,91	0,72	0,59	0,53	0,58	0,73	0,98	1,2	1,37	1,37
75	1,21	1,05	0,85	0,66	0,52	0,46	0,51	0,66	0,89	1,15	1,33	1,33
80	1,16	1	0,79	0,59	0,44	0,39	0,44	0,59	0,82	1,09	1,28	1,29
85	1,11	0,94	0,73	0,52	0,37	0,31	0,36	0,51	0,75	1,03	1,23	1,23
90	1,05	0,87	0,65	0,44	0,29	0,23	0,28	0,44	0,68	0,96	1,16	1,17

LATITUD = 37°

Incli.	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOY	DIC
0	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1
5	1,07	1,06	1,04	1,03	1,01	1,01	1,02	1,03	1,05	1,07	1,08	1,08
10	1,13	1,1	1,08	1,05	1,02	1,01	1,02	1,05	1,09	1,13	1,16	1,15
15	1,18	1,15	1,1	1,06	1,02	1,01	1,02	1,06	1,12	1,19	1,23	1,22
20	1,23	1,18	1,12	1,06	1,02	1	1,02	1,07	1,15	1,23	1,29	1,28
25	1,27	1,21	1,14	1,06	1	0,98	1	1,07	1,16	1,27	1,34	1,33
30	1,3	1,23	1,14	1,05	0,98	0,96	0,98	1,06	1,17	1,3	1,38	1,37
35	1,33	1,24	1,14	1,03	0,96	0,93	0,96	1,04	1,17	1,32	1,42	1,41
40	1,35	1,28	1,13	1,01	0,92	0,89	0,92	1,02	1,17	1,34	1,44	1,43
45	1,35	1,25	1,11	0,98	0,88	0,85	0,88	0,99	1,15	1,34	1,46	1,45
50	1,35	1,24	1,09	0,94	0,84	0,8	0,84	0,98	1,13	1,33	1,47	1,46
55	1,35	1,22	1,06	0,9	0,78	0,74	0,78	0,91	1,1	1,32	1,47	1,45
60	1,33	1,19	1,02	0,85	0,73	0,68	0,73	0,86	1,06	1,3	1,45	1,44
65	1,31	1,16	0,98	0,8	0,67	0,62	0,66	0,8	1,02	1,26	1,43	1,42
70	1,27	1,12	0,93	0,74	0,6	0,55	0,6	0,74	0,97	1,22	1,4	1,4
75	1,23	1,07	0,87	0,67	0,53	0,48	0,53	0,68	0,91	1,17	1,36	1,36
80	1,19	1,02	0,81	0,6	0,46	0,4	0,45	0,6	0,84	1,12	1,31	1,31
85	1,13	0,96	0,74	0,53	0,38	0,32	0,38	0,53	0,77	1,08	1,26	1,26
90	1,07	0,89	0,67	0,46	0,3	0,25	0,3	0,45	0,7	0,98	1,19	1,2

LATITUD = 38°

Incli.	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
0				1	1			1	1	1	1	1
5	1,07	1,06	1,04	1,03	1,02	1,01	1,02	1,03	1,05	1,07	1,08	1,08
10	1,13	1,11	1,08	1,05	1,02	1,02	1,03	1,05	1,09	1,14	1,16	1,16
15	1,19	1,15	1,11	1,06	1,03	1,01	1,03	1,07	1,13	1,19	1,23	1,22
20	1,24	1,19	1,13	1,07	1,02	1,01	1,02	1,07	1,15	1,24	1,3	1,29
25	1,28	1,22	1,14	1,07	1,01	0,99	1,01	1,08	1,17	1,28	1,35	1,34
30	1,31	1,24	1,15	1,06	0,99	0,97	0,99	1,07	1,18	1,31	1,4	1,38
35	1,34	1,25	1,15	1,04	0,96	0,94	0,97	1,05	1,19	1,34	1,43	1,42
40	1,36	1,26	1,14	1,02	0,93	0,9	0,93	1,03	1,18	1,35	1,46	1,45
45	1,37	1,26	1,13	0,99	0,89	0,86	0,89	1	1,17	1,36	1,48	1,47
50	1,37	1,25	1,1	0,96	0,85	0,81	0,85	0,97	1,15	1,35	1,49	1,48
55	1,36	1,23	1,07	0,91	0,8	0,75	0,8	0,92	1,12	1,34	1,49	1,48
60	1,35	1,21	1,04	0,86	0,74	0,69	0,74	0,87	1,08	1,32	1,48	1,47
65	1,33	1,18	0,99	0,81	0,68	0,63	0,68	0,82	1,04	1,29	1,46	1,45
70	1,29	1,14	0,94	0,75	0,61	0,56	0,61	0,76	0,98	1,25	1,43	1,42
75	1,25	1,09	0,89	0,69	0,54	0,49	0,54	0,69	0,93	1,2	1,39	1,39
80	1,21	1,04	0,83	0,62	0,47	0,42	0,47	0,62	0,86	1,14	1,34	1,34
85	1,15	0,98	0,76	0,55	0,4	0,34	0,39	0,55	0,79	1,08	1,29	1,29
90	1,09	0,91	0,69	0,47	0,32	0,26	0,31	0,47	0,72	1,01	1,22	1,23

LATITUD= 39°

Incli.	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
0					1						1	1
5	1,07	1,06	1,04	1,03	1,02	1,01	1,02	1,03	1,05	1,07	1,09	1,08
10	1,14	1,11	1,08	1,05	1,03	1,02	1,03	1,06	1,11	1,14	1,17	1,16
15	1,19	1,16	1,11	1,07	1,03	1,02	1,03	1,07	1,13	1,2	1,24	1,23
20	1,25	1,2	1,14	1,07	1,03	1,01	1,03	1,08	1,16	1,25	1,31	1,29
25	1,29	1,23	1,15	1,07	1,02		1,02	1,08	1,18	1,29	1,36	1,35
30	1,33	1,25	1,16	1,07	1	0,97	1	1,08	1,19	1,33	1,41	1,4
35	1,35	1,27	1,16	1,05	0,97	0,94	0,98	1,06	1,2	1,35	1,45	1,43
40	1,37	1,27	1,18	1,03	0,94	0,91	0,94	1,04	1,19	1,37	1,48	1,46
45	1,38	1,27	1,14	1	0,9	0,87	0,9	1,01	1,18	1,37	1,5	1,48
50	1,39	1,26	1,12	0,97	0,86	0,82	0,86	0,98	1,16	1,37	1,51	1,5
55	1,38	1,25	1,09	0,93	0,81	0,77	0,81	0,94	1,13	1,36	1,51	1,5
60	1,37	1,22	1,05	0,88	0,75	0,71	0,75	0,89	1,1	1,34	1,51	1,49
65	1,35	1,19	1,01	0,83	0,69	0,65	0,69	0,83	1,05	1,31	1,49	1,47
70	1,32	1,15	0,96	0,77	0,63	0,58	0,63	0,77	1	1,27	1,46	1,45
75	1,28	1,11	0,91	0,7	0,56	0,51	0,56	0,71	0,95	1,23	1,42	1,41
80	1,23	1,06	0,84	0,64	0,49	0,43	0,48	0,64	0,88	1,17	1,37	1,37
85	1,18		0,78	0,56	0,41	0,35	0,41	0,56	0,81	1,11	1,32	1,32
90	1,12	0,93	0,71	0,49	0,33	0,28	0,33	0,49	0,74	1,04	1,25	1,26

LATITUD= 40°

Incli.	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
0	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1
5	1.07	1.06	1.05	1.03	1.02	1.01	1.02	1.03	1.05	1.08	1.09	1.09
10	1.14	1.11	1.08	1.05	1.03	1.02	1.03	1.06	1.1	1.14	1.17	1.16
15	1.2	1.16	1.12	1.07	1.03	1.02	1.04	1.08	1.14	1.21	1.25	1.24
20	1.25	1.2	1.14	1.08	1.03	1.02	1.03	1.09	1.17	1.26	1.32	1.3
25	L3	1.23	1.16	1.08	1.02		1.02	1.09	1.19	1.3	1.38	1.36
30	1.34	1.26	1.17	1.07	1.01	0.98	1.01	1.09	1.2	1.34	1.43	1.41
35	1.37	1.28	1.17	1.06	0.98	0.95	0.98	1.07	1.21	1.37	1.47	1.45
40	1.39	1.29	1.16	1.04	0.95	0.92	0.95	1.05	1.21	1.39	1.5	1.48
45	1.4	1.29	1.15	1.01	0.91	0.88	0.92	1.03	1.2	1.39	1.52	1.5
50	1.41	1.28	1.13	0.98	0.87	0.83	0.87	0.99	1.18	1.39	1.54	1.52
55	1.4	1.27	1.1	0.94	0.82	0.78	0.82	0.95	1.18	1.38	1.54	1.52
60	1.39	1.24	1.07	0.89	0.77	0.72	0.77	0.9	1.12	1.36	1.53	L.S1
65	1.37	1.21	1.03	0.84	0.71	0.66	0.71	0.85	1.07	1.34	L.S1	L.S
70	1.34	1.17	0.98	0.78	0.64	0.59	0.64	0.79	1.02	1.3	1.49	1.47
75	1.3	1.13	0.92	0.72	0.57	0.52	0.57	0.73	0.97	1.25	1.45	1.44
80	1.25	1.08	0.86	0.65	0.5	0.45	0.5	0.66	0.9	1.2	1.41	1.4
85	1.2	1.02	0.8	0.58	0.43	0.37	0.42	0.58	0.84	1.14	1.35	1.35
90	1.14	0.95	0.73	0.5	0.35	0.29	0.34	0.5	0.76	1.07	1.29	1.29

LATITUD = 41°

Incli.	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	1.07	1.06	1.05	1.03	1.02	1.02	1.02	1.03	1.05	1.08	1.09	1.09
10	1.14	1.12	1.09	1.06	1.03	1.02	1.03	1.06	1.1	1.15	1.18	1.17
15	1.21	1.17	1.12	1.07	1.04	1.03	1.04	1.08	1.14	1.21	1.26	1.24
20	1.26	1.21	1.15	1.08	1.04	1.02	1.04	1.09	1.17	1.27	1.33	1.31
25	1.31	1.24	1.17	1.09	1.03	1.01	1.03	1.1	1.2	1.32	1.39	1.37
30	1.35	1.27	1.18	1.08	1.01	0.99	1.02	1.09	1.21	1.35	1.44	1.42
35	1.38	1.29	1.18	1.07	0.99	0.96	0.99	1.08	1.22	1.38	1.49	1.47
40	1.4	1.3	1.18	1.05	0.96	0.93	0.96	1.06	1.22	1.4	1.52	1.5
45	1.42	1.3	1.16	1.03	0.93	0.89	0.93	1.04	1.21	1.41	1.55	1.52
50	1.42	1.3	1.14	0.99	0.88	0.84	0.88	1.01	1.19	1.41	1.56	1.54
55	1.42	1.28	1.12	0.95	0.83	0.79	0.84	0.97	L.17	1.41	1.57	1.54
60	1.41	1.26	1.08	0.91	0.78	0.73	0.78	0.92	1.14	1.39	1.56	1.54
65	1.39	1.23	1.04	0.85	0.72	0.67	0.72	0.87	1.09	1.36	1.54	1.53
70	1.36	1.19	0.99	0.8	0.66	0.61	0.66	0.81	1.04	1.32	1.52	L.S
75	1.32	1.15	0.94	0.73	0.59	0.54	0.59	0.74	0.99	1.28	1.48	1.47
80	1.28	1.1	0.88	0.67	0.52	0.46	0.52	0.67	0.93	1.23	1.44	1.43
85	1.23	1.04	0.82	0.6	0.44	0.39	0.44	0.6	0.86	1.16	1.38	1.38
90	1.17	0.98	0.74	0.52	0.36	0.31	0.36	0.52	0.78	1.09	1.32	1.32

LATITUD = 42°

Incli.	ENE	FEB	MAR	AIJR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOY	DIC
0	1	1		1	1	1				1		
5	1.08	1.06	1.05	1.03	1.02	1.02	1.02	1.04	1.06	1.08	1.09	1.09
10	1.15	1.12	1.09	1.06	1.04	1.03	1.04	1.06	1.11	1.15	1.18	1.17
15	1.21	1.17	1.13	1.08	1.04	1.03	1.04	1.09	1.15	1.22	1.26	1.25
20	1.27	1.21	1.15	1.09	1.04	1.03	1.05	1.1	1.18	1.28	1.34	1.32
25	1.32	1.25	1.17	1.09	1.04	1.01	1.04	1.1	1.21	1.33	1.4	1.38
30	1.36	1.28	1.19	1.09	1.02	1	1.02	1.1	1.23	1.37	1.46	1.44
35	1.39	1.3	1.19	1.08	1	0.97		1.09	1.23	1.4	1.51	1.48
40	1.42	1.31	1.19	1.06	0.97	0.94	0.97	1.08	1.24	1.42	1.54	1.52
45	1.43	1.32	1.18	1.04	0.94	0.9	0.94	1.05	1.23	1.43	1.57	1.54
50	1.44	1.31	1.16	1	0.89	0.86	0.9	1.02	1.21	1.44	1.59	1.56
55	1.44	1.3	1.13	0.97	0.85	0.8	0.85	0.98	1.19	1.43	1.59	1.57
60	1.43	1.28	1.1	0.92	0.79	0.75	0.8	0.93	1.15	1.41	1.59	1.57
65	1.41	1.25	1.06	0.87	0.74	0.69	0.74	0.88	1.11	1.39	1.57	1.55
70	1.38	1.21	1.01	0.81	0.67	0.62	0.67	0.82	1.07	1.35	1.55	1.53
75	1.35	1.17	0.96	0.75	0.6	0.55	0.6	0.76	1.01	1.31	1.52	1.5
80	1.3	1.12	0.9	0.68	0.53	0.48	0.53	0.69	0.95	1.25	1.47	1.46
85	1.25	1.06	0.83	0.61	0.46	0.4	0.46	0.62	0.88	1.19	1.42	1.41
90	1.19			0.76	0.54	0.38	0.32	0.38	0.54	0.81	1.12	1.36
												1.35

LATITUD = 43°

Incli.	E E	FEB	MAR	AIJR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOY	DIC
0	1	1	1	1	1		1		1	1		1
5	1.08	1.07	1.05	1.03	1.02	1.02	1.02	1.04	1.06	1.08	1.1	1.09
10	1.15	1.12	1.09	1.06	1.04	1.03	1.04	1.07	1.11	1.16	1.19	1.18
15	1.22	1.18	1.13	1.08	1.05	1.03	1.05	1.09	1.15	1.23	1.27	1.26
20	1.28	1.22	1.16	1.09	1.05	1.03	1.05	1.1	1.19	1.29	1.35	1.33
25	1.33	1.26	1.18	1.1	1.04	1.02	1.04	1.11	1.22	1.34	1.42	1.4
30	1.37	1.29	1.2	1.1	1.03		1.03	1.11	1.24	1.38	1.48	1.45
35	1.41	1.31	1.2	1.09	1.01	0.98	1.01	1.1	1.25	1.42	1.52	1.5
40	1.43	1.33	1.2	1.07	0.98	0.95	0.98	1.09	1.25	1.44	1.56	1.54
45	1.45	1.33	1.19	1.05	0.95	0.91	0.95	1.06	1.24	1.45	1.59	1.57
50	1.46	1.33	1.17	1.02	0.91	0.87	0.91	1.03	1.23	1.46	1.61	1.58
55	1.46	1.32	1.15	0.98	0.86	0.82	0.86		1.21	1.45	1.62	1.59
60	1.45	1.3	1.12	0.94	0.81	0.76	0.81	0.95	1.17	1.44	1.62	1.59
65	1.43	1.27	1.08	0.89	0.75	0.7	0.75	0.9	1.13	1.41	1.61	1.58
70	1.41	1.23	1.03	0.83	0.69	0.64	0.69	0.84	1.09	1.38	1.58	1.56
75	1.37	1.19	0.98	0.77	0.62	0.57	0.62	0.78	1.03	1.34	1.55	1.53
80	1.33	1.14	0.92	0.7	0.55	0.49	0.55	0.71	0.97	1.28	1.51	1.49
85	1.28	1.08	0.85	0.63	0.47	0.42	0.47	0.64	0.9	1.22	1.45	1.44
90	1.22	1.02	0.78	0.56	0.4	0.34	0.39	0.56	0.83	1.16	1.39	1.38

LATITUD = 44°

Incli.	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
0						1	1					
5	1,08	1,07	1,05	1,04	1,02	1,02	1,02	1,04	1,06	1,09	1,1	1,1
10	1,16	1,13	1,1	1,06	1,04	1,03	1,04	1,07	1,11	1,16	1,19	1,18
15	1,22	1,18	1,13	1,09	1,05	1,04	1,05	1,09	1,16	1,23	1,28	1,27
20	1,28	1,23	1,17	1,1	1,05	1,04	1,06	1,11	1,2	1,3	1,36	1,34
25	1,34	1,27	1,19	1,11	1,05	1,03	1,05	1,12	1,23	1,35	1,43	1,41
30	1,38	1,3	1,2	1,11	1,04	1,01	1,04	1,12	1,25	1,4	1,49	1,47
35	1,42	1,32	1,21	1,1	1,02	0,99	1,02	1,11	1,26	1,43	1,54	1,52
40	1,45	1,34	1,21	1,08	0,99	0,96	1	1,1	1,26	1,46	1,59	1,56
45	1,47	1,35	1,2	1,06	0,96	0,92	0,96	1,08	1,26	1,48	1,62	1,59
50	1,48	1,34	1,19	1,03	0,92	0,88	0,92	1,05	1,25	1,48	1,64	1,61
55	1,48	1,33	1,16	0,99	0,87	0,83	0,88	1,01	1,22	1,48	1,65	1,62
60	1,47	1,32	1,13	0,95	0,82	0,78	0,82	0,97	1,19	1,47	1,65	1,62
65	1,46	1,29	1,09	0,9	0,76	0,72	0,77	0,92	1,16	1,44	1,64	1,61
70	1,43	1,26	1,05	0,85	0,7	0,65	0,7	0,86	1,11	1,41	1,62	1,59
75	1,4	1,21		0,78	0,64	0,58	0,64	0,8	1,06	1,37	1,59	1,56
80	1,36	1,16	0,94	0,72	0,56	0,51	0,56	0,73	0,99	1,32	1,54	1,52
85	1,31	1,11	0,87	0,65	0,49	0,43	0,49	0,66	0,93	1,26	1,49	1,48
90	1,25	1,04	0,8	0,57	0,41	0,35	0,41	0,58	0,85	1,19	1,43	1,42

LATITUD= 45°

Incli.	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
0	1			1	1	1	1			1		
5	1,08	1,07	1,05	1,04	1,03	1,02	1,03	1,04	1,06	1,09	1,1	1,1
10	1,16	1,13	1,1	1,07	1,04	1,04	1,05	1,07	1,12	1,17	1,2	1,19
15	1,23	1,19	1,14	1,09	1,05	1,04	1,06	1,1	1,17	1,24	1,29	1,27
20	1,29	1,24	1,17	1,11	1,06	1,04	1,06	1,12	1,21	1,31	1,37	1,35
25	1,35	1,28	1,2	1,11	1,06	1,03	1,06	1,13	1,24	1,36	1,45	1,42
30	1,4	1,31	1,21	1,12	1,04	1,02	1,05	1,13	1,26	1,41	1,51	1,48
35	1,43	1,34	1,22	1,11	1,03		1,03	1,12	1,27	1,45	1,56	1,53
40	1,46	1,35	1,22	1,09	1	0,97	1,01	1,11	1,28	1,48	1,61	1,58
45	1,49	1,36	1,22	1,07	0,97	0,93	0,97	1,09	1,28	1,5	1,64	1,61
50	1,5	1,36	1,2	1,04	0,93	0,89	0,94	1,06	1,26	1,51	1,67	1,63
55	1,5	1,35	1,18	1,01	0,89	0,84	0,89	1,03	1,24	1,5	1,68	1,65
60	1,5	1,34	1,15	0,97	0,84	0,79	0,84	0,98	1,21	1,49	1,68	1,65
65	1,48	1,31	1,11	0,92	0,78	0,73	0,78	0,93	1,18	1,47	1,67	1,64
70	1,46	1,28	1,07	0,86	0,72	0,67	0,72	0,88	1,13	1,44	1,65	1,62
75	1,43	1,24	1,02	0,8	0,65	0,6	0,65	0,82	1,08	1,4	1,62	1,6
80	1,38	1,19	0,96	0,74	0,58	0,53	0,58	0,75	1,02	1,35	1,58	1,56
85	1,33	1,13	0,89	0,66	0,51	0,45	0,51	0,67	0,95	1,29	1,53	1,51
90	1,28	1,07	0,82	0,59	0,43	0,37	0,43	0,6	0,88	1,22	1,47	1,45

**ANEXO E: Altitud, latitud y temperatura mínima histórica (Fuente CENSOLAR).**

PROVINCIA	ALTITUD (m) (de la capital)	LATITUDn (de la capital)	LONGITUD (°, (de la capital)	TEMP. MÍNIMA HISTÓRICA (°C)
1 ÁLAVA	542	42,9	2,7 W	-18
2 ALBACETE	686	39,0	1,8 W	-23
3 ALICANTE	7	38,4	0,5 W	-5
4 ALMERÍA	65	36,9	2,4 W	-1
5 ASTURIAS	232	43,4	5,8 W	-11
6 ÁVILA	1126	40,7	4,9W	-21
7 BADAJOZ	186	38,9	7,0 W	-6
8 BALEARES	28	39,6	2,6 E	-4
9 BARCELONA	95	41,4	2,2 E	-7
10 BURGOS	929	42,3	3,7 W	-18
11 CÁCERES	459	39,5	6,4 W	-6
12 CÁDIZ	28	36,5	6,3 W	-2
13 CANTABRIA	69	43,5	3,8 W	-4
14 CASTELLÓN	27	40,0	0	-8
15 CEUTA	206	35,9	5,3 W	-1
16 CIUDAD REAL	628	39,0	3,9 W	-10
17 CÓRDOBA	128	37,9	4,8 W	-6
18 LA CORUÑA	54	43,4	8,4 W	-9
19 CUENCA	949	40,1	2,1 W	-21
20 GERONA	95	42,0	2,7 E	-11
21 GRANADA	775	37,2	3,7 W	-13
22 GUADALAJARA	685	40,6	3,2 W	-14
23 GUIPÚZCOA	181	43,3	2,0 W	-12
24 HUELVA	4	37,3	6,9 W	-6
25 HUESCA	488	42,1	0,4 W	-14
26 JAÉN	586	37,8	3,8W	-8
27 LEÓN	908	42,6	5,6 W	-18
28 LÉRIDA	323	41,7	1,2 E	-11
29 LUGO	465	43,0	7,6 W	-8
30 MADRID	667	40,4	3,7 W	-16
31 MÁLAGA	40	36,7	4,4 W	-4
32 MELILLA	47	35,3	3,0 W	-1
33 MURCIA	42	38,0	1,1W	-5
34 NAVARRA	449	42,8	1,6W	-16
35 ORENSE	139	42,3	7,8 W	-8
36 PALENCIA	734	42,0	4,5 W	-14
37 LAS PALMAS	6	28,2	15,4 W	+6
38 PONTEVEDRA	19	42,4	8,6 W	-4
39 LA RIOJA	380	42,5	2,4 W	-12
40 SALAMANCA	803	41,0	5,6 W	-16
41 STA. CRUZ DE TENERIFE	37	28,5	16,2 W	+3
42 SEGOVIA	1002	41,0	4,1 W	-17
43 SEVILLA	30	37,4	6,0 W	-6
44 SORIA	1063	41,8	2,5 W	-16
45 TARRAGONA	60	41,1	1,2 E	-7
46 TERUEL	915	40,4	1,1W	-14
47 TOLEDO	540	39,9	4,0 W	-9
48 VALENCIA	10	39,5	0,4 W	-8
49 VALLADOLID	694	41,7	4,7 W	-16
50 VIZCAYA	32	43,3	3,0 W	-8
51 ZAMORA	649	41,5	5,7 W	-14
52 ZARAGOZA	200	41,7	0,9 W	-11

ANEXO F: Tabla para el cálculo del número de personas por vivienda en uso residencial (valores mínimos).

Nº de dormitorios	1	2	3	4	5	6	7	más de 7
Nº de personas	1,5	3	4	6	7	8	9	Nº de dormitorios

# Bibliografía

---

1. Código técnico de la Edificación (CTE). Documento Básico HE-4: Contribución mínima de energía solar térmica. Ministerio de vivienda. 2006.
2. Reglamento de Instalaciones Térmicas en edificación (RITE). ITE 10. 2007
3. Sauvier Duval. Catálogos comerciales.
4. Energías renovables. Serie: “El sol puede ser tuyo”. IDAE. 2005.
5. Energía solar térmica de baja temperatura. Serie: “El sol puede ser tuyo”. IDAE. 2006.
6. Paneles solares térmicos. Qué factores son importantes. A. Dobaran, F. Abella. SEDICAL.
7. CENSOLAR. Instalaciones de energía solar. 2005
8. Compendio de energía solar: Fotovoltaica, Térmica y Termoeléctrica. J.M. Fernández Salgado. AMV Ediciones. 2008.
9. Cálculo de sistemas solares para calentamiento de agua. Colección informes y estudios. Ministerio de Industria y Energía. 1992.
10. <http://www.rasoler.com/legislacion-subvenciones.htm>
11. Elementos para la optimización de las instalaciones solares térmicas. Agencia de Gestión de Energía de la Región de Murcia. Abril 2005.
12. Catálogo comercial SONNENKRAFT.
13. Catálogo comercial JUNKERS.
14. Paneles Solares CROMAGEN. Catálogo comercial.
15. Catálogo comercial VIESSMAN
16. <http://www.puntsolar.com>
17. <http://www.alternativasolar.com>
18. <http://www.electricidad-gratuita.com/energia%20fotovoltaica.html>
19. Paneles solares fotovoltaicos MITSUBISHI. Catálogo comercial.
20. Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones de Baja Temperatura. IDAE. 2009
21. <http://www.becquerelenergia.es/termica.html>
22. Registro técnico de materiales. ([www.registrocdt.cl](http://www.registrocdt.cl))

# *Instalaciones en piscinas*





## INSTALACIONES EN PISCINAS

### Nociones Básicas

Las características fundamentales de una piscina, son sin duda sus dimensiones, que son las que determinan su capacidad de agua, y como consecuencia, el aforo del vaso, de tal manera que en los momentos de *máxima concurrencia* de bañistas se disponga como mínimo de 2 m<sup>2</sup> de lámina de agua por cada uno de ellos<sup>1</sup>.

En este tema se van a enfocar única y exclusivamente las instalaciones derivadas del uso y mantenimiento de piscinas, el tipo de construcción a realizar se hará con arreglo a las técnicas de este tipo de obras las cuales no proceden en esta asignatura.

### Normativa.

- Reglamento Técnico-Sanitario de piscinas de la Región de Murcia (Decreto 52/1989).
- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión. ITC-BT 031 (2002).
- Ley 6/2006. Medidas para el Ahorro de Agua de la Región de Murcia.
- CTE DB-HE 4. Contribución solar mínima. (2006)

### 1. PARTES BÁSICAS DE UNA PISCINA.

- **Vaso:** cubierta de fábrica recubierta de gres, gresite, pintura o prefabricada en poliéster, etc. que sirve de recipiente para el agua.
- **Sumidero de fondo:** desagüe situado en la parte más profunda del vaso de la piscina, el grupo motobomba aspira directamente de la piscina por él, y también sirve para un desagüe rápido.
- **Rebosadero:** canaleta alrededor de toda, o de parte del perímetro de la piscina, a donde desborda el agua de la piscina y por un colector va al vaso de compensación o depósito regulador.
- **Vaso de compensación:** almacena el agua que desborda por la canaleta del rebosadero, recibe el agua de renovación, el grupo de bombeo desde él aspira el agua para filtrarla y devolverla a la piscina.

- **Skimmer:** abertura de plástico, en los muros de la piscina y a la altura de la superficie del agua, para la aspiración por ellos, se conectan varios desde el grupo de bombeo. Se colocan en la piscina frente al viento dominante.
- **Toma para la barredera:** boquilla con tapa sumergida 15 cm bajo la superficie del agua para conectar en ella la manguera del limpiafondos manual, que envía el agua al equipo de filtración.
- **Grupo de bombeo:** formada por una o varias bombas, se encarga de recircular toda el agua de la piscina en un tiempo prefijado, aspirándola del fondo, de skimmer o vaso de compensación, reuniéndola en un colector, junto con la de la barredera, la impulsa hacia los filtros y después a la piscina.
- **Filtro:** recipiente metálico o poliéster y fibra de vidrio, lleno de material filtrante (filtrado activo), retiene las partículas flotantes en el agua. Una batería de 5 válvulas, o una válvula selectora, sirve para realizar las operaciones de filtrado, lavado y enjuague de filtro. Puede haber más de uno por piscina.
- **Contadores de agua:** uno mide el agua que entra cada día en la piscina, otro mide el agua que es recirculada cada día para saber si la instalación cumple los requisitos de renovación y recirculación que ordena Sanidad (piscinas públicas).
- **Impulsión:** conjunto de tuberías que se ramifican bajo el fondo de la piscina o en sus muros, devuelven el agua a la piscina filtrada y desinfectada. También pueden servir para conducir el agua de llenado de la piscina procedente de la red de aguas local.
- **Desinfección:** Método químico para el tratamiento y desinfección del agua.

## 2. CLASIFICACIÓN DE PISCINAS.

Según el *Reglamento Técnico-Sanitario de Piscinas*, de Murcia en su Artículo 7, clasifica las piscinas en<sup>1</sup>:

- a) **Infantiles o de «chapoteo»**<sup>1</sup>: se destinan a usuarios menores de seis años. Su emplazamiento será independiente del de adultos y estará situado a una distancia mínima de metros de ellas; en las instalaciones existentes a la entrada del presente Decreto, estará separado de aquél por elementos constructivos u ornamentales adecuados, de forma que impida que los niños puedan acceder fácilmente a los otros vasos. Su funcionamiento será autónomo. Su profundidad máxima será de 0.40 m. y el suelo no ofrecerá pendientes superiores al 6%.
- b) **De recreo y polivalentes**<sup>1</sup>: tendrán una profundidad mínima de un metro, que podrá ir

aumentando progresivamente (con pendiente, máxima del 6 % al 10 %) hasta llegar a 1.40 m., debiendo quedar señalizada esta profundidad y a partir de este punto podrá aumentar progresivamente hasta un límite máximo de tres metros.

- c) Deportivas v de competición<sup>1</sup>: tendrán las características determinadas por los organismos correspondientes o las normas internacionales para la práctica del deporte.

Existe otra posible clasificación que irá en función de cómo se tome al agua de la piscina para ser tratada:

- Piscina con skimmers o espumaderas.
- Piscina con canal perimetral o desbordante.

Es necesario aclarar que pueden existir piscinas las cuales contengan ambos elementos pero no es muy usual.

▪ **Piscinas con skimmers.**

La piscina típica es aquella en la que el agua contenida es depurada al ser aspirada en su superficie, empleando unos skimmers o espumaderas (figura 2.1), y el agua del fondo es aspirada por un sumidero en una proporción del 50% respectivamente.

Este tipo de piscinas, son las que han predominado hasta estos últimos años en una proporción aproximada del 95%, debido ello a que son fáciles de construir y que es el sistema apto para todos los tipos constructivos de vaso (hormigón, liner, fibra de vidrio,

etc.). Los inconvenientes de este tipo de piscinas, son relativos a su estructura y sistema de funcionamiento, ya que al tener que estar el nivel del agua a unos 10-15cms por debajo del nivel superior o de terrazas, implica que cualquier tipo de suciedad caída al agua, si no es

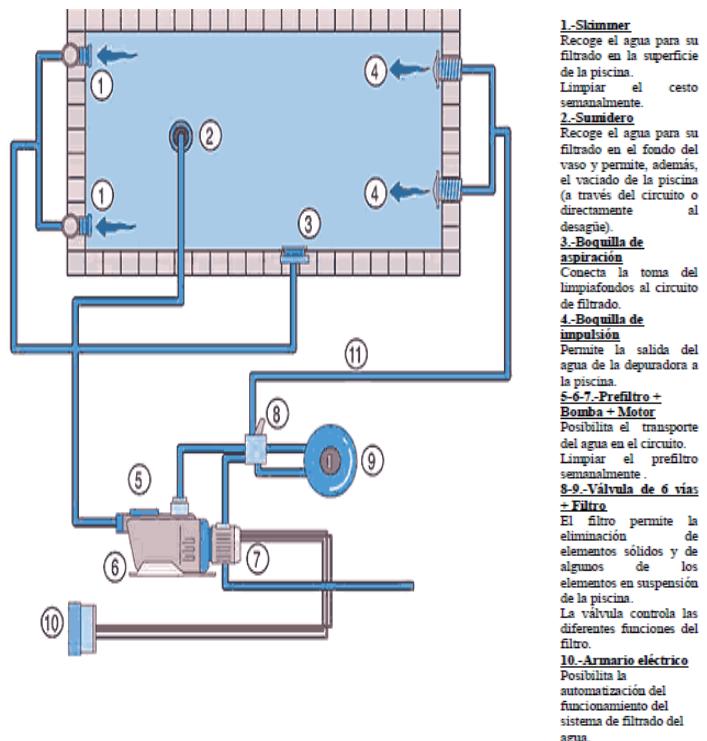


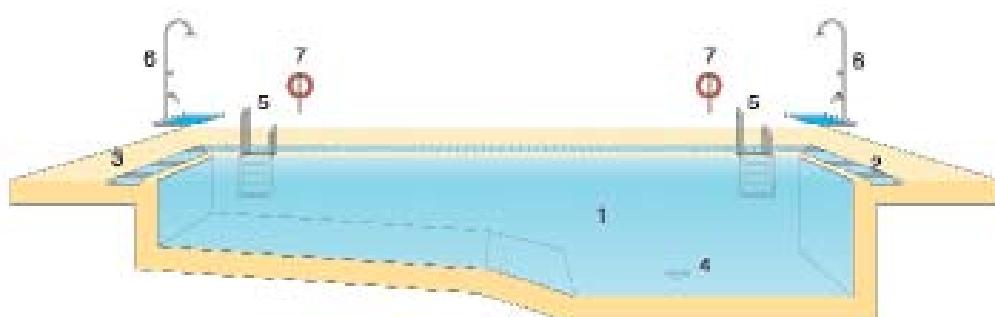
FIG. 2.1. Esquema básico de una piscina con skimmers.

recogida en breve tiempo, se hundirá al fondo, generando acumulaciones de suciedad, que se traduce en gasto energético, de agua y de productos químicos para su tratamiento. También hemos de controlar el nivel del agua (si no se instala un nivelador automático), ya que el nivel debe mantenerse siempre en la mitad de la abertura de los skimmers para que la piscina tenga un buen funcionamiento.

- **Piscinas desbordantes con canal perimetral.**

Si tenemos un recipiente con agua hasta el borde, y le ingresamos más agua, inevitablemente se desborda. En una piscina, el agua que se desborda se canaliza hacia el sistema de filtrado que nuevamente lo envía hacia la piscina, comenzando el ciclo nuevamente. Las piscinas desarrolladas para funcionar con lo que llamamos desborde finlandés ó sistema desbordante, se caracterizan porque la suciedad se retira de la lámina de agua sin contaminar el volumen ni mucho menos llegar al fondo. La recogida del agua se realiza a través de un canal perimetral (figura 2.2) que permite que esa agua pase de nuevo al sistema de filtrado.

El Sistema de Filtrado se puede programar de forma tal que funcione en cortos lapsos (15 minutos) varias veces al día, asegurando agua perfectamente limpia. Permiten controlar absolutamente todo y no solamente liberarlo de las tareas de mantenimiento, sino que se rationalizan los consumos a lo que estrictamente necesita la piscina.



1. Vaso de la piscina (siempre en colores claros).
2. Robozadero perimetral continuo.
3. Playa o andén (anchura mínima un metro, material antideslizante).
4. Desagüe del fondo (siempre protegido por una rejilla).
5. Escaleras (material inoxidable, diferencia de altura entre brujas treinta centímetros como mínimo).
6. Duchas (en cantidad al menos igual a la de escaleras).
7. Fictadoras (en cantidad al menos igual a la de escaleras).

FIG. 2.2: Esquema básico de una piscina con canal perimetral<sup>10</sup>.

Resumiendo, las piscinas desbordantes, requieren de un equipo de filtración de gran tamaño (a veces hasta el doble que el de una piscina de similar tamaño con Skimmers). Pero cuentan con la ventaja de que el mantenimiento para la limpieza de fondos es muy bajo si

los impulsores se colocan en el fondo, y la calidad del agua obtenida es muy superior. También requieren de un cuidadoso estudio de la hidráulica, para evitar que las bonanzas del sistema no sean deficientes.

### 3. PARTES DE LA INSTALACIÓN

La **instalación** que precisa una piscina, comprende tres partes, que si bien están íntimamente ligadas entre sí, constituyen funciones independientes y concretas, éstas son:

1. El abastecimiento de agua.
2. El desagüe.
3. Sistemas de tratamiento de agua.

#### 3.1. EL ABASTECIMIENTO DE AGUA.

El abastecimiento indispensable para el llenado de la piscina, se realiza a través de una derivación de la red general<sup>8</sup>, que se hace a través de una válvula de retomo y que canaliza el agua hasta:

- las bocas de impulsión, colocadas en parte menos profunda del vaso de la piscina (figura 3.1),
- o al depósito de compensación,
- o a una entrada directa.

En algunos casos puede ser única o varias de las anteriormente indicadas, según las dimensiones de la piscina.

La renovación diaria de agua nueva, deberá ser como mínimo del 5 %. En algunos casos en que convenga controlar el consumo de esta agua renovada (piscinas públicas), será preciso colocar un contador divisionario en este ramal de abastecimiento, tal y como se indica en la figura 3.1, y otro contador a la salida del sistema de depuración.

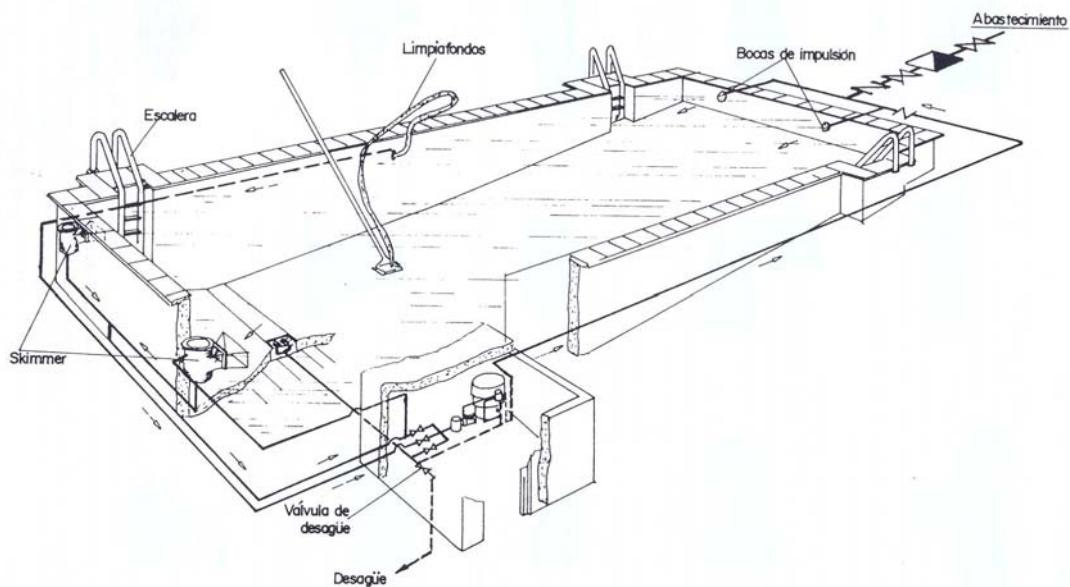


FIG. 3.1. Piscina con skimmers abastecida a través de las bocas de impulsión<sup>8</sup>.

### **3.2. EL DESAGÜE DE LA PISCINA.**

El desagüe, es un ramal que parte de la rejilla del sumidero del fondo de piscina, y termina en una arqueta que comunica con la red de evacuación; Este desagüe se procurará que se pueda realizar por gravedad, y con la simple apertura de la válvula de vaciado se podrá desaguar la piscina, operación que deberá hacerse al menos una vez por temporada. En la mayoría de los casos y de forma indiscutible cuando la red de evacuación quede más alto que el fondo de la piscina, el vaciado se realizará a través del sistema de filtrado utilizando la bomba de la propia depuradora, que a través de la válvula múltiple de control, dará paso hasta la arqueta de desagüe. Es necesario tener en cuenta las condiciones que imponga las normativas comunitarias y municipales.

### **3.3. TIPOS Y CLASIFICACIÓN DE TRATAMIENTOS DEL AGUA.**

Todas las piscinas independientemente de su tamaño y de su utilización, estarán dotadas de varias instalaciones de tratamiento del agua, que asegure las garantías de su uso, sin que tenga ninguna sustancia nociva para la salud de los usuarios, controlando las condiciones físico-químicas y bacteriológicas del agua.

Los métodos de depuración, control y tratamiento del agua de una piscina, evitarán lo descrito

anteriormente y nos permitirán una calidad del agua óptima, con garantías para nuestra salud y para el medio ambiente. Existen varios métodos de depuración y soluciones para el tratamiento del agua en las piscinas.

- MÉTODOS FÍSICOS
  - FILTRACIÓN:
    - CON SKIMMER
    - CON REBOSADERO
  - SISTEMA DE LIMPIEZA INTEGRADO
- MÉTODOS QUÍMICOS
- MÉTODOS FÍSICO-QUÍMICOS
- CONTROL DE pH

### 3.3.1.- MÉTODOS FÍSICOS.

#### a. FILTRACIÓN CON SKIMMERS.

El agua se aspira del fondo de la piscina a través del sumidero, y de la superficie por medio de los skimmers y en determinados casos de la toma de barredora, llegando al filtro por conducciones separadas provistas de sus correspondientes válvulas y retornando a la piscina a través de las boquillas de impulsión (figura 3.2).

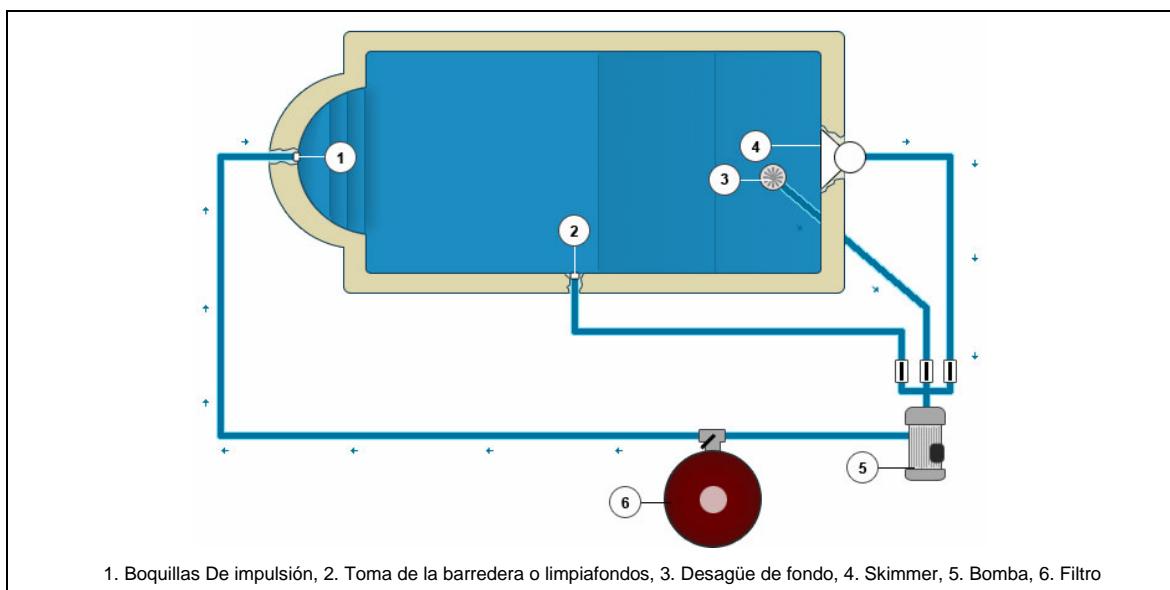
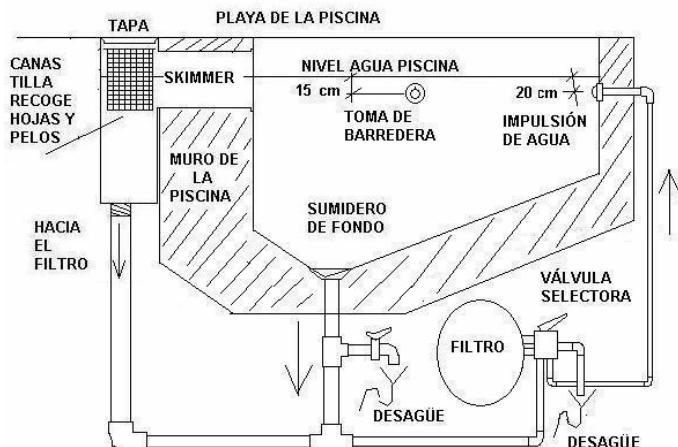


FIG. 3.2. Esquema de filtrado con skimmers<sup>11</sup>.

Los skimmers disponen de una compuerta en su boca frontal, trabajando por aspiración del grupo o grupos de bombeo, siendo sus dimensiones aproximadas de 20-25 cm aproximadamente de diámetro. Admiten solo el agua de la lámina superficial y son distribuidos en el perímetro superior de la piscina, justo debajo de la piedra de coronamiento. Se colocará uno cada 25 m<sup>2</sup> de lámina de agua o fracción, con un mínimo de 2. Deben estar convenientemente situados a favor de los vientos predominantes para ayudar al arrastre de la suciedad hacia ellos. Es necesario recordar que el nivel del agua debe de mantenerse en la mitad de las tapas de los skimmers para un buen funcionamiento y la toma de barredera debe de ubicarse unos 15 cm por debajo de ese nivel máximo de agua.

FIG. 3.3. Esquema y ubicación elementos piscina con skimmers<sup>3</sup>.

Los distribuidores de salida o impulsores (figura 3.4) van instalados en el lado opuesto del sumidero y de los skimmers, proporcionando de esta manera una renovación total del agua de la piscina. Se instalan a una altura de unos 20 cm por debajo del nivel del agua como se podido ver en el esquema de la figura 3.3.

FIG. 3.4. Impulsores<sup>7</sup>

Los elementos necesarios en la instalación para llevar a cabo la filtración son como ya se ha indicado:

- los skimmers, toma de desagüe-fondo, toma de barredera,
- equipo de bombeo,
- válvula selectora,
- filtro, e
- impulsores.

Los sistemas de bombeo utilizarán sistemas dobles de bombas alternas cuando el volumen de piscina sea muy grande. Las bombas podrán ser centrífugas o autoaspirantes y en ambos casos existirá un prefiltro (fig. 3.5c) que evitará que pase a la bomba elementos de gran tamaño que puedan dañar las bombas.



FIG: 3.5 a) bomba centrífuga<sup>5</sup>; b) bomba autoaspirante<sup>5</sup>; c) prefiltro<sup>2</sup>

El sistema de filtrado está mandado a través de una válvula selectora de 6 vías (fig. 3.6) la cual permite los procesos siguientes:

- Filtrado.
- Lavado.
- Recirculación, para que el agua no pase por el filtro
- Enjuague de las conducciones,
- Posición de cerrado cuando el filtrado está en desuso.

Su diseño, básicamente funcional, ofrece una amplia gama de posibilidades de acoplamiento a cualquier instalación, asegurando una perfecta estanqueidad y un cómodo manejo.



Fig. 3.6 Válvula selectora de 6 vías<sup>12</sup>

Esta válvula selectora se combina con las llaves de cada una de las tomas de agua de la piscina para realizar cada uno de los procesos enunciados anteriormente. Estas válvulas puedes ser manuales o estar motorizadas (fig. 3.7) y controladas junto con la válvula selectora a través de un panel de control.



FIG. 3.7 Batería de válvulas en filtro<sup>14</sup>

Las válvulas que activan la entrada de agua desde fondo de la piscina y skimmers se regularán según la cantidad de materias flotantes que se encuentren en la superficie del agua. Téngase presente que con la válvula del sumidero totalmente abierta la aspiración por los skimmers será pequeña. Si se desea que en el barrido superficial del agua, el skimmer sea más enérgico, basta con estrangular el paso del sumidero.

El filtro contiene una carga de material denominado filtrado activo, a través del cual se hace circular el agua en sentido descendente, reteniendo entre ellos las materias en suspensión del agua a filtrar. Una vez iniciado el ciclo de filtración y al cabo de cierto tiempo, será preciso lavar el filtro (especialmente después de pasar el limpiafondos), ya que el material del filtrado activo se habrá obstruido con la suciedad, impidiendo el paso del agua.

Existen diferentes tipos de filtros (fig. 3.8) los cuales pueden ser laminados, bobinados, inyectados, soplados o de cartucho. Dependerán de las exigencias de la instalación y del gasto inicial la utilización de un tipo u otro.



FIG. 3.8 : Tipos de filtro. Bobinados<sup>13</sup>, Soplados<sup>5</sup> y de Cartucho<sup>11</sup>.

Durante el proceso de filtrado la válvula selectora debe estar colocada en la posición de filtrado una vez activada la bomba, el agua sin tratar entra en el filtro por la parte superior atraviesa el lecho

filtrante y sale por la parte inferior hacia el sistema retornando a la piscina. Llega un momento que el material filtrante o filtrado activo se colmata debido a la suciedad en su interior, volviéndose el sistema poco efectivo y debiendo realizar una limpieza de este. Esto se detecta por la lectura de un manómetro, que generalmente con la esfera graduada, en sectores de color, indica la presión normal de trabajo (color verde), la presión en la que se debe lavar (color amarillo), y la presión excesiva, donde la filtración no se produce (color rojo).

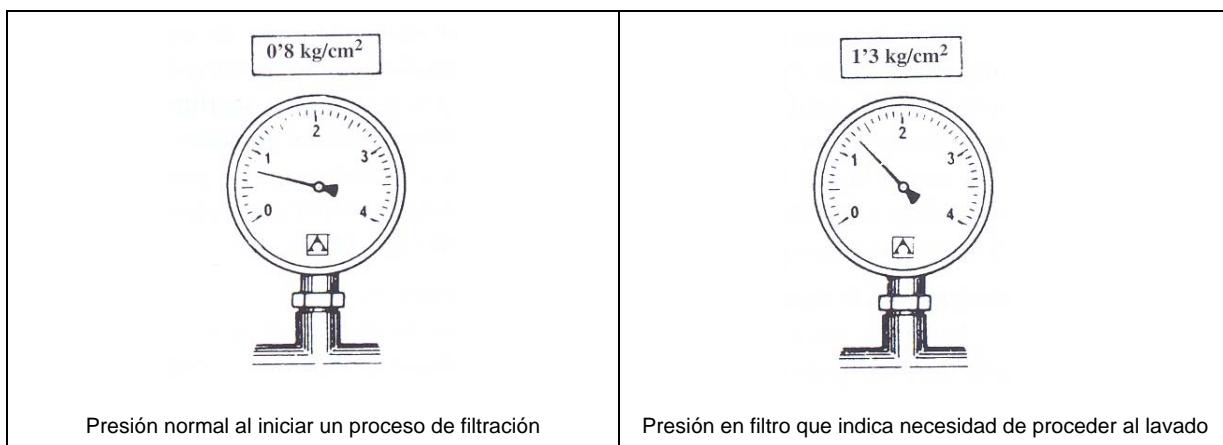


FIG. 3.9. Manómetro de presión del filtro<sup>8</sup>.

Más adelante se verán los tipos de materiales o filtrado activo que se pueden utilizar en el proceso de filtración.

Es necesario indicar las limitaciones que tienen este sistema que por otro lado es fácil y sencillo para piscinas pequeñas. Es muy frecuente ver instalaciones hidráulicas incorrectas en este tipo de piscinas, que generan inmediatamente problemas en el mantenimiento, y los costes del mismo. Como hemos comentado con anterioridad el nivel del agua debe coincidir siempre con la mitad de la abertura de los skimmers. Este sistema de filtración no realiza una limpieza correcta de todas las zonas, y por estar supeditado a recoger la suciedad de la lámina de agua en un tramo que equivale en algunos casos a sólo el 4% del total del perímetro, el resultado es que la gran mayoría de la suciedad llega a depositarse en el fondo de la piscina, por lo que deberemos retirarla manualmente de forma asidua, o en caso contrario la parte orgánica se descompondrá y requerirá un tratamiento químico severo y caro. Por otro lado al estar sólo "aspirando" en continuo ese 4% del perímetro total de la piscina, nos podemos permitir el lujo de instalar un equipo de filtración de reducidas prestaciones, pero esto es una falsa característica unida al coste inicial de venta. Si se aumenta la capacidad del equipo de filtración, no se mejora más que en la de obtener un aumento de la dispersión del agua tratada, pero en lo referente a la materia o suciedad "pesada" solo se mejorará ínfimamente.

Resumiendo: Las piscinas con Skimmers son una opción económica pero ineficaz desde punto de vista de la eficiencia. Dando mejores resultados en piscinas simplemente rectangulares, que en piscinas de formas sinuosas o complicadas.

Para terminar, en la figura a continuación, se puede ver a modo de resumen un esquema general básico del funcionamiento de la instalación de filtrado con skimmers.

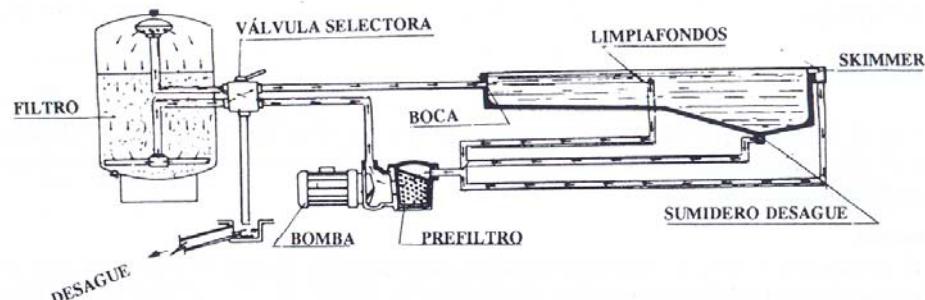
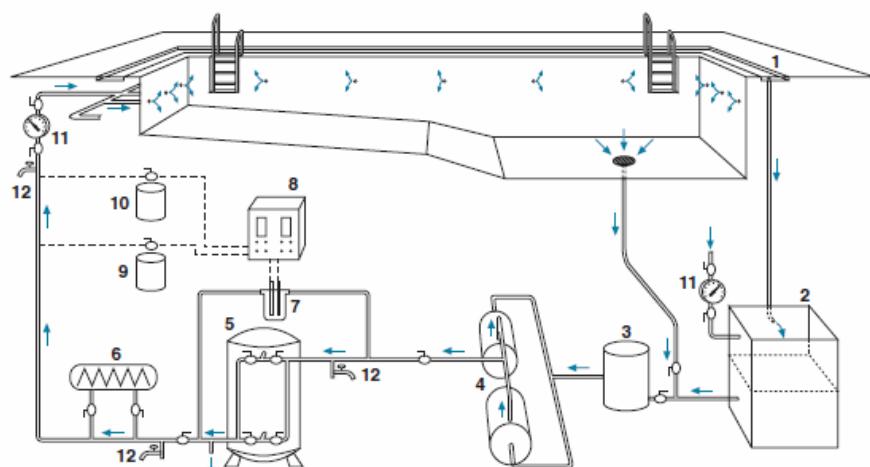


FIG. 3.10. Esquema básico de la instalación de filtrado mediante skimmers<sup>8</sup>.

#### b. FILTRACIÓN CON REBOSADERO

La principal diferencia que existe entre este método y anterior es que se sustituyen los skimmers por un canal perimetral que recoge el agua que desborda la piscina, por esta razón a este método también se le conoce como desbordante.

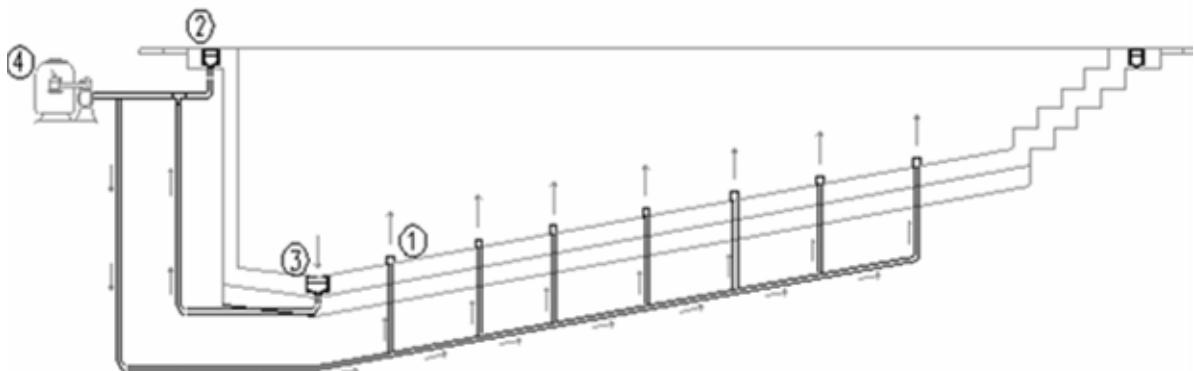
Es necesario introducir en la instalación, cuando el volumen de agua sea elevado, un elemento definido ya en el apartado 1, el cual recoge las fugas y equilibra a la instalación como es el **depósito de compensación**.



1. Rebosadero. 2. Depósito de compensación. 3. Prefiltro. 4. Bombas. 5. Filtro multicapa. 6. Intercambiador de calor. 7. Sondas de pH y cloro. 8. Regulador. 9. Dosisificación de hipoclorito sódico. 10. Dosisificación de ácido clorídrico. 11. Contador. 12. Toma de muestras.

FIG. 3.11. Esquema de una piscina con canal desbordante<sup>10</sup>.

Al contrario de cómo se ve en la figura 3.11, el sistema de filtrado se vuelve mucho más óptimo si los inyectores se colocan empotrados en el suelo (fig. 3.12), de esta manera la suciedad se mantiene en la parte superior, llegando al fondo solo una pequeña parte proporcional.



1. Boquillas de impulsión, 2. Canal perimetral, 3. Boca de aspiración fondo-sumidero, 4. Sistema de filtrado.

FIG. 3.12. Esquema de filtrado con canal rebosadero e inyectores en el fondo<sup>2</sup>.

Resumiendo: Es un sistema de limpieza idéntico al de filtración con skimmer y por tanto, los elementos del sistema de filtrado y el funcionamiento es igual que lo descrito en el caso anterior, lo único que los diferencia es la sustitución del skimmer por el rebosadero perimetral, que los impulsores están en el fondo y no en las paredes laterales del vaso de la piscina y que en la mayoría de los casos es necesaria la instalación del depósito de compensación.

### MATERIAL FILTRANTE

Una vez descritos los dos sistemas de filtración es necesario definir el componente de filtrado. Se refiere al material que se introducirá en el interior del filtro para poderse realizar el tratamiento de filtración.

Un medio de filtración debe de cumplir ciertas funciones en un filtro de presión. La función principal es retener los sólidos del agua. Cuanto más rugosa es la microestructura del medio filtrante, más efectivo es este medio para retener las partículas sólidas del agua, es decir, si la superficie es rugosa, pequeñas partículas en el agua quedarán retenidas con más facilidad que en un medio con superficie lisa<sup>15</sup>.

Unos de los métodos más usados y conocidos en la actualidad es la arena de sílice, pero existen muchos sistemas de filtrado activo en uso, como son la zeolita y en los últimos años la utilización de AFM (active filter media).

- Arena de sílice: La arena de sílice (figura 3.14a) es un compuesto resultante de la combinación de sílice con oxígeno. Su fórmula es  $\text{SiO}_2$ . Suelen tener una granulometría de 0.3 a 0.8 mm. La colocación de la arena, puede hacerse, de diferentes maneras<sup>15,16</sup>:
  - *Capa filtrante única y heterogénea*: No es recomendable su empleo, pues por el efecto del lavado, la arena se clasifica con los finos en superficie y los granos más gruesos en la parte baja de la capa. Las impurezas retenidas quedan bloqueadas en los primeros centímetros de capa y se produce un rápido atascamiento en superficie.

- *Capa filtrante única y homogénea:* El material filtrante ha de tener un diámetro efectivo constante en toda la altura del lecho. Son los más utilizados por su sencillez y eficacia. Es conveniente resaltar aquí la importancia del coeficiente de uniformidad de la arena para evitar lo problemas anteriormente expuestos (figura 3.13a).
- *Filtración a través de un lecho multicapa:* Consiste en colocar varias capas de granulometría decreciente. La ventaja de este método es que la colmatación del filtro es más lenta, pues mejora la penetración en profundidad de las impurezas. Normalmente se usan sólo dos capas, siendo la superior de un material más ligero (antracita, esquisto poroso, plástico, etc.) El diámetro efectivo de esta capa debe ser de 2 a 3 veces mayor que el de la capa inferior. Puede añadirse una tercera capa, aunque sin efecto filtrante, en la parte más baja del filtro para favorecer el paso del agua hacia el colector de salida. La profundidad o altura mínima de la arena en la superficie filtrante debe ser de 40 - 50 cm. Debe mantenerse un espacio vacío por encima del lecho filtrante que ha de ser suficiente para permitir una expansión de la arena del 15 a 25% en el lavado (figura 3.13b)<sup>15</sup>.



FIG. 3.13 a) Filtro de arena con capa filtrante única b) Filtro de arena con lecho multicapas<sup>15</sup>

- **Zeolita:** Se denomina zeolita a un gran conjunto de minerales que comprenden silicatos alumínicos hidratados de metales alcalinos y alcalinotérreos. La Zeolita tiene una estructura más cristalina y tiene una superficie aún más rugosa que la arena.

Debido a sus poros altamente cristalinos, se considera un tamiz molecular, pues sus cavidades son de dimensiones moleculares, de modo que al pasar las aguas duras, las moléculas más grandes se quedan y las más pequeñas siguen su curso, lo cual permite que salga un líquido más limpio, blando y cristalino. Pero esta capacidad tamizadora es limitada, debido al reducido tamaño de poro, el agua debe tener una cantidad muy baja de sólidos y de turbiedad, de lo contrario la resina se colmataría rápidamente haciendo el proceso inviable económicamente<sup>16</sup>.

- AFM (Active Filter Media): El AFM (fig. 3.14c) es un producto de cristal reciclado y procesado para sustituir la arena o la Zeolita en filtros de gravedad o de presión. Las bacterias se colonizan rápidamente en la arena silícica y en la zeolita aunque en piscinas las concentraciones orgánicas son más bajas debido al cloro libre que dificulta la vida a las bacterias, pero a pesar de ello estas proliferan generando una capa orgánica denominada “biofilm” que evita la penetración de cloro.

La clave respecto a la arena o cualquier medio filtrante, es su micro estructura y si existe un micro entorno que permita a la bacteria colonizar el medio. Si el medio de filtración fuese microscópicamente liso, el problema con la colonización de las bacterias se eliminarían dramáticamente ya que no existiría un lugar para las bacterias donde esconderse o protegerse contra el cloro.

El AFM tiene una microestructura muy lisa pero además lleva una carga negativa en la superficie. Esta carga es lo suficientemente fuerte para atraer pequeñas partículas del agua. Cuando se efectúa un lavado de filtro, las fuerzas de atracción se rompen y todos los sólidos, incluidas las bacterias, desaparecen con el lavado. Posee un método especial y único, que le permite autoesterilizarse. Además contiene óxido férrico y dióxido de cromo que se agrupan con el enrejado de aluminio-silicato de los granos de AFM y oxidan moléculas orgánicas y bacterias. En la práctica y en comparación con la arena o zeolita, el AFM filtra partículas más pequeñas y de hecho también moléculas orgánicas del agua., dando un resultado final en rendimiento muy superior a la arena o la zeolita. También se ha comprobado que como a las bacterias les resulta muy difícil adherirse al AFM, el tiempo de lavado resulta ser más rápido y mucho más eficaz que con los otros medios de filtración.



FIG. 3.14. Tipos de medios de filtrado o filtrados activos.

c. *SISTEMA DE LIMPIEZA INTEGRADA.*

Además de los dos métodos anteriormente descritos, existe un método complementario a dicha filtración, el cual no puede usarse de forma independiente, que ayuda y mejora la limpieza del fondo de la piscina, denominado **limpieza integrada**.

Este método es un eficaz sistema de limpieza, compuesto por unas electroválvulas (fig. 3.16), que reciben el agua procedente de una aspiración independiente del sistema de filtración y la distribuye secuencialmente a una serie de boquillas (fig. 3.16) localizadas en el fondo de la piscina, todo ello dirigido a través de un cuadro de control.

En la figura 3.15, se puede ver un esquema con dicho sistema de limpieza combinado con un sistema de filtrado mediante skimmers.

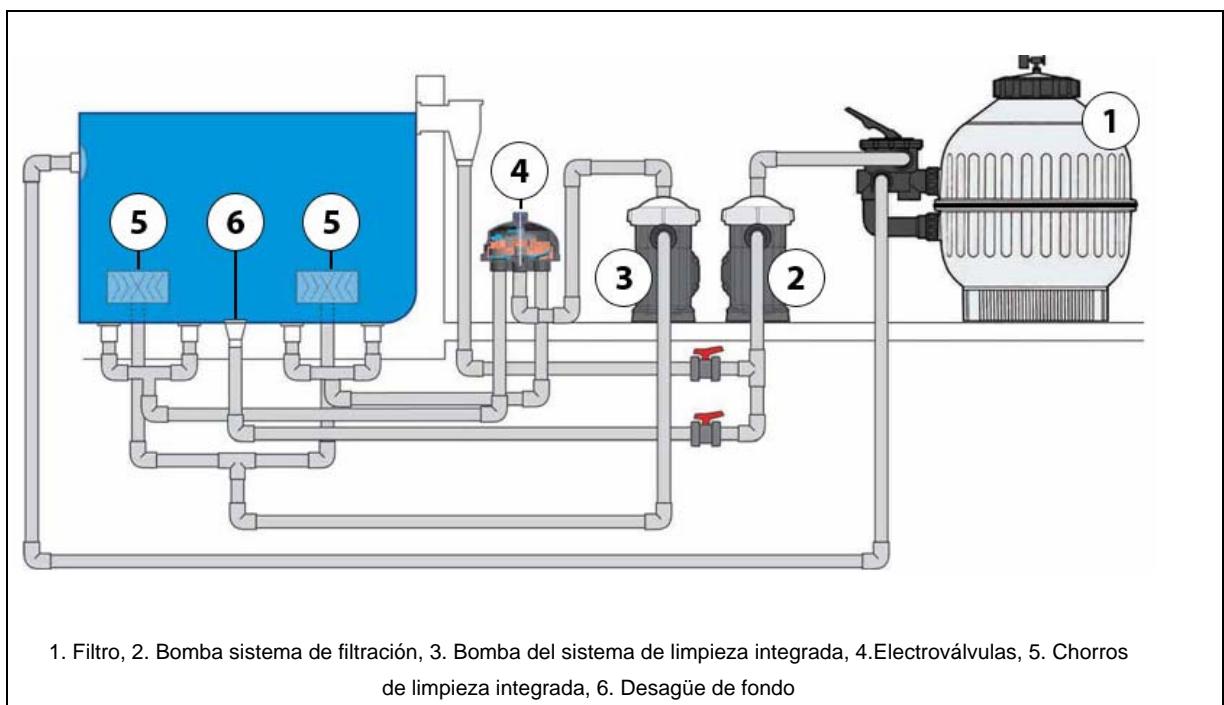


FIG. 3.15. Esquema de sistema de limpieza integrada con un sistema de filtrado con skimmers<sup>11</sup>.

Las electroválvulas distribuyen de forma secuencial el flujo de agua por sus salidas para que llegue a las boquillas que limpian la piscina. Su fabricación con materiales de alta resistencia, hacen que sea muy resistente a los tratamientos con sal. La conexión de las electroválvulas con los impulsores se muestra en la figura siguiente.

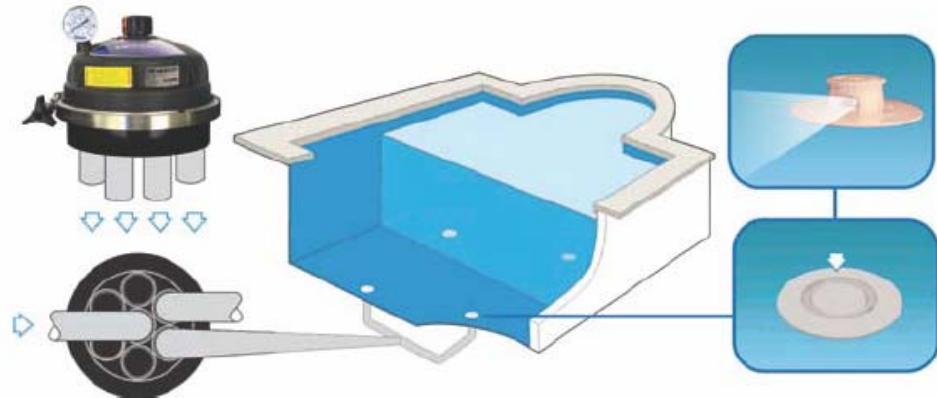


FIG. 3.16. Conexión entre las electroválvulas y los impulsores<sup>7</sup>.

El sistema es puesto en funcionamiento de forma esporádica, y durante ese tiempo las electroválvulas son abiertas y cerradas de forma intermitente para permitir que las boquillas realicen los giros necesarios para el barrido del fondo, ya que si las boquillas están fijas en una única dirección la limpieza será menos efectiva. El aspecto de las boquillas de impulsión así como la secuencia de barrido de limpieza que tienen según el ciclo de activación se puede ver en la figura 3.17.

Las boquillas se mantienen en posición de reposo hasta que la electroválvula se abre y llega agua a presión haciendo subir el pulverizador de la boquilla originan un jet de agua en dirección al suelo de la piscina, al cesar la presión del agua el pulverizador desciende, realizando un giro de 90º, volviendo a la posición de reposo hasta que la electroválvula se vuelve a abrir.

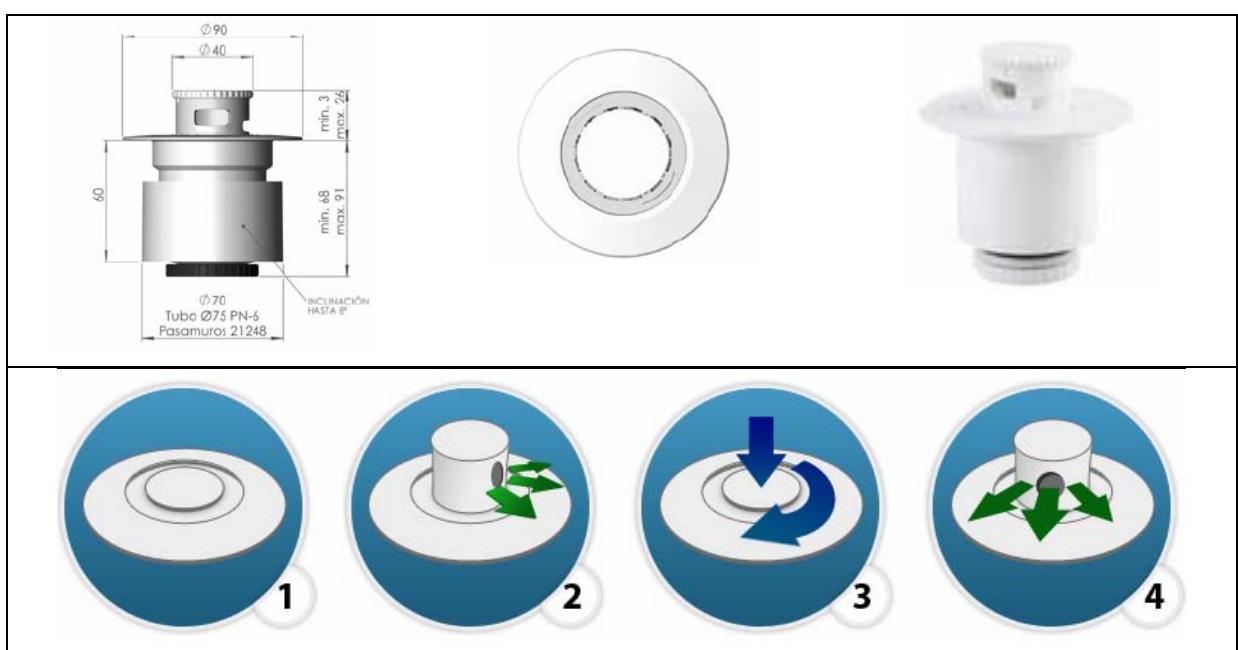


FIG. 3.17. Boquillas de impulsión del sistema de limpieza integrada<sup>7</sup>.

El proceso de funcionamiento varía según el método de filtrado utilizado.

Con Skimmers:

Las boquillas, colocadas a unas distancias estudiadas, trabajan limpiando el fondo. Este tipo de distribución mantiene las partículas en suspensión para que sean recogidas por el sumidero y que por los impulsores las conduce hasta los skimmers. Cuando la bomba entre en funcionamiento, llevará el agua hasta el filtro y, una vez depurada, volverá a la piscina limpia y sin impurezas.

Con rebosadero:

Es un proceso mucho más efectivo que con skimmers. Las boquillas, situadas en el fondo del vaso y colocadas a unas determinadas distancias, trabajan limpiando el fondo, y los impulsores, colocados también en el fondo, elevarán toda la suciedad que hay en él hasta la superficie, donde serán conducidas hasta el rebosadero a lo largo de todo el perímetro de la piscina. Cuando la bomba entre en funcionamiento, llevará el agua hasta el filtro y, una vez depurada, volverá a la piscina limpia y sin impurezas.

### 3.3.2.- MÉTODOS QUÍMICOS.

Como se ha visto, la filtración y la recirculación es una de las partes más importantes para mantener limpia y saludable el agua de la piscina, pero por sí solas no son suficientes para tener un agua clara y libre de gérmenes. La filtración del agua tiene que estar íntimamente apoyada en un tratamiento químico que mantenga el agua del vaso de la piscina en unas condiciones adecuadas de uso<sup>6,9</sup>.

Las bacterias, hongos y virus solo se eliminan con productos desinfectantes; la proliferación de algas solo se previene eficazmente con alguicidas, y las partículas y turbiedades más finas solo se pueden filtrar a través de floculantes<sup>9</sup>.

También se usarán productos que controlen y regulen el pH, ya que si no se mantienen unos niveles adecuados, el tratamiento de limpieza a seguir puede ser totalmente ineficaz.

Los compuestos químicos más utilizados van a ser descritos a continuación, siendo en un principio los productos clorados los que han tenido y tienen una mayor repercusión.

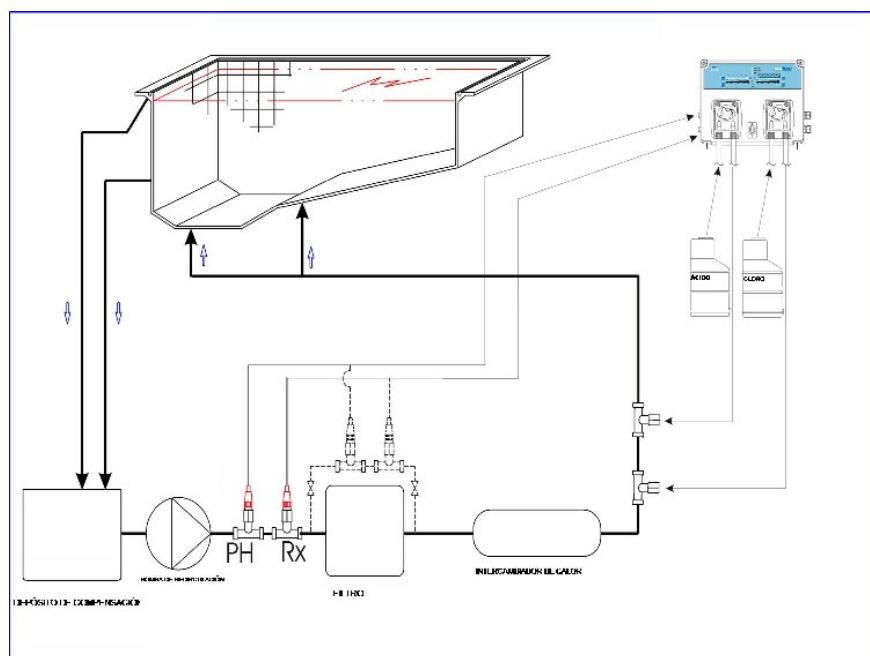
- Cloro: El cloro es un agente químico muy activo que actúa por oxidación. Convierte los residuos orgánicos complejos, como pueden ser: (piel, pelo, etc), algas y suciedad orgánica variada, en compuestos simples que pueden evaporarse en forma de gas. La desinfección con este compuesto es el método más usado, fácil, eficaz y barato. Su nombre comercial es Sincloseno (Ácido tricloroisocianúrico). Las plastillas de cloro es la opción más habitual a la hora del cuidado de la piscina privada, desde hace unos años ha

mejorado mucho esta forma de mantenimiento, ya que las pastillas actuales además de clorar de forma progresiva contienen otros productos que ayudan al mantenimiento de la piscina, como son bactericidas, alguicidas, cristalizadores, fungicidas, floculantes, etc.

FIG. 3.18. Cloro<sup>7</sup>

Cuando el cloro se aplica al agua requiere, dependiendo del tipo de agua, un mayor o menor período de contacto y una mayor o menor dosis del desinfectante. Generalmente, un agua relativamente clara, con un pH cerca de la neutralidad, sin muchas materias orgánicas y sin fuertes contaminaciones, requiere de unos cinco a diez minutos de contacto con dosis menores a 1 mg/l de cloro. En cada caso se deberá determinar la dosis mínima requerida para que permanezca un pequeño residuo libre entre 0.4 y 1,5 mg/litro o p.p.m (partes por millón) que asegure un agua exenta de agentes patógenos vivos.

- **Hipoclorito de sodio:** Otro compuesto clorado que se suele utilizar con gran frecuencia en forma líquida o en pastillas. Compuesto con fórmula NaClO. La solución del hipoclorito de sodio se utiliza con frecuencia como desinfectante y como agente blanqueante. Se obtiene a partir del cloruro sódico en un proceso electroquímico. Se puede administrar a través de una bomba de dosificación (fig. 3.19).

FIG. 3.19. Esquema de piscina con filtración con rebosadero y tratamiento automatizado mediante hipoclorito sódico<sup>7</sup>.

Su utilización modifica el pH del agua, por lo que es necesario llevar un control de este. Tiene un gran poder desinfectante, es letal para varios microorganismos, virus y bacterias vegetativas. Tiene un carácter residual lo cual favorece su poder desinfectante. Su principal inconveniente es su coste comercial y su manipulación, aunque esto último desaparecería si se generara “in situ” mediante un proceso físico-químico, tal y como se verá en el siguiente apartado.

- Dióxido de cloro: Debido a sus cualidades oxidantes selectivas, su aplicación es una alternativa a ser considerada donde, además de la desinfección, se requiere mejorar la calidad organoléptica del agua. Tiene un gran efecto en el control del sabor y el olor, pero su uso como desinfectante se ve limitado a causa de su complejidad y sensibilidad en la producción, y a un relativo coste elevado.

El dióxido de cloro no se vende como un producto listo para su uso, por lo que debe generarse in situ. Además, su producción y manejo entrañan complejidad y riesgos. Por lo que se usa en combinación con otras sustancias químicas para el tratamiento del agua.



FIG. 3.20. Dióxido de cloro combinado<sup>11</sup>.

- Peróxido de hidrógeno: El peróxido de hidrógeno es un desinfectante líquido, ecológico, libre de cloro, bromo y otras sustancias tóxicas. Se caracteriza por su eficacia y bajo consumo en la desinfección y tratamiento de agua de piscina ecológico y sin toxicidad. Tiene un gran poder, por lo que el agua se mantiene desinfectada incluso en los días de más calor y en el caso de que la piscina sea poco utilizada, el producto tarda más en consumirse, gracias a su efecto depósito. Pero su principal problema reside en que es necesario de una manipulación especializada, ya que es muy peligrosa. Esto implica que el uso de este compuesto eleve el coste de la instalación además de ser más caro que el cloro.



FIG. 3.21. Peróxido de hidrógeno<sup>14</sup>.

- **Bromo:** Tiene una eficacia desinfectante similar al cloro pero el bromo es más activo a pH elevados. No provoca malos olores ni irrita la piel, los ojos, mucosas, cabello o ropa. También tiene más capacidad de eliminar las algas, de hecho se puede utilizar en combinación con el cloro para ese uso. Se comercializa en tabletas y también puede ser usado con dosificadores automáticos. A diferencia del cloro, el bromo es un producto que tiene un elevado coste.

FIG. 3.22. Tabletas de bromo<sup>7</sup>

### 3.3.3.- MÉTODOS FÍSICO-QUÍMICOS.

Los métodos físico-químicos son sistemas que mediante un proceso físico transforman sustancias no desinfectantes en otras que sí lo son para la limpieza del agua de la piscina. Estas transformaciones se realizan “in situ”, según la demanda del agua y los productos que se generan se dosifican automáticamente según las exigencias del agua a tratar.

Los métodos físico-químicos más utilizados para la desinfección de piscinas son:

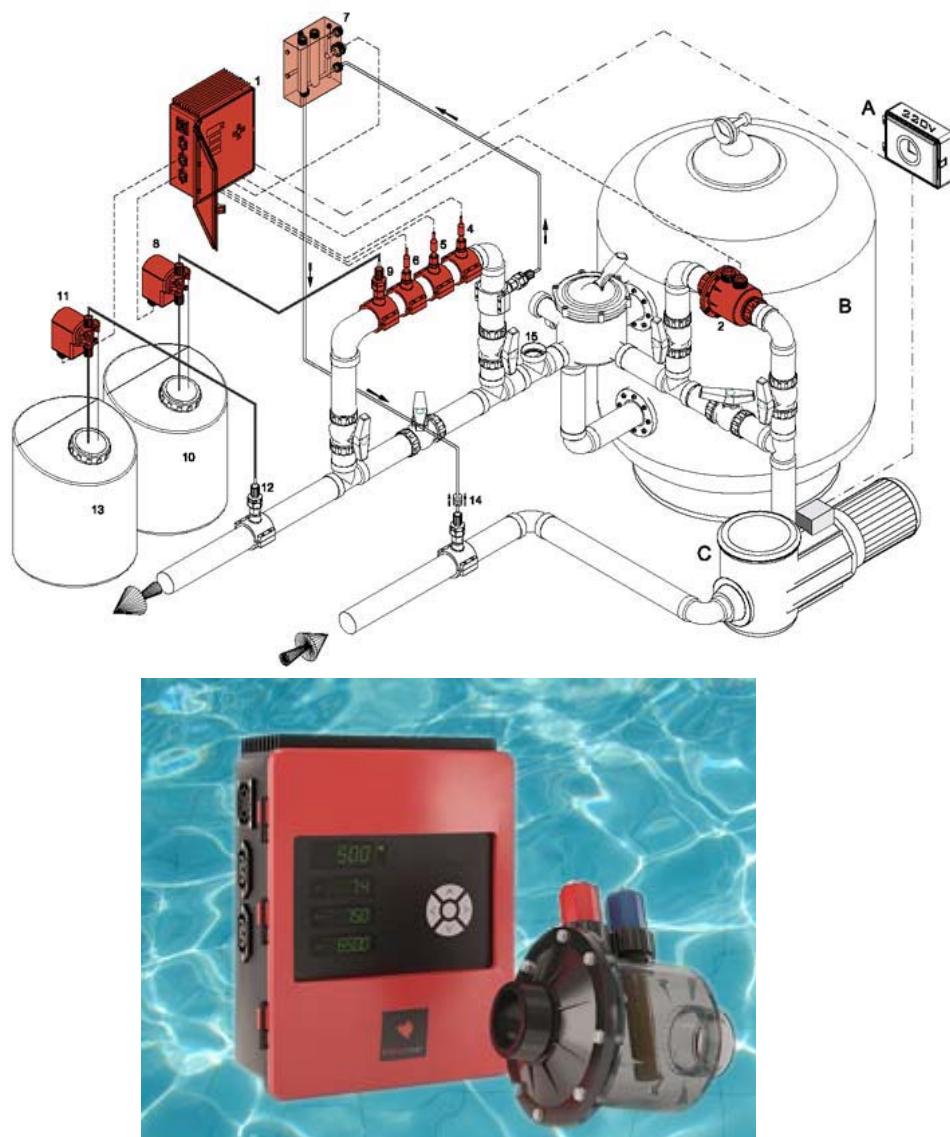
- Ionización cobre-plata.
- Electrólisis de sal o cloración salina.
- Luz ultravioleta.
- Tratamiento mediante ozono.

#### A. Ionización cobre/plata.

Es un sistema muy eficaz capaz de destruir microorganismos resistentes a otros procesos químicos. La utilización de un equipo de ionización cobre/plata en la red de circulación de agua, sea o no calefactada, provee efectos antiincrustantes, alguicidas, bacteriostáticos y estabilizadores de pH. Es necesaria la utilización de otros productos químicos de forma eventual, en un 10% de lo habitualmente aplicado.

Este tratamiento físico-químico del agua modifica las propiedades de las sales presentes en la misma, estabilizando los niveles de acidez (pH), e inhibiendo los procesos de incrustación y corrosión en los circuitos, bombas, filtros y calderas y creando un ambiente no propicio para la formación y crecimiento de algas y hongos.

Este sistema se instala en el circuito de filtrado (figura 3.23), de acuerdo al caudal indicado por el fabricante de la misma, y antes de la caldera si la hubiere.

FIG. 3.23. Sistema de tratamiento de ionización cobre/plata<sup>6</sup>

### B. Electrólisis de sal o cloración salina.

La electrólisis de sal es un sistema de producción de hipoclorito de sodio ( $\text{NaClO}$ ) mediante sal ( $\text{NaCl}$ ) y agua ( $\text{H}_2\text{O}$ ). Este sistema combina una alta tecnología y una ingeniería novedosa, con un material básico y muy económico en nuestra sociedad, como es la sal. Produce el cloro en forma de hipoclorito de sodio sin que exista ningún peligro en su manejo y aplicación.

Básicamente, la electrólisis salina supone el paso de una corriente continua por unos electrodos de titanio activados contenidos en una cámara de electrólisis sin separación de compartimentos. A través de esta cámara se recircula el agua del vaso que contiene una concentración de sal (cloruro sódico) alrededor de 3-6 grs/l.



FIG. 3.24. Cuadro de control y alimentación, y célula electrolítica del sistema de cloración salina o electrolisis de sal<sup>18</sup>.

El sistema de electrólisis salina no tiene consumo teórico de sal ya que trabaja en un ciclo cerrado. Cuando el agua salada se somete al proceso de electrolisis de sal, se convierte en hipoclorito de sodio que desinfecta el agua, pero en cuanto dicha agua retorna a la piscina y entra en contacto con el aire, el hipoclorito de sodio se volatiliza y vuelve a convertirse en sal que queda disuelta de nuevo en el agua (figura 3.25). Efectivamente, la electrogeneración de hipoclorito sódico ( $\text{NaClO}$ ) a partir de cloruro sódico vuelve nuevamente a rendir cloruro sódico tras la oxidación de la materia orgánica o la eliminación de patógenos.

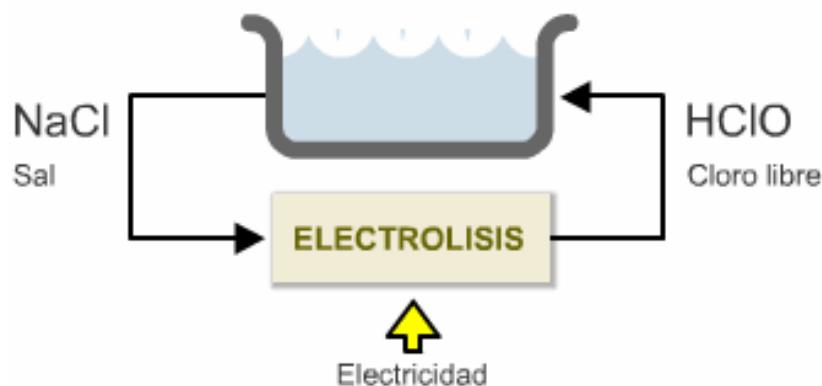
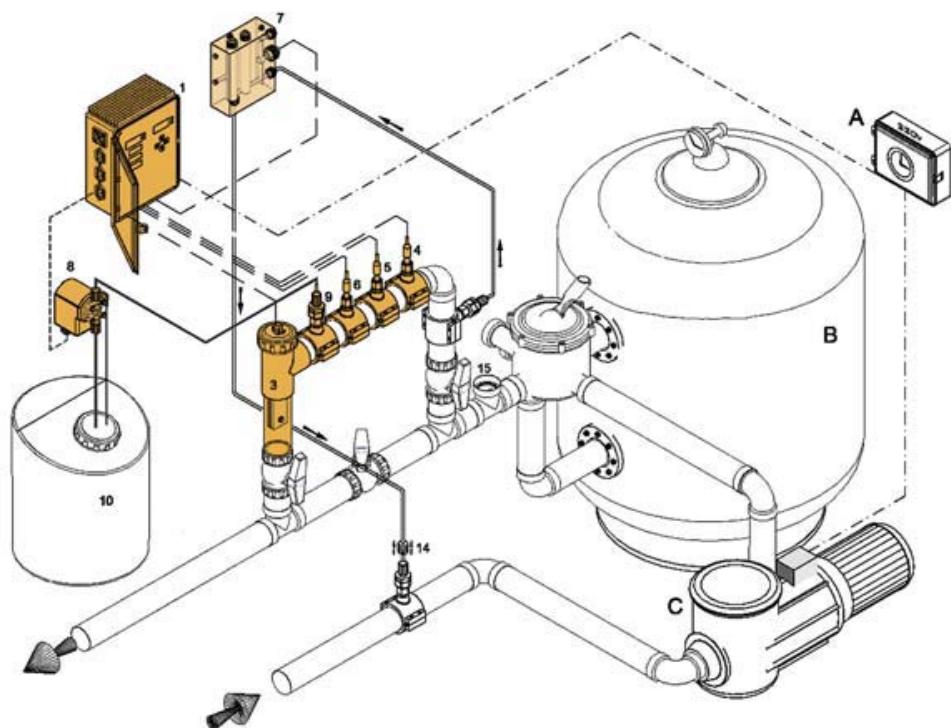


FIG. 3.25 Proceso de electrólisis de sal<sup>18</sup>

Con este proceso se genera cloro puro sin otros subproductos indeseables aunque si productos que alargan el tiempo del efecto desinfectante. No provoca irritación en los ojos, las mucosas y la piel. Aunque es necesario realizar una nivelación del pH.

Se pueden tener esquemas de electrolisis salina en línea o con un by-pass (figura 3.26), y siempre por detrás del sistema de calentamiento de agua si existe.

Instalación en línea<sup>18</sup>Instalación en by-pass<sup>18</sup>FIG. 3.26. Esquemas del sistema de electrólisis de sal<sup>6</sup>

### C. Tratamiento por luz ultra violeta.

El equipo automático de rayos de luz ultravioleta UV-C (figura 3.27) consigue una doble desinfección del agua mediante una reducción muy importante de las cloraminas (cloro combinado) y la neutralización de las bacterias, virus y otros microorganismos presentes en el agua, impidiendo que se reproduzcan.

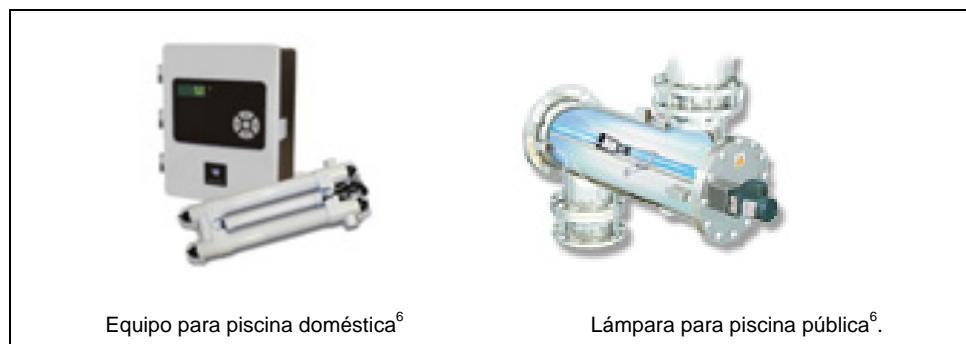
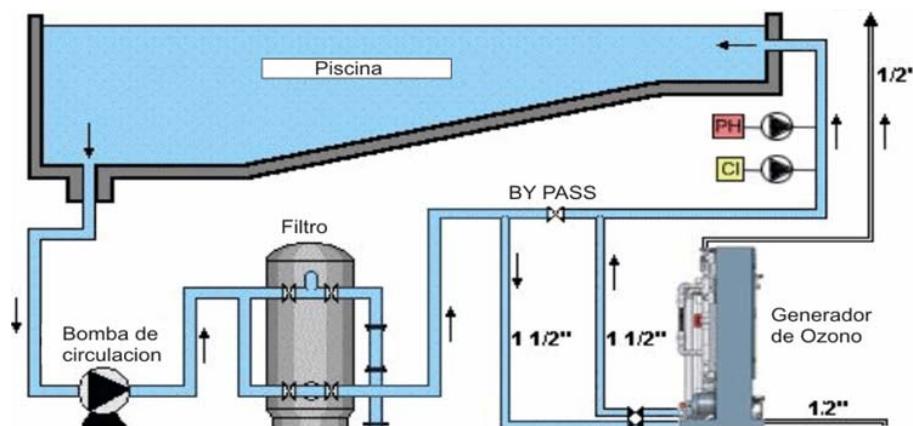


FIG. 3.27. Lámparas para tratamiento con luz ultravioleta.

El resultado es una excelente calidad del agua, sin malos olores ni problemas de irritación de los ojos, menor gasto de producto químico y ahorro de agua de renovación. Pero solo se puede considerar como un proceso de apoyo, es necesario el aporte de otros elementos de desinfección.

#### D. Tratamiento mediante ozono.

El ozono ( $O_3$ ) es un agente desinfectante muy efectivo y puede ser usado en piscinas reemplazando al cloro y el bromo que contienen productos químicos para la desinfección. El ozono una vez utilizado para la desinfección pasa a formar oxígeno y no deja rastro en el agua, pero el agua de la piscina para su mantenimiento necesita que tenga siempre una pequeña cantidad de desinfectante, por lo que el ozono al no tener carácter residual, debe utilizarse en compañía de otro compuesto, ya sea clorado u otro producto químico parecido. En muchos casos la cantidad de cloro en el agua de la piscina baja del 90%.

FIG. 3.28. Esquema de tratamiento de piscina con generador de ozono<sup>7</sup>.

El ozono se produce artificialmente mediante varios métodos, el más usado es mediante la electricidad, en un proceso llamado “descarga de corona”, necesita oxígeno que extraen del aire o de bombas de oxígeno y electricidad.

Su principal beneficio es la casi eliminación de típico olor a piscina, eliminación de los ojos rojos y demás desventajas del uso exclusivo del cloro y su peor desventaja es el coste y la instalación. Comparado con otros procesos descritos la maquinaria necesaria es muy grande, por lo que requiere de un gran espacio y como se ha dicho anteriormente es necesario el aporte adicional de productos complementarios.

### 3.3.4. CONTROL DEL pH.

Aunque el concepto de pH no es tan familiar como lo es el de la cloración, no es por ello menos importante. El pH óptimo para el agua de una piscina debe situarse en el rango 7.2 - 7.8, en el que afortunadamente el cloro es donde presenta su mayor efectividad. Un agua ácida (pH inferior a 7.0) puede producir corrosión en los accesorios de la piscina, mientras que un pH demasiado alcalino (mayor de 7.8) favorecerá la formación de incrustaciones calcáreas así como una pérdida de efectividad del cloro. Además los procesos de cloración tienden a modificar el pH del agua por lo que es necesario realizar un control sobre este, incluso en algunos procesos de tratamiento de agua van unidos al control de pH.

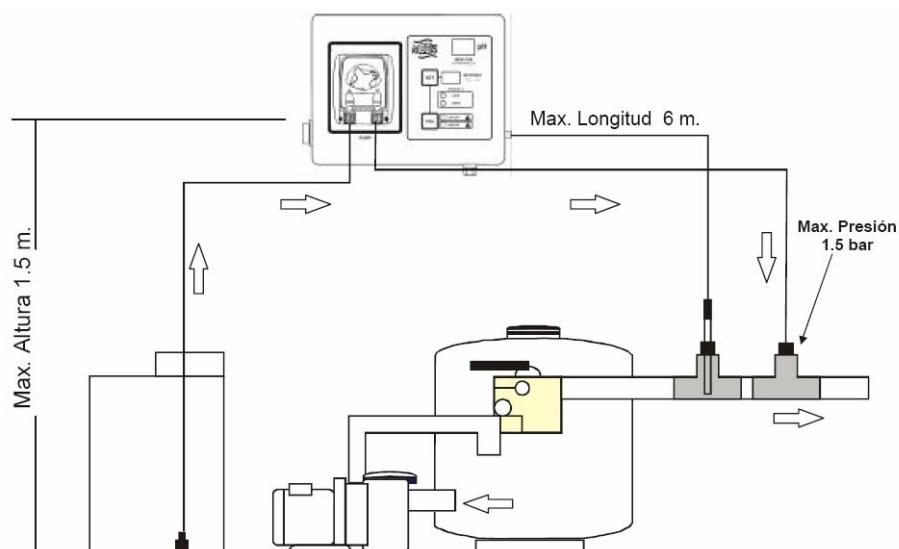


FIG. 3.29. Control automático de pH integrado con sistema de electrólisis salina<sup>18</sup>

En la actualidad, la medida del pH del agua es un procedimiento sumamente sencillo. Simplemente basta con introducir un electrodo en el agua y visualizar la medida directamente en el regulador. Sin embargo, no conviene olvidar que, como en cualquier otra técnica analítica, para obtener una medida de pH correcta es necesario realizar una buena calibración del regulador.

Aun provocando un aumento del coste de la instalación es más óptimo realizar la regulación de forma automática, evitando la manipulación de productos peligrosos, que no exista una exactitud en las mediciones y que el control no sea continuo, cosa que puede acarrear problemas al resto de la instalación.

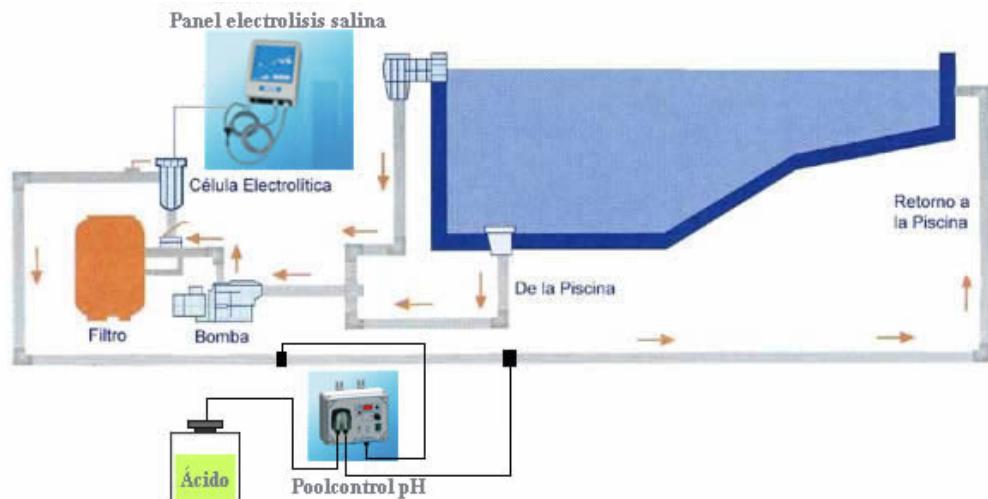


FIG. 3.30. Esquema con control automático del pH<sup>19</sup>.

#### 4. ACCESORIOS

Existen diferentes elementos que en algunos casos son necesarios para el uso de la piscina como son las duchas o los lava-pies, losas recoge-hojas o los limpia-fondos, mientras que existen otros que son complementarios y lo único que hacen es proporcionar mejoras a las instalaciones o a los usuarios.

Estos accesorios se pueden dividir en los relativos a la instalación hidráulica, a la eléctrica, a la accesibilidad y a la limpieza y mantenimiento.

##### **4.1 ACCESORIOS DE ACCESIBILIDAD**

Dentro de este grupo se encuentran:

- Escaleras metálicas,
- Rampas y escaleras de obra,
- Barandillas metálicas

##### **4.2 ACCESORIOS EN LA INSTALACIÓN HIDRÁULICA.**

Para asegurar las condiciones higiénico-sanitarias de las piscinas es obligatorio el uso de duchas antes de introducirse en ellas y en el caso que existan zonas con césped o tierra se puede hacer uso de lava-pies. Ambos elementos necesitan del abastecimiento de una red hidráulica procedente de la red de abastecimiento general, y no procedente de la piscina y de la misma forma los desagües de dichos elementos se reunirán para acometerse a la red de alcantarillado, nunca a la recirculación de la piscina.

Existen otros accesorios hidráulicos como pueden ser los jets de masaje, que si pertenecen al ciclo de la piscina, y que principalmente se usan para mejorar la confortabilidad

de los usuarios. Este sistema de jets de masaje pretende crear un espacio de relax en la piscina, permitiendo a los usuarios disfrutar de un agradable baño con un coste no muy elevado.

El sistema de jets de masaje irá independiente de los otros sistemas hidráulicos. Mediante el pulsador piezoelectrónico se abre la electroválvula de aspiración del fondo del vaso, que activa la bomba que suministra agua y posteriormente la conduce hasta las boquillas de impulsión<sup>2</sup>. Allí el agua se mezcla con el aire procedente del exterior (fig. 4.1) y provoca el chorro de masaje aire-agua. El accionamiento puede ser temporizado o manual.

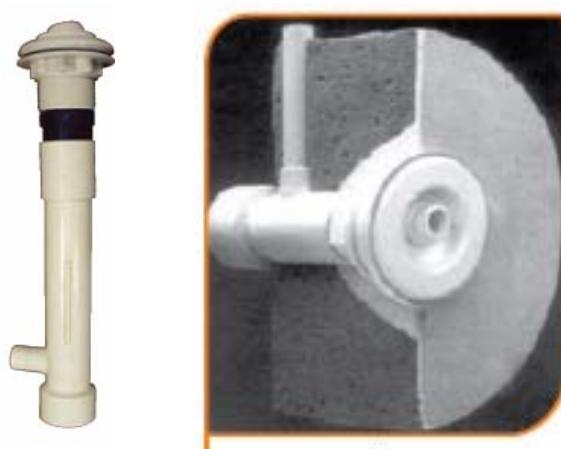


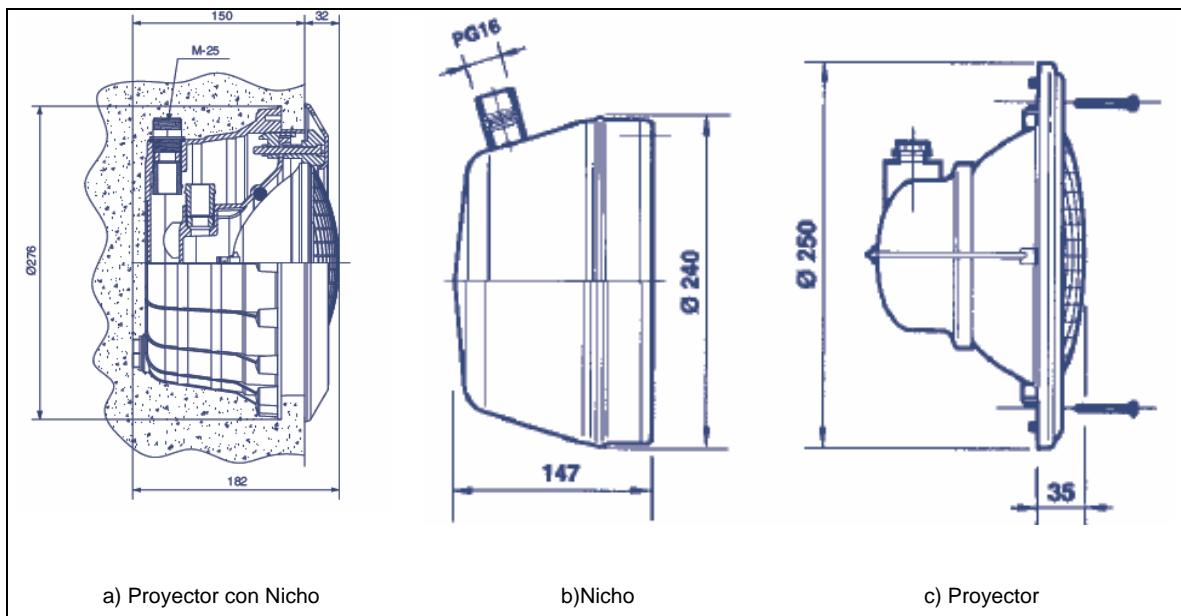
FIG. 4.1 Tubería mezcla aire-agua<sup>20</sup>

#### **4.3 ACCESORIOS ELÉCTRICOS.**

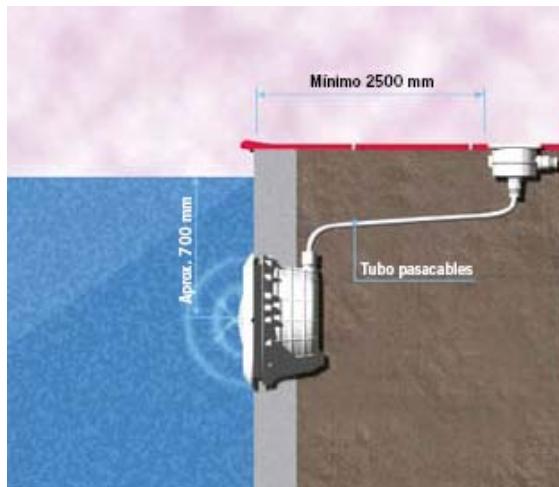
Es muy usual encontrar iluminación en el vaso de las piscinas para poder uso de ellas por la noche principalmente en las de uso doméstico o comunitario, pero para poder instalarlas es necesario seguir las recomendaciones dictadas por el REBT, en su instrucción técnica ITC-BT 31 en la que se definen los volúmenes de protección y características estancas de los elementos utilizados para estas instalaciones.

Para la instalación del hilo musical hay seguir las mismas recomendaciones.

La ubicación de los elementos se realizará en nichos practicados durante la construcción de la piscina en la fase conocida como instalaciones previas. Una vez revestido el vaso, se colocará el proyector (figura 4.2c) dentro del nicho (figura 4.2b) sin necesidad de atornillar la pared, evitando así las filtraciones que puedan causarse por los agujeros, evitando las fisuras en el paramento, o rotura de paredes.

FIG.4.2. Iluminación en piscinas<sup>20</sup>.

En la superficie de la playa exterior se instalará una caja de registro (figura 4.3) para la posterior manipulación del cableado de la instalación.

FIG.4.3-Esquema de instalación iluminación<sup>20</sup>

#### **4.4. ACCESORIOS DE LIMPIEZA Y MANTENIMIENTO.**

En la superficie de la piscina, se suele quedar toda la grasa que acumula el agua proveniente del sudor aceites solares, así como residuos orgánicos procedentes de árboles o traídos por el viento. Cuando el sistema es desbordante este problema se disminuye en gran medida pero con skimmer es necesario limpiarla o colocar elementos que disminuyan estos elementos.

Se puede limpiar con:

- Recogehojas.
- Cobertor (prevención): No tiene efecto de limpieza pero si de prevención y protección. También puede funcionar de aislante térmico.

Otra zona que necesita limpieza y que en algunos casos es necesario tener una especial consideración es el fondo de la piscina. Para su limpieza es necesario contar con alguno de los accesorios siguientes:

- Limpiafondos manuales o fijos: Conectados a la toma de la barredera.
- Limpiafondos automáticos. Los cuales pueden actuar independientes a la toma de la barredera o conectados a ellas.
- Otra opción es el sistema de limpieza integrada, que ha sido introducido con anterioridad.

## 5. ENERGÍA SOLAR APLICADA A PISCINAS

Cuando disponemos de una piscina, o queremos construirla, a nadie se le escapa que la inversión realizada, o a realizar, supone unos costos significativos. Si la piscina es de uso privado, ya sea de un único propietario o de una comunidad, el objetivo será aumentar la temporada de uso; aumentando el periodo de utilización de la inversión realizada. El problema reside en que cuando la temperatura media diaria del agua de una piscina se encuentra por debajo de los 18º, la sensación del baño suele ser desgradable. Por lo que una buena opción es la utilización de energías renovables, en este caso energía solar, para el calentamiento del agua de la piscina.

Normalmente las instalaciones serán mixtas, es decir, dedicadas a la producción de ACS y al calentamiento del vaso de las piscinas (figura 5.1). Las instalaciones solares para preparación de ACS y calentamiento de piscina proporcionan un considerable ahorro de combustible. Los requerimientos de temperatura de una piscina van, dependiendo de su uso, desde los 22 ºC en una piscina deportiva hasta los 30 ºC en una piscina para niños.

Para piscinas cubiertas, si se siguen las indicaciones del IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía), la temperatura seca del aire del local será entre 2 ºC y 3 ºC mayor que la del agua, con un mino de 26 ºC y un máximo de 28 ºC, y la humedad relativa del ambiente se mantendrá entre el 55% y el 70%, siendo recomendable escoger el valor de diseño 60%.

Dado el importante volumen con el que nos encontramos, mantener la temperatura dentro de estos límites requiere de grandes cantidades de energía.

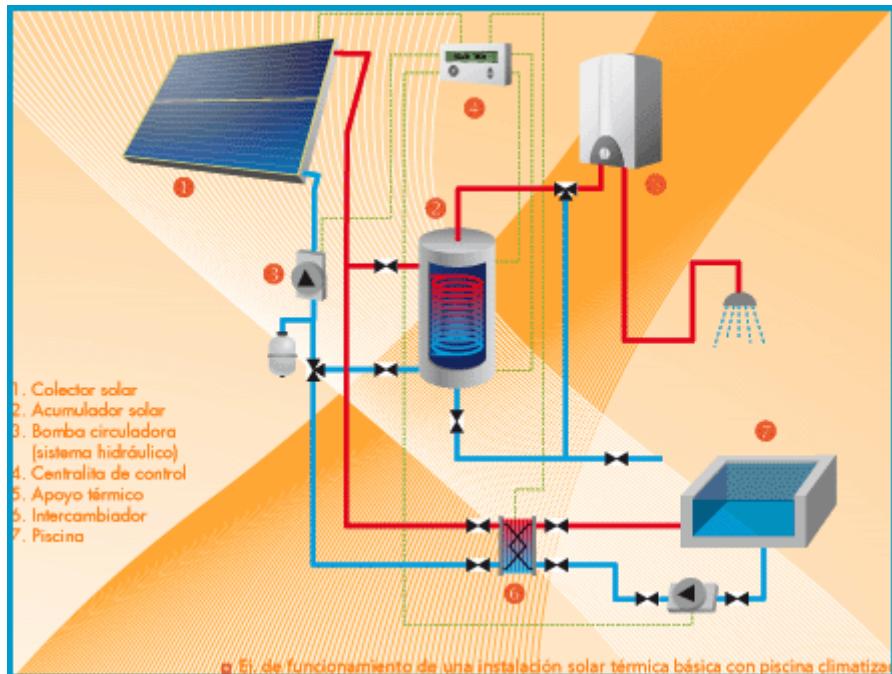


FIG. 5.1 . Esquema combinado solar de calentamiento de agua para piscinas y ACS<sup>21</sup>

El conjunto de aprovechamiento solar para calentamiento de piscina cuenta con los siguientes subsistemas:

- Subsistema de captación. Constituido por los colectores térmicos, que van a ser los encargados de recibir la radiación solar y transformarla en calor.
- Subsistema de intercambio. Encargado de transferir calor desde el circuito de colectores hasta el circuito secundario de acumulación solar.
- Subsistema de almacenamiento. En este caso, constituido por el propio vaso de la piscina
- Subsistema de control. Realiza las labores de parada y puesta en marcha de la instalación solar, en función de la diferencia de temperaturas entre el campo de colectores y la sonda situada en la parte mas baja del primer acumulador solar, y de la temperatura en la zona mas alta del ultimo deposito solar o en el retorno de la piscina.

La conexión del sistema auxiliar con el sistema solar, en el caso de calentamiento de la piscina, se hará, preferiblemente, en paralelo. Las instalaciones solares, con una vida útil media de 20 años, son una prueba de una tecnología de confianza y de alto nivel.

Para las piscinas cubiertas siempre será necesario realizar un calentamiento del agua contenida en el vaso, por lo que además de un equipo de apoyo auxiliar convencional. Cuando se trate de una piscina descubierta, tendremos la opción de no contar con algún tipo de calentamiento auxiliar, en este caso sólo tienen una temperatura confortable en algunos meses del año, y rara vez se encuentran lo suficientemente tibia durante la tarde o muy temprano, por la mañana.

Esto ha traído como consecuencia que se tengan que buscar nuevas alternativas de uso de energía y se ha encontrado que el uso de la energía solar encuentra aquí un campo de aplicación muy interesante, ya que la utilización de la energía solar en forma adecuada y eficiente puede suministrar toda la energía que se necesita para mantener la temperatura de la piscina dentro de un rango aceptable.

Ésta es una de las pocas aplicaciones en donde el costo del equipo solar es equiparable con el de los sistemas tradicionales. Si también se toma en cuenta que la energía solar es gratuita y que no contamina, la opción por el uso de energía solar para el calentamiento de piscinas se hace mucho más atractiva e interesante.

Debido a las bajas temperaturas de operación de estos sistemas ( $20-30^{\circ}\text{C}$ ), se pueden utilizar colectores de energía solar muy sencillos, con tratamiento de pintura negra cuando se trate de una zona con buenas condiciones de irradiación.

La figura 5.2 representa el recorrido del agua cuando el sol incide en los captadores y calientan el agua que va a la piscina.

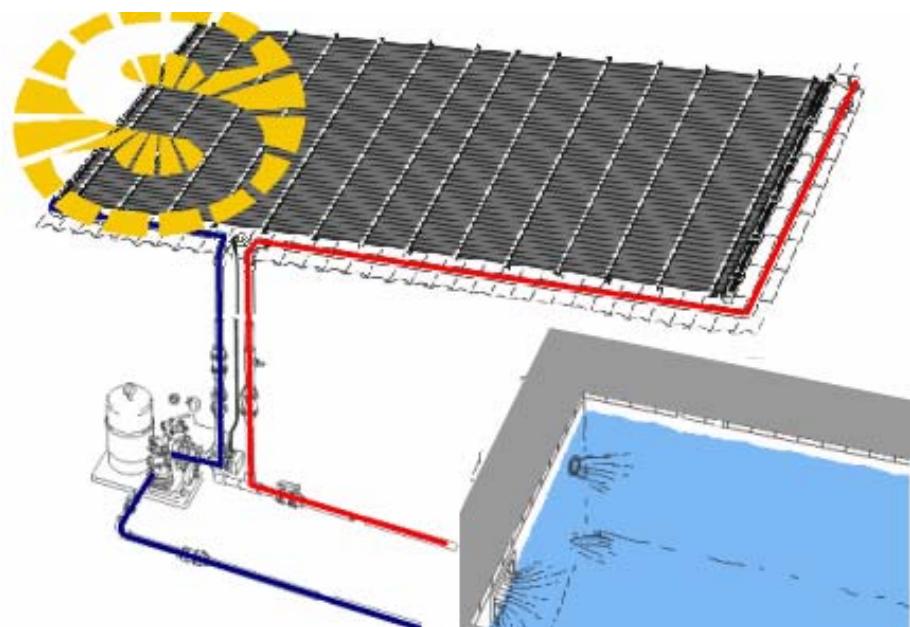


FIG. 5.2. Esquema de calentamiento del agua de una piscina descubierta mediante colectores solares sin equipo auxiliar<sup>22</sup>

Por el contrario, la figura 5.3, representa el recorrido que hace el agua cuando el sol no incide en los captadores, no se calienta el agua y por lo tanto debe pasar por el sistema auxiliar de acumulación de agua caliente.

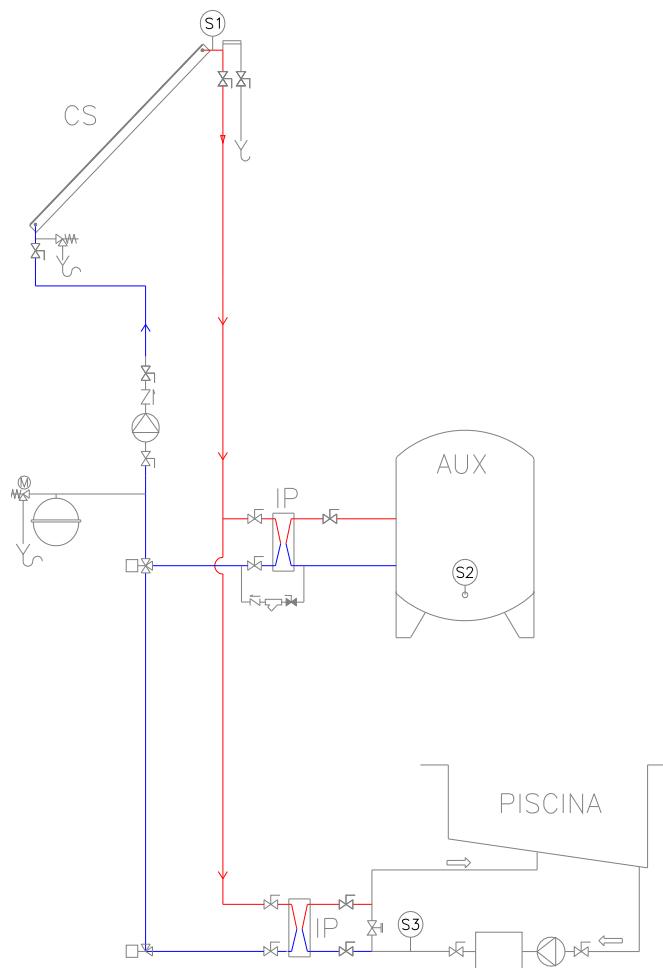


FIG.5.3. Esquema de calentamiento de una piscina con depósito auxiliar<sup>2</sup>.

Es necesario colocar en la piscina, para la mejora en la eficiencia de la instalación, una manta térmica por las noches que mantenga estable la temperatura del agua.

**Recomendaciones según el Reglamento de Régimen Técnico-Sanitario de Piscinas.**

En la construcción de cualquier piscina para uso público y sus instalaciones tendremos que remitir al *Reglamento del régimen Técnico-Sanitario de Piscinas, de Murcia* (Boletín Oficial de Murcia Núm.38. Miércoles 15 de Marzo de 1989).

En esta pregunta simplemente vamos a enumerar aquellos aspectos fundamentales referentes a la asignatura. (No se debe de olvidar, que el conocimiento y la lectura de todos aquellos Reglamentos y Normativas que afecte al uso y ubicación de nuestro edificio, será necesario, ya que también se tiene obligación a realizar el control de dicho cumplimiento.)

1. El presente Reglamento tiene por objeto establecer, con carácter obligatorio las normas que regulan el control de la calidad higiénico-sanitaria de las piscinas de uso colectivo y sus instalaciones y servicios anexos<sup>1</sup>.
2. Quedan únicamente excluidas de la aplicación del presente Reglamento:
  - a. Las piscinas de uso exclusivamente familiar o de comunidades de vecinos.
  - b. Las instalaciones de uso exclusivo para baños terapéuticos o termales, que se regirán por lo que disponga su legislación específica<sup>1</sup>.
3. La forma y características del vaso evitarán ángulos, recodos y obstáculos que dificulten la circulación del agua o representen peligro para los usuarios<sup>1</sup>.
4. El fondo de todo vaso tendrá un desagüe «de gran paso» protegido mediante dispositivos de seguridad que eviten cualquier peligro para los usuarios, y que permita la evacuación rápida de la totalidad del agua y de los sedimentos y residuos en él contenidos<sup>1</sup>.
5. En ningún caso podrá recircularse esta agua para el uso de las instalaciones de la piscina<sup>1</sup>.
6. En los vasos de nueva construcción, independientemente de su superficie de lámina de agua, no podrán instalarse espumaderas (skimmers) o rebosaderos discontinuos superficie, siendo obligatorio disponer de un sistema de recogida de superficie continuo y con flujo conveniente, que permita la adecuada recirculación y renovación de la totalidad de la lámina superficial de agua<sup>1</sup>.

7. El nivel de llenado del vaso posibilitará la correcta función del sistema de recirculación, manteniéndose siempre al máximo nivel coincidente con el borde de dicho sistema. Los bordes del rebosadero serán redondeados y antideslizantes<sup>1</sup>.
8. Estará libre de impedimentos y tendrá uno anchura mínimo de 1m con ligera pendiente hacia el exterior del vaso que evite el reflujo de agua hacia el mismo. Para evitar encharcamientos dispondrán del adecuado sistema de drenaje<sup>1</sup>.
9. En el caso de piscinas descubiertas en las proximidades del vaso se instalarán duchas de agua potable con desagüe directo en número al menos igual que el de escaleras de acceso al vaso. En ningún caso se permitirá la recirculación de este agua para el uso de la piscina. La plataforma que rodea a los duchas debe estar impermeabilizada e inclinado de forma que se eviten encharcamientos alrededor de ellas<sup>1</sup>.
10. Si la zona de estancia que rodea el vaso es de tierra, césped o arena, contarán además con pediluvios que tengan una profundidad mínima de 0,10 m, anchura mínima de un metro y con fluido continuado de agua con poder desinfectante y no recirculable y disponiendo de una longitud y de los elementos arquitectónicos u ornamentales precisos para que no puedan ser evitados. Se podrá prescindir de los pediluvios, cuando estando acotada la zona de césped, tierra o arena con elementos ornamentales o arquitectónicos, se acceda al paseo a través de pasos de duchas que no puedan ser evitados y estarán en continuo funcionamiento. Opcionalmente se podrá dotar a éstos pasos de duchas de sistemas automáticos que los pongan en funcionamiento cuando los bañistas los atraviesen. Queda, en todo caso, prohibida la construcción de canalillos lava-pies perimetrales<sup>1</sup>.
11. En las cercanías de la zona de estancia se dispondrá de bocas de riego para poder realizar periódicamente su limpieza y desinfección<sup>1</sup>.
12. Las piscinas cubiertas dispondrán de las instalaciones necesarias que aseguren la renovación constante del aire en el recinto, manteniendo una humedad relativa media del aire comprendida entre 65-75%. En estas piscinas el agua de los vasos tendrá una temperatura que estará comprendido entre 24 y 30°C y la temperatura ambiente será sensiblemente similar a la del agua tolerándose desviaciones de + 2°C<sup>1</sup>.
13. El agua de abastecimiento de los vasos tendrá que proceder preferentemente de la

red de distribución de agua potable<sup>1</sup>.

14. El agua de las instalaciones generales tales como pediluvios, duchas y otros, deberá proceder preferentemente de la red general de distribución de agua potable y nunca podrá pertenecer al circuito de regeneración propio de la piscina, realizándose su eliminación o través del alcantarillado, juntamente con la de drenaje<sup>1</sup>.
15. La entrada de agua de alimentación y renovación de los vasos se realizará a una altura suficiente con respecto al nivel máximo del vaso y dispondrá de dispositivos antirretorno de manera que se impide el reflujo y retrofotonaje del agua del vaso a la red de agua potable<sup>1</sup>.
16. El tiempo de recirculación de toda la masa de agua no deberá exceder a los siguientes períodos de tiempo indicados en el Reglamento<sup>1</sup>:  
Caudal mínimo reciclado =
  - Volumen vasos prof. sup 1,50 m ----- 4 (m<sup>3</sup>/h)
  - Volumen vaso prof. inf. 1,50 m ----- 2 (m<sup>3</sup>/h)
17. A fin de conocer en todo momento el volumen de agua renovada y depurada, se instalarán como mínimo dos contadores de agua; uno a la entrada de alimentación del vaso y otro después del tratamiento de depuración<sup>1</sup>.
18. Estos contadores de paso deberán registrar la cantidad de agua renovado y depurado diariamente en cada vaso<sup>1</sup>.
19. El agua de los vasos debe reunir las características exigidas en el anexo I, para lo cual deberá ser filtrado y depurado mediante procedimientos físico-químicos autorizados, no llegando nunca a ser irritante para la piel, ojos y mucosas de los usuarios<sup>1</sup>.
  - a. Los sistemas de depuración y de dosificación de desinfectantes y otros productos deberán ser independientes para cada vaso. Por otra parte cada vaso dispondrá de sus propios dispositivos de alimentación y evacuación<sup>1</sup>.
  - b. Existirán sistemas automáticos para la dosificación de desinfectantes en todos los vasos de la piscina. Sólo de manera excepcional y siempre que se realice fuera de horario al público, se permitirá la dosificación manual en caso de que sea necesario y justificado<sup>1</sup>.
20. En las piscinas reguladas por la presente norma existirán vestuarios y aseos con separación de sexos. Dispondrán de un adecuado sistema de ventilación natural o

forzada y su capacidad será la adecuado a los posibles usuarios y como mínimo lo necesario para la ocupación de 1/4 del aforo máximo en piscinas cubiertas o climatizadas y de 1/6 en las descubiertas, disponiéndose en ambos casos de 1 m<sup>2</sup> por persona<sup>1</sup>.

21. Las instalaciones anexas como maquinaria aparatos para la elevación y depuración del agua, calderas, generadores eléctricos e instalaciones para iluminación, almacenes de material, etc, estarán emplazados en lugares independientes fuera del acceso al público y en la forma que para cada caso determine la legislación aplicable<sup>1</sup>.

NOTA: Muchas de estas recomendaciones han quedado modificadas una vez entrada en vigor del CTE, como son las temperaturas máximas del agua en piscinas climatizadas.



# Bibliografía

1. Reglamento técnico sanitario de piscinas de la región de Murcia. 1989.
2. Piscina climatizada con tratamiento biodegradable y alta eficiencia energética. Patricia Pérez Gil. Tutora: G. Vázquez Arenas. 2010.
3. <http://www.urzainqui.galeon.com>
4. <http://www.hidro-tecnología.com>
5. <http://www.acuauto.com>.
6. <http://www.A-kroll.com>
7. Astralpool.S.A. Grupo Fluidra España. Catálogos comerciales.
8. Instalaciones de fontanería y saneamiento. Franco Martín. AMV Madrid. 2006.
9. Manual instrucciones sistemas de depuración. Piscinas pool. (<http://www.rehabilitaciónpiscinas.com>)
10. Recomendaciones higiénico-sanitarias en piscinas de uso colectivo. M.Suaréz Bernal, C. Blancas Cabello. Consejería de salud de la Junta de Andalucía. 2001.
11. <http://www.piscinas-online.com>
12. <http://www.fugasdeaguas.es/tipos-de-fugas-de-agua/piscinas/fugas-en-filtros>.
13. <http://masquepiscinas.com>
14. <http://www.tiendaspiscinas.com>
15. <http://www.elregante.com>
16. Dryden Aqua R&D. Catálogo comercial.
17. Hidritec. Tecnología y gestión de recursos hídricos.
18. I.D. Electroquímica S.L., Marca registrada IDEGIS. Empresa perteneciente a ASEFE (Asociación de fabricantes de Electrólisis Salina de España). Catálogos comerciales.
19. <http://www.equadis.es/electrolisis%20salina.html>
20. <http://www.piscinas.com>
21. <http://solar-tech.es>
22. Feldmann S.A. Catálogos comerciales.



# Bibliografía General

- Código Técnico de la Edificación. Ministerio de la Vivienda. Marzo 2006. (RD 314/2006 de 17 de marzo).
- RITE + Instrucciones Técnicas Complementarias. RD 1027/2007 20 de julio (BOE nº 207, 29 de agosto 2007).
- Resumen de normas UNE.
- Instalaciones de Fontanería, Saneamiento y Calefacción. Franco Martín Sánchez. 4<sup>a</sup> edición. 2007.
- Cálculo y normativa básica de las instalaciones en los edificios. J.L. Arizmendi Barnes. Ed.: Eunsa. 6<sup>a</sup> edición. 2000.
- Nuevo Manual de Instalaciones de Fontanería y Saneamiento. Franco Martín. Ed. A. Vicente 2007.
- Instalaciones en la edificación y su ejecución. E. Maestre Gordo; J.A. López Davó. Gabinete Técnico del COAATMU. 2001.
- Instalaciones de fontanería. M. Roca Suárez , J. Carratalá y J. Solís Robaina. Univ. De las Palmas de Gran Canaria. 2005.
- Instalaciones sanitarias. Pedro M<sup>a</sup> Rubio Requena. 1974.
- Manuales técnicos ROCA.
- Pliego de especificaciones técnicas para tuberías. Serie normativa 2001.
- Catálogos comerciales.
- NTE. Instalaciones 1<sup>a</sup> Parte. Ministerio de Fomento. 2002.
- Manual de instalaciones de calefacción por agua caliente. Franco Martín Sánchez. AMV ediciones. 3<sup>a</sup> edición. 2008.
- Instalaciones de fluidos en los edificios. Saneamiento. A. Ayala. COITMU y Universidad Politécnica de Valencia. 2001.
- Instalaciones de evacuación. M. Roca Suárez, J. Carratalá y J. Solís Robaina. Univ. De las Palmas de Gran Canaria. 2005.
- Instalaciones sanitarias. Pedro M<sup>a</sup> Rubio Requena. 1974.
- Manuales técnicos ROCA.
- Catálogo comercial Uralita. 2007.
- Catálogos comerciales.
- NTE. Instalaciones 2<sup>a</sup> Parte. Ministerio de Fomento. 2002.
- Sauvier Duval. Catálogos comerciales.
- Energías renovables. Serie: "El sol puede ser tuyo". IDAE. 2005.
- Energía solar térmica de baja temperatura. Serie: "El sol puede ser tuyo". IDAE. 2006.

## Bibliografía General

---

- Paneles solares térmicos. Qué factores son importantes. A. Dobaran, F. Abella. SEDICAL.
- CENSOLAR. Instalaciones de energía solar. 2005
- Compendio de energía solar: Fotovoltaica, Térmica y Termoeléctrica. J.M. Fernández Salgado. AMV Editores. 2008
- Cálculo de sistemas solares para calentamiento de agua. Colección informes y estudios. Ministerio de Industria y Energía. 1992.
- <http://www.rasoler.com/legislacion-subvenciones.htm>
- Elementos para la optimización de las instalaciones solares térmicas. Agencia de Gestión de Energía de la Región de Murcia. Abril 2005.
- Catálogo comercial SONNENKRAFT.
- Catálogo comercial JUNKERS.
- Paneles Solares CROMAGEN. Catálogo comercial.
- Catálogo comercial VIESSMAN
- <http://www.puntsolar.com>
- <http://www.alternativasolar.com>
- <http://www.electricidad-gratuita.com/energia%20fotovoltaica.html>
- Paneles solares fotovoltaicos MITSUBISHI. Catálogo comercial.
- Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones de Baja Temperatura. IDAE. 2009
- <http://www.becquerelenergia.es/termica.html>
- Registro técnico de materiales. ([www.registrocdt.cl](http://www.registrocdt.cl))
- Reglamento técnico sanitario de piscinas de la región de Murcia. 1989.
- Piscina climatizada con tratamiento biodegradable y alta eficiencia energética. Patricia Pérez Gil. Tutora: G. Vázquez Arenas. 2010.
- <http://www.urzainqui.galeon.com>
- <http://www.hidro-tecnología.com>
- <http://www.acuauto.com>.
- <http://www.A-kroll.com>
- Astralpool.S.A. Grupo Fluidra España. Catálogos comerciales.
- Instalaciones de fontanería y saneamiento. Franco Martín. AMV Madrid. 2006.
- Manual instrucciones sistemas de depuración. Piscinas pool. (<http://www.rehabilitaciónpiscinas.com>)
- Recomendaciones higiénico-sanitarias en piscinas de uso colectivo. M.Suaréz Bernal, C. Blancas Cabello. Consejería de salud de la Junta de Andalucía. 2001.
- <http://www.piscinas-online.com>
- <http://www.fugasdeaguas.es/tipos-de-fugas-de-agua/piscinas/fugas-en-filtros>.
- <http://masquepiscinas.com>
- <http://www.tiendaspiscinas.com>

- <http://www.elregante.com>
- Dryden Aqua R&D. Catálogo comercial.
- Hidritec. Tecnología y gestión de recursos hídricos.
- I.D. Electroquímica S.L., Marca registrada IDEGIS. Empresa perteneciente a ASEFE (Asociación de fabricantes de Electrólisis Salina de España). Catálogos comerciales.
- <http://www.equadis.es/electrolisis%20salina.html>
- <http://www.piscinas.com>
- <http://solar-tech.es>
- Feldmann S.A. Catálogos comerciales.

