

Instalaciones de fontanería y climatización en centros de salud

Francisco García-Moreno Charlez
Xavier Ferré Tafalla

PID_00213447

Índice

Introducción	7
1. Saneamiento, alcantarillado y drenaje	9
1.1. Normativa básica	9
1.2. Generalidades y clasificación de las redes de evacuación de aguas	10
1.2.1. Sistema unitario	14
1.2.2. Sistema separativo	15
1.2.3. Sistema semiseparativo o mixto	17
1.2.4. Sistemas de elevación forzada	18
1.2.5. Sistemas mediante trituradores	19
1.3. Componentes	20
1.3.1. Materiales de las conducciones y arquetas	21
1.3.2. Cierres hidráulicos	25
1.3.3. Redes de ventilación	26
1.3.4. Grupos de bombeo	27
1.3.5. Acometidas al alcantarillado urbano	29
1.4. Metodología de cálculo	31
2. Fontanería	32
2.1. Criterios de diseño	32
2.1.1. Conceptos básicos y requerimientos de seguridad y fiabilidad	32
2.2. Acometida	32
2.3. Instalación interior general	33
2.4. Distribución particular	34
2.5. Esquemas básicos y simbología	35
2.5.1. Simbología básica	35
2.5.2. Esquemas de principio básico	36
3. Agua fría sanitaria	38
3.1. Normativas y reglamentos aplicables	38
3.2. Componentes de la instalación	39
3.2.1. Tuberías y conducciones	39
3.2.2. Dispositivos	39
3.2.3. Depósitos y bombas	42
3.3. Criterios de diseño	42
3.3.1. Grupos de presión	43
3.3.2. Tipología de las redes de distribución	44
3.3.3. Selección de valvulería	44
3.3.4. Materiales que debemos emplear	45

3.3.5.	Caudales y presiones de la red interior	46
3.4.	Metodología de cálculo	46
3.5.	Reserva de espacio en el edificio	47
3.6.	Dimensionado de las redes de distribución	47
3.6.1.	Dimensionado de los tramos	47
3.6.2.	Comprobación de la presión	48
3.6.3.	Dimensionado de las derivaciones a cuartos húmedos y ramales de enlace	48
3.6.4.	Dimensionado de los contadores	49
3.7.	Cálculo del grupo de presión	50
3.7.1.	Cálculo del depósito auxiliar de alimentación	50
3.7.2.	Cálculo de las bombas	50
3.7.3.	Cálculo del depósito de presión	50
3.7.4.	Cálculo del diámetro nominal del reductor de presión	51
3.8.	Dimensionado de los sistemas y equipos de tratamiento de agua	51
3.8.1.	Determinación del tamaño de los aparatos dosificadores	51
4.	ACS (agua caliente sanitaria).....	53
4.1.	Normativas y reglamentos aplicables	53
4.1.1.	Reglamento de instalaciones térmicas en los edificios (RITE)	54
4.2.	Producción y acumulación	54
4.2.1.	Producción individual de ACS de potencia menor que 70 kW	55
4.2.2.	Producción de ACS centralizada mediante bombas de calor	58
4.2.3.	Producción de ACS mediante generadores de calor de gas natural	60
4.3.	Metodología de cálculo	62
4.3.1.	Instrucciones técnicas complementarias (ITE)	63
5.	Tratamientos del agua.....	65
5.1.	Desinfección	65
5.1.1.	Desinfección por cloro	65
5.2.	Ablandamiento del agua	66
5.2.1.	Descalcificador	66
5.3.	Osmosis inversa	68
6.	Climatización y ventilación.....	70
6.1.	Introducción	70
6.2.	Normativa aplicable	70
6.3.	Consideraciones iniciales de diseño	70
6.4.	Parámetros de diseño	71
6.4.1.	Factores internos	71

6.4.2.	Factores externos	75
6.5.	Diseño básico de la instalación	77
6.5.1.	Introducción	77
6.6.	Cálculo de cargas térmicas	77
6.6.1.	Consideraciones iniciales de diseño	80
6.7.	Producción de frío/calor	80
6.7.1.	Producción de energía	80
6.7.2.	Ventajas e inconvenientes	81
6.8.	Distribución del fluido caloportante, caudal constante- caudal variable de agua	81
6.8.1.	Ventajas	82
6.8.2.	Inconvenientes	82
6.9.	Sistema de climatización todo aire	83
6.9.1.	Volumen de aire constante	84
6.9.2.	Volumen variable de aire	84
6.10.	Elementos auxiliares	85
6.10.1.	Bombas	85
6.10.2.	Acumuladores (depósitos de inercia)	86
6.10.3.	Vasos de expansión	86
6.10.4.	Tuberías	87
6.11.	Elementos terminales	92
6.11.1.	Climatizadores	92
6.11.2.	<i>Fan coils</i>	93
6.11.3.	Inductores	94
6.11.4.	Techo radiante	95
6.12.	Conductos y difusión del aire	97
6.12.1.	Rejillas y difusores	97
6.13.	Zonas de especial clasificación, salas blancas	98
6.13.1.	Quirófanos	98
6.13.2.	UCI	104
6.13.3.	Urgencias	105
6.13.4.	Patología	105
6.13.5.	Laboratorios-campanas	106
6.13.6.	Laboratorio de isótopos radiactivos	107

Introducción

Las instalaciones de fontanería y climatización son, evidentemente, unas de las instalaciones básicas de los centros sanitarios, tanto para su funcionamiento como para garantizar la correcta higiene del centro.

En la siguiente asignatura se tratarán estos dos tipos de instalaciones por separado en dos módulos independientes, para de esta manera garantizar una perfecta comprensión de todos los conceptos expuestos.

Como los dos temas son extensos y en algunos casos necesitan unos conocimientos técnicos elevados para su comprensión, se ha optado por hacer un módulo con todos los conceptos básicos para entender dichas instalaciones, que se irán desarrollando en cada una de las PEC.

Los conceptos básicos aquí expuestos nos darán una visión global de las instalaciones, aportándonos tanto una idea de los sistemas de instalaciones existentes en el mercado como de sus aplicaciones; finalmente, se expondrán las ideas utilizadas en el diseño de las instalaciones.

Por último, cabe señalar que con las ideas expuestas en el curso todos los alumnos podrán entender, diferenciar, saber elegir y predimensionar con criterio los sistemas más idóneos que se necesitarían en cada uno de los casos que se pudiesen encontrar en las distintas tipologías de centros sanitarios existentes.

1. Saneamiento, alcantarillado y drenaje

1.1. Normativa básica

La obligatoriedad de la evacuación de las aguas duales de los edificios se encuentra taxativamente establecida de manera legal, tanto a nivel nacional como local, considerándose como requisito indispensable en todos los casos para la habitabilidad de un edificio.

Hay que especificar que, al igual que otras redes, existe un Documento básico del CTE DB-HS5, relativo a las instalaciones interiores de evacuación y saneamiento del agua. Sin embargo, son frecuentes en muchos municipios las ordenanzas municipales.

También fuera de España cada país dispondrá de su norma propia o utilizará el International Plumbing Code en el apartado de aguas residuales y pluviales.

Como pilares generales en las distintas normativas podemos destacar los siguientes:

- 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 modo que sean accesibles para su mantenimiento y reparación, para lo que han de disponerse a la vista o alojadas en huecos o patinillos registrables.
- 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.

Todos los puntos descritos anteriormente se desarrollarán en los siguientes apartados, referenciándose a la norma española.

La nueva normativa también nos aportará una metodología de cálculo sencilla de este tipo de instalaciones.

1.2. Generalidades y clasificación de las redes de evacuación de aguas

Las aguas evacuadas pueden ser:

- Pluviales: procedentes de la lluvia.
- Aguas usadas: las que no contienen materias fecales (procedentes de lavabos, bañeras, lavadoras, lavavajillas, etc.).
- Aguas negras: aquellas que arrastran materias sólidas o heces.

Es bueno saber que en los edificios es interesante separar lo más posible los diferentes tipos de aguas que se van a evacuar.

Habitualmente, las aguas negras y usadas se denominan residuales.

El estudio de las acometidas del saneamiento es el que nos marca los criterios de diseño quizá más importantes. En el caso de existir una red municipal separativa, cada edificio deberá constar de una acometida de aguas negras y otra de pluviales. En el caso, más frecuente, de existir una red pública de saneamiento de las denominadas unitarias, esta acometida deberá ser evidentemente única, acumulando todo tipo de aguas procedentes del edificio.

Así pues, con redes municipales unitarias y como principio general, no debe realizarse la construcción de más de una acometida a la red pública por cada portal, si bien la existencia de edificios con fachadas exteriores a dos calles puede exigir, eventualmente y por razones de un mejor funcionamiento, la necesidad de dos acometidas independientes.

La conexión entre las dos redes, privada y pública, debe realizarse mediante el denominado pozo de registro (o arqueta) principal, que puede ubicarse tanto en el exterior como en el interior de la finca (ello depende de las ordenanzas municipales correspondientes), y que será de planta circular o rectangular.

Una medida de prudencia es, en el caso de que exista cierta distancia desde la línea de fachada del edificio hasta la conducción pública, o que hayan bruscos cambios de dirección en dicho recorrido, disponer de alguna cámara intermedia de registro similar al pozo anterior que permita su limpieza y conservación.

Como se sabe, la red de desagüe se compone de tres elementos principales: las derivaciones horizontales de los aparatos sanitarios, las bajantes verticales a las que acometen los anteriores y los tramos horizontales de recogida de

las bajantes. Estos pueden ser de dos tipos: los colectores suspendidos de los forjados de las plantas inferiores, habitualmente los sótanos, que se denominan albañales, y los enterrados bajo la solera del edificio, que son los colectores propiamente dichos. Entre estos colectores suele haber uno de ellos, el colector principal, en el que se reúnen las aguas procedentes de los restantes colectores, desembocando en el pozo general del edificio de la manera más agrupada posible.

Existen además en toda la red de evacuación una serie de elementos singulares que aseguran su buen funcionamiento. Fundamentalmente, son los cierres hidráulicos (sifones individuales y botes sifónicos colectivos) y la red de ventilación, que puede ser primaria, secundaria y terciaria, y cuyo principal objetivo es evitar que se vacíen los sifones de los aparatos sanitarios, eliminando al mismo tiempo los gases existentes en la red.

Finalmente, la existencia de arquetas de la red enterrada y registros en la red suspendida en todos aquellos puntos en los que puedan surgir atascos permite mantener la red en óptimas condiciones de funcionamiento a lo largo del periodo de uso. La necesidad de grupos de bombeo, separadores de grasas, separadores de hidrocarburos e incluso determinados elementos de depuración, si bien más particulares, puede ser determinante en ocasiones.

Como factores que tener en cuenta en las instalaciones de evacuación de aguas se encuentran:

- La red horizontal de desagüe se dispondrá con pendientes mayores de 1,5%.
- El desagüe de lavabos, bidés, baños y duchas de las habitaciones o consultas, se diseñará con sifones individuales o botes sifónicos registrables, antes de su acometida en las bajantes.
- El desagüe de los fregaderos, lavaderos y aparatos de desagüe por bombeo se debe realizar mediante sifones individuales registrables, antes de su acometida a las bajantes.
- La elección de sifones individuales o bote sifónico es puramente económica. En general, las instalaciones con sifones individuales presentan una calidad mejor, pero su coste es excesivo frente a las ventajas que reporta. El bote sifónico tiene la interesante cualidad de ser muy difícilmente objeto de atascos, pero conlleva el problema de que atraviesa el forjado afectado por su ubicación, lo que crea servidumbres de mantenimiento y transmisión de ruidos al local inferior.
- Debe considerarse siempre la posibilidad de dilatación libre en las conducciones respecto a sí mismas y respecto a los encuentros con otros elementos constructivos. Ello supone la independencia total de la red con respec-

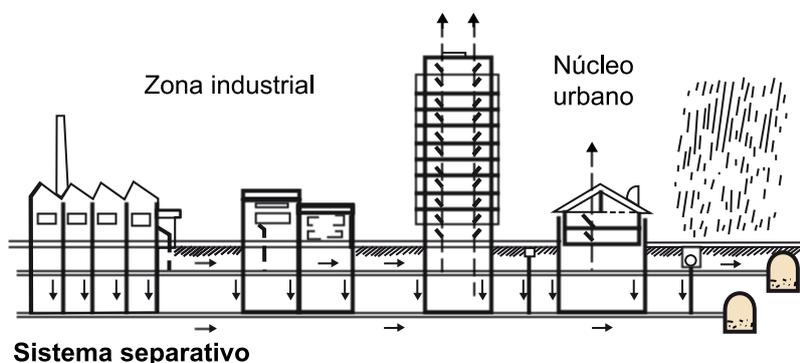
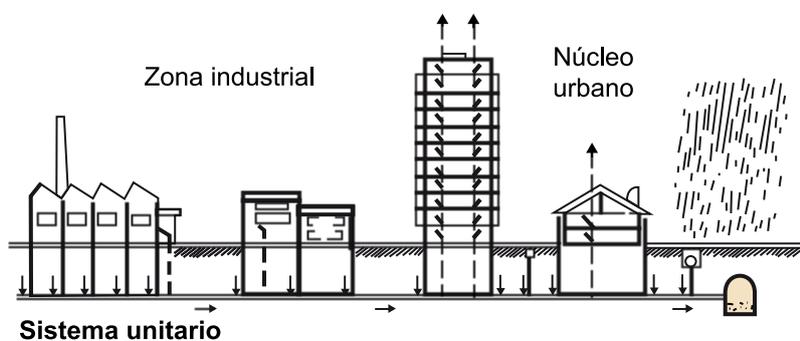
to a los elementos estructurales del edificio para impedir los movimientos relativos entre unos y otros. Son, pues, necesarios elementos elásticos de interposición.

- La protección de los materiales empleados con respecto a la agresión ambiental, a otros materiales no compatibles y a las aguas sucias. Ello permitirá mantener una estanqueidad máxima de la red no solamente frente a las aguas, sino también ante gases, olores, etc.
- Al atravesar un muro, se emplearán pasamuros de plástico, dentro de los cuales las tuberías puedan deslizarse sin quedar nunca una junta dentro de estos pasamuros.
- Debe evitarse, siempre que sea posible, el enfrentamiento de dos desagües sobre una tubería común, muy particularmente cuando se ejecuten colectores colgados del forjado.
- Las uniones de los desagües de los diferentes servicios y aparatos con las bajantes tendrán la mayor inclinación posible, que en todo caso nunca será inferior a los 45 grados.
- Las bajantes serán de la misma dimensión en toda su longitud.
- La ventilación de las bajantes por su extremo superior, para evitar succiones (ventilación primaria), es necesaria en todo tipo de edificios.
- La instalación de una ventilación independiente o secundaria de las bajantes también se debe disponer sistemáticamente con independencia de su altura, sin realizarse nunca contra pendiente, para que no pueda servir de conducto de evacuación.
- Es deseable la normalización de las medidas de las arquetas, aunque ello suponga el sobredimensionamiento de las primeras. La utilización de arquetas prefabricadas, de las que existen de todos los tipos (de paso, encuentro, registro, sifónicas, bombeo, etc.) es muy recomendable, particularmente cuando el material de las conducciones es el mismo que el de las arquetas, ya que de esta manera la estanquidad de la red es prácticamente total.
- La existencia de una arqueta o pozo general de registro entre la red horizontal de saneamiento y la red general de alcantarillado.
- La disposición de una arqueta separadora de fangos o grasas antes de la arqueta o pozo general de registro cuando la instalación reciba aguas procedentes de la cocina o el taller de mantenimiento del centro.

Como hemos visto anteriormente, una red de saneamiento municipal puede concebirse según dos sistemas principales: el unitario y el separativo.

El **sistema unitario** comprende una canalización que acumula todas las aguas producidas en el núcleo urbano en cuestión, fundamentalmente las aguas domésticas, las aguas residuales industriales y las que denominaremos genéricamente atmosféricas, y ello tanto de edificios propiamente dichos como de espacios libres.

El **sistema separativo** comprende dos canalizaciones paralelas de las que una de ellas recoge los caudales de las aguas domésticas e industriales cuyo gasto es muy regular y predecible, mientras que una segunda conducción recibe y conduce las aguas atmosféricas, de un caudal muy superior al anterior y, naturalmente, de grandes oscilaciones en función del clima local.



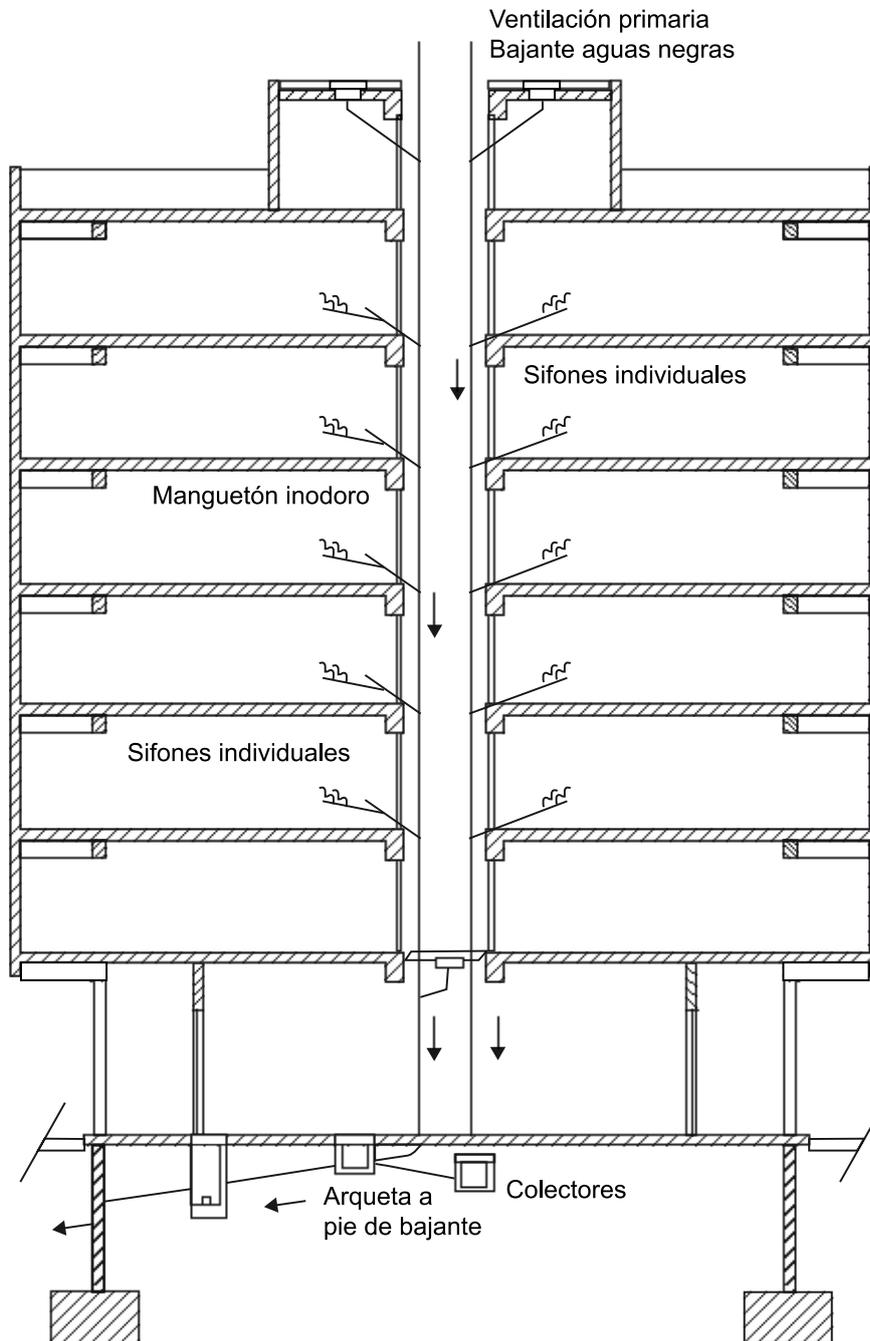
Sistemas de saneamiento

Así, nos encontraremos con que la existencia de una red separativa municipal condiciona la exigencia de una evacuación similar en el edificio. En caso contrario, el alcantarillado unitario conllevará un desagüe también unitario, si bien en este caso también podrá adoptarse la solución, para el edificio, de un saneamiento semiseparativo, consistente en grupos de bajantes diferentes para pluviales y fecales.

No obstante, la normativa actual (CTE) no obliga a realizar las nuevas edificaciones con sistema separativo o mixto. En las siguientes líneas se muestran todos los sistemas para poder tener una visión más global de los sistemas de evacuación de aguas construidas en la actualidad.

1.2.1. Sistema unitario

Se define así a todo sistema de evacuación en el que transcurran por los mismos conductos tanto aguas usadas como pluviales.



El sistema unitario bien concebido y ejecutado mantiene una excelente relación económico-funcional. Y 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, supone por evidentes razones de desarrollo de la red y control de obra un aumento considerable de los focos de humedades interiores al edificio.

Realmente, la creciente limitación de este sistema es consecuencia de la escasa idoneidad que supone para lograr una depuración adecuada en la creciente exigencia social de reducir vertidos.

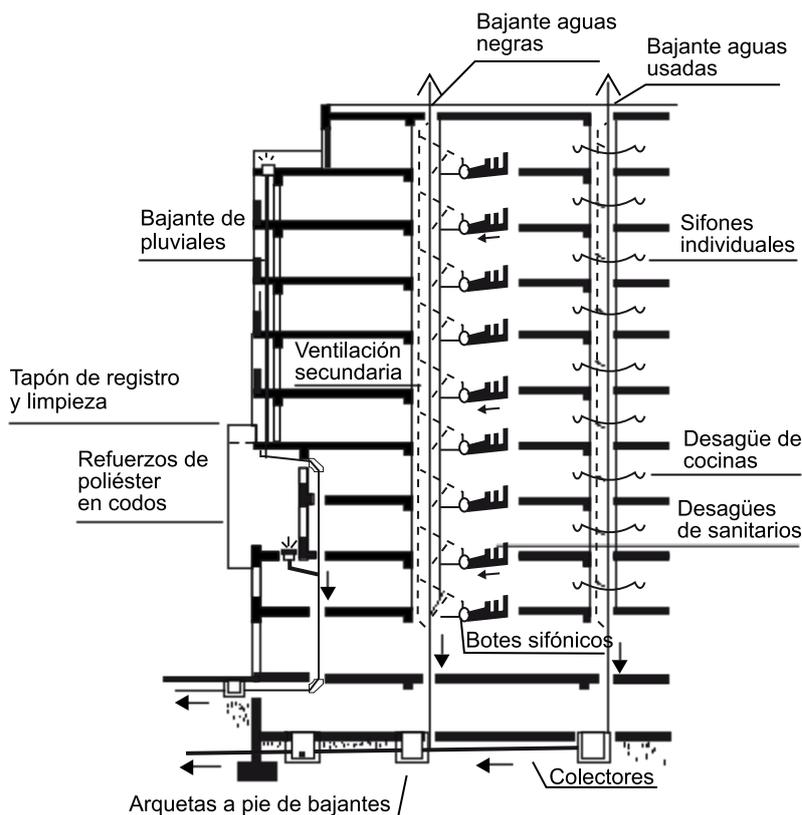
Desde el punto de vista práctico, la principal limitación del sistema unitario es el de la altura del edificio (máximo de siete plantas), así como la necesidad de que al proyectar la cubierta o las terrazas de este se haga coincidir el desagüe de los canalones o sumideros de las terrazas con la vertical destinada a las bajantes fecales, de manera que las bajantes de pluviales sean una prolongación de las fecales, aprovechándose además esta característica para ventilar toda la bajante.

Si se dispone de cubiertas planas, esta solución es relativamente sencilla; en caso contrario, 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.

El mayor inconveniente de los sistemas unitarios reside en que, en casos de fuertes lluvias, las bajantes pueden llegar a ponerse en carga y llenarse en toda su sección, lo que dificulta la correcta ventilación y produce perniciosos efectos de depresión y succión sobre los sifones de los aparatos que directa o indirectamente desaguan en este. Tal dificultad desaparece con la prolongación de las bajantes en todo su diámetro sobre la cubierta o terraza, es decir, con la ventilación primaria.

1.2.2. Sistema separativo

Se define así al sistema de conducciones en el que unas recogen exclusivamente aguas usadas, tanto de bajantes como de colectores, mientras que otras conducen las aguas pluviales mediante otro circuito de conductos totalmente independiente. Es el caso más habitual en centros de salud y el más recomendable, casi de obligado cumplimiento.

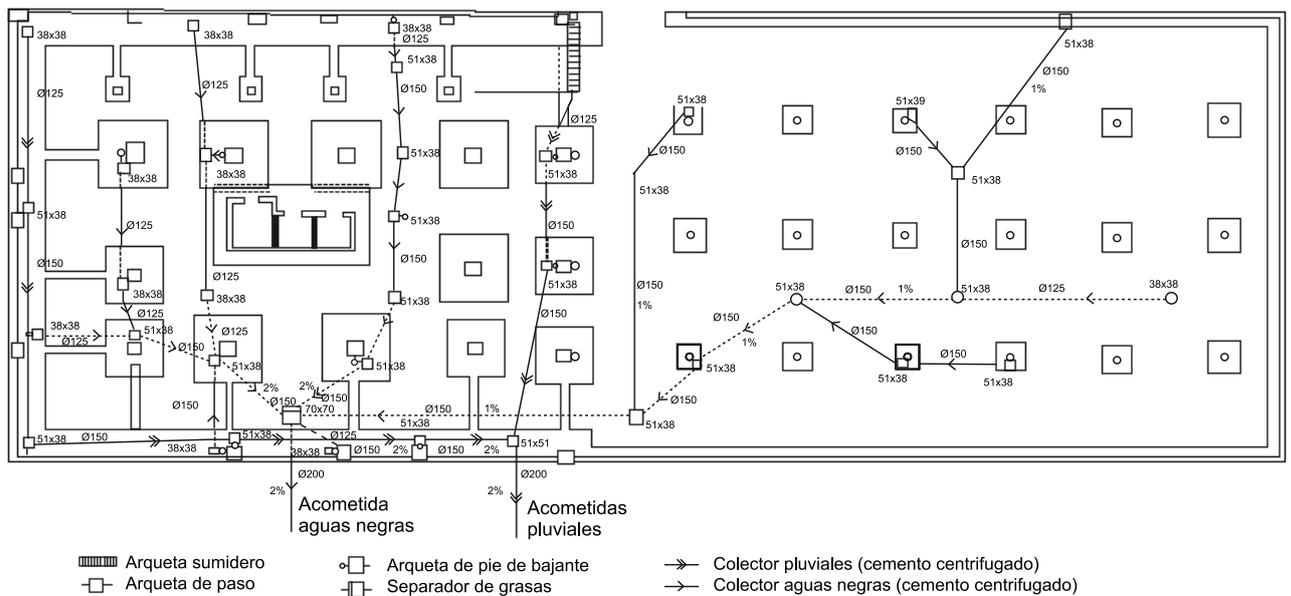


Este sistema, sin duda más costoso de implantación pero que todas las partes que definen una obra y un proyecto tienen asumidas, presenta la gran ventaja sobre el unitario de que, aparte de su mejor adecuación para un posterior proceso de depuración, en caso de fuertes diluvios es prácticamente imposible que las bajantes puedan llenarse en toda su sección, dificultando así la ventilación primaria. Esta recomendación de mantener separados los dos sistemas debe realizarse en todo el interior del edificio, es decir, a la red de alcantarillado general, si bien ello implica la presencia de dos redes de alcantarillado público.

De hecho, en gran parte de los lugares de nuestra geografía y dado que se siguen manteniendo las redes de tipo unitario a nivel urbano, es muy frecuente realizar sistemas de evacuación denominados semiseparativos. Estos consisten en la realización de las bajantes según dos redes de tuberías, una para pluviales y otra para aguas usadas, mientras que los colectores horizontales se realizan según el sistema unitario.

En efecto, si bien en cuanto a los bajantes el sistema separativo resulta fácil en su diseño, dado que se limita a agrupar los diferentes conductos verticales, según las diversas categorías de aguas (negras, usadas y pluviales), con su estricto dimensionamiento, la realización de las numerosas arquetas a pie de bajantes necesarias, así como el tendido de los colectores horizontales, dificulta considerablemente la realización de esta solución.

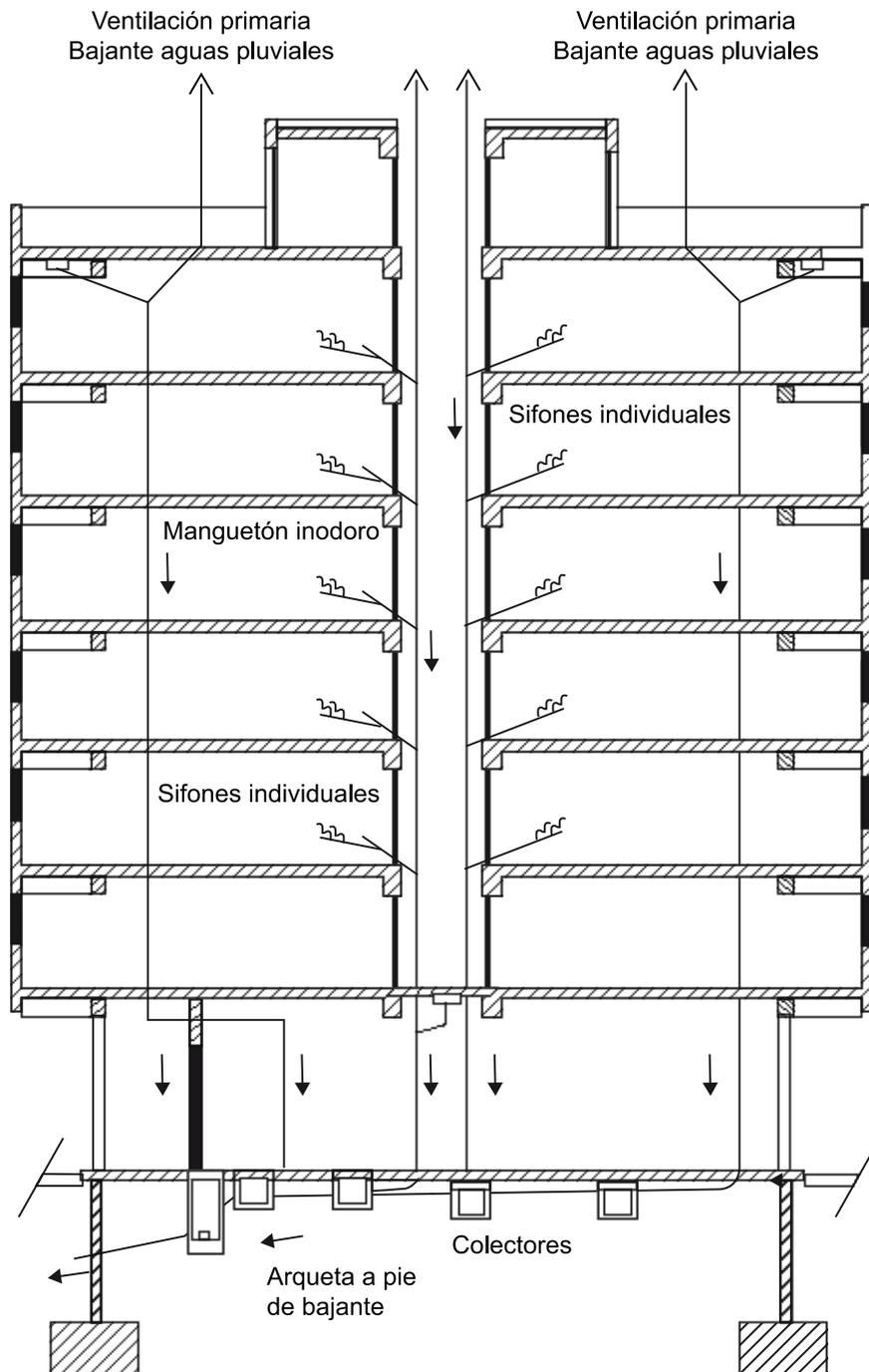
Debe pensarse en la costosa mano de obra y el material necesario, además de, y este es el problema principal, los problemas originados por los cruces de ambas conducciones. Es importante tener presente que una práctica muy aconsejable consiste en reducir al máximo los recorridos horizontales de las redes porque es justamente en estos conductos donde tienen lugar la mayoría de los atascos, y mediante el sistema separativo duplicamos prácticamente la posibilidad de que estos se produzcan.



La duplicación de tuberías es, sin embargo, obligada en edificios de relativa altura, siendo además necesario el uso de, por lo menos, la ventilación primaria y secundaria. Para inmuebles de mayor altura, la necesidad de una ventilación terciaria de los sifones se impone especialmente si los aparatos sanitarios se encuentran alejados, aproximadamente, más de tres metros de las bajantes. Este sistema es, desde un punto de vista técnico, óptimo, particularmente por la posibilidad de dimensionamiento estricto de cada una de las diferentes conducciones. Esto resulta muy útil a la hora de diseñar grandes centros hospitalarios.

1.2.3. Sistema semiseparativo o mixto

Tiene en cierto modo las ventajas de cada uno de los sistemas anteriores, realizándose las bajantes en circuito separativo y los colectores mixtos, es decir, recogiendo tanto aguas fecales como las de lluvia. De esta forma se obtiene una solución muy sencilla y económica en comparación con los sistemas anteriores y de un excelente resultado calidad-precio. Por una parte, disminuye la posibilidad de atascos en la red de colectores al disminuir al mínimo los recorridos correspondientes; por otra, evita una posible puesta en carga de las bajantes.

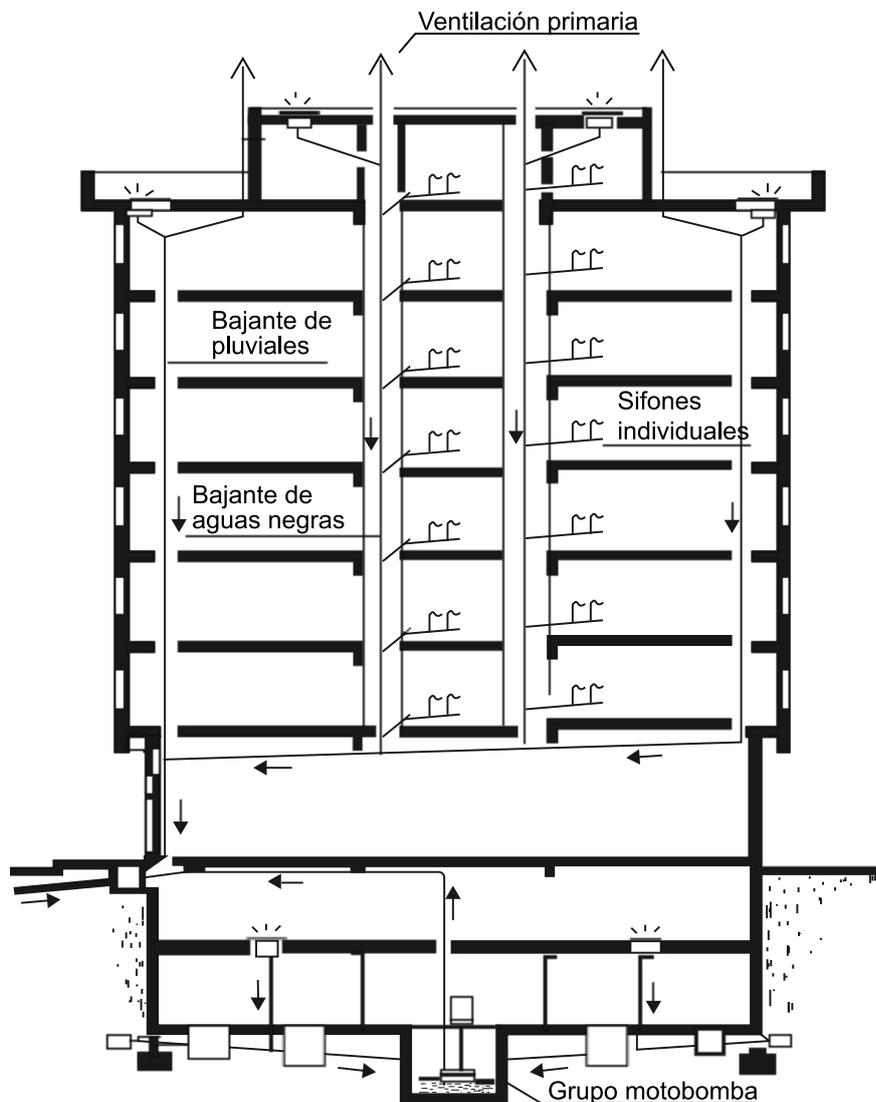


Por último, indicaremos una notable ventaja de este sistema de evacuación. Ciertamente, y desde el punto de vista de la depuración de las aguas antes del vertido final, no cabe duda de que el sistema separativo en edificios supone la mejor solución final debido a la deseable separación de líquidos (y, por tanto, facilitar la adecuación de los sistemas de depuración) en cada uno de ellos.

1.2.4. Sistemas de elevación forzada

Esta característica es independiente del sistema de evacuación propiamente dicho, pues las aguas que evacuar mediante impulsión por grupos motobombas pueden ser tanto fecales 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.



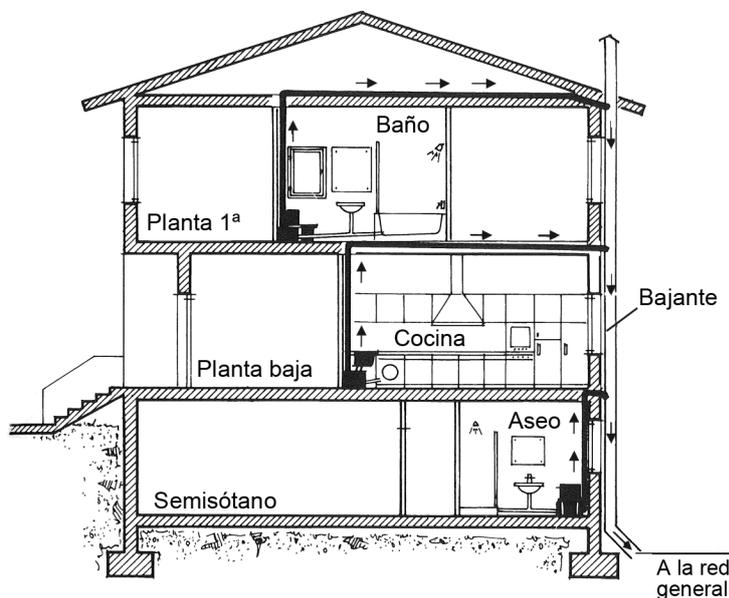
1.2.5. Sistemas mediante trituradores

Recientemente, se ha planteado la posibilidad de realizar el movimiento de las aguas negras y usadas en el interior de los edificios con una libertad prácticamente total mediante la implantación de los sistemas con triturador incorporado. Este sistema permite una gran flexibilidad de distribución en planta tanto de cocinas como de aseos.

Básicamente, consta de un triturador eléctrico incorporado a la instalación que a la vez puede bombear, mediante una sobrepresión, los deshechos a una determinada distancia y altura.

Este sistema ofrece además una ventaja adicional ya que, debido a la labor de trituración de los productos previa al vertido, posibilita la implantación de unos diámetros de los conductos de evacuación mínimos (de 20 a 40 mm en sus recorridos horizontales); de manera que la evacuación tradicional desde los inodoros con sus diámetros de grandes dimensiones para la conexión a las bajantes, que era origen de tantos problemas en las instalaciones tradicionales, y la necesidad de agrupar los cuartos de baño junto a las bajantes han dejado de constituir obstáculos insalvables para el diseño en planta de los edificios.

Además, con respecto a la distancia a las bajantes no solamente debe tenerse presente el dato del alejamiento horizontal, sino que también es posible, mediante el oportuno 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. Ciertamente, ello conlleva inconvenientes, entre los que se encuentra 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.



1.3. Componentes

De cuanto se ha indicado hasta el momento, es evidente que las redes de desagüe forman un conjunto de tuberías muy similar, en lo que afecta a su organización, a las de agua fría y agua caliente sanitaria, si bien el recorrido del líquido es inverso a los anteriores. En estas dos últimas se trata de abastecer

de agua determinados puntos; en la primera, por el contrario, de desabastecer, es decir, de evacuar determinados caudales. Pero los criterios generales son los mismos.

Nos encontraremos, por lo tanto, con los siguientes componentes:

- Conjuntos verticales de tuberías: bajantes y ventilaciones.
- Conjuntos horizontales de tuberías: derivaciones y colectores, que son elementos de conexión hasta las bajantes o entre ellas.
- Puntos singulares: generalmente muy localizados y que rompen el carácter lineal de las conducciones. Pueden ser muy variados en función de la misión que deban desempeñar: sumideros, grupos de bombeo, pozos, arquetas, separadores de grasas, etc.
- Cierres hidráulicos: destinados a evitar el paso de olores y gases al interior de los locales.

1.3.1. Materiales de las conducciones y arquetas

En general, y como dato de partida, puede decirse que cuanto menos variación de materiales exista dentro de una misma red, mejor.

El material más usado son las tuberías de plástico reforzadas (PVC), por sus excelentes condiciones de manejabilidad y adaptación a todo tipo de encuentros, abundancia de cambios de dirección, etc.

En cuanto a los materiales de los colectores, si bien existen teóricamente numerosas posibilidades de uso, prácticamente se reducen al tubo de hormigón (sea en masa, armado o pretensado) y al tubo de plástico, pues los de gres se usan en casos muy particulares de aguas corrosivas.

La realización de redes de saneamiento horizontal de hormigón, que ha planteado problemas durante bastante tiempo debido a su porosidad y a sus juntas poco conseguidas, hoy ya no supone problema alguno si se ejecuta con un mínimo de cuidado. Aunque cada vez está más en desuso debido a la facilidad de encontrar tuberías plásticas de grandes dimensiones.

Si la red de colectores se prevé de plástico, se utilizará preferiblemente de polietileno, por razones de economía y rapidez de ejecución pues las piezas unitarias son de mayor longitud y en grandes tamaños disponen de una mejor resistencia a la tensión.

El uso de materiales termoplásticos (PVC) se debe limitar a soluciones de colectores suspendidos, o siempre que estén ubicados en el interior del perímetro del edificio, y a colocar en la red enterrada, pero en ocasiones son inevitables las roturas de piezas debido a la acción de los medios mecánicos en esta.

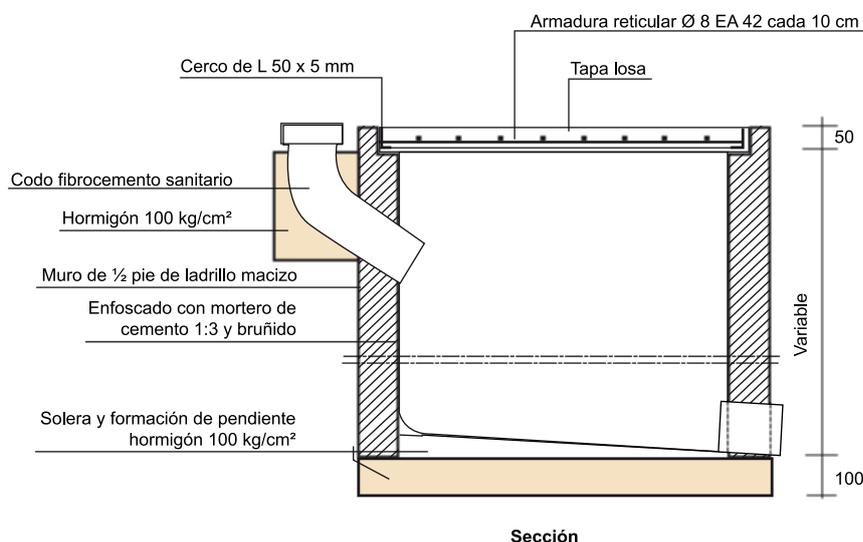
Otros materiales utilizados por ejemplo en condiciones extremas de frío –dado que no se aconseja instalar PVC-B– es la utilización de PVC de presión (PVC-C) o de hierro fundido.

Finalmente, cabe destacar que en algunos casos, como zona de descanso o unidades de cuidados críticos, y para evitar ruidos indeseados, se pueden instalar materiales para la evacuación insonorizados, como pueden ser las tuberías de polipropileno.

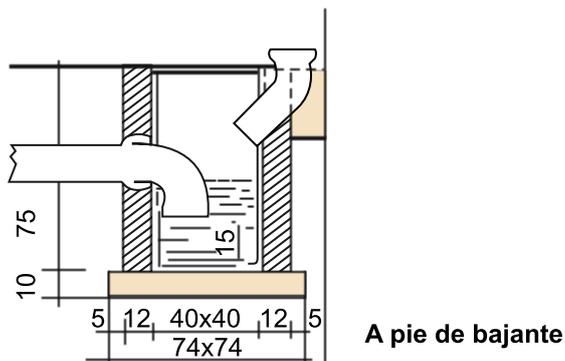
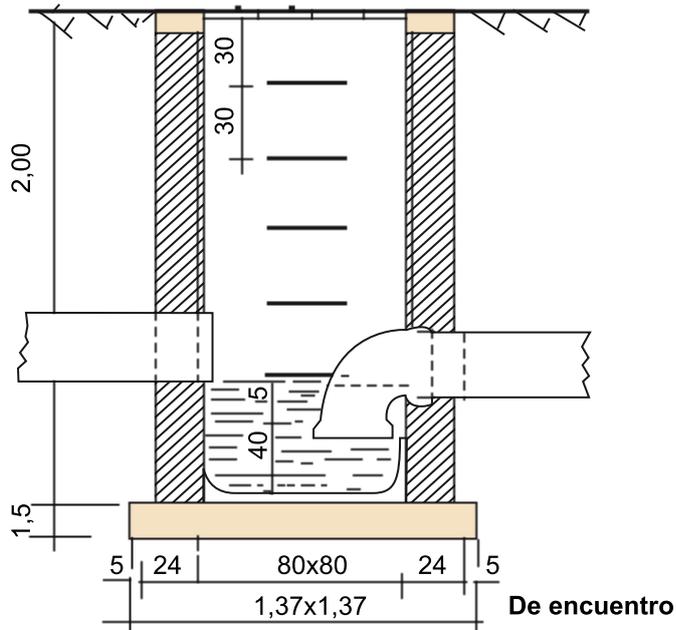
En cuanto a las arquetas nunca deberán ser de tamaño inferior a 40 x 40 cm (interior) y es necesario que se ejecuten sobre una base de hormigón de unos 15 cm de espesor, para evitar sedimentos y las consiguientes roturas de los tubos que a ella acometen.

Existen varios tipos de arquetas:

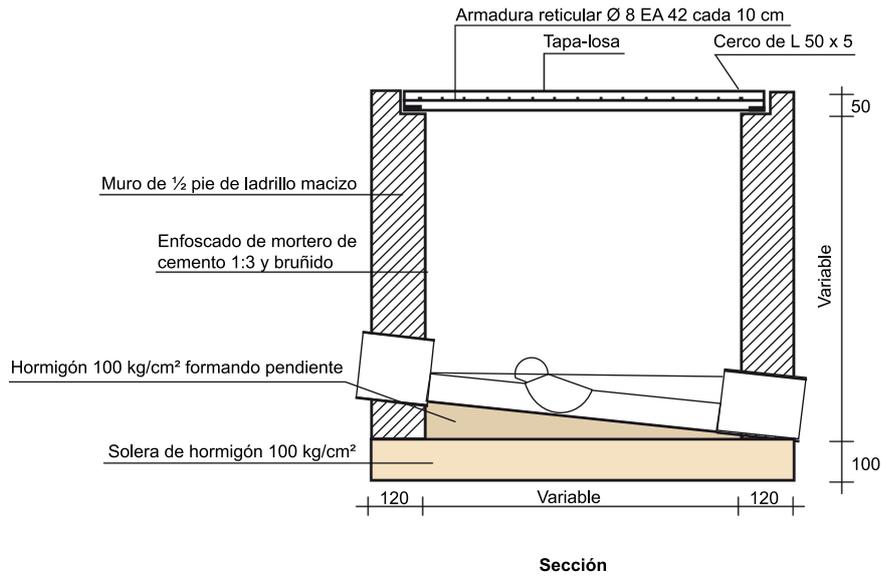
- A pie de bajantes:
 - Se encuentran situadas al inicio de cada colector y según se indica en su denominación.
 - Deben colocarse siempre que existan encuentros de materiales diferentes en bajantes y colectores, permitiendo la limpieza y entretenimiento de estos puntos de encuentro. Su disposición constructiva responde a la figura, pudiendo realizarse en ladrillo u hormigón, existiendo también fabricadas con materiales plásticos, que debido a su escaso peso pueden disponerse colgadas de los forjados sin dificultad.



- Sifónicas:
 - Todos sus condicionantes de construcción son idénticos al caso anterior.
 - Su misión es la de evitar el paso de gases y olores a las conducciones de pluviales en los encuentros de conductos pluviales con fecales y también evitar el paso de los malos olores de las alcantarillas.

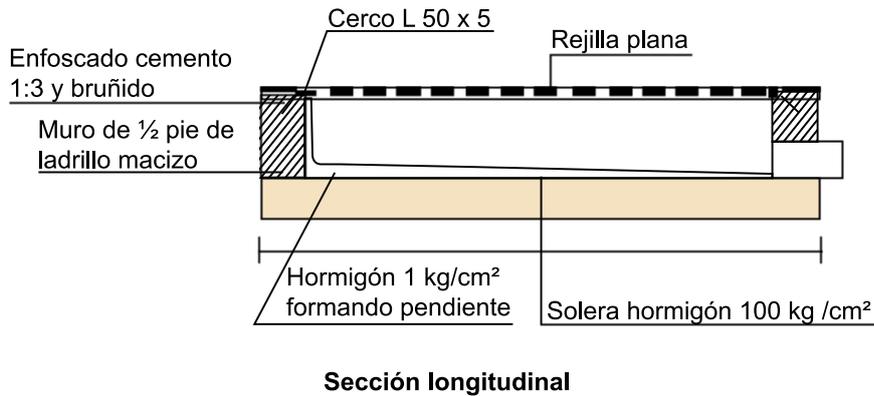


- De paso:
 - Se sitúan en los tramos rectos del colector cada 15 a 25 m máximo para permitir su desatascado en el caso de que se haya producido.
 - Asimismo, deben colocarse en todos los cambios de pendiente.



• **Sumideros:**

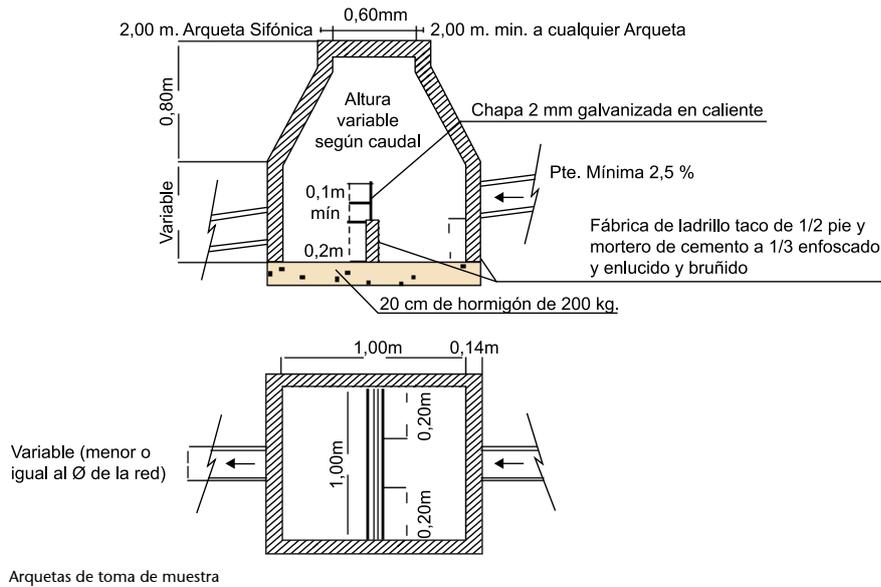
- Las de superficies destinadas a aparcamientos dentro de los centros, con sus correspondientes rampas de accesos, de dimensiones y pendientes considerables, conllevan la necesidad de prever en su inicio las denominadas arquetas sumideros.



Arqueta sumidero

• **Arqueta de toma de muestras:**

- Es obligado la instalación de una arqueta final de registro para el correcto control y toma de muestras de los residuos vertidos, así como para controlar y evaluar los caudales procedentes del centro, por lo que la previsión de este elemento se hará aguas arriba de la arqueta sifónica de la acometida cuando esta exista.



1.3.2. Cierres hidráulicos

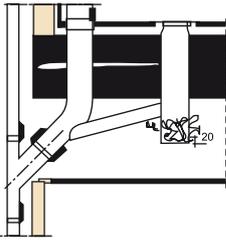
Pueden definirse como unos dispositivos obturadores que tienen por objeto impedir la salida de los gases de la red de evacuación, y permitir, sin embargo, un paso fácil de las materias en suspensión que transporta el agua.

Como su nombre indica, es un obstáculo que impide el paso de los gases y el aire llenando con cierta cantidad de agua el conducto, formando el denominado cierre hidráulico. En consecuencia, cuanto mayor sea la altura del sifón más eficaz resultará.

En las redes de evacuación existen numerosas adaptaciones de este accesorio cuya importancia es evidente para evitar el paso de olores pútridos a los locales habitados, pues es preciso que el desagüe de cada aparato y, en general, todo desagüe disponga del correspondiente cierre hidráulico y que cada sifón esté provisto de su registro fácilmente accesible y manejable y, eventualmente, de su correspondiente tubo de ventilación.

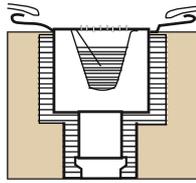
Así, encontramos que desde el denominado sifón maestro o general, que se intercala entre el colector y la acometida a fin de impedir la entrada de olores del alcantarillado exterior a las canalizaciones domésticas, hasta los sifones sumideros, previstos en las terrazas transitables para la evacuación del agua de lluvia, existe toda una serie de sifones de los que en la figura indicamos los que se encuentran en las instalaciones habituales. Sin embargo, el cierre más importante lo constituye el general del edificio, es decir, la arqueta del edificio que es la encargada de separar las dos redes, la interior del propio edificio y la pública evitando la entrada de residuos y/u olores en la propia red interior.

Bote sifónico en aseos conectado a manguetón de inodoro

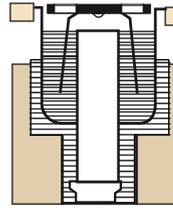


Sifones más comunes

Sumidero sifónico en azoteas



Sumidero sifónico en locales húmedos

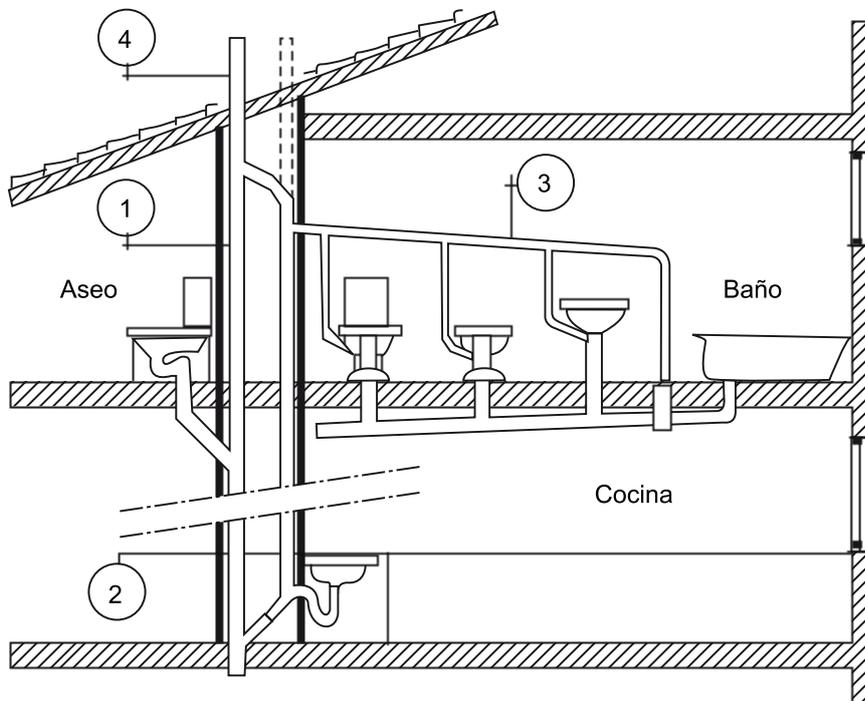


1.3.3. Redes de ventilación

La red de ventilación, muchas veces olvidada o menospreciada, es probablemente el elemento más importante, ya que sin su presencia la red de evacuación tendría un funcionamiento, cuando menos, problemático.

En efecto, las redes de ventilación no solamente activan la circulación del agua, sino que mantienen las condiciones aerobias evitando los fenómenos de sifonamiento por compresión y depresión al igualar las presiones existentes en toda la instalación.

En las redes de ventilación se distinguen tres partes (según se aprecia en la figura):



1. Ventilación primaria
2. Columna de ventilación secundaria

3. Ramal de ventilación terciaria
4. Prolongación de bajante sobre el tejado (ventilación primaria)

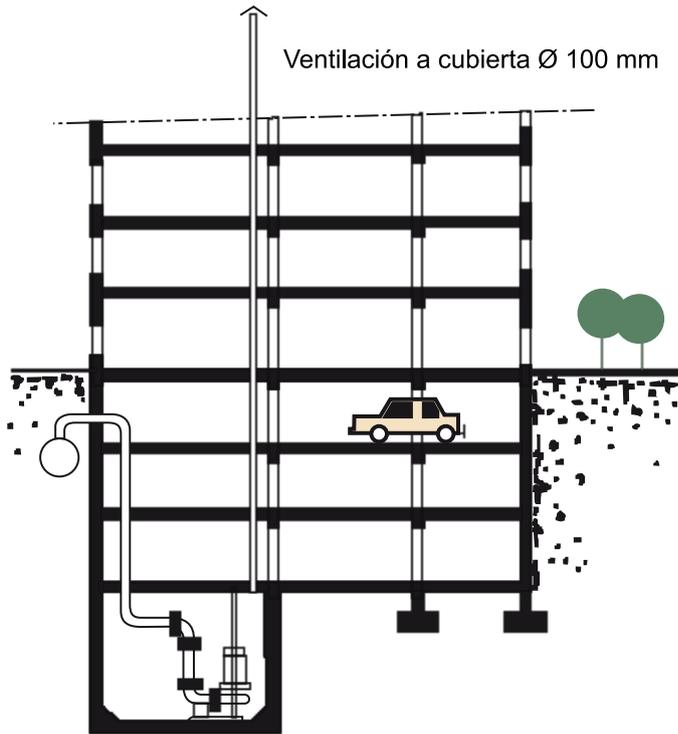
Red de ventilación

- Ventilación primaria: es la parte de tubería que comunica la columna de desagüe con el ambiente exterior, y consiste en la prolongación de la bajante por encima de la última planta hasta la cubierta, en contacto con la atmósfera exterior, y por encima de los locales habitados. En el caso de sistemas unitarios con ventilaciones primarias hay que evitar desviaciones de estas bajantes sin ventilación secundaria.
- Ventilación secundaria: es la columna que, en general, corre paralela a la bajante y se conecta a ella en sus extremos, pues es deseable el mayor número posible de conexiones intermedias.
- Ventilación terciaria: es la red que comunica los cierres hidráulicos con la columna de ventilación secundaria, realizándose en sentido ascendente si es posible o, en todo caso, horizontal por una de las paredes laterales del local de servicios higiénicos. La ventilación terciaria debe asimismo disponerse cuando la instalación de evacuación se haya realizado por medio de los botes sifónicos comunes a varios desagües, pero se ejecuta muy raras veces debido a la complejidad y coste que su realización conlleva.

1.3.4. Grupos de bombeo

La creciente necesidad de disponer del espacio en cotas inferiores a la rasante del terreno para la ubicación de instalaciones y plazas de aparcamiento de los centros sanitarios ha originado progresivamente la necesidad de excavar dos o más plantas de sótano en los edificios.

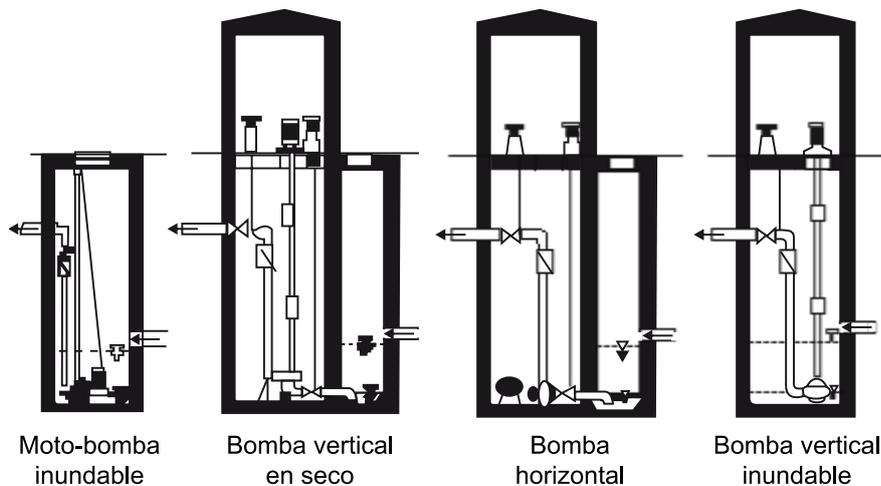
Esto conlleva que la cota del colector de la red municipal se encuentre más elevada que el de recogida de las aguas residuales del edificio, lo que origina a su vez la necesidad de que las fecales y a veces las pluviales del edificio se deban recoger en un pozo y mediante un grupo motobomba se transvasen hasta el alcantarillado general, según se aprecia en la figura.



Bombeo a colector desde pozo de reunión general

Cabe señalar que 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 periodos de tiempo cortos, por lo que las dimensiones del pozo de reunión de aguas que debe evacuar el grupo motobomba pueden llegar a ser muy grandes, creando interferencias con la cimentación del edificio y sobredimensionando el grupo.

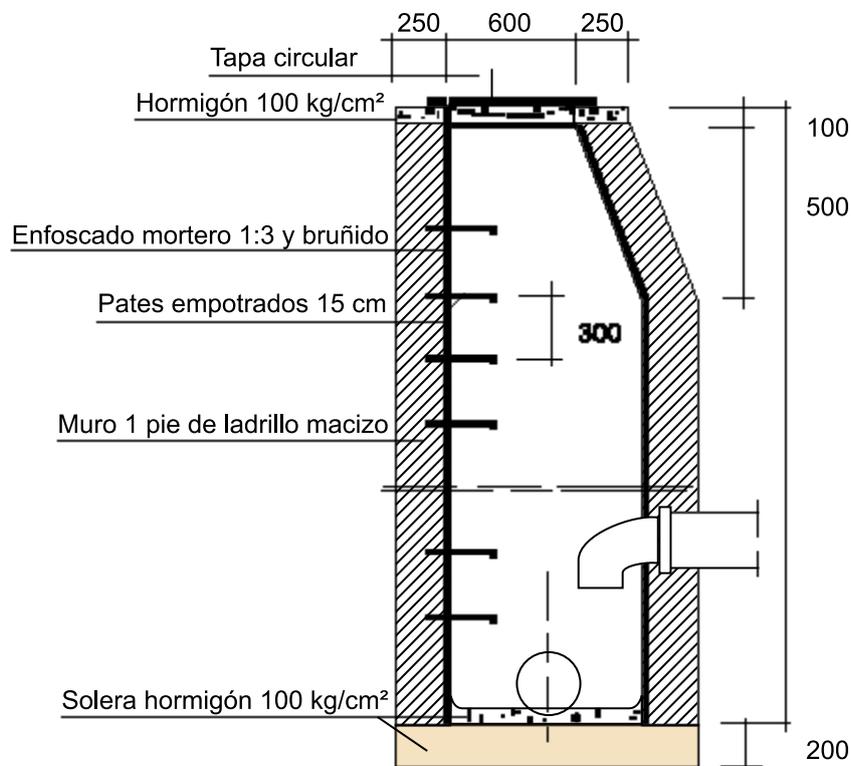


Exigencias de diferentes grupos y sus arquetas

1.3.5. Acometidas al alcantarillado urbano

Las acometidas de saneamiento en la práctica totalidad constan de una arqueta interior (también denominada arqueta de arranque), un tramo de tubería que discurre desde el límite de la propiedad hasta la red de alcantarillado y un entronque con la red de alcantarillado. Este entronque puede ser mediante taladro directo a la tubería o, preferiblemente, a un pozo de encuentro o de acometida.

Así, suele bastar con realizar el pozo de registro o arqueta de registro general que recoge los caudales de los colectores horizontales, sea al interior o al exterior del edificio, desde donde parte el ramal principal o acometida hasta conectar con la red general.

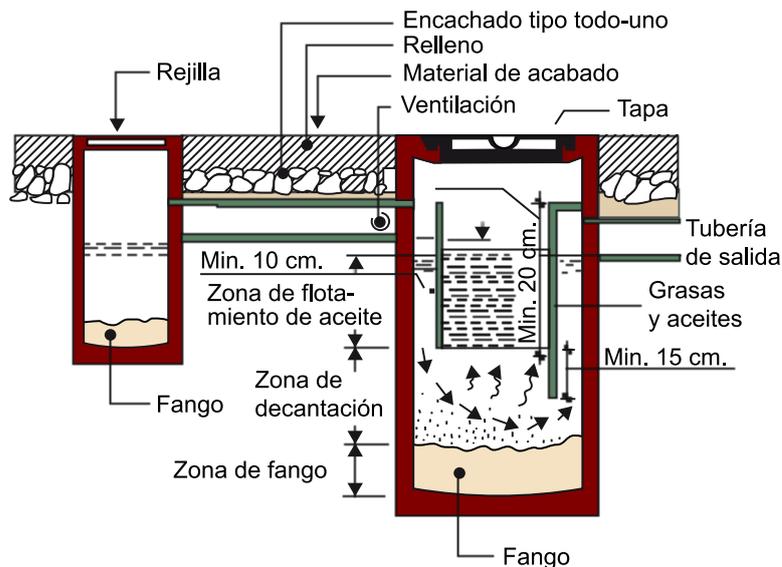
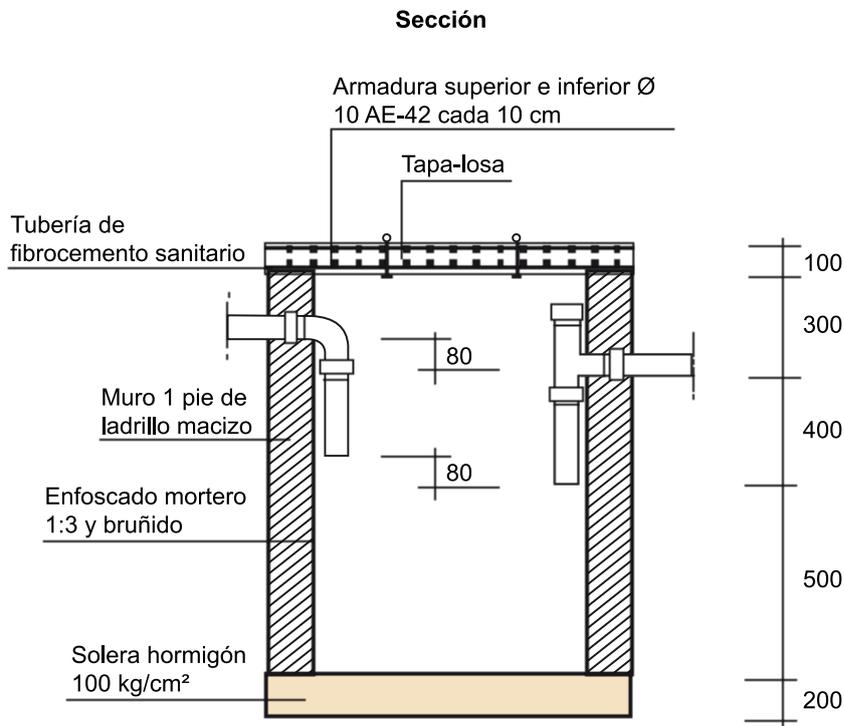


Pozo de registro

Los pozos de registro tradicionales se realizan cada vez más prefabricados en hormigón. A ello contribuye la indudable mejora que los pozos prefabricados poseen, pero también incide el hecho de que, cada vez con mayor frecuencia, es necesario prever más de una acometida.

Otro concepto que hay que tener muy en cuenta en los centros son las arquetas separadoras de grasas. Estas son elementos que se prevén para evitar que las grasas y el aceite de los coches puedan ser incorporados al colector, bien al limpiarlos bien por pérdidas de aceite depositadas en el suelo y que al lavarse con agua se evacuan con esta.

Los separadores de grasas se diseñan para tratar las materias grasas que provienen no solamente de los garajes sino de cocinas y baños de donde provienen espumas, aceites, jabones, etc., y de esta forma se favorece enormemente no solo al movimiento de las aguas en las redes de saneamiento sino también al rendimiento de la depuración en ausencia de redes de saneamiento públicas.



Separador de grasas y fangos y separador con decantación

La construcción de estos separadores se realiza de manera muy similar a la de los pozos de registro mediante fábrica de ladrillo u hormigón y formando un recipiente de dimensiones variables, pero generalmente normalizada de la forma de la figura anterior.

1.4. Metodología de cálculo

La metodología de cálculo de los sistemas de evacuación de aguas viene completamente definida en la CTE DB-HS5. EL procedimiento de cálculo no resulta muy complicado y nos permite dimensionar casi todos los elementos que existen en la instalación.

Como características principales de esta norma, nos indica que 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 manera separada e independiente, y posteriormente, mediante las oportunas conversiones, dimensionar un sistema mixto.

Debe utilizarse el método de adjudicación del número de unidades de desagüe (UD) a cada aparato sanitario en función de que el uso sea público o privado. La adjudicación de UD a cada tipo de aparato y los diámetros mínimos de los sifones y las derivaciones individuales correspondientes se establecen en la norma en función del uso.

No se mostraran los métodos de cálculo, dado que se pueden consultar en la normativa y son suficientemente claros y específicos.

2. Fontanería

2.1. Criterios de diseño

2.1.1. Conceptos básicos y requerimientos de seguridad y fiabilidad

Las instalaciones de suministro de agua potable están formadas por una red integrada normalmente por los elementos de captación de agua, desde estos el fluido pasa a otros de reserva y regulación a partir de los cuales se organiza la red distribuidora o red pública de distribución de agua.

La red pública de distribución es el grupo de tuberías y conductos que, partiendo de los depósitos, tienen la finalidad de alimentar los aparatos hidráulicos de servicio público, así como los ramales de los abonados o particulares. Por lo tanto, a partir de un determinado ramal de un conducto de la red pública el conjunto de tuberías que abastecen los diferentes puntos de una finca o propiedad es lo que forma la red particular, que constituirá la red interior del edificio.

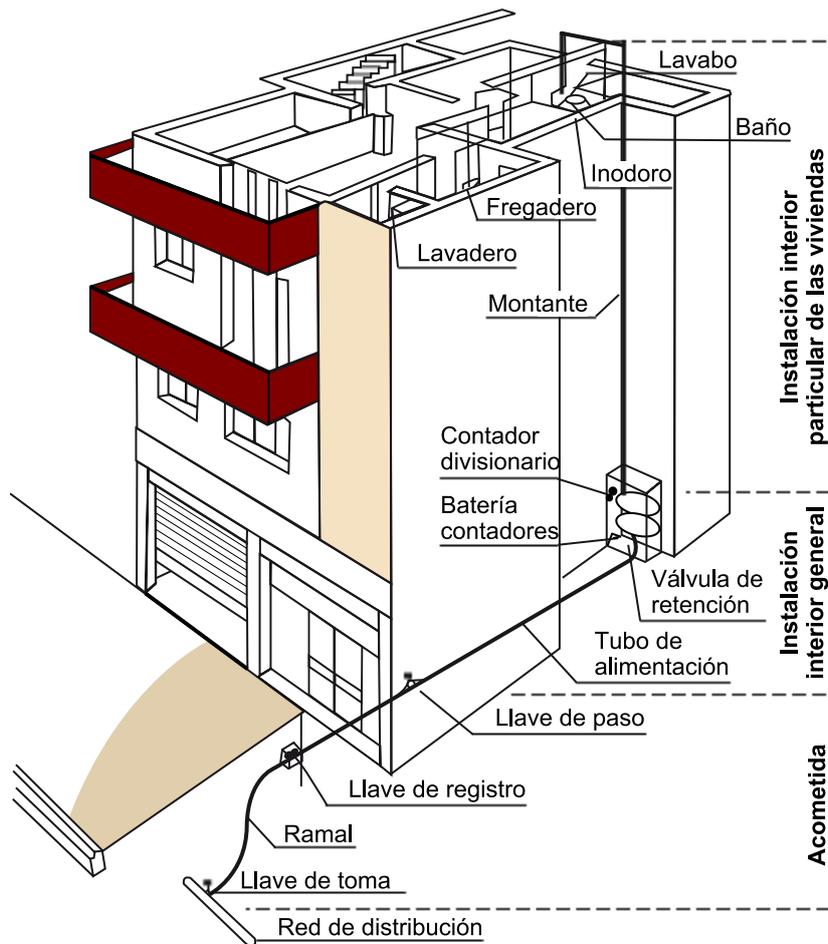
En el siguiente texto, estudiaremos las instalaciones de suministro de agua, a partir del tramo donde comienza la instalación particular que constituye la red interior del edificio. Esta incluye, además del ramal de acometida (exterior e interior) a los contadores, la red de tuberías que llevan el agua a los puntos de consumo.

Las instalaciones interiores de suministro de agua están normalizadas mediante el nuevo Código técnico de la edificación, en su Documento básico HS 4 Suministro de agua (CTE DB-HS 4), cuyo uso es obligatorio en las nuevas edificaciones y reformas.

También fuera de España cada país dispondrá de su norma propia o utilizará el International Plumbing Code en el apartado de suministro de agua.

2.2. Acometida

Es el conducto que une la red pública con la red interior del edificio. La acometida incluye el conducto, la válvula de toma y las válvulas de registro, instaladas antes de entrar en el edificio, y la de paso, instalada una vez la tubería haya entrado en el interior del edificio.



Instalación para el suministro a presión de red de un edificio de tipo

2.3. Instalación interior general

La instalación interior puede variar según la normativa específica de la empresa suministradora de cada municipio.

La finalidad principal de este tipo de instalación es la de conducir el fluido hasta el punto del que parten las distintas distribuciones particulares a cada punto de consumo. Aunque la normativa puede cambiar, existen una serie de elementos que suelen ser comunes en todas las instalaciones:

- **Tubo de alimentación:** es el tramo de instalación general comprendido entre las válvulas de paso y la de retención, situado antes de la batería de contadores.
- **Contadores:** son los encargados de medir el agua consumida por el centro. El cuarto de contadores, que será exclusivo para este uso, deberá llevar un sumidero sinfónico para evacuación de aguas e irá dotado de ventilación permanente. En pequeños centros, en el cuarto de contadores pueden ubicarse los equipos de bombeo, descalcificación, depuración, etc.; no obstante, se aconseja su ubicación en una sala específica.

2.4. Distribución particular

Es la tubería que, partiendo del correspondiente contador, envía el agua por la tubería hasta cada punto de consumo o depósito.

Se debe tener en cuenta que a partir del contador la instalación es propiedad del abonado.

Generalidades y problemática de la distribución particular, requerimientos de seguridad y fiabilidad

En función de la presión de la red de distribución de agua se define el esquema general de la instalación, pues en cuanto a caudal no existirán problemas si el edificio se encuentra ubicado en cascos urbanos.

El suministro de agua debe cumplir tres condiciones fundamentales:

- Higiénicas: dirigida a evitar la contaminación del agua por defecto de las instalaciones interiores.
- Hidráulicas: dirigida a obtener en cada aparato un caudal suficiente para el uso a que se destina sin que experimente variaciones sensibles durante su utilización por influencia de los restantes aparatos de la instalación.
- Económicas: dirigida a obtener una medición exacta del consumo.

Además, la instalación de abastecimiento interior en los centros sanitarios debe completarse con los tratamientos destinados a neutralizar alguna característica indeseada del agua: acidez, corrosión, cloración precaria, etc., y también los destinados a asegurar la ausencia de turbiedad, ya que hoy en día los controles sanitarios estrictos y el gran deterioro de las redes de distribución pública hacen que su instalación sea de vital importancia.

Para poder garantizar que la instalación interior tenga unas condiciones de seguridad y fiabilidad mínimas, se deberían contemplar las siguientes indicaciones:

- Colocación de un filtro: instalado después de la llave general de acometida interior y previo a todo elemento. El filtro se dispondrá en un lugar de fácil acceso y cuyo mantenimiento se pueda realizar cómodamente.
- Independencia parcial de la instalación: se realizará por medio de llaves de paso en cada zona o local húmedo, de manera que una avería en este no impida el uso de los restantes puntos de consumo.

- Instalación de válvulas de retención: se situarán en el distribuidor de cada montante, para evitar circulaciones de agua en sentido contrario al deseado.
- Separación de las redes agua fría y agua caliente sanitaria: el tendido de las tuberías de agua fría, para que no queden afectadas por el área de influencia de los focos de calor, deberá ser paralelo al del agua caliente sanitaria (ACS), con una separación de 4 cm.
- Golpe de ariete: se colocarán dispositivos específicos antiarriete. Lo deseable es que se dispongan llaves de paso previas a los dispositivos citados para facilitar su desmontaje y mantenimiento.
- Trazado de tuberías: con el fin de evitar molestias y problemas, conviene que el trazado de las tuberías discurra totalmente por zonas comunitarias.
- Seguridad en el abastecimiento: es muy conveniente realizar la distribución del agua mediante el sistema de anillo para tener siempre el doble camino hidráulico para cada uno de los montantes, permitiendo así el fraccionamiento de la instalación y el corte de determinados tramos, y manteniendo siempre un recorrido.

Hay que considerar que la incidencia económica de una instalación de agua fría oscila sobre el 1,5% del coste de ejecución de la obra y que constituye (junto con la electricidad y climatización) el servicio más importante para el funcionamiento del centro.

2.5. Esquemas básicos y simbología

2.5.1. Simbología básica

En la actualidad, y con el avance de los sistemas de diseño por ordenador y la impresión a todo color, existen multitud de formas de representación de los elementos de las instalaciones de fontanería. No obstante, la mayoría de los despachos de arquitectura e ingeniería utilizan símbolos muy similares.

En la tabla se muestran los símbolos más comunes en los proyectos de diseño.

Símbolo	Descripción	Símbolo	Descripción
	Aljibe de reserva		Llave de toma en carga
	Alternador funcionamiento bombas		Llave de compuerta
	Bomba		Llave de bola o de accionamiento rápido
	Codo con vuelta hacia arriba		Llave de paso con desagüe o grifo de vaciado
	Codo con vuelta hacia abajo		Llave de asiento de paso recto
	Colector		Llave de asiento de paso inclinado
	Collarín de toma		Llave de paso con grifo de vaciado y dispositivo antirretorno
	Conector flexible		Manómetro
	Contador general		Manómetro y presostato
	Contador divisionario		Presostato
	Depósito acumulación		Tubo reserva para línea de accionamiento eléctrico o electrónico
	Depósito de presión		Válvula reguladora de caudal
	Dipositivo antiarriete		Válvula de seguridad de escape conducido
	Dilatación en línea		Válvula de seguridad de escape libre
	Desagüe en arqueta o armario		Válvula pilotada
	Filtro		Válvula antirretorno
	Fluxor		Válvula de dos vías motorizada
	Grifo de agua fría		Válvula de tres vías motorizada
	Grifo de agua fría temporizado		Válvula limitadora de presión
	Grifo hidromezclador manual		Válvula reguladora de presión
	Grifo hidromezclador automático		Válvula de ventosa
	Grifo electrónico		Tubería de ida o impulsión de A.F.
	Grifo de comprobación		Tubería de ida o impulsión de A.C.S.
	Purgador		Tubería de retorno o recirculación de A.C.S.
	Termómetro		Té con salida hacia arriba
	Línea de accionamiento eléctrico electrónico		Té con salida hacia abajo
	Pasatubos		

Simbología recomendada por la normativa

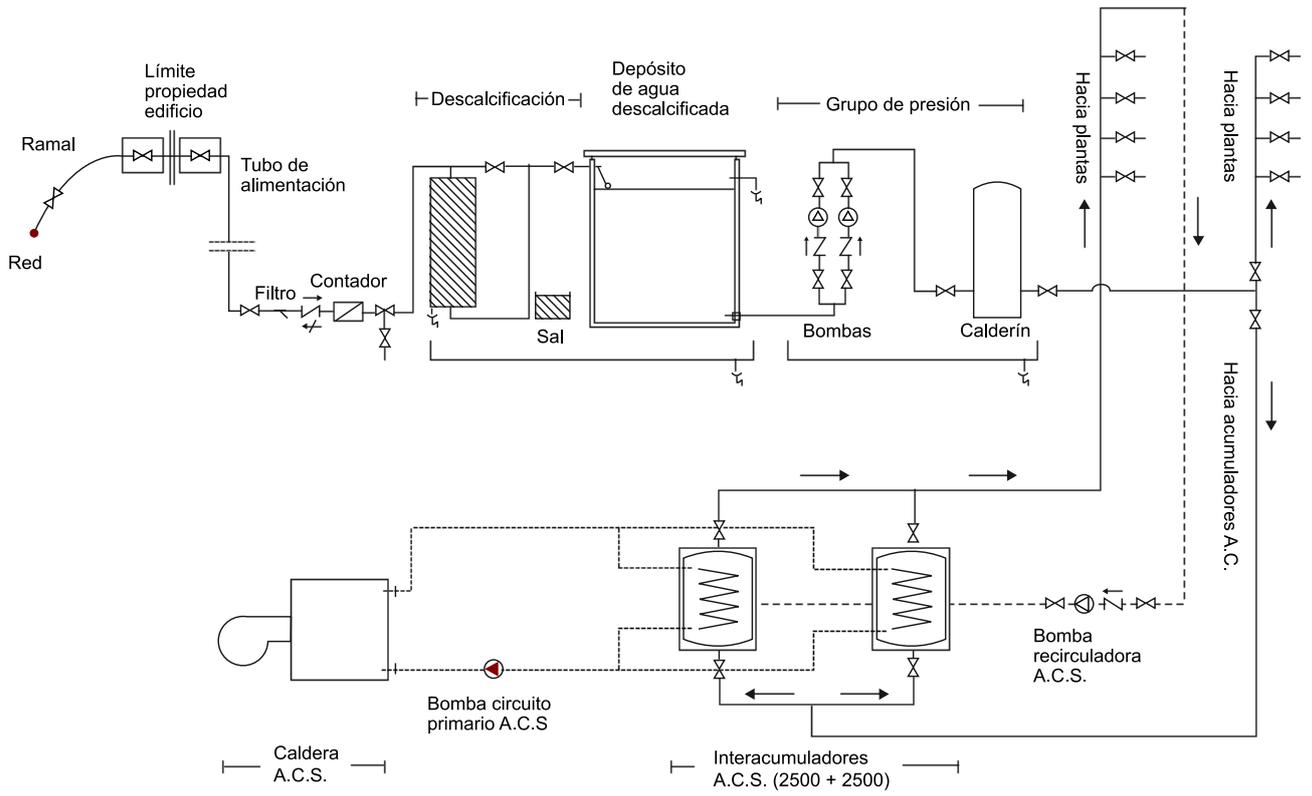
2.5.2. Esquemas de principio básico

En el diseño de los sistemas de distribución de agua fría y agua caliente sanitaria en los edificios, no existe una solución óptima y única para todos ellos, sino que cada una de las instalaciones que han de estudiarse tiene varias soluciones y modos de plantearse.

El único requisito principal es que la instalación se adapte a las necesidades de consumo y lo haga siempre en consonancia con las normas de obligado cumplimiento de la zona geográfica donde estén ubicadas.

No obstante, podríamos decir que existe una base o un esquema base de donde nacen todas las instalaciones de abastecimiento de agua actuales y que se adapta al actual CTE DB-HD 4.

En la figura se muestra este esquema de principio básico y sería de aplicación para cualquier tipo de instalación.



Esquema básico de instalación de fontanería

3. Agua fría sanitaria

3.1. Normativas y reglamentos aplicables

La normativa básica en la edificación española es el Código técnico de la edificación (CTE), que establece las exigencias que deben cumplir los edificios en relación con los requisitos básicos de seguridad y habitabilidad establecidos en la Ley de Ordenación de la Edificación (LOE).

Para fomentar la innovación y el desarrollo tecnológico, el CTE adopta el enfoque internacional más moderno en materia de normativa de edificación: los códigos basados en prestaciones u objetivos.

El uso de esta nueva reglamentación basada en prestaciones supone la configuración de un entorno más flexible, fácilmente actualizable conforme a la evolución de la técnica y la demanda de la sociedad y basado en la experiencia de la normativa tradicional.

Los denominados documentos básicos (DB), para el cumplimiento de las exigencias básicas del CTE, están basados en el conocimiento consolidado de las distintas técnicas constructivas, se actualizarán en función de los avances técnicos y las demandas sociales y se aprobarán reglamentariamente.

Los DB contienen:

- La caracterización de las exigencias básicas y su cuantificación, en la medida en que el desarrollo científico y técnico de la edificación lo permite, mediante el establecimiento de los niveles o valores límite de las prestaciones de los edificios o sus partes, entendidas dichas prestaciones como el conjunto de características cualitativas o cuantitativas del edificio, identificables objetivamente, que determinan su aptitud para cumplir las exigencias básicas correspondientes.
- Unos procedimientos cuya utilización acredita el cumplimiento de aquellas exigencias básicas, concretados como métodos de verificación o soluciones sancionadas por la práctica. También podrán contener remisión o referencia a instrucciones, reglamentos u otras normas técnicas a los efectos de especificación y control de los materiales, métodos de ensayo y datos o procedimientos de cálculo, que deberán ser tenidos en cuenta en la redacción del proyecto del edificio y su construcción.

En nuestro caso de estudio, nos basaremos en el DB HS-4 Suministro de agua.

Tal y como se ha descrito anteriormente, existen unas normas complementarias al CTE. En el caso del DB HS-4, las normas complementarias se basan normalmente en las características técnicas que deben tener los elementos de la instalación.

En nuestro caso carecen de importancia ya que se supone que los elementos utilizados para el diseño y cálculo de las instalaciones han sido previamente concebidos teniendo en cuenta estas normas. Muchas de estas normas nos indican las calidades que deben tener los tubos, griferías, etc.

3.2. Componentes de la instalación

Los componentes de las instalaciones de agua fría se dividen en tres tipos de componentes: las tuberías y conducciones, los dispositivos de control y, finalmente, los depósitos y las bombas.

3.2.1. Tuberías y conducciones

Una de las decisiones más importantes del proyectista es la del material que se va a emplear en las tuberías. Aunque hoy en día todos los materiales son de muy buena calidad y no suelen dar problemas, sería bueno considerar que hay materiales no muy compatibles con cierto tipo de agua:

- Acero galvanizado: aguas duras.
- Cobre: aguas amoniacales.
- Hormigón: aguas sulfatadas.

De modo orientativo se muestran a continuación los materiales de uso más frecuente que pueden ser utilizados en la instalación de tuberías de la red de fontanería.

- Acometida: polietileno.
- Instalación interior general: polietileno, acero soldado galvanizado, cobre.
- Batería de contadores: acero soldado galvanizado.
- Montantes: acero soldado galvanizado, cobre.
- Derivación interior particular: acero soldado galvanizado, cobre, acero soldado inoxidable (elevada calidad), polietileno reticulado, polipropileno.
- Llaves y valvulería (colectores y distribuidores): latón.

3.2.2. Dispositivos

Estos elementos de control son de varios tipos según su misión: regulación del caudal, medición de este, disminución de presión, etc. Estos, aun siendo muy conocidos, frecuentemente no se emplean con la eficacia debida.

En las siguientes líneas se muestran los dispositivos más comunes y sus características principales.

- **Llave de paso:** elemento de corte del fluido en la instalación. Debe colocarse para zonificar o aislar los servicios (derivaciones, ramales de aparatos, columnas, etc.); puede ser roscada o para soldar, y los tipos más frecuentes son de asiento o de compuerta.
- **Válvula de retención:** también denominada antirretorno, ya que su misión es impedir los retrocesos del fluido, permitiendo su paso en una sola dirección. Se colocará en todos los puntos en que la inversión de la circulación pueda conllevar algún problema (contaminación, vaciado, etc.). Puede ser roscada o para soldar, y lleva generalmente una flecha con la dirección del líquido (permaneciendo está abierta); la propia presión del agua la abre, y es, por lo general, de clapeta o de bola.
- **Llave de paso con grifo de vaciado:** es una llave de paso normal, que además lleva incorporada una salida para vaciar el tramo de tubería que abarca, por ejemplo, para efectuar reparaciones. Se coloca en columnas, y en todos los puntos bajos de los distribuidores.
- **Válvula reductora de presión:** sirve, como su nombre indica, para reducir la presión a partir del punto donde se instala, con objeto de permitir funcionar algunos elementos que no lo harían a la presión inicial (por ejemplo, aparatos instalados en las plantas bajas de determinadas instalaciones); su instalación se efectúa después del contador general y llave de paso. Por lo general, son regulables normalmente, o automáticas, para adaptar la presión a los valores adecuados a cada caso particular.
- **Válvula de flotador:** es una válvula con dispositivo de cierre, mediante un flotador que, al llegar a cierta altura (regulable), cierra la salida del agua. Su utilización es adecuada en depósitos para evitar los derrames, ya que se cierra al llegar al nivel máximo.
- **Válvula de seguridad:** es un tipo de válvula que, como su nombre indica, sirve para proteger determinados circuitos, depósitos o elementos, de tal modo que al alcanzar un límite de presión, temperatura, etc., se abre y descarga un fluido líquido o gaseoso. Su utilización es adecuada en depósitos de presión, circuitos de agua caliente o vapor, y en todos aquellos puntos en los que puedan producirse riesgos de sobrepresión.
- **Válvula de dos o tres vías:** son válvulas de distribución, y su utilización permite el paso del fluido linealmente o en ángulo recto, con lo que se logra bloquear determinados circuitos y la canalización del fluido hacia el punto que interese, en orden a una prioridad de temperaturas, presiones,

utilización, etc. Su mando puede ser manual o automático. En este último caso se denominan motorizadas.

- **Grifo:** es una válvula de salida por la que llega el agua a cada aparato sanitario, su accionamiento es manual y, por lo general, su cierre es de tipo de asiento.
- **Fluxómetro:** es una válvula de descarga para inodoros. Sustituye al sistema tradicional de cisterna. Su utilización requiere, generalmente, red independiente, ya que es un elemento de gran consumo y precisa una presión residual superior a la de cualquier grifo.
- **Válvula motorizada:** es una válvula normal, pero de accionamiento mediante un motor eléctrico.
- **Válvula de compuerta:** es un tipo de válvula cuyo cierre se verifica por una compuerta, en sentido transversal a la vena líquida.
- **Llave de paso con desagüe:** es una válvula de paso que además lleva un dispositivo de vaciado, por lo que debe colocarse en una arqueta provista de desagüe. Sirve para vaciar parcialmente las tuberías y proceder a sus reparaciones.
- **Contador general:** aparato para controlar el consumo total de una instalación. Su disposición se lleva a cabo en un armario o cámara en la acometida, y debe llevar siempre una llave de paso antes y después de este. Algunos son para roscar y otros para embridar.
- **Contador divisionario:** sirve para controlar el consumo particular de algunas zonas. Por ejemplo, para estudiar el consumo de una torre de refrigeración.
- **Llave de paso general:** es la llave general que corta toda la instalación. Se dispone en la acometida y puede ser roscada o soldada.
- **Purgador:** es un elemento para eliminar el aire de las canalizaciones, puede ser manual o automático. Por lo general, se dispone en los puntos más altos de la instalación, donde el aire tiene más posibilidades de embolsamiento.
- **Antiarriete:** es un elemento para absorber los aumentos de presión en la red, básicamente los producidos por golpes de ariete. Los hay de muy diversos tipos, de colchón de aire, de resorte, de membrana, etc. Se colocan en los puntos altos de las columnas, en instalaciones en los que la velocidad del agua o el caudal sean elevados.
- **Dilatador:** disposición de tuberías para absorber los cambios de longitud debido a las temperaturas. Son imprescindibles en las instalaciones de agua

caliente. Se consiguen con el trazado de la tubería al hacer una “U”, o mediante elementos de compresión axial.

- Ventosa: válvula para expulsar el aire. Por lo general automática. Se coloca en los puntos altos de la red de abastecimiento.
- Hidromezclador: tipo de válvula para mezclar agua fría y caliente, hasta obtener una temperatura intermedia.

3.2.3. Depósitos y bombas

Son unos de los elementos más importantes de la instalación, ya que nos garantizan el suministro de agua necesario para la instalación y que esta agua pueda llegar a todos los puntos de consumo del centro.

Sus características principales son:

- Bomba: elemento impulsor del agua, cuya utilización normal es para elevar la presión del agua o impulsarla hasta lograr una cota de altura. Por lo general, se utilizan motobombas (motor y bomba incorporados en un mismo eje). Su utilización es frecuente, tanto en los circuitos de agua fría como en los de caliente.
- Grupo de presión: conjunto formado por una motobomba y un depósito, cuya utilización se verifica en las instalaciones que tienen presión insuficiente, mecanismo que permite la presión adecuada para alcanzar los puntos de consumo peor situados.
- Depósito acumulador: depósito de agua que permite la acumulación para el servicio de una instalación. Su uso puede ser muy variado; a veces se utiliza para toma de los grupos de presión, para acumular una capacidad que permita un caudal punta, para instalaciones de servicio intermitente, contra incendios, etc. Cuando su capacidad es muy grande, se desdobra en varios menores.

3.3. Criterios de diseño

En los apartados que siguen se dan unas recomendaciones generales para el proyecto y ejecución de las redes de instalaciones. Este modo de explicarlo nos obliga a repetir algunas referencias, pero nos facilita la sistematización de los conocimientos y permite completar los datos ya expuestos.

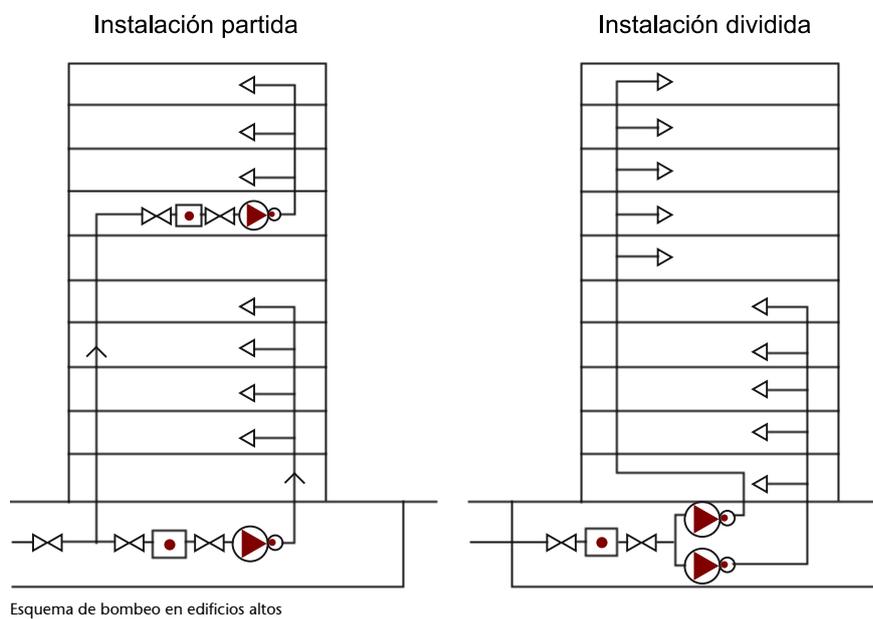
3.3.1. Grupos de presión

Hay varios tipos de soluciones, la primera y por razones de espacio y para evitar la presencia de un depósito intermedio atmosférico, consiste en aspirar directamente el agua de la red pública de suministro. Aunque es poco aconsejable.

La solución totalmente correcta pasa por que el grupo tenga dos bombas de la misma potencia en alternancia y que aspiren de un depósito.

Las motobombas, por razones prácticas y de sonoridad se ubican frecuentemente en la planta más baja, o en el sótano, del edificio, aunque también pueden disponerse en el cuarto de contadores, lo que facilita su mantenimiento y conservación.

El depósito o recipiente de alimentación del que aspira la bomba se dispondrá, deseablemente, en el mismo local de la bomba, aunque ello no sea imprescindible en muchas ocasiones debido a sus dimensiones. También por razones de sonoridad (las oscilaciones de presión se transmiten e incluso se amplifican a la red de conducciones, originando vibraciones que a su vez generan ondas sonoras) es muy deseable que a la salida de los depósitos hidroneumáticos se dispongan válvulas reguladoras de presión.



Dimensionar los depósitos de reserva (preferiblemente realizados en poliéster reforzado con fibra de vidrio y dispuestos en superficie) no se encuentra claramente explicitado en la normativa (ya que en esta se define exclusivamente el “volumen útil”), pero en un centro hospitalario se calcula en 300 litros/cama el día.

3.3.2. Tipología de las redes de distribución

En general, en los centros sanitarios las distribuciones interiores de agua responden al tipo ramificado o arborescente, con lo que se pueden definir perfectamente los caudales circulantes por cada una de las conducciones, ya que son conocidos normativamente los consumos en los diferentes puntos de consumo del sistema.

Sin embargo, como ya se ha indicado en varias ocasiones, lo recomendable es usar sistemas de tipo mallado, cuyo mayor inconveniente es el de no ser posible la definición exacta de los caudales circulantes, dado que no se conocen estos últimos en cada punto de utilización, pero que permite el abastecimiento de cualquier punto de suministro por dos “caminos hidráulicos”, con lo que la seguridad de abastecimiento es máxima. Esta solución es muy recomendable en zonas de riesgo especial como UCI o quirófanos.

Se recomienda almacenar sistemáticamente un volumen máximo de líquido abasteciendo a la totalidad de los servicios previstos (bocas de incendios, rociadores, agua fría y caliente, etc.), con la salvedad de que los distintos tramos puedan sectorizarse mediante las oportunas válvulas de cierre.

El ramal de cada planta debe poseer llave de paso, situada lo más cerca posible de la columna; en centros más pequeños se podrán colocar cerca del ramal y en grandes centros se ubicará en la sala específica de instalaciones.

En el caso de las plantas de hospitalización, este ramal se mantendrá sin reducciones de diámetro, es decir, con la sección constante que se haya obtenido mediante el correspondiente cálculo, y de este tramo general se distribuirá a cada una de las salas con necesidad de consumo. Con esta solución se mantiene la presión lo más uniforme posible a lo largo de este.

Además, se podrá vaciar completamente la red en derivaciones y ramales por el grifo más bajo, si fuera necesario.

3.3.3. Selección de valvulería

La selección de los tipos de válvulas más adecuados es un punto primordial en las redes de agua, sea fría o caliente, pudiendo representar hasta un 30% del total de inversión de la red. Asimismo, una elección inadecuada puede dar lugar a muchos problemas, como por ejemplo la cavitación.

Aunque existen muchos tipos de válvulas en la inmensa mayoría de los centros, para sectorizar el suministro, es suficiente con adoptar las válvulas de compuerta y de esfera.

Un dato importante que se debe conocer es que no todas las válvulas pueden colocarse en posición vertical y horizontal, debiendo consultarse este punto, el de su correcta disposición, con el fabricante del modelo concreto. Tampoco han de instalarse cerca de codos, cambios de sección, etc., y en general en lugares donde existan perturbaciones de flujo.

Aunque las válvulas de compuerta no presentan tan buenas características como válvulas de regulación, pues el cierre solo es efectivo a partir del 50% del recorrido, en ocasiones se utilizan con este objeto. Básicamente esta es una válvula que presenta buenas características en cuanto a estanqueidad se refiere, por lo que se debe disponer en maniobras todo-nada y preferiblemente realizadas con escasa frecuencia: acometidas generales, bases de montantes, etc. Asimismo son las más recomendables en los grupos de bombeo.

Las válvulas de bola se utilizan con profusión (de hecho, las recomendamos de manera universal en todo tipo de circuitos) hasta un diámetro de 2" como válvulas todo-nada, ya que su mayor ventaja es la visualización de su estado de apertura o cierre a partir de la observación de las palancas de maniobra, con lo que la observación, seguridad y control de los circuitos, *by-pass*, etc., es máxima.

3.3.4. Materiales que debemos emplear

En cuanto a los materiales de las conducciones, la gama es relativamente reducida y todos presentan ventajas e inconvenientes que, además, van cambiando con las circunstancias y la utilización del edificio, por lo que en cada caso la selección debe responder a las condiciones específicas del trabajo.

El cobre es uno de los materiales más empleados en las instalaciones dentro de los centros, y por su maleabilidad se puede doblar en frío con herramientas especiales, lo que lo hace muy indicado en el caso de redes de trazado irregular.

El acero galvanizado es muy recomendable tanto para agua fría como para ACS, en este caso exclusivamente en el circuito secundario (el primario a la salida de la caldera se dispondrá de acero negro), tanto por razones técnicas y de limitación de temperatura como sanitarias.

Por otra parte, una de las ventajas del acero galvanizado de este tipo es el de la universalidad de su uso, a diferencia del cobre y los materiales plásticos, ya que puede utilizarse tanto para redes de incendio como agua caliente sanitaria, acondicionamiento de aire, etc., y, en forma de acero negro, en calefacción.

Los materiales plásticos, fundamentalmente debido a su comportamiento anticorrosivo, son muy utilizados, pero deben limitarse al PE (polietileno), PE-R (polietileno reticulado) y PP-C (polipropileno). Siempre se dispondrán protegidos de la acción solar, y desde hace unos años se han constituido en una válida alternativa frente al cobre.

3.3.5. Caudales y presiones de la red interior

El defecto del que los usuarios se quejan con mayor frecuencia es la falta de caudal en los puntos de suministro y en ocasiones del exceso de presión en las plantas inferiores. Como normas generales unas elementales reglas son las siguientes:

- Presión mínima de suministro en llave de abonado: $1,5 \text{ kg/cm}^2$.
- Presión máxima en puntos de consumo: 4 kg/cm^2 .

En resumen, la presión de suministro de toda vivienda deberá estar comprendida entre 15 y 50 m.c.a. (metros columna de agua). Para centros pequeños con presión menor de 15 m.c.a. se dispondrá un grupo de presión, mientras que para las que dispongan de presiones superiores se instalarán las preceptivas válvulas reductoras de presión.

Aun así, en hospitales y grandes centros sanitarios será obligado tener un depósito de acumulación sea cual sea la presión de abonado.

3.4. Metodología de cálculo

El cálculo de las instalaciones de fontanería no resulta excesivamente difícil por su complejidad matemática de cálculo, pero sí que resultaría difícil exponerlo todo en este texto, ya que es muy extenso, dado que engloba muchos temas, dimensionamiento de tuberías, pérdidas de carga, dimensionamiento de depósitos, bombas, calderines, caudales, etc.

El cálculo solo ya sería digno de estudio con mucho más detenimiento del que se dispone. No obstante, en las siguientes líneas se realiza un resumen detallado de todo lo que la normativa hace referencia sobre el dimensionamiento de las instalaciones de suministro de agua.

La normativa, en este caso la CTE DB-HS4, no nos indica el cálculo matemático que se ha de realizar sino la metodología que debemos utilizar.

3.5. Reserva de espacio en el edificio

En los edificios dotados con contador general único se preverá un espacio para un armario o una cámara para alojar el contador general de las dimensiones indicadas en la tabla.

Dimensio- nes en mm	Diámetro nominal del contador en mm										
	Armario					Cámara					
	15	20	25	32	40	50	65	80	100	125	150
Largo	600	600	900	900	1.300	2.100	2.100	2.200	2.500	3.000	3.000
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 y de la arqueta para el contador general

3.6. Dimensionado de las redes de distribución

El cálculo se realizará con un primer dimensionado seleccionando el tramo más desfavorable de esta y obteniéndose unos diámetros previos que posteriormente habrá que comprobar en función de la pérdida de carga que se obtenga con estos.

Este dimensionado siempre se llevará a cabo 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 esta.

3.6.1. Dimensionado de los tramos

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

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

- 1) Caudal máximo de cada tramo igual a la suma de los caudales de los puntos de consumo alimentados por este.
- 2) Establecimiento de los coeficientes de simultaneidad de cada tramo de acuerdo con un criterio adecuado.
- 3) Determinación del caudal de cálculo en cada tramo como producto del caudal máximo por el coeficiente de simultaneidad correspondiente.

4) Elección de una velocidad de cálculo comprendida dentro de los intervalos siguientes:

- a) Tuberías metálicas: entre 0,50 y 2,00 m/s.
- b) Tuberías termoplásticas y multicapas: entre 0,50 y 3,50 m/s.

5) Obtención del diámetro correspondiente a cada tramo en función del caudal y de la velocidad.

3.6.2. Comprobación de la presión

Se comprobará que la presión disponible en el punto de consumo más desfavorable supera los valores mínimos:

a) Determinar la pérdida de presión del circuito sumando las pérdidas de presión total de cada tramo. Las pérdidas de carga localizadas podrán estimarse en entre un 20 y un 30% de la producida sobre la longitud real del tramo o evaluarse a partir de los elementos de la instalación.

b) Comprobar 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.

3.6.3. Dimensionado de las derivaciones a cuartos húmedos y ramales de enlace

Los ramales de enlace a los aparatos domésticos se dimensionarán conforme a lo que se establece en las tablas. En el resto, se tomarán en cuenta los criterios de suministro dados por las características de cada aparato y se dimensionará en consecuencia.

Aparato o punto de consumo	Diámetro nominal del ramal de enlace	
	Tubo de acero	Tubo de cobre o plástico (mm)
Lavamanos	½	12
Lavabo, bidé	½	12
Ducha	½	12
Bañera < 1,40	¾	20
Bañera > 1,40	¾	20

Diámetros mínimos de derivaciones a los aparatos

Aparato o punto de consumo	Diámetro nominal del ramal de enlace	
	Tubo de acero	Tubo de cobre o plástico (mm)
Inodoro con cisterna	½	12
Inodoro con fluxor	1 - 1 ½	25-40
Urinario con grifo temporizado	½	12
Urinario con cisterna	½	12
Fregadero doméstico	½	12
Fregadero industrial	¾	20
Lavavajillas doméstico	½ (rosca a ¾)	12
Lavavajillas industrial	¾	20

Diámetros mínimos de derivaciones a los aparatos

Los diámetros de los diferentes tramos de la red de suministro se dimensionarán conforme al procedimiento establecido, adoptándose como mínimo los valores de la tabla.

Tramo considerado	Diámetro nominal del tubo de alimentación	
	Acero	Cobre o plástico (mm)
Alimentación a cuarto húmedo privado: baño, aseo, cocina	¾	20
Alimentación a derivación particular: vivienda, apartamento, local comercial	¾	20
Columna (montante o descendente)	¾	20
Distribuidor principal	1	25
< 50 kW	1 ½	12
50-250 kW	¾	20
Alimentación equipos de climatización		
250-500 kW	1	25
> 500 kW	1 ¼	32

Diámetros mínimos de alimentación

3.6.4. Dimensionado de los contadores

El calibre nominal de los distintos tipos de contadores se adecuará, tanto en agua fría como caliente, a los caudales nominales y máximos de la instalación.

3.7. Cálculo del grupo de presión

3.7.1. Cálculo del depósito auxiliar de alimentación

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

$$V = Q \cdot t \cdot 60$$

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

3.7.2. Cálculo de las bombas

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

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. Se dispondrán dos bombas para caudales de hasta 10 dm³/s, tres para caudales de hasta 30 dm³/s y 4 para más de 30 dm³/s.

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.

3.7.3. Cálculo del depósito de presión

Para la presión máxima 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.

El cálculo de su volumen se hará con la fórmula siguiente:

Fórmula

Donde:

V es el volumen del depósito [l];

Q es el caudal máximo simultáneo [dm³/s];

t es el tiempo estimado (de 15 a 20) [min].

$$Vn = Pb \times Va / Pa \quad (4.2)$$

3.7.4. Cálculo del diámetro nominal del reductor de presión

El diámetro nominal se establecerá aplicando los valores especificados en la tabla siguiente en función del caudal máximo simultáneo.

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

Valores del diámetro nominal en función del caudal máximo simultáneo

Nunca se calcularán en función del diámetro nominal de las tuberías.

3.8. Dimensionado de los sistemas y equipos de tratamiento de agua

3.8.1. Determinación del tamaño de los aparatos dosificadores

El tamaño apropiado del aparato se medirá en función del caudal punta en la instalación, así como el consumo mensual medio de agua previsto, o en su defecto se tomará como base un consumo de agua previsible de 60 m³ en 6 meses, si se ha de tratar tanto el agua fría como el ACS, y de 30 m³ en 6 meses si solo ha de ser tratada el agua destinada a la elaboración de ACS.

Fórmula

Donde:

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.

El límite de trabajo superior del aparato dosificador, en m^3/h , debe corresponder como mínimo al caudal máximo simultáneo o caudal punta de la instalación.

El volumen de dosificación por carga, en m^3 , no debe sobrepasar el consumo de agua previsto en 6 meses.

Determinación del tamaño de los equipos de descalcificación: se tomará como caudal mínimo 80 litros por persona y día.

4. ACS (agua caliente sanitaria)

4.1. Normativas y reglamentos aplicables

El Reglamento de instalaciones térmicas en los edificios incluye el concepto complementario de calidad sanitaria, lo que supone un notable paso adelante en la dirección de no solamente disponer de un suministro en la cantidad y calidad suficiente, sino de que este forme parte de la prevención sanitaria.

El CTE DB-HS4 para el suministro de agua hace alguna referencia a la ACS, pero son fundamentalmente el Reglamento de instalaciones térmicas en los edificios (RITE), así como sus Instrucciones técnicas (ITE), los textos que desarrollan las características de estas instalaciones.

El criterio que se ha seguido para redactar el RITE es el de referenciarse sobre las normas UNE, ante posibles cambios, que permiten una mayor facilidad para modificarlas, y por lo tanto posibilita la permanente puesta al día, a diferencia de un reglamento de estas características.

Esta particularidad constituye que el reglamento difiera de toda la normativa básica anterior. Si bien este criterio oficial tiene su validez, lo cierto es que plantea a los técnicos de diseño numerosos problemas ante una documentación técnica muy difícil de asimilar, incluso para un especialista.

Muchas de las UNE comentadas en el RITE no son de utilidad directa para los proyectistas. No obstante hay que ser conocedores de su existencia ya que son de obligada referencia tanto para el proyectista como para el calculista. Destacar que al RITE lo complementan 118 normas UNE con especificaciones sobre:

- Salas de máquinas y equipos autónomos de generación de calor o frío o cogeneración que utilizan combustibles gaseosos
- Sistemas de refrigeración y bombas de calor
- Instalaciones receptoras de gas
- Instalaciones de acondicionamiento de aire en hospitales
- Higienización de sistemas de climatización
- Prevención y control de la legionela
- Ventilación de edificios
- Chimeneas metálicas
- Clasificación de aparatos según la evacuación de los productos de combustión
- Automatización y control de edificios
- Código de colores para los fluidos que circulan por tuberías y conductos

- Grados de protección proporcionados por las envolventes
- Sistemas de expansión y dilatadores
- Prevención de la corrosión en circuitos de agua
- Aparatos eléctricos para la detección de gases
- Sistemas de canalización en materiales plásticos
- Ergonomía del ambiente térmico
- Aislamiento térmico para equipos de edificación e instalaciones industriales

4.1.1. Reglamento de instalaciones térmicas en los edificios (RITE)

Los comentarios más sustanciales que pueden realizarse sobre la norma son los descritos en los siguientes subapartados.

Art. 1. Ámbito de aplicación

Básicamente afecta a las condiciones que deben cumplir las instalaciones de calefacción, climatización y ACS en edificios no industriales de nueva planta o de reforma.

En este se indica que no se exige presentación de proyecto específico para edificios cuya instalación térmica esté comprendida entre los 5 y los 70 kW, bastando en estos casos con la documentación del instalador.

Art. 7. Proyecto, ejecución y recepción de las instalaciones

Las instalaciones sujetas al reglamento se desarrollarán como parte del Proyecto general del edificio o a modo de uno o varios proyectos específicos que cumplirán en ambos casos las ITC, que, cuando sean distintos del autor del proyecto de la edificación, deben actuar coordinadamente con él y entre ellos.

Art. 8. Reforma de las instalaciones

Se entiende por reforma prácticamente toda modificación realizada en cualquier tipo de instalaciones, incluyendo en el concepto de reforma la sustitución de fuentes de energía. En todo caso, la reforma deberá ser aprobada mediante la presentación del correspondiente proyecto técnico.

4.2. Producción y acumulación

A la hora de plantear las instalaciones de producción de ACS, la primera incógnita es decidir el tipo de suministro que se va a realizar: individual, en el caso de pequeños centros de atención primaria o consultorios con pocos puntos de consumo, o centralizado, en centros medios o grandes.

La segunda es si unificamos la producción de ACS con la de calefacción para optimizar los recursos.

Una tercera es la del combustible que se va a suministrar.

Como las soluciones actuales son infinitas, indicaremos unos criterios generales.

Antes de detallar los diferentes sistemas existentes, de cada solución se pueden 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.
- Para un mismo nivel de confort, el coste de servicio, conservación y mantenimiento es notablemente inferior en las instalaciones centralizadas.

4.2.1. Producción individual de ACS de potencia menor que 70 kW

Existen, fundamentalmente, dos tipos de calentadores autónomos en cuanto al sistema de producción se refiere: los de acumulación y los instantáneos.

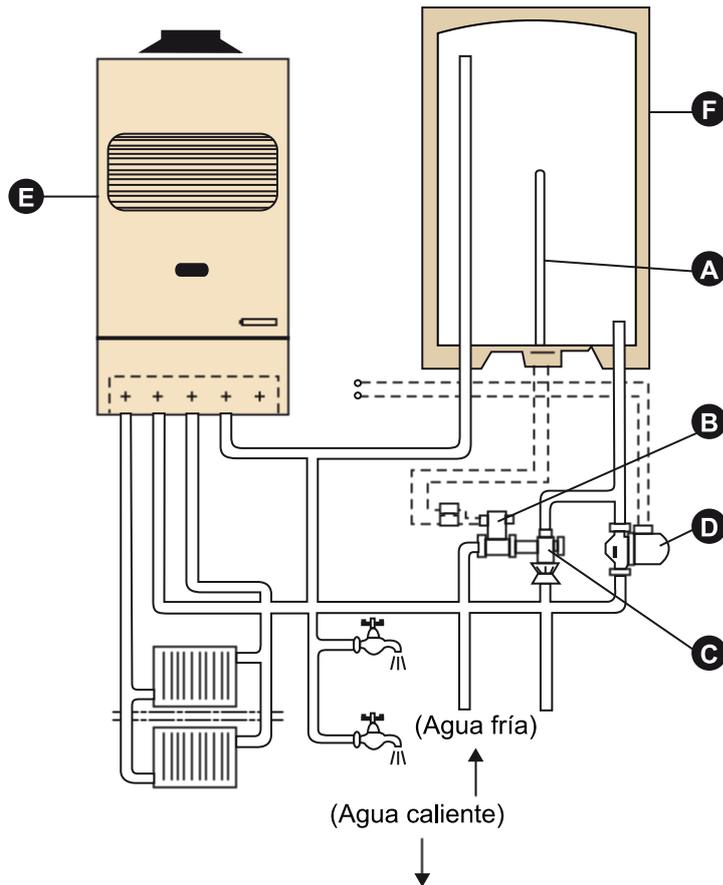
Recientemente, han surgido con gran éxito los denominados de semiacumulación, que están dotados de un pequeño volumen de acumulación de ACS, produciendo unas notables mejoras en el confort de la instalación.

Instalaciones individuales de gases combustibles

Son aparatos de acción instantánea aquellos que calientan el agua a medida que se produce su consumo, pudiendo ser alimentados por gas natural.

El sistema habitual, sin embargo, es el de acumulación de una caldera, suministrada con gas natural, en forma de mueble con un acumulador lateral o inferior y un cambiador de calor.

Son instrumentos muy compactos que engloban todos los accesorios necesarios (bomba, válvula de tres vías, selector, etc.).



A = Acuastato C = Seguridad E = Caldera mixta
 B = Detector D = Bomba Sanitaria F = Acumulador

Elementos más importantes de una caldera mixta para calefacción y ACS con acumulador

Calentadores-acumuladores eléctricos

Los termos eléctricos o calentadores eléctricos a presión son aparatos concebidos para soportar la presión de la red de alimentación de agua fría más la presión producida por el calentamiento del agua. Estos aparatos de acumulación (los calentadores eléctricos instantáneos exigen unas potencias muy elevadas, por lo que resultan antieconómicos) presentan la gran ventaja de no exigir conductos de evacuación de humos (dado que no hay combustión) ni presentar peligro de explosión, por lo que su emplazamiento y exigencias constructivas son mínimas y abarcan una gran multiplicidad de usos.

Estos calentadores, como se ha dicho anteriormente, se utilizan para puntos aislados o centros con pocos puntos de consumo y situándose uno para cada grifo o punto de consumo.

Las potencias eléctricas aproximadas en los volúmenes más utilizados son los siguientes:

- Para 100 litros: 1.500 W
- Para 150 litros: 2.200 W

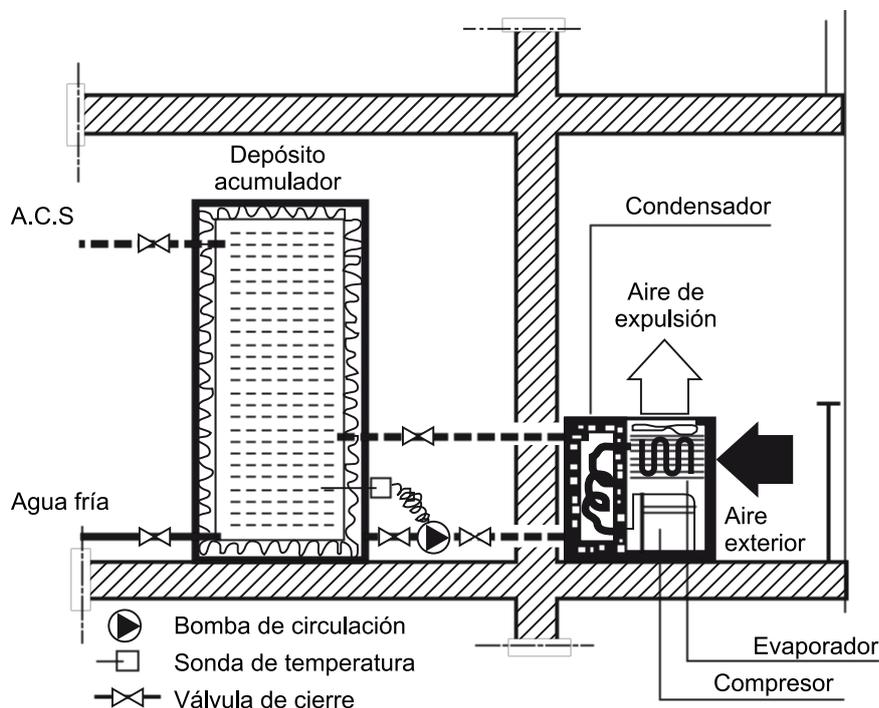
- Para 200 litros: 2.500 W

Bombas de calor individuales

En efecto, el uso de las bombas de calor destaca por su simplicidad de instalación, dado que para su funcionamiento no se requiere ni la previsión de chimeneas, ni depósitos de almacenamiento de combustible, ni el espacio que ocuparían estos (por lo que las demandas espaciales son, por tanto, muy pequeñas).

También es digno destacar que las bombas de calor individuales son siempre del tipo “monobloc”, es decir, que todos sus componentes se disponen en una unidad compacta, con la consiguiente facilidad de transporte y colocación. Por otra parte, y aunque este aspecto no revista la importancia de otros, una vez instalada funciona sin necesidad de atención complementaria mediante sistemas de autocontrol que permiten que su sistema de trabajo sea, salvo en épocas de muy bajas temperaturas, totalmente automatizado y de óptimo rendimiento.

Sin embargo, también existen inconvenientes, como el uso de determinados refrigerantes.



Esquema de instalación individual para ACS con bomba de calor

La temperatura obtenida para el ACS por este método es, como máximo, de 55 C, por lo que cumple los valores exigidos por la UNE 100130 (UNE referente a la legionela), si bien de una manera muy justa. Por otra parte, al existir

esta limitación de temperatura, será necesario sobredimensionar el depósito acumulador para su empleo con la tarifa nocturna; si se compara a un termo eléctrico, este tiene la ventaja de almacenar el líquido a la temperatura de 65 C.

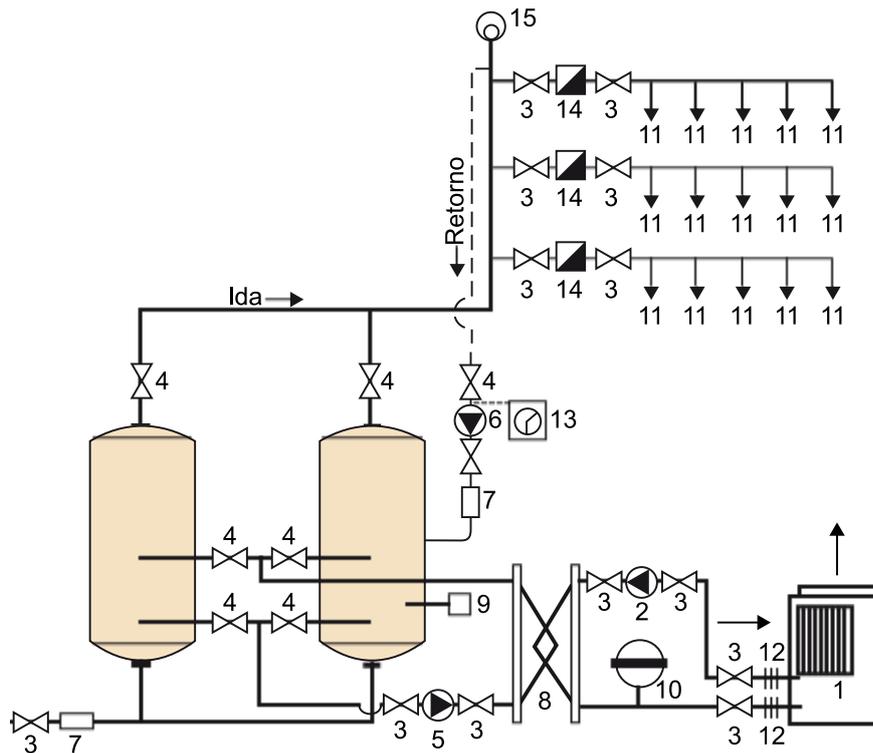
Por lo tanto, en este sistema de producción de ACS no se suele utilizar habitualmente en una acumulación total, ya que se aumentan mucho los volúmenes de los depósitos y, además, al trabajar la bomba de calor exclusivamente por la noche su rendimiento disminuye, ya que las temperaturas son menores durante ese periodo.

4.2.2. Producción de ACS centralizada mediante bombas de calor

El RITE permite esta instalación con la problemática que ya hemos adelantado del riesgo mayor respecto a otros sistemas de aparición de brotes de legionela.

Este sistema se suele emplear frecuentemente en hospitales, dado que pueden amortizarse en pocos años (aproximadamente 6 a 7) y siempre que los consumos sean de cierta envergadura.

Además, es más fácil proceder a la instalación en el exterior, lo que facilita la ventilación del evaporador, aunque ello supone la necesidad en muchos lugares de nuestra geografía de colocar unas resistencias eléctricas de calentamiento para determinados días críticos de bajas temperaturas.



- | | |
|---|---------------------------------------|
| 1. Bomba de calor | 9. Termostato de carga |
| 2. Bomba de circulación 1 ^{RI} | 10. Vaso de expansión |
| 3. Válvulas de interrupción | 11. Grifos de consumo |
| 4. Válvula de regulación | 12. Tubería flexible antivibratoria |
| 5. Bomba de carga 2 ^{RI} | 13. Reloj para bomba de recirculación |
| 6. Bomba de recirculación | 14. Contador |
| 7. Válvula antirretorno | 15. Purgador de aire |
| 8. Intercambiador | |

Preparación de ACS con bomba de calor en el circuito primario

El sistema estándar consiste en producir ACS mediante una bomba de calor asistida por un intercambiador de placas, almacenándola en unos depósitos (normalmente dos), y distribuirla posteriormente a los puntos de consumo.

Además del equipo térmico y los depósitos acumuladores, estas instalaciones se completan con:

- Una válvula mezcladora a la salida de los depósitos acumuladores, de tal manera que se pueda distribuir el agua a una temperatura inferior a la de calentamiento.
- Placa deflectora que impida que la presión dinámica residual revuelva el agua, dificultando la estratificación de esta.
- Bomba de circulación, situada en la tubería de retorno, conectada con un termostato en el punto más alejado de la instalación, que posibilite el paro de la bomba cuando se alcancen las temperaturas de distribución adecuadas.
- Aislamiento térmico reforzado en acumuladores y tuberías.

Respecto a los esquemas de funcionamiento, como se puede apreciar en la figura anterior, los depósitos de acumulación se dispondrán en serie con objeto de facilitar la estratificación de agua.

4.2.3. Producción de ACS mediante generadores de calor de gas natural

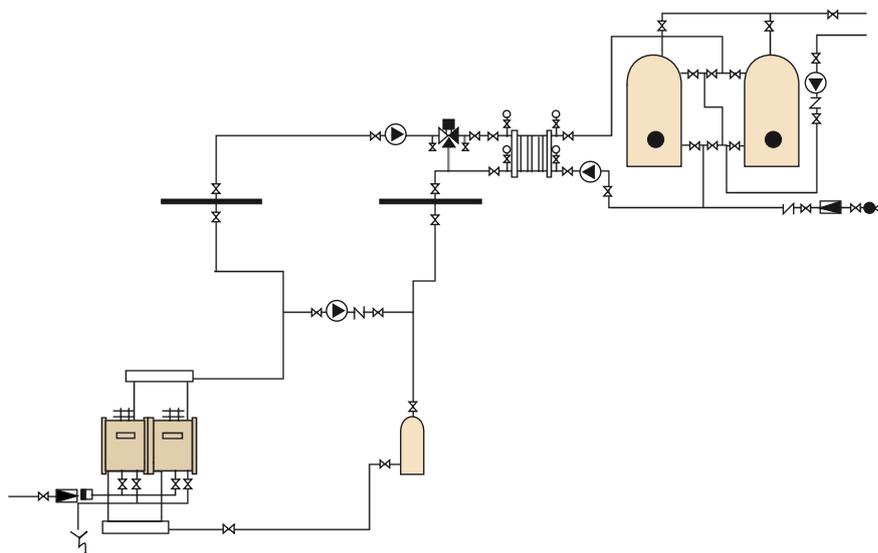
La producción de ACS mediante la combustión del gas natural presenta las mayores ventajas tanto en cuanto a la disminución de los niveles de ocupación superficial de las salas de calderas, como por su temperatura de acumulación, tan crítica en centros sanitarios.

Es bueno saber que las calderas de gas deberán situarse en un local exclusivo, con las características específicas marcadas por la norma, destinado a albergar exclusivamente elementos de estas instalaciones, lógicamente, con la limitación de no poder ubicarse en niveles inferiores al primer sótano.

Obtención exclusiva de agua caliente sanitaria

Este sistema, muy elemental y práctico, cumple en su totalidad con las exigencias del RITE y está constituido por uno o, mejor, dos módulos de calderas de condensación que constituyen un único generador.

La acumulación de ACS se logra mediante uno o dos acumuladores, por razones de seguridad de servicio y facilidad de mantenimiento.



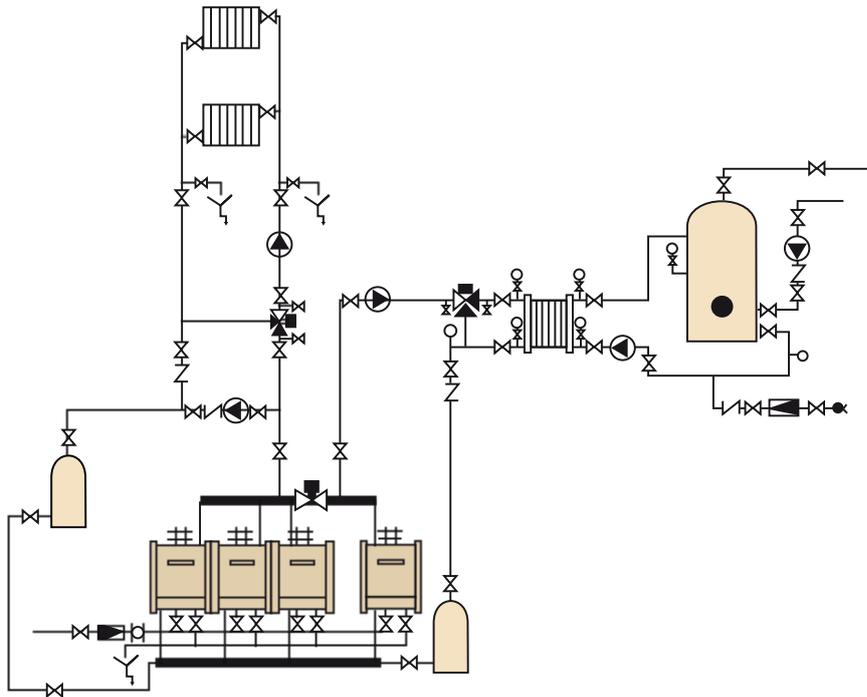
Preparación de ACS mediante calderas multicelulares de gas natural

La posibilidad de aumentar tanto el número de módulos como de acumuladores de ACS, con la versatilidad que esto conlleva, constituye la característica más importante de este tipo de instalación.

Obtención de ACS y calefacción mediante calderas multicelulares de gas natural

La utilización de módulos de calderas de condensación, actualmente obligatorias por su mejor rendimiento, presentan varias ventajas que es preciso comentar.

El esquema de la figura se puede diseñar mediante la previsión de tres módulos (o calderas) para calefacción y uno para agua caliente sanitaria.



Mediante la previsión del oportuno colector sectorizado con la correspondiente llave de corte (en este caso, una válvula de dos vías), existe un único circuito de calefacción y otro de ACS, en ambos casos con regulación por válvulas de tres vías y las correspondientes bombas en los circuitos primario y secundario. El depósito acumulador dispone previamente de un intercambiador de placas con circulación forzada entre ambos elementos mediante una bomba o recirculador, con lo que la capacidad de respuesta de la instalación es muy elevada.

El funcionamiento de las calderas en calefacción, y en ACS si es necesario incluir más de un módulo, se corresponde con el tipo de “cascada” o “en paralelo”, de manera que la conexión y desconexión de los distintos módulos se adapta a las necesidades caloríficas de la instalación en función, bien de las demandas de ACS, bien de las variaciones de temperatura exterior.

Como se puede apreciar en la figura anterior, al estar fraccionada la potencia en varios módulos de funcionamiento autónomo, se obtiene una gran seguridad de servicio, aun en el caso de que se produzcan anomalías en alguno de ellos. Por este motivo, es aconsejable la colocación de más de un acumulador de ACS, lo que también ayuda a las labores de mantenimiento.

Por razones de seguridad es preferible disponer de dos vasos de expansión, uno para cada circuito, y ambos dotados de sus correspondientes válvulas de seguridad.

Placas solares

Con la entrada en vigor del nuevo Código técnico de la edificación, entró en funcionamiento el DB-HE (Ahorro Energía). En la sección 4 se habla de la contribución solar mínima de agua caliente sanitaria.

Por lo tanto, todas las nuevas instalaciones de ACS deberán tener una aportación de energía solar térmica mínima, y esta instalación deberá trabajar en sintonía con la instalación de producción de ACS por métodos convencionales.

Esta norma será de aplicación en los edificios de nueva construcción y rehabilitación de edificios existentes de cualquier uso en los que exista una demanda de agua caliente sanitaria.

4.3. Metodología de cálculo

Las instalaciones interiores de agua caliente sanitaria, a diferencia de las de agua fría, no se contemplan, en cuanto a su cálculo se refiere, en normativa específica alguna con respecto al proceso general.

Sin embargo, se encuentran afectadas por consideraciones concretas CTE DB-HS4, así como por otras determinaciones del Reglamento de instalaciones térmicas y sus Instrucciones técnicas.

Será particularmente en estas donde nos apoyaremos para realizar el gui3n de la metodolog3a de c3lculo que habr3 que utilizar.

Naturalmente, no pretendemos realizar una revisi3n exhaustiva del reglamento antes citado, pero s3 indicaremos algunos de sus aspectos m3s incidentes en el dise1o y c3lculo del ACS; de este modo, tendremos una visi3n completa sobre la incidencia de este importante texto legal en las instalaciones de ACS.

4.3.1. Instrucciones técnicas complementarias (ITE)

En los comentarios que siguen, se ha incidido en aquellos aspectos que más afectan al arquitecto, alejándonos del detalle técnico, ya que conllevaría un módulo demasiado extenso y complejo.

Dada la extensión de los aspectos por tratar, hemos optado por mantener la clasificación en apartados tal y como figuran en las ITE.

ITE 02.5. Producción centralizada de agua caliente sanitaria

ITE 02.5.1. Temperaturas de preparación

En relación con la temperatura de preparación y almacenamiento de ACS en centros que incorporen los sistemas centralizados con acumulación, deberán tenerse en cuenta los criterios de la UNE 100030: "Prevención de la legionela en instalaciones de edificios", ya que es de vital importancia en centros sanitarios.

La temperatura mínima para sistemas de producción centralizada debe ser de 55 C, siendo muy recomendable la de 60 C. También es muy recomendable llevar a cabo periódicamente un tratamiento de choque térmico aumentando la temperatura hasta 70 °C para su pasteurización.

La temperatura de distribución no podrá ser inferior a 50 °C en el punto más alejado del circuito o en la tubería de retorno a la entrada del depósito de acumulación.

Todo esto es básico para evitar los brotes de legionela tan temidos en los centros sanitarios.

ITE 02.6. Fraccionamiento de potencia

Cuando se dispongan más de dos generadores, estos se conectarán hidráulicamente en paralelo y estarán independizados, con objeto de poder usar, al menos, uno de ellos en caso de avería del otro.

ITE 02.6.2. Centrales de producción de calor

Se modifican los términos de fraccionamiento de potencia, y es necesario para centrales de producción de calor de potencia superior a los 400 kW dos o más generadores.

También será necesario un mínimo de dos calderas cuando la central de producción de calor suministre además calor para el servicio de ACS.

ITE 02.7. Salas de máquinas

La referencia reglamentaria para el diseño de las salas de calderas es la UNE 100.020.

Para gasóleo los espacios mínimos entre calderas, así como entre ellas y de estas con las paredes lateral y posterior, será de 0,70 m. Por delante de la caldera el espacio mínimo será su profundidad, aunque se recomienda ampliarlo para que los trabajos de mantenimiento puedan realizarse correctamente.

Las salas de máquinas no pueden utilizarse para fines diferentes de los de alojar equipos y aparatos al servicio de la instalación de climatización.

En las salas de máquinas de seguridad elevada, cuando tengan dos o más accesos, uno de ellos dará salida directa al exterior. En la práctica, ello hará que los centros sanitarios medios y grandes tengan un acceso al exterior y otro al interior del edificio.

ITE 02.8. Tuberías y accesorios

En esta ITE encontramos algunas referencias constructivas y de cálculo de interés, tales como la obtención de los diámetros de las tuberías de alimentación y vaciado de las redes y cálculo de dilatadores y se insiste en la necesidad de que estos diseños sean lo más eficientes posibles.

Sin embargo, no se hace referencia específica a los materiales de las conducciones ni a su relación con las temperaturas del agua.

ITE 02.10. Aislamiento térmico

El aislamiento es obligado cuando la temperatura sea superior a 40 °C y situados en locales no calefactados, incluyendo entre estos locales los patinillos, galerías, salas de máquinas y similares.

ITE 02.14. Chimeneas y conductos de humos

Los conductos de humos se utilizarán exclusivamente para la evacuación de los productos de la combustión. Se considera adecuado el diseño realizado en la UNE 123001. Se indica que los equipos de potencia superior a 500 kW deben tener su conducto de humos independiente, caso muy habitual en los centros que aquí estudiamos.

5. Tratamientos del agua

Existe multitud de tratamientos de agua, pero, en los puntos de consumo urbanos donde el agua ya está pretratada, el agua de red tiene unas condiciones buenas para el consumo.

No obstante, en los centros sanitarios la necesidad de consumir agua óptima, tanto para uso humano como de la maquinaria de precisión, es muy importante y por eso se vuelve a tratar el agua de la red, para que el agua de consumo nos garantice las necesidades estrictas de calidad que se requieren.

Los tratamientos en los centros sanitarios se pueden clasificar en dos según sus necesidades. El primer tipo de tratamiento es la desinfección del agua y el segundo, la desmineralización o ablandamiento del agua.

El tema de los tratamientos del agua es muy extenso y técnico, por lo que solo se mostrarán pequeñas introducciones de los tres métodos aquí expuestos.

5.1. Desinfección

Para conseguir la eliminación de ciertas materias minerales disueltas indeseables, como por ejemplo compuestos de hierro o de manganeso, la supresión de sabores y olores y la destrucción de gérmenes patógenos, se recurre normalmente a tratamientos de aguas con procesos químicos.

Existen multitud de sistemas para la desinfección, pero nos basaremos en el sistema más utilizado para centros, tanto hospitalarios como de pública concurrencia, es decir, la oxidación y desinfección por cloro.

5.1.1. Desinfección por cloro

El cloro posee un poder oxidante remanente muy elevado que favorece la destrucción de las materias orgánicas. Su acción bactericida puede explicarse por la destrucción de las enzimas indispensables para la vida de los agentes patógenos.

El tratamiento del agua de consumo se consigue mediante la desinfección por cloro, añadiéndolo a modo de agua clorada que se inyecta en el depósito de agua tratada, o, en el caso de las instalaciones a presión, en la tubería de impulsión hacia los depósitos de almacenamiento.

En ambos casos, deben tomarse las debidas precauciones para garantizar la mezcla correcta del agua clorada con el agua sometida a tratamiento. Se necesita un tiempo mínimo de 30 minutos de contacto; transcurrido este, la dosis de cloro residual debe ser de 0,1 a 0,2 mg/l.

La dosificación del cloro se lleva a cabo mediante equipos autónomos de cloración.

5.2. Ablandamiento del agua

El agua de consumo de las redes de distribución se considera agua dura, es decir, el agua lleva disueltas sales minerales. Por lo tanto, se entiende como dureza del agua la concentración de compuestos minerales que se hallan en una determinada cantidad de agua, en particular sales de magnesio y calcio. Son estas las causantes de la dureza del agua, y el grado de dureza es directamente proporcional a la concentración de sales metálicas.

La desmineralización o ablandamiento del agua es un proceso para la eliminación de la dureza del agua.

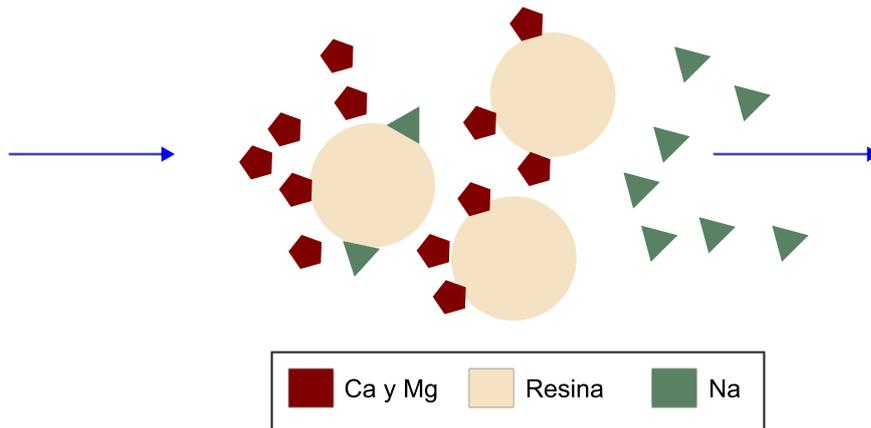
Igual que en el caso anterior, existen multitud de tratamientos para ablandar el agua, pero hay dos sistemas que son los más conocidos y aplicados:

- **Descalcificación:** elimina el calcio y el magnesio del agua mediante resinas intercambiadoras de iones.
- **Osmosis inversa:** elimina todo tipo de partículas del agua mediante el paso del agua por una membrana semipermeable.

5.2.1. Descalcificador

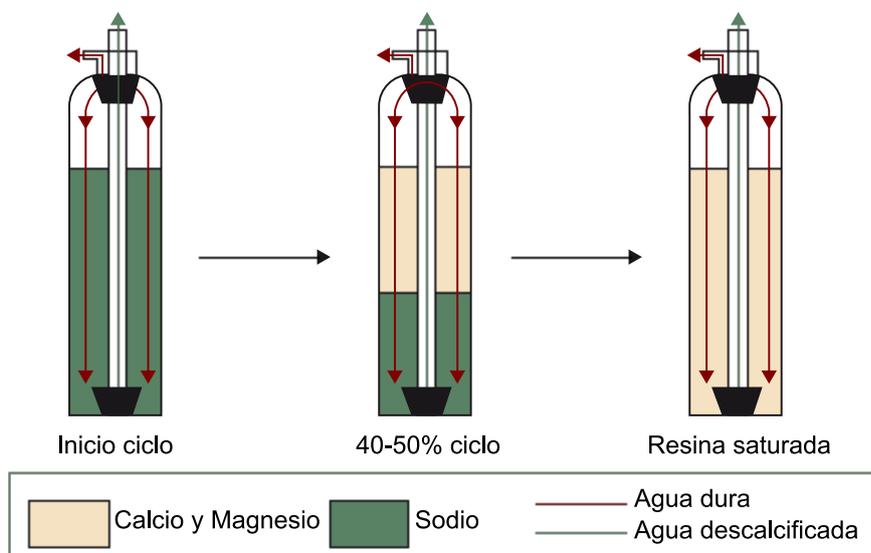
Un descalcificador consiste en una botella que contiene una resina de intercambio catiónico, un depósito de sal y una válvula.

El principio de funcionamiento de la descalcificación se basa en la resina de intercambio catiónico. El agua circula a través de las partículas de esta resina, inicialmente saturada de cationes de sodio (Na^+), que al tener más afinidad para el calcio (Ca^{2+}) y el magnesio (Mg^{2+}) retendrá estos mientras libera los de sodio.



Proceso del intercambio catiónico

Cuando está saturada de cationes de calcio y magnesio, la resina debe regenerarse para que pueda volver a estar en condiciones óptimas de descalcificación. Para ello es necesaria una solución muy concentrada de cloruro sódico (NaCl-sal) que provoque que la resina libere los cationes de calcio y magnesio, y se quede de nuevo con los de sodio.



Proceso de descalcificación

En función de los equipos, se ahorrará más o menos sal y agua.

Y para saber cuándo se debe proceder a la regeneración, existen dos sistemas de control. Uno es cronométrico, basado en el tiempo transcurrido desde la última regeneración. El otro, volumétrico, puede ser de carácter simple o microprocesado.

- Volumétrico simple: cuando se haya consumido el volumen total que el equipo es capaz de tratar. Puede programarse una regeneración inmediata o bien retardada a una hora programada.
- Volumétrico microprocesado: el volumen de agua tratada se controlará y se harán medias de consumo. Diariamente el descalcificador se autocuestio-

ará si su disponibilidad para descalcificar es suficiente para el día siguiente. En caso negativo, procederá a la regeneración a la hora programada.

Algunos equipos incluso promedian los consumos diarios, saben cuáles son los días en que el consumo es más elevado y por lo tanto lo prevén.

Según la combinación del tipo de control y el proceso de regeneración, también se puede distinguir entre equipos convencionales y de alto rendimiento. Existe una amplia gama para cubrir las necesidades de cada caso en particular.

5.3. Osmosis inversa

El primer paso es aclarar el concepto de osmosis, que se entiende como el paso recíproco de líquidos de distinta densidad mediante una membrana que los separa.

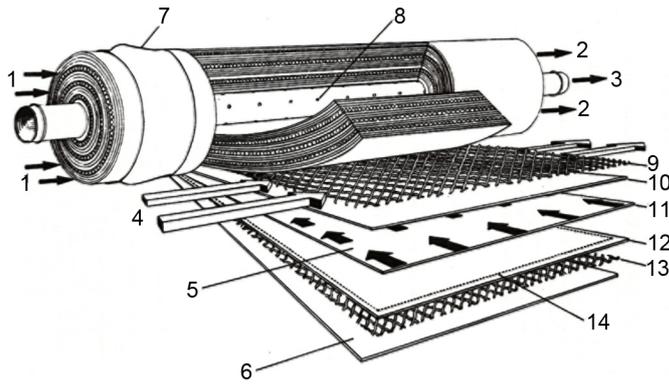
Efectivamente, la osmosis inversa consiste en hacer pasar el agua que se ha de tratar por membranas que permiten el paso del agua pura y retienen el agua con sales minerales. Las membranas más utilizadas suelen ser la de acetato de celulosa y la de nylon. Para poder hacer pasar el líquido por estas membranas se debe someter a presión.

Las características principales de este método son las siguientes:

- Se trata de un concepto básico sencillo.
- No requiere transferencia de calor.
- El material que constituye la membrana es barato.
- Las presiones son del orden de 28 a 105 atmósferas, por lo que se necesitan equipos de bombeo, recipientes y tuberías resistentes y fiables.

Actualmente, se han desarrollado varios tipos de variantes del método de la osmosis inversa:

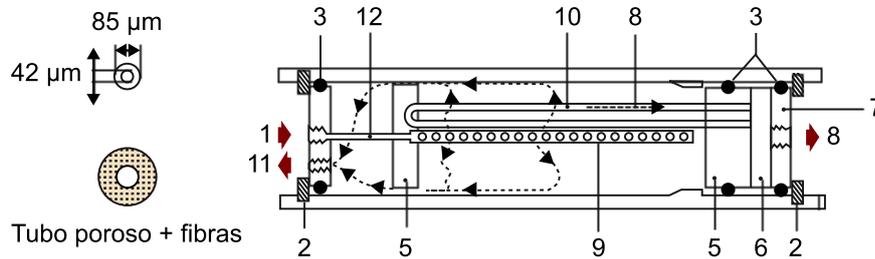
- De placa plana: las membranas se superponen con las placas soporte como si se tratase de un sistema de prensado convencional.
- Tipo tubular: la membrana se pone en el interior de un tubo poroso.
- Tipo espiral: se disponen tres capas constituidas por una membrana/separador de plástico/membrana y el conjunto se arrolla para formar una espiral y se introduce en un recipiente a presión.



- | | |
|---|---|
| 1. Agua bruta | 8. Perforaciones de recogida de permeado |
| 2. Rechazo | 9. Espaciador |
| 3. Salida de permeado | 10. Membrana |
| 4. Sentido de flujo del agua bruta | 11. Colector de permeado |
| 5. Sentido de flujo del permeado | 12. Membrana |
| 6. Material de protección | 13. Espaciador |
| 7. Junta de estanquidad entre módulo y envoltorio | 14. Línea de soldadura de las dos membranas |

Módulo de membrana tipo espiral

- Fibra hueca: no entraremos en detalle, pero sí indicaremos que la membrana se sustituye por un haz de fibra huecas tejidas como una máquina textil especial. El agua pasa a través de la pared de la fibra, recorre el largo de esta y sale por el extremo.



- | | |
|--------------------|-----------------------------|
| 1. Agua bruta | 8. Agua pura |
| 2. Fijación | 9. Tubo poroso distribuidor |
| 3. Juntas tóricas | 10. Fibra hueca |
| 5. Placa epoxy | 11. Rechazo |
| 6. Disco poroso | 12. Tubo no poroso |
| 7. Placa de cabeza | |

Esquema de principio de un módulo de fibras huecas

6. Climatización y ventilación

6.1. Introducción

Los sistemas de climatización de un centro sanitario tienen por objeto mantener las diferentes áreas, salas y locales bajo unas condiciones de temperatura, humedad y calidad del aire determinadas.

Estas condiciones, que podríamos denominar de confort, básicamente temperatura y humedad, en algunas zonas de los centros sanitarios que necesiten algún tipo de clasificación ambiental específica incluirán el control de algún tipo más de variable, como el número de renovaciones por hora, la velocidad del aire en la salida de los difusores, su nivel de filtraje y la exigencia de tener algún tipo de gradiente de presión, positiva o negativa, en función de los casos, con las zonas adyacentes.

6.2. Normativa aplicable

Fundamentalmente es el Reglamento de instalaciones térmicas en los edificios (RITE), así como sus Instrucciones técnicas (ITE), los textos que desarrollan las características de estas instalaciones dentro del territorio español.

Fuera de él, y a nivel internacional, está comúnmente aceptado el ASHRAE y todas sus normas anexas.

6.3. Consideraciones iniciales de diseño

El primer paso y básico para el diseño de una correcta instalación de climatización es calcular la carga térmica del centro de salud. Para este cálculo se requiere información de diseño detallada de la edificación e información climática de las condiciones de diseño seleccionados.

Hay que determinar la ubicación, orientación y sombra externa de la edificación a partir de los planos y especificaciones. La sombra de edificaciones adyacentes puede ser determinada por un plano del sitio o visitándolo. Su permanencia probable ha de ser cuidadosamente evaluada de ser incluida en los cálculos.

También se deberán definir las condiciones de diseño interior, tales como temperatura interior, humedad y ventilación exterior.

Un correcto cálculo de cargas térmicas debe incluir el cálculo global del edificio, que nos dimensionará la central de producción, y el cálculo de los diferentes locales y zonas que debemos climatizar, que nos dimensionará los elementos terminales de cada zona. Un error muy común es realizar el cálculo de los diferentes locales y zonas, realizar una suma total y aplicar un coeficiente de simultaneidad. Este último método es incorrecto y nos atreveríamos a decir que poco riguroso.

6.4. Parámetros de diseño

Los parámetros de diseño son el conjunto de una serie de factores internos y externos que nos condicionan cómo deberá ser el diseño de la instalación de climatización.

6.4.1. Factores internos

Los factores internos son los que nos vendrán condicionados por el uso de las diferentes áreas y locales que se han de climatizar y por el cumplimiento de normativas y recomendaciones de diseño.

Un confort o bienestar térmico se considera satisfecho en el diseño y dimensionado de la instalación térmica si los parámetros que definen el bienestar térmico, como la temperatura, humedad relativa, temperatura radiante media del recinto, velocidad media del aire en la zona ocupada e intensidad de la turbulencia se mantienen en la zona ocupada dentro de los valores establecidos.

Temperatura y humedad

La temperatura es un factor determinante en la sensación de confort o bienestar térmico de los usuarios. Es instructivo comentar lo que la norma ASHRAE dice, que “el bienestar térmico es aquel estado de la mente que expresa satisfacción con el ambiente térmico y es evaluado de forma subjetiva”. Esta frase pone de manifiesto la dificultad que se presenta para obtener el menor número de quejas. Dicho con otras palabras, la obtención de un porcentaje de personas insatisfechas menor que el 15% debe considerarse un éxito.

La teoría y la experiencia indican que los valores medios de 24 °C para verano y 22 °C para invierno son los más indicados para reducir el número de quejas. Sin embargo, creemos que estas temperaturas de confort se pueden variar un poco aproximándolas a las temperaturas exteriores, de manera que el confort no se resienta y favorezcamos el ahorro energético, de modo que estaríamos hablando de marcar como temperatura de referencia 25 °C en verano y 21 °C en invierno, dejando márgenes de variación por parte del usuario de ± 2 °C.

Evidentemente, las sensaciones de confort tienen otro factor fundamental, como es la humedad ambiente.

Lo más conveniente es mantener la humedad relativa entre el 60 y el 40%, aunque como referencia en fase de diseño se tomará una humedad relativa del 50%.

Caudal de ventilación de aire exterior

Los centros sanitarios dispondrán de un sistema de ventilación para el aporte del suficiente caudal de aire exterior que evite, en los distintos locales en los que se realice alguna actividad humana, la formación de elevadas concentraciones de contaminantes.

Si tomamos como referencia el Reglamento de instalaciones térmicas en los edificios (RITE) en su IT 1.1.4.2 Exigencia de calidad del aire interior, marca como caudal óptimo de ventilación exterior el caudal máximo entre 12,5 l/s por persona o 0,83 l/s por m².

Los espacios denominados salas limpias, definidas más adelante, tendrán requerimientos más exigentes allí especificados con total detalle.

Renovaciones por hora

El caudal de renovación por hora se refiere a las veces que el aire de una determinada sala es tratado por el climatizador que acondiciona esa sala. Este caudal podrá ser 100% aire exterior, como en los quirófanos, o parte recirculada y parte de aire exterior, que será como mínimo el caudal mencionado en el punto anterior.

Se considera que el número de renovaciones aconsejable, en sistema todo aire, para lograr unas condiciones de confort óptimas es de 12 renovaciones por hora.

Nivel de filtraje y cantidad de partículas en suspensión

La mayoría de los sistemas de acondicionamiento de aire de los centros sanitarios funcionan mediante el tratamiento del aire, variando sus condiciones de temperatura y humedad. Para ello, el aire es tratado en unas unidades que se denominan climatizadores. Aprovechando el paso del aire por estas unidades terminales es muy recomendable realizar su filtraje para eliminar las partículas contaminantes. Conseguir un adecuado filtraje de aire es una labor básica de un equipo de aire acondicionado.

Para realizar este filtraje se instalan unos filtros en los climatizadores. Cada filtro instalado representa una etapa de filtración y lo recomendable es instalar al menos dos etapas de filtraje.

Existen como máximo tres etapas de filtraje:

- Primera etapa (prefiltros): formada por filtros de clasificación EU3-EU4 (o G3-G4), y ubicados en los climatizadores.
- Segunda etapa (filtros): formada por filtro de clasificación EU8-EU9 (o F8-F9), y ubicados en los climatizadores.
- Tercera etapa (filtros terminales): formada por los denominados filtros absolutos, de clasificación EU12-EU14 (o H12-H14), y ubicados en los difusores terminales de los techos de las salas.

Ocasionalmente, en zonas contaminantes, se pueden instalar filtros en las extracciones de aire al exterior, que serán convencionales o de carbón activo, en función de las necesidades.

Los filtros de aire retienen las partículas del aire porque dichas partículas entran en contacto con la superficie de las fibras de la media filtrante y se adhieren a las fibras.

Existen dos grandes categorías de filtros de aire:

- Filtros de aire con media de fibras finas. Estos filtros utilizan medias filtrantes cuyas fibras tienen un diámetro lo suficientemente pequeño como para permitir la parada eficaz de partículas submicrónicas sin atracción electrostática. La media de fibras finas tiene a menudo fibras de vidrio o politetrafluoroetileno (PTFE, o más conocido como teflón).
- Filtros de aire con media de fibras espesas. Estos filtros utilizan medias filtrantes cuyas fibras tienen un diámetro que no permite, normalmente, detener eficazmente las partículas submicrónicas. Para detener estas partículas con más eficacia, la media se carga electrostáticamente para permitir una atracción electrostática de las partículas. Las medias de fibras espesas tienen a menudo fibras sintéticas.

En los centros sanitarios, dependiendo de las zonas, se emplean de dos a tres etapas de filtraje. Por lo general, se utilizarán tres etapas: filtraje, prefiltro y filtro final.

Se emplearán prefiltros para mantener limpios los componentes de las unidades de ventilación y tratamiento de aire, así como para alargar la vida útil de los filtros finales. Los prefiltros se instalarán en la entrada del aire exterior a la unidad de tratamiento, así como en la entrada del aire de retorno. La clasificación recomendable de este prefiltro es EU4.

Los filtros intermedios se instalarán después de la sección de tratamiento y cuando los locales servidos sean especialmente sensibles a la suciedad, después del ventilador de impulsión, procurando que la distribución de aire sobre la sección de filtros sea uniforme. La clasificación recomendable de este prefiltro es EU9.

Cabe indicar que los aparatos de recuperación de calor han de estar siempre protegidos mediante una sección de filtros de la clase F6 o más elevada.

En las zonas denominadas limpias de los centros sanitarios, áreas quirúrgicas, UCI, habitaciones de enfermos inmunodeprimidos, almacenes estériles y similares, aparte de las dos etapas de filtraje antes descritas se instalará un filtro terminal en los difusores ubicados en las salas que se han de climatizar de categoría H14.

Velocidad del aire a la salida de los difusores

La velocidad del aire puede influir determinadamente en la sensación de confort de las personas, ya que una velocidad muy alta aumenta la sensación de frío y generalmente el nivel sonoro, mientras que una velocidad muy baja favorece el proceso de gradiente térmico, lo que puede provocar que la temperatura varíe en exceso dentro de una misma sala.

Por regla general se establece como óptima una velocidad del aire en la salida de los difusores de 0,2 m/s.

Presión diferencial con las zonas adyacentes

Lo más recomendable es que las zonas climatizadas tengan una sobrepresión relativa a las zonas adyacentes no climatizadas del 10%, ya que de este modo evitaremos filtraciones de aire de las zonas sin climatizar.

En el caso de zonas limpias como quirófanos y UCI, estas deberán tener una sobrepresión en relación con las zonas adyacentes de 10 Pa.

Nivel sonoro

Las instalaciones de climatización son una de las principales fuentes de ruido, ya sea en sus elementos de producción, enfriadoras y bombas de calor, como en los climatizadores que lo transmiten al interior de las salas por los conductos de circulación de aire, ya sea por el que origina el propio aire debido a la relación entre la velocidad de este con las secciones de paso y difusores y en el rozamiento de este con los conductos.

En general para el interior de los centros sanitarios se acepta como nivel de ruido aceptable entre 30 y 40 dBA.

En cuanto al ruido producido por las máquinas de producción y que afectan a terceros, se debería revisar la normativa local para ver los niveles aceptables y sus franjas horarias.

6.4.2. Factores externos

A la hora de diseñar la instalación de climatización de un centro sanitario, muchos de los condicionantes nos vendrán predefinidos por el cumplimiento de las normativas, que nos exigirán unos ciertos niveles de las variables de diseño; sin embargo, hay otros factores en los que el diseño, tanto arquitectónico del edificio como técnico de la instalación, pueden incidir en una óptima solución técnica, con la que conseguiremos un correcto cumplimiento de las variables, con un menor coste energético y un fácil mantenimiento posterior, incidiendo en un menor coste de explotación.

Los factores externos nos pueden venir dados, bien por el emplazamiento, topología del solar donde se construya el centro sanitario y las diferentes áreas y locales existentes, bien por el tipo de uso de la zona, área o local, ubicación geográfica del edificio, zona climática, disposición de este con relación al entorno, zona urbana, semiurbana, orientación geográfica de las diferentes áreas, nivel de aislamiento del edificio e incidencia de la radiación solar en su interior.

Así, se trata de diseñar la instalación que mejor se adapte a los factores antes mencionados, siguiendo unas reglas básicas:

A la hora de diseñar una correcta instalación de climatización, en primer lugar deberán tenerse en cuenta los factores externos del edificio, básicamente la zona climática, ya que no es lo mismo una instalación en zonas frías, como puede ser el norte de Europa, que zonas templadas, como el clima mediterráneo del sur de Europa, o el de zonas cálidas como las de Centroamérica.

En zonas frías o templadas es conveniente que las instalaciones sean capaces de producir simultáneamente frío y calor, ya que habrá épocas intermedias o determinadas áreas, como quirófanos y pruebas radiológicas, que necesitarán aportar frío todo el año; en cambio, otras zonas como las habitaciones, consultas o despachos tendrán una demanda ajustada a la estación meteorológica.

Para conseguir una instalación lo más eficiente posible hay que incidir en dos aspectos: el diseño de los cerramientos del edificio y el uso por parte de los usuarios.

En cuanto al diseño de los cerramientos hay que construir consiguiendo un buen coeficiente de transmisión –ya que está demostrado que la inversión en este aspecto es la que se amortiza antes y genera mayor ahorro– y el control de la radiación solar.

Para los cerramientos exteriores podríamos considerar como aceptables coeficientes inferiores $1 \text{ W} / (^\circ\text{C}\times\Delta\text{T}^{\text{a}})$ para los cerramientos exteriores de obra y $2,7 \text{ W} / (^\circ\text{C}\times\Delta\text{T}^{\text{a}})$ para los vidrios.

Otro de los factores clave a la hora de conseguir un confort adecuado es el control de la radiación solar, ya que en fachadas sur y oeste este factor influye considerablemente en el confort (hemisferio norte). Es conveniente que los edificios tengan una buena iluminación natural, favoreciendo especialmente que las habitaciones y salas de espera la tengan en mayor medida, pero este factor no ha de permitir la entrada de la radiación solar directa, por lo que lo conveniente es disponer de protección solar externa al edificio que permita ver el exterior y que evite que el sol incida directamente sobre el vidrio en más de un 30% de su superficie.

Humectación y deshumectación

Las condiciones de confort se vuelven cada vez más exigentes, y ya no es solo cuestión de alcanzar un nivel de temperatura adecuado, sino de alcanzar también un grado de humedad óptimo, no solo en las salas quirúrgicas, sino también en el resto de las dependencias, dado que este nivel incide en la aparición de nuevas enfermedades, como la lipoatrofia.

Por lo tanto, es conveniente que los sistemas de climatización mantengan un nivel de humedad dentro de unos márgenes aceptables, como ya se ha comentado (lo más conveniente es mantener la humedad relativa entre el 60 y el 40%, aunque como referencia en fase de diseño se busque una humedad relativa del 50%).

Se entiende por humedad relativa la cantidad de vapor de agua que hay en la atmósfera respecto a la que podría haber hasta la saturación.

Humectación

La humectación de una sala puede llevarse a cabo mediante dos sistemas:

- 1) Humectación por vapor de agua o isotérmica. Este método de humectación es un proceso preciso y delicado y requiere un consumo elevado de energía.
- 2) Humectación por panel húmedo o adiabático. No consume energía pero existe el riesgo de aparición de la bacteria legionela.

Deshumectación

La deshumectación puede realizarse mediante dos sistemas:

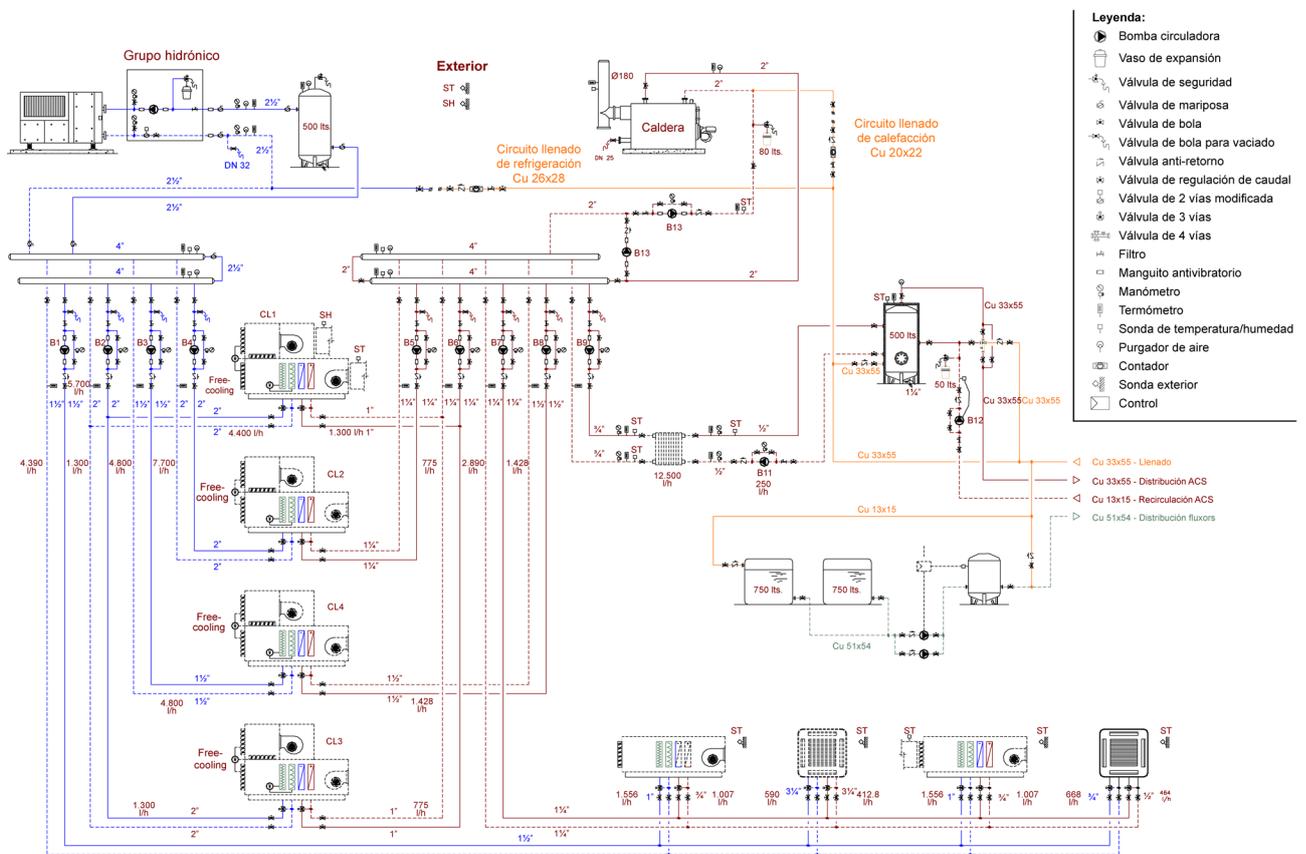
1) Por enfriamiento, en este proceso se enfría el aire y se condensa el vapor de agua contenido en el aire, al llegar al punto de rocío.

2) Por intercambio entálpico o recuperador de calor.

6.5. Diseño básico de la instalación

6.5.1. Introducción

A continuación os mostramos un esquema tipo de una instalación de climatización que iremos explicando en los diferentes apartados:



6.6. Cálculo de cargas térmicas

El punto de partida del diseño de los sistemas de ventilación y climatización es el cálculo de las cargas térmicas que hay que vencer en las diferentes zonas del edificio, así como las necesidades de ventilación.

Se deben tener en cuenta distintos conceptos:

- Cargas por radiación solar. Es el calor aportado por la entrada de la radiación solar a través de los vidrios. Esta es muy elevada en verano, sobre todo en las fachadas sur (en el hemisferio norte) y oeste, donde en climas cálidos es necesario disponer de elementos exteriores que eviten el contacto

directo del sol con los cristales. Afectan principalmente a los cerramientos vidriados, pero también a los cerramientos opacos, por calentamiento y rerradiación de estos.

- Cargas por transmisiones. Es el calor que se pierde o se gana por los cerramientos del edificio, debido a la diferencia de temperatura entre dos zonas que están a diferente temperatura, generalmente entre el interior del centro sanitario, que está climatizado, y el exterior, por lo que debemos intentar que el coeficiente de transmisión de los cerramientos sea adecuado a la zona.
- Cargas internas. Son los aportes de calor producidos por las personas, maquinarias e iluminación interiores.
- Cargas de ventilación. Debidas al tratamiento del aire exterior que se introduce en los edificios. Para mantener una calidad de aire adecuada, este debe ser renovado forzosamente un determinado número de renovaciones-hora que generalmente viene determinado por el cumplimiento de normativas. Este nuevo aire que entra a los locales que se han de climatizar aporta una nueva temperatura y humedad generalmente diferentes de las condiciones de confort, por lo que deberá ser tratado para que coincida con la interiores, lo que requerirá aporte extra de energía.

La carga térmica es la cantidad de energía que se requiere vencer en un área para mantener determinadas condiciones de temperatura y humedad para una aplicación específica, por ejemplo el confort.

Aparte de las consideraciones anteriores, se deben tener en cuenta las indicaciones de los diferentes reglamentos, normativas, estándares y recomendaciones técnicas que nos puedan variar las condiciones de diseño, sobre todo en lo que hace referencia al número de renovaciones, caudales de aire exterior, niveles de filtraje, etc.

Existen diferentes métodos para el cálculo de estas cargas, los más empleados de los cuales son los desarrollados por CARRIER, fabricante de equipos frigoríficos, y por ASHRAE, American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers.

Todos estos métodos se resuelven de manera informatizada, aunque existen modelos simplificados que pueden ser válidos en primeras aproximaciones.

A la hora de seleccionar los equipos frigoríficos y principales, conviene tener en cuenta:

- Los coeficientes de simultaneidad en el uso del edificio, de modo que la carga total no es la suma de las máximas de cada zona sino la máxima simultánea.
- La fiabilidad que debe tener el sistema y que nos puede llevar a doblar los equipos principales para garantizar el funcionamiento de la instalación.

A lo largo de años de trabajo, diferentes compañías y organizaciones han evaluado múltiples factores requeridos para determinar las cargas de enfriamiento en distintas aplicaciones. Cuando se utilizan estos factores para el cálculo de cargas en espacios y edificios, lo importante es aplicar un buen criterio para desarrollar algún procedimiento definido.

Para realizar el cálculo de la carga térmica se deben tener en cuenta las siguientes condiciones:

- Datos atmosféricos del sitio.
- La característica de la edificación, dimensiones físicas.
- La orientación del edificio, la dirección de las paredes del espacio que se han de acondicionar.
- El momento del día en que la carga llega a su pico.
- Espesor y características de los aislamientos.
- La cantidad de sombra en los vidrios.
- Concentración de personas en el local.
- Las fuentes de calor internas.
- La cantidad de ventilación requerida.

Existen diferentes métodos para calcular la carga térmica en un área determinada; en cualquier caso, es necesario evaluar distintas características, como las condiciones del lugar (condiciones atmosféricas), el tipo de construcción y la aplicación del espacio que se ha de acondicionar.

Las variables que afectan al cálculo de cargas térmicas son numerosas, frecuentemente difíciles para definir de manera precisa, y no siempre están en cada momento mutuamente relacionadas.

Muchas variables de cargas térmicas cambian extensamente en magnitud durante un periodo de 24 horas. Los cambios de estas variables pueden producirse en momentos diferentes unos de otros, por ello deben analizarse con detalle para establecer la carga de enfriamiento necesaria para un establecimiento o dividirse este en zonas.

La necesidad de dividir un sistema en zonas origina una mayor capacidad de carga térmica que un sistema total, pero permite manejar la carga para cada zona en su hora pico.

6.6.1. Consideraciones iniciales de diseño

Para calcular la carga térmica de un espacio, se requiere información de diseño detallada de la edificación e información climática de las condiciones de diseño seleccionados.

Se deben obtener las características de la edificación, materiales de construcción, tamaño de los componentes, superficie vidriada, etc.

Se ha de determinar la ubicación, orientación y sombra externa de la edificación a partir de los planos y especificaciones. La sombra de edificaciones adyacentes puede ser determinada por un plano del sitio o visitándolo. Su permanencia probable debe ser cuidadosamente evaluada a la hora de ser incluida en los cálculos.

Se tiene que obtener información climática apropiada y las condiciones de diseño exterior. La condición climática puede ser obtenida de la estación meteorológica local o del centro climático nacional.

Se deberán definir las condiciones de diseño interior, como la temperatura interior, la humedad y la ventilación exterior.

Un correcto cálculo de cargas térmicas ha de incluir el cálculo global del edificio, que nos dimensionará la central de producción, y el cálculo de los diferentes locales y zonas por climatizar, que nos dimensionará los elementos terminales de cada zona. Un error muy común es realizar el cálculo de los diferentes locales y zonas, hacer una suma total y aplicar un coeficiente de simultaneidad. Este último método es incorrecto y nos atreveríamos a decir que poco riguroso.

6.7. Producción de frío/calor

Una vez realizado el cálculo de cargas térmicas global del edificio que nos dará una máxima demanda energética para verano y otra para invierno (en países templados), tendremos la potencia que deberán suministrar los elementos de producción.

Para hospitales y centros sanitarios grandes, lo más recomendable y de uso generalizado es el diseño de una central de producción de agua fría, mediante enfriadoras, y caliente (para países templados), mediante calderas.

6.7.1. Producción de energía

Existen diferentes tipos de equipos de producción de energía frigorífica y calorífica.

Producción de frío

- Plantas enfriadoras de agua condensada por aire.
- Plantas enfriadoras de agua condensadas por agua, con torre de enfriamiento. Estos sistemas tienen un mejor rendimiento para plantas frigoríficas con potencias elevadas, lo que equivaldría a hospitales de más de 50.000 m², pero tienen el inconveniente de que con sistemas de torres de recuperación abiertas, con mejor rendimiento, hay que controlar la proliferación de la legionela y su posible afectación a zonas colindantes. Existe la posibilidad de instalar torres de recuperación adiabática o cerrada, con rendimientos menores pero que evitan la proliferación de legionela.

Producción de calor

- Calderas de gasoil, gas natural o propano.
- Bombas de calor, plantas enfriadoras reversibles.
- Equipos de cogeneración de calor y electricidad (para centros hospitalarios de superficies superiores a los 80.000-100.000 m²).

6.7.2. Ventajas e inconvenientes

La solución más económica es, inicialmente, la caldera y la planta enfriadora, frente a la bomba de calor, pero es la solución que más espacio ocupa. Sus necesidades de mantenimiento serán superiores, al haber más equipos.

La bomba de calor es la solución más compacta, con un solo equipo que resuelve las necesidades de frío y calor. Puede ser adecuada en instalaciones de tipo medio y en zonas con inviernos poco rigurosos, donde las temperaturas mínimas no bajen de los 0 °C.

La planta enfriadora condensada por agua tiene la ventaja, frente a la de aire o la bomba de calor, de que el equipo principal puede estar alojado en una sala de máquinas, y solo debe estar a la intemperie la torre de recuperación, de dimensiones reducidas. Sin embargo, esta solución tiene unas necesidades de mantenimiento superiores para evitar riesgo de posibles contaminaciones por legionela.

6.8. Distribución del fluido caloportante, caudal constante-caudal variable de agua

Como ya hemos comentado con anterioridad, lo habitual en los sistemas de climatización de hospitales es que el único fluido caloportador que llega al espacio acondicionado desde el exterior sea el agua.

Por lo tanto, en estos sistemas se emplea aire para ventilación y agua para el transporte de energía.

6.8.1. Ventajas

- Las tuberías de agua ocupan menos espacio que los conductos de aire.
- Generalmente, son más económicos que los sistemas de todo aire.

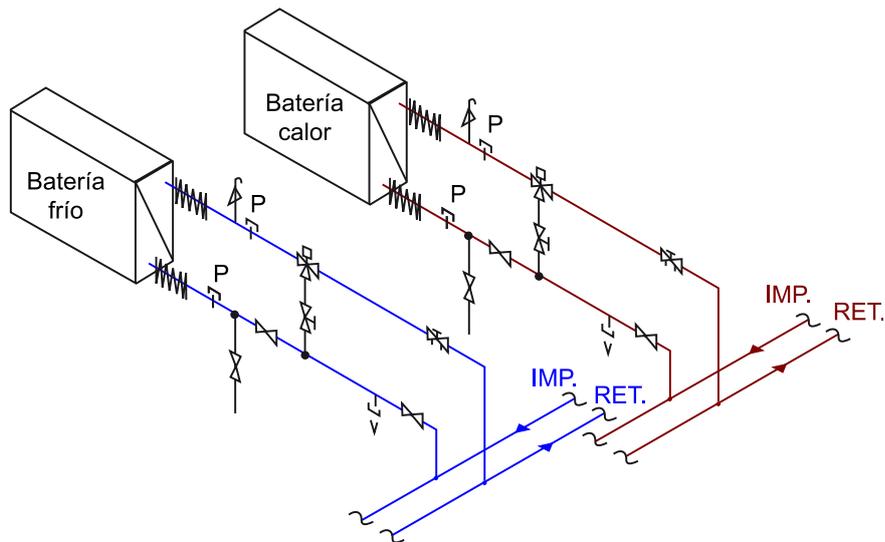
6.8.2. Inconvenientes

- La maquinaria está repartida por todo el edificio.
- Las tuberías de agua recorren zonas en las que un escape podría ser peligroso, como aparatos de electromedicina.
- Las unidades de tratamiento aire más característicos, dentro de este tipo, son:
 - *Fan-coil*.
 - Aerotermos o climatizadores.

Para la producción, como hemos explicado en el punto anterior, se requieren equipos enfriadores de agua, con condensación por aire o por agua. En este último caso además se requiere la instalación de torres de enfriamiento, para poder a su vez eliminar el calor del agua de condensación, a no ser que se disponga de una fuente continua para el agua de condensación (tipo agua de mar, agua del freático o pozos cerrados).

La cesión del frío o calor al aire del local se realiza en aparatos terminales, que generalmente son climatizadores o *fan-coils* (ventilo-convectores), que incorporan una batería de tubo aleteado y un ventilador que recircula el aire del local mediante la batería, enfriándolo o calentándolo, según la temperatura del agua que se suministra.

La regulación es individual para cada local, que puede estar servido por uno solo o varios ventilo-convectores. Puede ser todo-nada, actuando con parada y arranque del ventilador o también sobre una válvula motorizada que corta el paso del agua; si la válvula es modulante, se logra una regulación continua dentro de los márgenes de actuación de la regulación.



Esquema de conexión de climatizadores

La válvula que controla el paso del agua a los climatizadores puede ser de tres o dos vías.

Si optamos por instalar válvulas de tres vías, cuando se alcanza el confort térmico deseado o se realiza algún cambio en estas condiciones, el termostato da la orden de parar o modular, por lo que la válvula de tres vías desvía parte del agua, de modo que una parte pase por la batería del climatizador y otra se recircula, con lo que el caudal de agua antes del climatizador no varía. Los sistemas basados en este funcionamiento se denominan de caudal de agua constante.

Si optamos por instalar válvulas de dos vías, cuando se alcanza el confort térmico deseado o se realiza algún cambio en estas condiciones, el termostato da la orden de parar o modular, por lo que la válvula de dos vías va cerrando, limitando parte del caudal de agua que pasa por la batería del climatizador, con lo que el caudal de agua antes del climatizador varía. Los sistemas basados en este funcionamiento se denominan de caudal de agua variable. En este tipo de instalación las bombas de circulación de agua deberán ser capaces de variar el caudal, y no serán del tipo todo o nada.

6.9. Sistema de climatización todo aire

En los sistemas de climatización de hospitales, el agua fría y el agua caliente se llevan hasta unas unidades de tratamiento de aire, climatizadores, que lo impulsan por las redes de conductos hasta los locales que se han de climatizar, por lo tanto se emplea el aire para la ventilación y el transporte de energía.

La potencia térmica que se transmite es función del caudal de aire y de la diferencia de temperatura de la sala y la impulsión:

$$P = Q \times (T^a \text{ sala} - T^a \text{ impulsión})$$

Las variaciones de potencia térmica necesaria se pueden resolver de dos maneras: variando la temperatura de impulsión, lo que se denomina volumen constante, o variando el caudal de aire, volumen variable.

6.9.1. Volumen de aire constante

Este sistema es el más utilizado y el más recomendable.

La variación de temperatura de impulsión se realiza en el climatizador o en unas baterías terminales si el mismo climatizador trata el aire de zonas con necesidades térmicas diferentes.

Características de estos sistemas:

- El caudal constante garantiza una consistencia en la distribución.
- No ocupan espacios en planta, ya que lo ideal es que los climatizadores se ubiquen en salas técnicas o cubiertas, pero son necesarias mayores alturas en los falsos techos.
- El mantenimiento y los ruidos se limitan a la sala de máquinas.
- Se pueden y es recomendable la instalación de *free cooling*, es decir, que en determinadas épocas intermedias no circule agua enfriada por el sistema y se insufla aire directamente del exterior.

6.9.2. Volumen variable de aire

En estos sistemas el aire insuflado en la sala es variable; de este modo el climatizador se adapta a la demanda térmica de la sala.

En estos sistemas es importante garantizar un correcto nivel de difusión de aire en los espacios con el fin de evitar corrientes molestas de aire o zonas a las que no alcance la climatización.

Características de estos sistemas:

- Reguladores terminales de caudal. Se regula la presión para mantener estable el sistema.
- Difusores de aire que serán:
 - Fijos, si el caudal varía del 100 al 40%.
 - Variables, cuando el caudal varía del 100 al 20%.

- No ocupan espacios en planta, ya que lo ideal es que los climatizadores se ubiquen en salas técnicas o cubiertas, pero son necesarias mayores alturas en los falsos techos.
- El mantenimiento y los ruidos se limitan a la sala de máquinas.
- Se pueden y es recomendable la instalación de *free cooling*, es decir, que en determinadas épocas intermedias no circule agua enfriada por el sistema y se insufla aire directamente del exterior.
- Simultaneidad en la producción de energía y transporte.
- Producción de energía adecuada a la carga térmica.
- Permite parar las salas desocupadas, pero se dan fugas de un 10%.
- La puesta en marcha y su regulación son más complicadas y sensibles a posibles fallos en el diseño y la ejecución.

6.10. Elementos auxiliares

6.10.1. Bombas

En una instalación tipo el circuito hidráulico se puede dividir en dos sectores, el circuito primario –que incluye la enfriadora o caldera, el depósito de inercia, el vaso de expansión, bomba de recirculación y los colectores de distribución (impulsión y retorno)– y el circuito secundario –que parte de los colectores de distribución y que está formado por los diferentes circuitos de distribución, sus bombas, tuberías de distribución, elementos terminales (climatizadores y *fan coils*) y sus válvulas de regulación.

El grupo de presión del circuito primario suele estar formado por dos bombas gemelas, ambas con el mismo caudal y presión disponible, y estarán dimensionadas por la potencia que den las enfriadoras. El sistema se regula por la temperatura disponible en el depósito de inercia o en el colector de impulsión cuando debido al caudal de la instalación y su tamaño este hace sus funciones, 7 °C en verano y 50 °C en invierno. Cuando esta temperatura baja, la máquina de producción se pone a funcionar y las bombas recirculan el agua entre el colector de retorno, la máquina de producción, el depósito de inercia y/o el colector de impulsión, hasta alcanzar la temperatura de consigna (los ya mencionados 7 °C en verano y 50 °C en invierno).

Las bombas utilizadas para los sistemas de climatización son las denominadas bombas rotodinámicas o centrífugas, en las que una rueda alabeada comunica presión y velocidad al líquido que mueve, para que, a la salida de dicha rueda, la energía cinética producida por esta velocidad se transforme en energía potencial, es decir, presión a su salida.

Las bombas centrífugas se clasifican según la dirección de flujo en bombas de flujo radial, axial o radioaxial, según la posición del eje en bombas de eje horizontal o vertical, y según la presión en bomba de baja, media o alta presión.

6.10.2. Acumuladores (depósitos de inercia)

Como podemos ver en los esquemas básicos de este tipo de instalaciones, los acumuladores, que a veces se sustituyen por grandes colectores de impulsión y retorno, siempre y cuando su volumen de almacenamiento sea el mismo, están instalados en la parte de circuito primario, que está formado por las máquinas de producción, bombas de recirculación, vaso de expansión y depósito.

Los acumuladores cumplen la función de acumular agua fría a la temperatura de impulsión, de manera que haya un volumen suficiente para permitir que las máquinas trabajen de un modo continuo, estabilizando la temperatura del circuito y evitando marchas y paros constantes, y que el compresor arranque y pare constantemente.

Los acumuladores:

- Aumentan el volumen de inercia y los generadores funcionan con tiempos más largos de paro/marcha.
- Según diseño, actúa como colector único ida-retorno, con una correcta estratificación de temperaturas.
- Disminuye desequilibrios hidráulicos entre generadores y circuitos.
- Según configuración, asegura un caudal constante de agua hacia climatizadores.

Este depósito realiza una función imprescindible de carga térmica mínima en las instalaciones hidráulicas. Recordemos que, si no está instalado este depósito, la regulación hidráulica conlleva fuertes variaciones, de modo que si toda la instalación funciona al mismo tiempo, la potencia de la máquina estará acoplada a la demanda, y si solo funciona una pequeña parte de la instalación, la potencia de la máquina se convierte en gasto elevado. Esto provoca cambios bruscos de temperatura en la instalación y frecuentes arranques-paros de la máquina, mayor desgaste de compresores y acortamiento de la vida útil de las máquinas de producción.

6.10.3. Vasos de expansión

Otro de los elementos que forman parte de los circuitos primarios de los sistemas de climatización son los vasos de expansión. La función de un vaso de expansión es absorber la variación de volumen que sufre el agua que se ha introducido en frío en la instalación al ponerse en funcionamiento.

Existen dos tipos: vasos de expansión abiertos y vasos de expansión cerrados, los más habituales.

Los vasos de expansión cerrados se basan en un recipiente con una membrana de caucho con nitrógeno en su interior que, a medida que va adquiriendo presión, va tomando tensión. Para evitar que un vaso de expansión cerrado reviente, disponen de una válvula de seguridad que se abre cuando la presión en el vaso alcanza la presión de tarado de la propia válvula.

El vaso de expansión cerrado se calcula en función del aumento de volumen del agua al calentarse/enfriarse. A un nivel muy técnico, podéis utilizar las indicaciones de la norma UNE 100-155-88. Para ello se debe conocer la presión inicial del circuito (en frío) y el contenido de agua de la instalación, calculada en función de conocer los diámetros y longitudes de las tuberías, contenido de los elementos terminales, etc.

A un nivel más práctico, existen normas dadas por algunos fabricantes de aparatos de calefacción y manuales técnicos que dan el valor del vaso en función de la potencia calorífica, la altura manométrica de la instalación y el tipo de elemento terminal.

También vale considerar un aumento del volumen del circuito (conocido este) del orden del 6% (de 20 a 80 °C).

En cuanto a la posición de instalación hay que tener en cuenta que el aire pueda salir (recordad que el aire siempre va hacia arriba, nunca hacia abajo) hacia los puntos de purga de la instalación. En cuanto a si debe estar en el retorno, el criterio es que se ha de encontrar en el lado de aspiración de la bomba, sea en la impulsión o en el retorno. Si está en el retorno trabajará a menor temperatura, con lo que se alarga su vida útil.

6.10.4. Tuberías

Existen diferentes tipos de tuberías utilizadas en las instalaciones de aire acondicionado de hospitales. Los más empleados habitualmente son el acero negro y el cobre para calefacción y climatización, y las tuberías de materiales plásticos, que están siendo cada vez más utilizadas.

Las tuberías de acero se denominan por su diámetro nominal en milímetros, o en pulgadas.

Las tuberías de cobre se suelen designar de dos maneras diferentes, de ellas debe utilizarse la que se da en segundo lugar:

- Diámetro interior/diámetro exterior (mm/mm). Por ejemplo: tubería de 20/22 mm.
- Diámetro exterior/espesor (mm/mm). La tubería del ejemplo anterior también se puede designar como 22/1 mm.

Tuberías de cobre

Las principales características de las tuberías de cobre son estas:

- **Resistencia a la corrosión:** el cobre es un metal muy resistente a un gran número de medios agresivos y no tiende a formar con agua potable costras voluminosas de óxido u otros compuestos que pudiesen obstruir los tubos. Esto es una gran ventaja en redes de distribución de agua fría y caliente.
- **Mínima pérdida de carga:** dado que la rugosidad de la pared interior del tubo de cobre es muy pequeña, inferior a la de muchos tipos de tubos plásticos, ofrece una resistencia muy pequeña al paso del agua, ofreciendo al mismo tiempo más resistencia al desgaste.
- **Seguridad:** el tubo de cobre no se quema ni mantiene la combustión de otros elementos, por lo que no produce ningún tipo de gases tóxicos. Por lo tanto, no colaborará nunca en la propagación de un fuego a través de suelos, paredes y techos, de tal modo que evitará la pérdida de su servicio en situaciones de emergencia.
- **Uniones estables y duraderas:** las uniones de los tubos de cobre soportan condiciones extremas de temperatura: las uniones prensadas hasta 110 °C; las uniones de soldadura blanda hasta 260 °C, y las uniones de soldadura fuerte hasta 800 °C. Además, por su diseño, las uniones no causan reducción de la sección interna del tubo, al contrario que en muchos tipos de unión de tubos plásticos.
- **Fácilmente maleable:** todos los tubos de cobre son fácilmente maleables, pudiendo doblarse para adaptarlos a las condiciones de espacio y forma disponibles en cada punto de la instalación, con lo que podemos prescindir del uso de un gran número de uniones y codos que necesitarían otros tipos de materiales, lo que supone un ahorro de tiempo y materiales y facilita su instalación.
- **Propiedades bactericidas-fungicidas:** el cobre es un material con propiedades que evitan el desarrollo de gérmenes patógenos. Distintos ensayos recientes demostraron que el contenido bacteriano en agua potable conducida por tubo de cobre se reduce a cero en 5 horas de permanencia en contacto con la tubería, caso contrario al del uso de otros materiales plásticos.
- **Buena conductividad térmica:** el cobre es un muy buen conductor de calor, y resulta muy recomendable para su uso en serpentines de calefacción y/o refrigeración, en serpentines de recuperación de calor, intercambiadores térmicos varios, placas y calefactores solares, etc.

Tuberías plásticas

Existen diferentes tipos de tuberías plásticas, aunque las más utilizadas son:

- Polietileno reticulado, PEX.
- Polietileno, PE.
- Tuberías multicapa, MC.
- Polibutileno, PB.
- Polipropileno, PP.
- Policloruro de vinilo clorado, PVC-C.

Tuberías de polietileno reticulado

Las aplicaciones para las tuberías de polietileno reticulado (PEX) serán las instalaciones de agua caliente y fría en el interior de la estructura de los edificios (para la conducción de agua destinada o no al consumo humano) y las instalaciones de calefacción, a las presiones y temperaturas de diseño apropiadas para la clase de aplicación correspondiente.

Las clases son las siguientes:

- Clase 1: suministro de agua caliente a 60 C.
- Clase 2: suministro de agua caliente a 70 C.
- Clase 4: calefacción por suelo radiante y radiadores a baja temperatura.
- Clase 5: radiadores a alta temperatura.

Aplicaciones:

- Instalaciones de agua caliente y fría sanitaria.
- Calefacción por radiadores (instalaciones bitubular y monotubular).
- Calefacción por suelo radiante.
- Climatización (*fan coils*).
- Conducciones de agua en ambientes salinos (buques, cocederos, etc.).
- Aplicaciones industriales (redes de aire comprimido, de vacío, instalaciones de refrigeración por agua, etc.).
- Instalaciones ganaderas.

Uniones:

- Existe una amplia gama de accesorios que posibilitan la instalación de tuberías de PE-X para las distintas aplicaciones. La unión se puede realizar mediante el empleo de los siguientes tipos de accesorios metálicos o de plástico polifenilsulfona: unión por casquillo deslizante, unión por casquillo de presión, unión por casquillo Q&E, unión por *press-fitting*.

Tuberías multicapa

Las aplicaciones para las tuberías multicapa (MC) serán las instalaciones de agua caliente y fría en el interior de la estructura de los edificios (para la conducción de agua destinada o no al consumo humano) y las instalaciones de calefacción, a las presiones y temperaturas de diseño apropiadas para la clase de aplicación correspondientes (ver las clases en el cuadro de PEX).

Aplicaciones:

- Instalaciones de agua caliente y fría sanitaria.
- Calefacción por radiadores (instalaciones bitubular y monotubular).
- Calefacción por suelo radiante.
- Climatización (*fan coils*).
- Conducciones de agua en ambientes salinos (buques, cocederos, etc.).
- Aplicaciones industriales (redes de aire comprimido, de vacío, instalaciones de refrigeración por agua, etc.).
- Instalaciones ganaderas.

Ventajas:

- Dilatación mínima. La capa intermedia de aluminio permite que las dilataciones sean mínimas, reduciendo el número de soportes.

Uniones:

- Se realizan mediante la técnica de *press-fitting* con junta elástica, que garantiza una perfecta estanqueidad y permite girar el accesorio después de la unión para facilitar su montaje.

Tuberías de polibutileno

Los tubos de polibutileno (PB) se utilizan para el transporte y la distribución de agua fría y caliente a presión y a temperaturas de hasta 70 °C en régimen continuo y 95 °C en régimen discontinuo.

Hay distintas clases:

- Clases de aplicación 1, 2 y 4: con presión de diseño 10 bar.
- Clase de aplicación 5: con presión de diseño 8 bar.

Aplicaciones:

- Instalaciones de agua caliente y fría sanitaria.
- Calefacción por radiadores (instalaciones bitubular y monotubular).
- Calefacción por suelo radiante.
- Climatización (*fan coils*).
- Conducciones de agua en ambientes salinos (buques, cocederos, etc.).

- Aplicaciones industriales (redes de aire comprimido, de vacío, instalaciones de refrigeración por agua, etc.).
- Instalaciones ganaderas.

Uniones:

- La unión se realiza con accesorios de PB, sin necesidad de herramientas y mediante la técnica de *push-fit* (conexión rápida).

Tubería de polipropileno

Los tubos de polipropileno (PP) se emplean esencialmente para conducciones de saneamiento, evacuación, pluviales y canalizaciones sin presión. Su sistema de unión por fusión elimina las juntas, quedando el sistema como una sola pieza, de manera que se hace muy difícil que aparezcan fugas.

Ventajas:

- Gran ligereza. Al igual que los tubos de PE, los de PP pesan muy poco y tienen una densidad inferior a la del agua, por lo que flotan.

Aplicaciones:

- Instalaciones de agua caliente y fría sanitaria.
- Calefacción por radiadores (instalaciones bitubular y monotubular).
- Calefacción por suelo radiante.
- Climatización (*fan coils*).
- Conducciones de agua en ambientes salinos (buques, cocederos, etc.).
- Aplicaciones industriales (redes de aire comprimido, de vacío, instalaciones de refrigeración por agua, etc.).
- Instalaciones ganaderas.

Uniones:

- El sistema de unión de tubos de PP es mediante fusión, de manera que el producto quede soldado como una sola pieza, sin juntas.

Tuberías CPVC

Los tubos CPVC se han convertido en un importante plástico de ingeniería para aplicaciones donde la temperatura de operación excede los 60 °C y donde la resistencia química es un factor importante.

Ventajas:

- No precisa herramientas ni maquinaria adicional a las habituales.
- Importante reducción de abrazaderas en sus trazados.

- Termoplástico con menos coeficiente de dilatación lineal.
- Termoplástico con baja transmisión térmica, inferior a otros sistemas (menor condensación).
- Baja transmisión acústica.
- Permite la desinfección térmica y química, así como los procesos de desinfección contra la legionela.
- Permite el uso de compensadores de dilatación, aptos para tuberías plásticas.
- Sin corrosión.
- Su menor espesor de pared permite reducir un diámetro frente a algunos termoplásticos.
- Baja pérdida por fricción (rugosidad) y alto índice de flujo.
- Ligero (1/6 parte aproximadamente que el acero), con lo que se reducen costes en transporte, manejo e instalación.
- Elástico, duro y durable, con alta resistencia a la tensión y al impacto.
- Libre de corrosión interna y externa, y por lo tanto sin contaminación del fluido.
- Inmune a la acción galvánica y electrolítica, puede ser usado bajo tierra, bajo el agua y en presencia de metales, y a la vez conectados a estos.
- Resistente al fuego, autoextinguible.
- Atóxico.

Aplicaciones:

- Redes de agua de servicio y de agua potable en instalaciones de agua fría y caliente en viviendas, oficinas, hospitales, industrias y en agricultura.
- Sistemas de tuberías para aguas y líquidos químicos problemáticos, en balnearios y en industria química.
- Redes de tuberías para calefacción con temperaturas de circulación de hasta 90 °C en tramos verticales y en sistemas de distribución.

Uniones:

- Estos tubos tienen un sistema de soldadura homogénea en frío, 100% segura, a presión con accesorio cónico y sin tolerancias ni reducción del paso de fluidos.

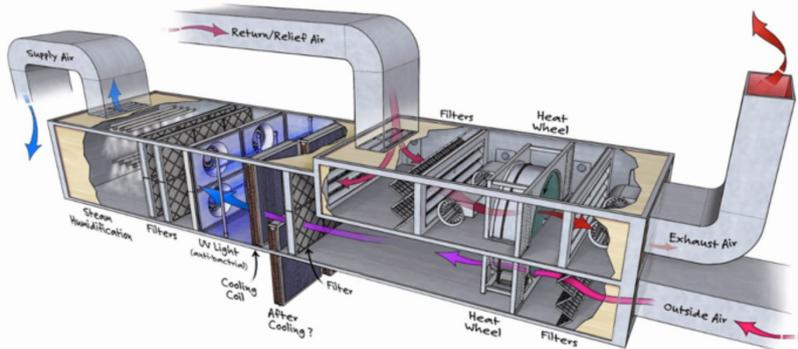
6.11. Elementos terminales

6.11.1. Climatizadores

El climatizador es un aparato de climatización que transfiere la potencia térmica del agua del sistema al aire que se impulsa en la zona que se ha de climatizar.

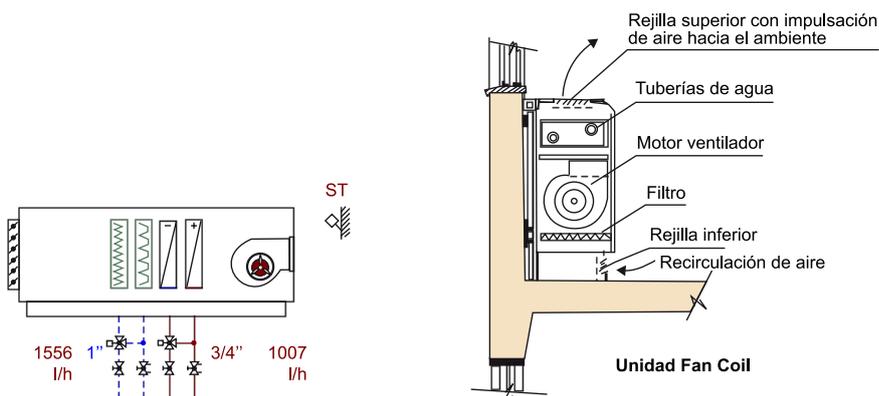
La potencia de estos aparatos es variable, pudiendo climatizar desde zonas relativamente pequeñas, 100 o 200 m², a zonas de hasta 1.000 m².

Estos aparatos están formados por una serie de partes, siguiendo el esquema adjunto de derecha a izquierda y de arriba abajo: filtro, ventilador de extracción, intercambiador de calor, baterías de calor y frío (calentamiento y enfriamiento), ventilador de impulsión y filtro. Adicionalmente, pueden llevar humidificadores y deshumectadores, etapas de *free cooling* y silenciadores.



6.11.2. Fan coils

El *fan coil* es un aparato de climatización que se sitúa generalmente en el falso techo, pared o suelo de la sala que se ha de climatizar (por ejemplo despachos, habitaciones o consultas) y a los que llega el agua. Allí el aire es tratado e impulsado con un ventilador al local mediante un filtro. De este modo, cuando el aire se enfría es enviado al ambiente transmitiendo el calor al agua que retorna siguiendo el circuito.



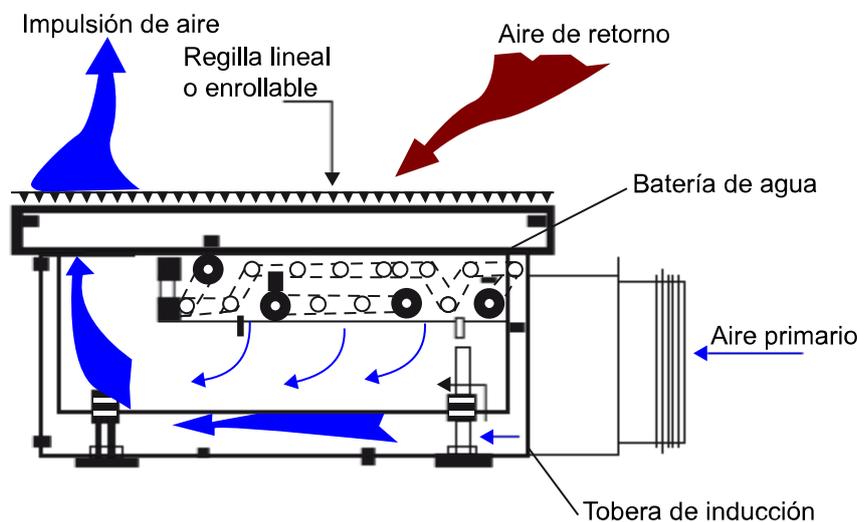
Características:

- Unidades con una o dos baterías, de 2 a 8 kW de potencia.
- Nivel sonoro que considerar.
- Ventilador provisto de motor a tres velocidades.
- Mantenimiento requerido en:

- Filtros
 - Motores
 - Valvulería
- No hay posibilidad de *free cooling*.
 - Permite parar salas en función del uso.
 - Poca presión disponible, con lo que la red de conductos asociada no puede ser muy grande, de unos 4 m máximo para los normales y de 10 m para los potenciados.
 - La modulación de la carga puede realizarse mediante:
 - Ventilador todo/nada
 - Válvulas todo/nada
 - Válvulas modulantes

6.11.3. Inductores

En este sistema, los aparatos terminales son “inductores”, equipos que no poseen ventilador. El “aire primario” llega a estos inductores a alta presión (generalmente por conductos de alta velocidad) y sale al exterior por unas toberas sobre un estrechamiento (venturi), que crea en el aparato una zona de baja presión que “induce” un cierto caudal de aire del local (secundario), al que se le hace pasar por una batería, por la que circula agua fría; la mezcla de aire primario y secundario es impulsada al local.



Funcionamiento de un inductor

En general, los inductores suelen estar situados perimetralmente sobre el suelo, impulsando el aire verticalmente hacia arriba, o en el falso techo de la zona de entrada de las habitaciones, impulsando el aire horizontalmente, barriendo todo el volumen de esta.

La relación de aire primario con secundario suele estar comprendida entre 1/3 a 1/6. El aire primario provee las necesidades de ventilación de los locales, y frecuentemente de la deshumidificación, dado que la mayor parte de la carga latente procede del aire exterior.

El aire secundario compensa la carga sensible mediante la batería por la que circula agua fría, pero a una temperatura prácticamente igual al punto de rocío del aire, con lo que se evita la condensación de humedad.

Este sistema presenta ventajas como proporcionar un mejor control de la humedad y de la ventilación, menor ruido, unificar el corazón del mantenimiento en el climatizador de aire primario o eliminación de desagües y filtros en las habitaciones. Fue ampliamente utilizado en el pasado, y últimamente cayó en desuso, para de nuevo, debido a una nueva generación de difusores, volver a instalarse.

Este sistema presenta como inconveniente que es más sensible a desajustes en la red de conductos, ya sea por defectos de ejecución, ya sea por falta de mantenimiento.

6.11.4. Techo radiante

El transporte de energía, en estos sistemas de distribución, se produce mediante radiación.

Dicho transporte puede producirse:

- Por el techo (el más utilizado en hospitales).
- Por el suelo.
- Por la pared.

El medio utilizado para el transporte de energía es agua en vez de aire. Agua que circula en circuito cerrado por los paneles que constituyen el falso techo, calentándolo en invierno o enfriándolo en verano.

El techo puede estar formado por un falso techo metálico o por un falso techo de escayola (el más recomendable), ambos con rendimientos térmicos muy elevados y similares características de modularidad, flexibilidad y robustez. Los paneles se preensamblan completamente en líneas automatizadas y se montan en obra de manera sencilla. La posibilidad de inspección e integración con el resto de las instalaciones (iluminación, electricidad, contraincendios, etc.) son totales.

Características:

- Aire fresco a volumen constante:
 - Aire de ventilación, temperatura de 18 C.

- Aporta el 100% de la carga latente y el 20% de la carga sensible, 20 W/m².

Panel convector frío

El panel convector tiene más rendimiento que solo el radiante, pues permite trabajar con temperaturas de agua más bajas sin riesgo de condensaciones (aire en movimiento).

- Temperatura de entrada del agua de 15 a 18 C, según el sensor de humedad.
- Salto térmico de agua de 3 C.
- Aporta el 80% de la carga sensible, 80 W/m². En el caso de paneles solo radiantes, el rendimiento máximo es de 40 W/m².

Panel radiante caliente

- Para compensar pérdidas de transmisión.
- Temperatura de agua sin limitación: 90-80 C.

Ventajas de estos sistemas

- Disponer de buena calidad de aire, utilizando solo el caudal necesario para las preceptivas renovaciones.
- Utilizar un sistema que no sea, por sí mismo, fuente y cultivo de bacterias.
- Obtención de una correcta distribución de temperaturas en el ambiente.
- Costes iniciales de implantación equivalentes a los de otros sistemas de todo aire.
- Costes de mantenimiento más bajos por existir, entre otros motivos, menos elementos mecánicos en movimiento.
- Costes de explotación –consumos energéticos– menores, pudiendo alcanzar un ahorro económico de un 30 a un 40% respecto a otros sistemas.
- Logro de un mayor confort térmico y acústico.
- Aplicación de la energía solar térmica en instalaciones de calefacción; la temperatura de los paneles permite el uso de agua calentada por paneles solares.

Es necesario un climatizador de aire primario para el acondicionamiento del aire de ventilación, imprescindible además para evacuar el aire viciado de las diferentes dependencias y asegurar así la calidad de aire en el interior de los recintos.

El caudal de aire nuevo es función de las normas de higiene, que generalmente están determinadas por los códigos de trabajo y reglamentos de sanidad y normativa.

6.12. Conductos y difusión del aire

La impulsión y extracción del aire en los sistemas de climatización se realiza mediante una red de conductos. Dichos conductos pueden estar fabricados de diferentes materiales, aunque los más empleados son la chapa y la fibra de vidrio (protegida por lámina de aluminio para evitar arrastres de fibra).

Los conductos de chapa metálica galvanizada son resistentes a los golpes, y se emplean en ejecución vista y en intemperie.

Los conductos de ventilación y extracción pueden estar sin aislar, pero los conductos de climatización deben incorporar un aislamiento térmico y una barrera de vapor para evitar la condensación del aire del exterior. El aislamiento debe ser exterior al conducto.

Si el conducto va a ir oculto en un falso techo y no va a soportar grandes presiones, pueden emplearse placas de fibra de vidrio o polisocianato que se conforman en obra. Esta es una solución más económica que la anterior, aunque de menor calidad y no es muy recomendable en hospitales y nada aconsejable en zonas limpias como áreas quirúrgicas, UCI, UVI, urgencias, obstetricia, etc. De hecho, su uso se debería restringir a áreas administrativas.

Los conductos se dimensionarán para una pérdida de carga aproximadamente constante de 1 Pa/m, pudiendo tener velocidades de:

- 10 a 15 m/s, en conductos principales.
- 4 a 8 m/s, en los tramos de conducto terminales y próximos a las rejillas y difusores.

Dentro de las redes de conductos es muy importante el modo como se realizan las curvas, cambios de sección y las derivaciones, que deben ser lo más suaves posibles para provocar la menor pérdida de carga posible.

Como elementos auxiliares se emplearán compuertas, que pueden ser de muchos tipos:

- Cortafuegos, entre dos sectores de incendio.
- De sobrepresión, para evitar reflujos de aire.
- De regulación de caudal, para equilibrar diferentes ramales.

6.12.1. Rejillas y difusores

Para impulsar y extraer el aire de un determinado espacio, son precisos los elementos de difusión, cuyo fin es introducir el aire del modo más homogéneo posible, sin provocar corrientes de aire molestas ni ruidos.

Dichos elementos pueden ser de diferentes tipos:

- Rejillas lineales y rectangulares.
- Difusores lineales.
- Difusores cuadrados y rectangulares.
- Difusores circulares convencionales, rotacionales y para grandes alturas.
- Toberas.

6.13. Zonas de especial clasificación, salas blancas

6.13.1. Quirófanos

Ninguna área hospitalaria requiere un control más cuidadoso de las condiciones ambientales y de la asepsia. Es conveniente advertir de que se respeten las recomendaciones constructivas de obra, los ciclos de desinfección y comportamiento del personal, para lograr realmente la limpieza y calidad del aire que se propone. El área debe estar diseñada como una “isla”, de modo que no tenga ventanas al exterior.

El aire exterior será del 100% en quirófano y en todos los locales aledaños pertenecientes al área de quirúrgica para diluir los gases anestésicos y limitar el riesgo de explosión. Si se estima necesario, será conveniente prever un sistema de extracción independiente, en cada quirófano, para eliminar la concentración de gases anestésicos al terminar la operación. El sistema de vacío eliminará los gases no inflamables.

Los prefiltros que alargan la vida de los filtros terminales estarán alojados en cada unidad de tratamiento de aire. Los filtros de aire terminales de impulsión en el local quirófano serán HEPA (absolutos), con eficiencia de 99,97% DOP TEST (EU12-14). Estarán alojados en cajas de difusión, acabadas en pintura epóxica y perfectamente selladas al falso techo. El cambio de luminarias y filtros (según aviso de manómetro diferencial) se realizará desde dentro del local, sin abrir el falso techo.

El conducto principal de impulsión será de acero inoxidable o aluminio, unido por bridas con juntas selladas, aislado y con registro hermético en su inicio para desinfección. Debe ser siempre metálico, ya que otro material de conducto colmataría más rápidamente los filtros. Siempre que un conducto atraviese la pared cortafuego del quirófano debe instalarse en él una compuerta cortafuego.

La impulsión se realizará desde el techo y saldrá del local, por al menos dos rejillas de extracción montadas en la parte baja de la pared (lo recomendable es instalar 8 rejas de extracción en las cuatro esquinas de la pared, aprovechando el chaflán, 4 en la parte superior y 4 en la inferior). Este aire saldrá por dobles paredes estancas a ambos lados del local, paralelas a la mesa de operaciones

(no son tabiques técnicos). Las rejillas de extracción deben poseer un cierre hermético, para ser cerradas en caso de inactividad en el local y parada del sistema de climatización.

En todos los locales se mantendrán 15-20 cambios de aire por hora, Tbs 22 +/- 2 °C HR 55 +/- 5%. Para la humidificación, debe emplearse vapor desde una fuente exterior o producida en el propio humidificador controlado. Todos los locales estarán en sobrepresión (positiva, por encima de la presión atmosférica). Las presiones positivas serán “escalonadas”, con una diferencia de presión entre locales de 0,5 mmca. Estas diferencias serán controladas con compuertas reguladoras en cada conducto secundario de extracción, accionadas por un sensor de presión en cada local, que funcionarán al abrirse una de las puertas.

La puerta “hermética” del quirófano deberá poseer brazo hidráulico para que cierre lentamente sin alterar el comportamiento del flujo de aire del local. Encima de la puerta de la esclusa (alejada de cualquier aseo exterior al área) de entrada al área de cirugía, deberá instalarse una cortina de aire. Todas las puertas deben abrir en contra de la presión. Habrá que implementar mecanismos automáticos que aseguren que no se abran dos puertas a la vez.

Se recomienda un sistema de climatización independiente por cada bloque de quirófano, dado que tienen horarios diferentes de explotación todo el año. Además se debe prever un dispositivo de parada automático de los sistemas del área en caso de incendio. Será muy conveniente dotar al área de un piso técnico superior sobre los bloques de quirófanos para el montaje de unidades de tratamiento y ventiladores, pues cada unidad puede alcanzar dimensiones de más de 3,6 m de longitud y sección de 0,7 x 0,7 m, además del espacio en todo su perímetro para el mantenimiento.

Clasificación básica de los quirófanos

Clase A. Quirófanos de alta tecnología

Destinados a:

- Trasplantes de corazón, pulmón e hígado.
- Cirugía cardíaca extracorpórea y de aorta.
- Cirugía ortopédica de prótesis.

Clase B. Quirófanos convencionales y de urgencias

Destinados al resto de las intervenciones quirúrgicas.

Clase C. Quirófanos de cirugía ambulatoria y de partos

Destinados a intervenciones ambulatorias y partos.

Clasificación ISO

La actual norma europea EN ISO 14644-1:2000 define el concepto de “sala limpia” como:

“Sala en la que la concentración de partículas en suspensión en el aire posee una gestión específica, y que ha sido construida y es utilizada para minimizar la introducción, producción y retención de partículas en su interior, y en la que también son gestionados de manera adecuada otros parámetros pertinentes, como la temperatura, humedad y presión”.

En los casos en los que no existan normativas de obligado cumplimiento respecto a las condiciones específicas en asepsia y confort, ambas relacionadas, que ha de tener un quirófano, y la anterior definición de sala limpia se corresponda con sus necesidades, se recomienda que los quirófanos tengan la asimilación de clase, según EN ISO 14644-1:2000 para salas limpias y que se utilice la normativa europea sobre salas limpias como referente en los diferentes aspectos que versan.

La recomendación concreta es la siguiente:

- Quirófanos clase A: Clasificación ISO clase 5.
- Quirófanos clase B: Clasificación ISO clase 7.
- Quirófanos clase C: Clasificación ISO clase 8.

Este contraste se deberá realizar en el estado que la norma define como instalación en reposo (*at rest*), y que consiste en la instalación completa, con los equipos de producción instalados y en funcionamiento, pero sin personal presente.

A continuación se recomiendan, para cada uno de los parámetros que intervienen en la climatización de los quirófanos, los valores y las tolerancias admisibles.

Los parámetros para el cálculo técnico de las instalaciones de aire acondicionado están definidos en normas distintas y tienen por objeto conseguir en el interior de los locales unas condiciones estables, frente a la variabilidad de las condiciones exteriores.

El supuesto de no cumplimiento de los parámetros y sus tolerancias debe entenderse como una incapacidad del sistema diseñado para responder a unas condiciones climatológicas anormales y no a fallos del propio sistema.

Los valores recomendados, dentro de sus tolerancias, deben mantenerse en la zona ocupada, definida en el Reglamento de instalaciones térmicas de edificios (RITE), si bien la medida de la clasificación ISO recomienda realizarla también en la zona del campo quirúrgico, que es la que nos interesa al máximo que esté exenta de partículas.

Temperatura

Por medio de ensayos, se ha determinado el rango de temperaturas de confort, tanto en condiciones invernales como estivales. Las condiciones climáticas del ambiente con las que el porcentaje más grande de personas sometidas a estas pruebas han notado una sensación de completo bienestar determinan el rango de confort.

Las líneas del máximo bienestar, resultado de la media de la prueba, se sitúan con una HR (humedad relativa) del 50% y unas temperaturas de 21 °C en invierno y de 24 °C en verano. La diferencia entre invierno y verano la determina básicamente el contraste con la temperatura exterior.

Según las condiciones climáticas de Cataluña, y teniendo en cuenta el tipo de funcionamiento de los quirófanos, se recomienda que la temperatura tenga el siguiente valor:

$$21\text{ °C (+3 °C y -1 °C)}$$

Esta temperatura debe mantenerse durante todo el tiempo de actividad del quirófano.

Humedad

La humedad relativa de confort (determinada también por medio de ensayos) se sitúa entre el 30 y el 70%, siendo el valor del 50% el más idóneo. Se recomienda que los quirófanos de clase A y B tengan el valor de 50% ± 10%. Para los quirófanos de clase C se puede admitir un valor del 50% (+10% y -20%). Estos valores deben mantenerse dentro de las tolerancias durante todo el transcurso de la actividad del quirófano.

Nivel de sonoridad

Para todas las topologías (quirófanos de clase A, B y C) se recomienda el mismo nivel < 40 dB A.

Se dice que el nivel de sonoridad de un sonido es de n fuentes cuando, según la audición de un oyente normal, la sonoridad, en audición binaural, producida por el sonido o ruido, es equivalente a la de un sonido puro de 1.000 Hz continuo, que incide de frente al oyente a modo de onda plana, libre, progresiva y que su nivel de presión acústica es n Db superior a la presión de referencia P_0 .

La escala ponderada A, de medida de niveles acústicos, es la que se establece, por medio de la utilización de la curva de ponderación A, tomada de la norma UNE 21-314-75, para compensar las diferencias de sensibilidad que el oído humano tiene para diferentes frecuencias del campo auditivo.

Presión

En la zona quirúrgica se debe mantener un riguroso escalonamiento de la presión de las salas, de manera que el movimiento de aire se produzca de la zona más limpia a la menos limpia.

Los valores propuestos entre los quirófanos y otros locales limpios serán:

- Quirófanos clase A: $> a + 10$ Pa.
- Quirófanos clase B: $> a + 10$ Pa.
- Quirófanos clase C: $> a + 5$ Pa.

Estos valores se incrementarán, en lo necesario, entre un quirófano y un pasillo sucio. Es decir, entre una zona clasificada y otra zona sin clasificar.

Movimientos de aire, aire exterior y velocidad

Estos parámetros están muy relacionados con el diseño técnico necesario para obtener la clase solicitada. De todos modos, creemos necesario proporcionar unos parámetros que orienten en el diseño, ya que estos serán siempre superiores o iguales a los establecidos como obligatorios en la norma UNE 100713 (la ventilación para una calidad aceptable del aire en la climatización de locales).

Quirófanos de clase A

La clase ISO 5 corresponde a la clase 100 de la norma americana *Federal Standard*, y se aceptan dos sistemas para conseguirla: el flujo unidireccional y el flujo turbulento. En cualquiera de ellos, el número de aportaciones de aire del exterior será igual o superior a 20 renovaciones/hora.

A continuación describimos las características de cada uno de ellos, a fin de que cada centro los pueda adaptar según sus necesidades y disponibilidad.

1) Quirófanos con flujo unidireccional

El sistema de flujo unidireccional, que es el recomendado para este tipo de quirófanos, deberá tener un mínimo de 35 movimientos/hora.

El parámetro recomendable para instalaciones de nueva construcción es 70 movimientos/hora, con una velocidad del aire a salida de difusor de 0,3 metros/segundo.

La diferencia entre las aportaciones de aire exterior y los 70 movimientos/hora puede ser aire recirculado, que cumplirá obligatoriamente los siguientes parámetros:

- El aire será del propio quirófano y únicamente de este, y por tanto habrá un sistema de tratamiento de aire único.
- El aire recirculado será tratado igualmente que el aire exterior.
- Ha de existir un control microbiológico.

2) Quirófanos con flujo turbulento

En el caso del flujo turbulento, los movimientos de aire serán como mínimo 20 movimientos/hora, todos ellos de aire exterior, ya que las recirculaciones no están admitidas.

El parámetro recomendado, para instalaciones de nueva construcción, debe ser 35 movimientos/hora, todos ellos de aire exterior.

La velocidad residual del aire en la zona de ocupación definida anteriormente será de 0,2-0,3 metros/segundo.

Quirófanos de clase B

La clase ISO 7, corresponde a la clase 10.000 de la norma americana *Federal Standard*, y para conseguirla el sistema recomendado es el de régimen turbulento.

Los movimientos de aire serán como mínimo 20 movimientos/hora. El parámetro recomendable para instalaciones de nueva construcción debe ser 25 movimientos/hora.

El aire será 100% exterior, ya que las recirculaciones no están admitidas. La velocidad del aire en la zona de ocupación definida en estas recomendaciones será de 0,2-0,3 metros/segundo.

Quirófanos de clase C

La clase ISO 8 corresponde a la clase 100.000 de la norma americana *Federal Standard*, y para conseguirla el sistema recomendado es el de régimen turbulento.

Los movimientos de aire serán iguales o superiores a 15 movimientos/hora.

El parámetro recomendable para nuevas instalaciones debe ser ≥ 15 renovaciones. El aire será 100% exterior, dado que las recirculaciones no están permitidas. La velocidad del aire en la zona de ocupación, definida en estas recomendaciones, será de 0,2-0,3 metros/segundo.

Filtrado

Como se ha indicado anteriormente el nivel de filtrado será diferente según la clase de quirófano.

Quirófanos de clase A

La recomendación es disponer, como mínimo, de tres niveles de filtrado en las dos tipologías definidas, flujo laminar zonal y flujo turbulento, equipados con filtros de la siguiente categoría:

- Prefiltro: G4.
- Filtro de salida de climatizador: F9.
- Filtro final en el recinto de quirófano: H14-U15.

La recomendación de filtros U15 se tendrá en cuenta, en el caso de necesidad de aire puro, en el espacio de la zona de actividad quirúrgica.

Quirófanos de clase B

La recomendación es disponer, como mínimo, de tres niveles de filtrado, equipados con filtros de la siguiente categoría:

- Prefiltro: G4.
- Filtro de salida de climatizador: F9.
- Filtro final en el recinto de quirófano: H14.

Quirófanos de clase C

La recomendación es disponer, como mínimo, de dos niveles de filtrado, equipados con filtros de la siguiente categoría:

- Prefiltro: G4.
- Filtro de salida de climatizador: F9.

6.13.2. UCI

Estas salas pueden ser salas de cuidado convencional, sala de cuidados intensivos y salas de aislamiento. Todas con sistemas independientes y con doble etapa de filtración de 25 y 90%, además de filtros absolutos en salas de aislamiento, aunque pueden usarse cubiertas de flujo laminar con filtros HEPA.

Las salas de cuidados convencionales pueden ser para varias camas o habitaciones individuales (lo más recomendable), controladas individualmente. En cualquier caso se recomiendan 24 °C y 30% HR en invierno y 24 °C y 50%

HR en verano, 4 ren/h (renovaciones por hora) de aire, sin control de presión, pero extrayendo el aire hacia los aseos y baños, y evitar que el aire venga desde salas de pacientes infecciosos.

Las salas de cuidados intensivos son para pacientes gravemente enfermos, que pueden llegar de postoperatorio o no; es conveniente dividirlos en varias habitaciones, con presión positiva controlada, de manera que no se intercambie aire entre ellas. Debe diseñarse un rango variable de temperaturas, fácilmente ajustable entre 20-30 °C de temperatura y una humedad de 30-60%.

En los sistemas de las salas de cuidados intensivos la presión debe ser positiva en salas (aunque es recomendable que alguna sala tenga presión reversible, para pasar a presión negativa en caso de pacientes infecciosos), pero negativa en los pasillos circundantes, evitando así la contaminación. Muchos médicos prefieren los aisladores de flujo laminar, pero otros dicen que puede influir psicológicamente por la sensación de encierro que provoca. Por esto es conveniente dotar a todos los sistemas del área de filtros absolutos de al menos 95% DOP test, mientras que el aire inyectado por el techo debe retornar, hacia el climatizador, por la parte baja de la pared y garantizar 20 ren/h.

6.13.3. Urgencias

Esta es el área más contaminada de todo el hospital por la gran cantidad de enfermos y acompañantes que acuden (una densidad de 2,6 m² por persona). Está compuesta por locales de atención primaria (trauma), consultas y almacén. La temperatura y humedad deben estar dentro de los límites de confort, pero la ventilación debe estudiarse cuidadosamente. En general deben existir entre 5-12 ren/h de aire, presión positiva y un índice elevado de aire exterior (42 m³/h mínimo por persona), con filtros EU4 y EU9 para impulsión. La sala de operaciones de emergencia debe tener consideraciones similares a los quirófanos, aunque se puede recircular algo del aire con filtros de alta eficiencia (EU12). El almacén ha de tener una extracción permanente con 8 ren/h. Y las condiciones de la enfermería serán confort, pero el aire que se inyecta por arriba debe salir cerca del suelo.

6.13.4. Patología

Esta área está compuesta por el laboratorio de anatomía (patológica y clínica) y la sala de autopsias, y en ambos casos existe un punto común: fuertes olores.

La sala de autopsia está sujeta a una fuerte contaminación bacteriana y olores de los cadáveres, además de que se utilizan grandes cantidades de formaldehído, bajo campanas de laboratorio; no obstante, el sistema debe ser de 100% de aire exterior, 12 ren/h, con extracción por el techo y la parte baja de la pared, y dirigido a la cubierta del hospital previo paso por un filtro de carbón activado.

El laboratorio de patología se dedica a dos funciones: la histopatología, estudios de tejidos procedentes de biopsias, autopsias y quirófanos; y la citopatología, estudio de células, médula, sangre y orina, esputos y semen, en estrecha relación con el laboratorio de bioquímica, que analiza la composición de sustancias en los fluidos corporales.

Los tejidos se reciben en estado fresco o dentro de frascos en una solución de formaldehído y agua (formalin), bastante irritante e inflamable, además de que los propios tejidos pueden contener algún patógeno peligroso y se utilizan solventes como Xylene, Tolueno y alcoholes, por lo que el trabajo se realiza bajo cabinas de seguridad biológica y los cortes en un local especial dedicado a ello, que al ser el más sucio debe dirigirse hacia el aire cuando se abren puertas, es decir, que la presión debe ser negativa en toda el área, pero escalonada, y debe existir una trampa o esclusa a la entrada.

Como mínimo se garantizarán unos 6 ren/h y 100% de aire exterior, o dos sistemas (recomendado), uno para el laboratorio con 34 m³/h de aire exterior por persona y otro suplementario para vencer las cargas por las extracciones: un 10% de aire de extracción al nivel del suelo, 50% por rejillas sobre banco de trabajo (simultaneidad 0,5) y 40% por el techo; debe filtrarse con filtros de carbón activado y se expulsado por encima de la cubierta. La impulsión tendrá como mínimo una eficiencia del 85% *dust spot*.

6.13.5. Laboratorios-campanas

Cercana al área de patología estarán los laboratorios clínicos de bacteriología, bioquímica, serología, lavado y esterilización, además de los de medicina nuclear y radiología. La temperatura y humedad en estos estarán en los límites del confort y un filtrado de aire de 85-90% *dust spot* de eficacia salvo casos específicos, 6-10 ren/h y % de aire exterior determinado por las campanas de extracción y presión negativa (excepto bioquímica con presión positiva). El aire puede recircular dentro del propio laboratorio, pero no deben ponerse en contacto unos con los otros, por lo que se recomiendan sistemas independientes para cada tipo con filtros de carbón activo.

Los laboratorios de medicina nuclear (isótopos radiactivos) y radiología estarán sujetos a las normas que dicta el Consejo de seguridad nuclear. El local de rayos X no tiene consideraciones climáticas especiales, salvo el cuarto oscuro de revelado, que debe estar a presión negativa, 100% aire exterior (a no ser que el equipamiento tenga extracción individual). En toda el área de radiología deben garantizarse 10-5 ren/h y presión negativa.

El laboratorio de bacteriología, específicamente el local de cultivo de tejidos, debe tener aire de impulsión filtrado con filtro HEPA terminal y muy bajas velocidades en el local, además de cabinas de seguridad biológica. Este laboratorio, junto al de serología, debe tener presión negativa pero superior a la de los otros laboratorios.

6.13.6. Laboratorio de isótopos radiactivos

La construcción debe realizarse según lo que estipulen los reglamentos de la comisión de seguridad nuclear en cada país, generalmente tiene superficies exteriores revestidas en plomo. Posee trampa de entrada para controlar la presión negativa escalonada. El marcaje se realizará dentro de cabinas de seguridad biológica de clases II y III. La impulsión con filtros de 95% *dust spot test* y la extracción con filtros HEPA de 99, 999% de eficiencia *DOP test* y carbón activado, alojados en una caja de cambio de seguridad de filtros dentro del propio local protegido, que garantiza el mínimo riesgo al encargado.

