

La instalación que se ocupa del suministro de agua caliente para usos sanitarios, tiene como objetivo la preparación y posterior distribución de los caudales que los usuarios demandan; de modo que resulten inapreciables las oscilaciones de la temperatura, con la que el agua llega a cada uno de los puntos de consumo. Los parámetros a considerar en el diseño y cálculo de estas instalaciones son las características del agua fría sanitaria que entra en el sistema y el caudal de agua caliente necesario para atender el servicio, junto con sus correspondientes temperaturas de preparación y utilización.

#### Tipos de instalaciones

Son varios los criterios que se pueden utilizar para clasificar la instalaciones de Agua Caliente Sanitaria. En este punto se hace una clasificación que atiende al grado de centralización del servicio: a nivel de un aparato, de un usuario o de un grupo de usuarios.

De acuerdo con el criterio anterior se distinguen los siguientes tipos de instalaciones:

- Unitarias
- Individuales
- Colectivas

Las instalaciones unitarias dan servicio a un único punto de consumo o aparato (un lavabo, una bañera, etc)

Las individuales sirven a varios puntos de consumo, sin que importe su número, pertenecientes a un sólo usuario, y cuyo ámbito alcanza desde una vivienda en el sector doméstico hasta un edificio completo perteneciente a cualquier otro sector (hotel, clínica, oficina, etc.). Una instalación individual, por definición, contempla un sistema completo para cada usuario.

Se denomina colectiva la instalación centralizada que atiende a un colectivo de usuarios o unidades de consumo independientes; por ejemplo, todo un edificio de viviendas, varios edificios, etc. Cuando se trate de instalaciones colectivas de viviendas la red de distribución del ACS debe hacerse de forma que se pueda instalar un contador por vivienda. Así, se permite que cada usuario tenga el control, responsabilizándose de su consumo y de su participación en los gastos del servicio.

### Fuentes de calor utilizadas

Las fuentes energéticas que normalmente se utilizan se relacionan a continuación:

Combustibles sólidos (leña o carbón): hoy en día su utilización está muy restringida

Gasóleo: es el combustible más utilizado en las instalaciones colectivas y en las viviendas unifamiliares que disponen de la superficie necesaria para instalar un depósito. Actualmente, es el combustible más barato y lo seguirá siendo, con seguridad, durante algunos años más.

Algunos Gases Licuados del Petróleo (G.L.P.), como el Propano y Butano comerciales: los G.L.P. se transportan y suministran en estado líquido dentro de recipientes cerrados; como en botellas o en camiones cisterna. En este último caso es necesario disponer de un depósito de almacenamiento.

Gas Natural (Metano): actualmente, su canalización y uso es objeto de un gran desarrollo. Es un combustible que cada vez tiene más aceptación. Se usa para todo tipo de instalaciones, no precisando depósitos de almacenamiento.

Electricidad, empleada en bombas de calor.

Electricidad, alimentando una resistencia: su empleo tiene que cumplir algunas limitaciones. En las instalaciones individuales se utiliza en los calentadores eléctricos de producción instantánea y en los termos de acumulación

Energía solar.

### Subsistemas básicos de la instalación

En las instalaciones de Agua Caliente Sanitaria se distinguen los tres bloques funcionales siguientes:

Generación de calor

Producción de agua caliente

Distribución del ACS a los puntos de consumo

Para la generación de calor sirven cualquiera de los generadores conocidos: calderas de diferentes tipos, captadores solares, bombas de calor o resistencias eléctricas. Las calderas más utilizadas en la instalación que nos ocupa son las murales de gas y las calderas de pie a gas o gasóleo, bien en versiones para producir sólo ACS, bien en versiones mixtas diseñadas para proporcionar eficazmente los servicios de calefacción y agua caliente sanitaria.

En las instalaciones pequeñas, sobre todo en el sector doméstico, es muy frecuente utilizar calderas murales de gas mixtas para calefacción y ACS. Como ambas instalaciones comparten varios componentes resulta ventajoso evitar duplicaciones e incorporar sólo aquellos que resulten estrictamente necesarios, ganándose en sencillez, economía y eficiencia. Las calderas de pie mixtas están también basadas en la misma filosofía de integración y eficacia.

Quizá la aplicación para la cual el aprovechamiento de la energía solar está más indicado sea la producción de agua caliente sanitaria, fundamentalmente, porque la temperatura de preparación del agua es relativamente baja. Lamentablemente, como la radiación solar es muy variable y la energía que proporciona no está siempre disponible, la instalación tiene que contemplar un aporte energético alternativo de apoyo.

Las bombas de calor que más se emplean son las del tipo aire-agua. En aquellos lugares donde se puedan dar temperaturas bajas del aire exterior (<5°C) hay que contar con un sistema de apoyo, como una caldera convencional o una resistencia eléctrica.

Cuando se utilicen resistencias eléctricas para la generación de calor, y dado el precio de esta forma de energía, conviene optar por un sistema de acumulación que caliente agua por la noche, cuando las tarifas son más bajas.

El bloque de producción es el encargado de preparar agua caliente en condiciones de utilización. Hay dos métodos de preparación del ACS: uno directo y otro, indirecto.

En el directo, el calor del generador es cedido en un solo paso al agua que se toma de la red, haciéndola pasar por un intercambiador primario. Una vez caliente, es el agua que se destina al consumo. Es el método adoptado en los calentadores instantáneos de gas y en los termoacumuladores a gas y eléctricos.

En el método indirecto, la preparación se hace en dos pasos: el agua, que hace de fluido caloportador, recircula continuamente por un intercambiador primario calentado directamente por los gases del generador. El calor que toma el agua primaria en cada ciclo, al pasar por el intercambiador, es cedido a continuación al agua de consumo, en un intercambiador, agua-agua, secundario.

El bloque de distribución consta de una red de tuberías que distribuye el agua caliente a todos los puntos terminales de consumo. La red puede adoptar bien un trazado sencillo con sólo el circuito de ida o bien un trazado doble con un circuito de ida y otro de retorno. El primer esquema se utiliza cuando el circuito de ida no es muy largo. Con el segundo se trata de evitar que el usuario tenga que esperar a que, cada vez que abre el grifo de ACS, salga toda el agua fría que contiene la tubería antes de que el agua caliente pueda alcanzar el grifo.

### **Sistemas de preparación de ACS**

La preparación del agua caliente sanitaria se puede hacer bajo estos dos sistemas:

Sistemas de producción instantánea

Sistemas de producción por acumulación

En los sistemas instantáneos, el agua comienza a calentarse cuando se abre un grifo, suministrando, en todo momento, el caudal que se necesita, respondiendo así, de una forma instantánea, a la demanda que del servicio hace el usuario.

El agua se calienta al paso conforme atraviesa un elemento de caldeo, tal como un serpentín inmerso en el agua de calefacción dentro de la caldera, un serpentín expuesto directamente a la llama (como en los calentadores instantáneos a gas) o un intercambiador de calor agua-agua, fuera del cuerpo de la caldera. En todas estas circunstancias el rendimiento energético de la instalación es muy malo, ya que, ante la menor demanda del servicio, el sistema se pone en marcha.

La producción instantánea del ACS se caracteriza por el empleo de altas potencias en periodos muy reducidos. Tiene la desventaja de que la apertura de más de un grifo a la vez afecta a los caudales disponibles de agua caliente.

En los sistemas por acumulación, el agua caliente permanece en un depósito del que sale cuando se demanda en los puntos de consumo; a medida que ésta se va consumiendo viene siendo reemplazada por agua fría procedente de la red que penetra en el depósito por la parte inferior. El agua acumulada necesita unos minutos para alcanzar su temperatura de régimen, pero una vez caliente está disponible para ser utilizada durante el periodo de tiempo que se desee. De esta forma se consigue que la utilización simultánea de varios grifos no afecte a sus caudales, como ocurría en la producción instantánea.

Con estos sistemas se obtienen rendimientos energéticos superiores a los que se obtienen con los sistemas instantáneos al actuar el depósito como dispositivo de amortiguación entre la demanda y la respuesta. Esta disposición permite diseñar generadores más pequeños, trabajando con mejores rendimientos.

Teniendo en cuenta la variabilidad en las necesidades de agua caliente, cuanto mayor sea el volumen de acumulación que incorpore el sistema, más flexible y seguro será el servicio de ACS que proporcione. El calentamiento del agua en estos sistemas se puede hacer, bien a través de un intercambiador incorporado en el depósito, que puede ser de tipo envolvente (depósito de doble pared) o de serpentín, en cuyo caso el depósito pasa a denominarse interacumulador, o bien mediante un intercambiador de placas externo, que es, por lo general, la opción más utilizada. El depósito se puede instalar separado, acoplado a un lateral y sobre o bajo la propia caldera.

En las aplicaciones donde se precise un servicio continuo de agua caliente, con temperaturas y caudales más o menos constantes, puede estar justificado, desde un punto de vista económico, el empleo de sistemas instantáneos, dado que en estas circunstancias el funcionamiento de los sistemas por acumulación no resulta tan eficiente al necesitar algún tiempo entre puntas de consumo para poder recuperarse.

### Temperaturas de preparación del ACS

El agua caliente se prepara a una temperatura máxima de 58 °C y se distribuye a una temperatura (50 °C medida a la salida del depósito acumulador. Para ello es necesario disponer de una válvula mezcladora de tres vías en el circuito secundario.

Con estas limitaciones convendría fijar como temperatura máxima de acumulación los 55 °C e, incluso, 50 ó 45 °C. Con estas temperaturas se evitaría la válvula mezcladora para conseguir en el punto de utilización 42 °C.

Cuando en algún punto de consumo la temperatura de uso tenga que superar estos valores, como es el caso de las cocinas y lavanderías de los hoteles, hospitales, etc., donde se pueden alcanzar 70 u 80 °C, es posible intercalar un calentador para postcalentar sólo el agua necesaria para estos servicios.

En los termos eléctricos y, en general, en las instalaciones individuales con producción de agua caliente por acumulación la temperatura máxima de acumulación no está limitada.

### Características de las calderas murales a gas

Las calderas murales disponen de distintos sistemas y componentes para realizar su función. Vamos a centrarnos, por un lado, en el circuito de combustión y en el sistema de evacuación de los gases y, por otro, en los sistemas de encendido, control y seguridad que incorporan.

Existen dos tipos básicos de circuito o cámara de combustión: la cámara abierta (o atmosférica) y la estanca; y dos sistemas de evacuación de los gases: el tiro natural y el tiro forzado (mecánico).

Las reglamentaciones comunitarias en materia de contaminación atmosférica y calidad del aire interior fijan, entre otros parámetros, tanto los contenidos máximos de CO y NOx como la temperatura de las gases de combustión de las calderas. Estas exigencias han propiciado la búsqueda de soluciones para evitar combustiones defectuosas y la reversión de los gases hacia el interior de los locales.

Hay que tener en cuenta que la combustión del gas necesita importantes cantidades de aire: 9,31 m<sup>3</sup> (n) de aire por cada m<sup>3</sup> (n) de gas natural, 23,9 m<sup>3</sup> (n) de aire/m<sup>3</sup> (n) en el caso del propano y 31,1 m<sup>3</sup> (n) de aire/m<sup>3</sup> (n) para el gas butano. En donde (n) indica que los volúmenes se han determinado en condiciones normales, es decir, a 0 °C de temperatura y 1 bar de presión. Los valores anteriores son teóricos; en la práctica la mezcla de aire y gas no es tan homogénea como establece la teoría, por lo que siempre se debe añadir una cantidad de aire adicional que suele estimarse entre el 10 y el 30% de los valores teóricos.

Si el aire se toma del recinto hay que disponer de la correspondiente abertura de comunicación con el exterior. Una toma directa de aire exterior conectada con la cámara de combustión evita todas las disposiciones que la normativa impone para favorecer el tiro y el aporte necesario de aire a través del local; pero, sobre todo, permite un mejor rendimiento de la caldera así como una mayor seguridad en el funcionamiento al eliminar la emisión de contaminantes hacia el interior del recinto donde está la caldera.

En función del tipo de cámara o circuito de combustión que incorporan, podemos clasificar las calderas murales en calderas con cámara de combustión abierta y estancas. A continuación se hace una descripción somera de sus características:

Calderas con cámara de combustión abierta (atmosféricas): toman el aire para realizar la combustión del interior del recinto donde están ubicadas, contribuyendo así a incrementar de manera sensible el caudal de aire exterior que penetra en los locales sin que por ello colabore en la ventilación de los mismos.

Dependiendo del sistema de evacuación de los gases se clasifican en:

- calderas atmosféricas de tiro natural
- calderas atmosféricas de tiro forzado

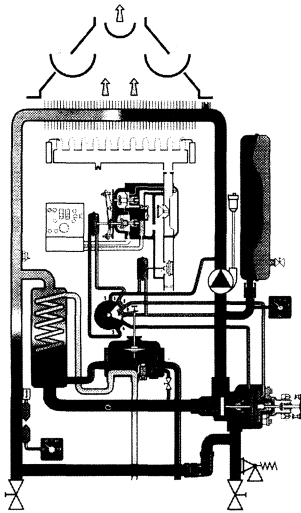


Fig. 1 Caldera con cámara de combustión abierta y tiro natural

Las calderas de tiro natural (Fig. 1) incorporan un cortatiro que cumple varias funciones: evita que una corriente de aire invertida afecte al quemador, impide que en los revocos los gases de la combustión se puedan incorporar de nuevo a ella y, por último, hace que la fuerza ascensional de los gases arrastre aire frío, con lo que la velocidad del tiro se reduce y no se penaliza el rendimiento de la caldera.

Las calderas atmosféricas de tiro forzado representan un avance con relación a las de tiro natural y no tienen tantas limitaciones en la disposición de la evacuación de los gases. No obstante, sigue siendo una caldera de cámara abierta y necesita consumir aire del interior del local para realizar la combustión, el cual se expulsa junto con los otros productos procedentes de la combustión. En cualquier caso se deben consultar las reglamentaciones de las distintas comunidades autónomas ya que introducen variantes en cuanto a las condiciones que debe cumplir la instalación.

Calderas con cámara de combustión estanca: toman el aire para la combustión directamente del exterior. Como en el caso de las abiertas, las hay también con tiro natural y forzado.

El tiro forzado ofrece más seguridad y es el sistema ideal para combinar con una cámara de combustión estanca (Fig. 2). La toma de aire y expulsión de los productos de la combustión se hace bien por sendos tubos independientes o bien por un sólo tubo coaxial; en ambos casos bajo la presión que proporciona el extractor incorporado.

Estas calderas se pueden instalar en dormitorios, baños, duchas, aseos, etc. Representan la opción más aconsejable porque no tienen los inconvenientes de las calderas atmosféricas, como son las deficiencias de tiro, combustiones incompletas (con el peligro de la producción de CO) o la excesiva producción de CO<sub>2</sub>, acompañada de una disminución del rendimiento de la combustión cuando la mezcla se hace con cantidades excesivas de aire. Todos ellos derivados de la falta de control efectivo sobre la cantidad de aire que interviene en el proceso de la combustión.

Ya dentro del segundo tipo de características, incluidas en los sistemas de encendido, control y seguridad, y con relación a la forma de producir el encendido del gas que sale de los mecheros del quemador, las calderas murales hacen uso de los sistemas siguientes: por llama, piezoeléctrico y por electrodo (o electrónico).

El sistema de encendido por llama está en desuso, por obsoleto, y, actualmente, las calderas montan los otros dos. El piezoeléctrico se activa manualmente y el encendido se hace mediante una chispa que salta entre dos electrodos; la diferencia de potencial genera una sucesión de impactos entre piezas de metal-cerámica-metal. Ambos sistemas necesitan mantener una llama piloto permanente que es la que produce el encendido del gas a la salida del quemador y cuyo consumo de gas al año no es desdeñable. Con el sistema electrónico el encendido se hace a través de un tren de chispas que se genera automáticamente en el momento en que se requiere el servicio; el encendido se realiza en el instante en el que sale el gas del quemador, sin necesidad de una llama permanente.

Para el control de la llama y como mecanismo de seguridad, los quemadores incorporan dispositivos de protección y seguridad encargados de cerrar el paso al combustible cuando la llama se extingue. Los dispositivos utilizados se basan en la actuación de una lámina bimetálica, un termopar, una sonda de ionización o una célula ultravioleta.

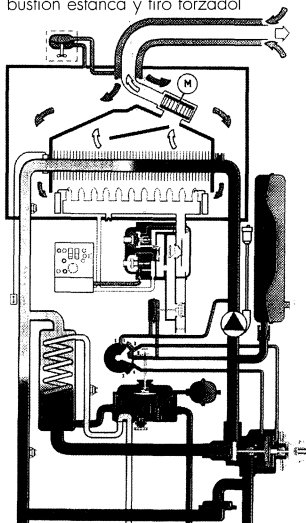
Las calderas murales actuales incorporan, por lo general, los últimos avances y suelen ser estancas de tiro forzado, con encendido electrónico y seguridad por ionización.

### Calderas murales de gas, tipos y prestaciones

Es el tipo más habitual en las instalaciones individuales del sector doméstico. Todas ellas incorporan quemadores de gas atmosféricos. Existen básicamente dos tipos de calderas murales: las calderas diseñadas para preparar sólo el agua caliente sanitaria y las mixtas, destinadas a satisfacer los servicios de calefacción y agua caliente sanitaria.

La tendencia actual recoge un descenso progresivo en las exigencias de calefacción debido, sobre todo, a los cerramientos mejor aislados y a la mejor estanqueidad de las carpinterías exteriores así como a un aumento paralelo en la demanda del servicio de ACS.

Fig. 2 Caldera con cámara de combustión estanca y tiro forzado



Esta orientación es asumida por las nuevas calderas mixtas que son dotadas de potencias altas para la preparación del ACS y potencias menores para calefacción.

Las potencias más usuales en ese tipo de calderas oscilan entre las 16.000 kcal/h (18,6 kW) y 20.000 kcal/h (23,2 kW), con unos caudales de 10 y 13 l/min., respectivamente y para un  $\Delta t = 25$  oC, desde una temperatura inicial de 15 oC.

La oferta es muy amplia en tipos y tecnología, presentándose a continuación una relación de las versiones disponibles:

Calderas sólo para la producción de ACS instantánea:

Son los clásicos calentadores de agua, y representan la gama más sencilla en calderas murales, aunque los nuevos modelos incorporan la tecnología más actual en este tipo de aparatos. El calentamiento es directo e instantáneo, por lo que pueden suministrar agua a una temperatura constante y por tiempo indefinido. Hay modelos en el mercado para suministrar caudales de agua entre 5 y 17 l/min, con potencias entre 125 y 380 kcal/min., respectivamente, y para un incremento de temperatura de 25 oC (suponiendo una temperatura inicial para el agua de la red de 15 oC).

Calderas sólo para la producción de ACS por acumulación:

También se denominan "acumuladores a gas" y están constituidos por un depósito acumulador y un calentador a gas situado en su parte inferior. Los gases que proceden de la combustión son conducidos por el interior del depósito por un conducto vertical emplazado en el centro. Los hay atmosféricos y estancos así como de tiro natural y forzado. Se construyen con doble pared y aislamiento intermedio, en tamaños entre 80 y 450 litros.

Calderas mixtas con producción de ACS instantánea:

Actualmente son las más utilizadas para resolver la calefacción y el servicio de ACS en las viviendas. En estas calderas el servicio de agua caliente es el más exigente y tiene preferencia al de la calefacción; no obstante, tienen el inconveniente de que, cuando se abre más de un grifo, la temperatura del ACS baja sensiblemente. Son aparatos compactos y reúnen en su interior todos los componentes que necesita la instalación: circulador, válvulas reguladoras, vaso de expansión, etc. Ver figura 3.

Calderas mixtas con producción de ACS por acumulación

a) Con acumulador integrado:

Estas calderas montan un pequeño depósito interacumulador en el interior de la propia carcasa de la caldera que hace de regulador aunque, por su tamaño (hasta 60 litros), el efecto no es muy importante.

b) Con acumulador separado:

Son calderas del tipo "sólo calefacción" en combinación con un depósito acumulador con un intercambiador incorporado en su interior (Fig. 4). Hay modelos de depósitos que combinan perfectamente en dimensiones y estética con la caldera y que, al montarse juntos, presentan el aspecto de un sólo equipo.

Calderas murales para colocar a la intemperie:

Son calderas exactamente iguales que las demás, sólo que están fabricadas para resistir las inclemencias del tiempo. Con la instalación exterior se recupera, para otros usos, el espacio que ocuparía la caldera en el interior.

### Termos eléctricos

Un acumulador de agua eléctrico es un recipiente a presión donde se produce y acumula agua caliente. El calentamiento, que no debería pasar, salvo en ocasiones determinadas, de 60 oC (aunque es práctica habitual hacerlo a temperaturas mucho más altas: 90 oC), se efectúa mediante la aplicación de energía eléctrica a una resistencia protegida que cede el calor directamente al agua.

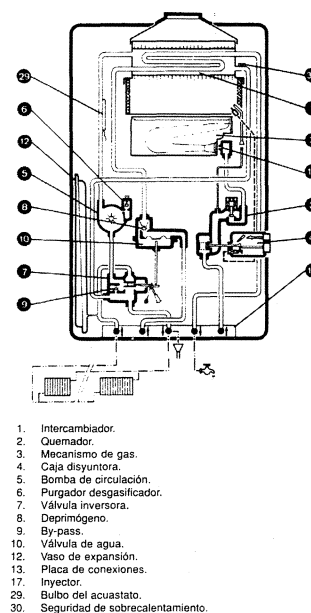


Fig. 3 Caldera mural mixta con producción de ACS instantánea

Fig. 4 Caldera mural mixta con producción de ACS por acumulación.

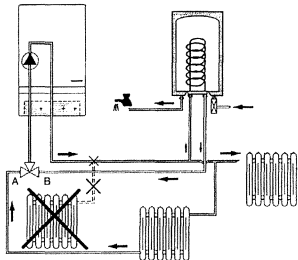
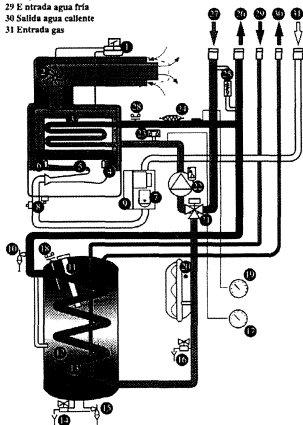


Fig. 5 Grupo térmico mixto con producción de ACS por acumulación

- 1 Presostato aire
- 2 Extractor
- 3 Intercambiador
- 4 Electrodo de control de llama
- 5 Quemador
- 6 Electrodo de encendido
- 7 Mecanismo gas
- 8 Toma de presión
- 9 Circuito de encendido y control de llama
- 10 Válvula primaria (3 bars)
- 11 Anodo
- 12 Acumulador
- 13 Serpentina acumulador
- 14 Válvula acumulador
- 15 Válvula de seguridad sanitaria (6 bars)
- 16 Válvula calefacción
- 17 Manómetro
- 18 Termostato acumulador
- 19 Termómetro
- 20 Vaso de expansión
- 21 Válvula 3 vías
- 22 Bomba
- 23 Seguridad falta de agua
- 24 Termostato de temperatura
- 25 No-paso
- 26 Ida calefacción gas
- 27 Retorno calefacción
- 28 Seguridad de sobrecalentamiento
- 29 Entrada agua fría
- 30 Salida agua caliente
- 31 Entrada gas



Se construyen con doble pared, con un recipiente interior o calderín, una envolvente exterior y un material aislante relleno la cámara intermedia. El agua fría de la red accede al calderín por la parte inferior y se extrae caliente de la parte superior. La diferente densidad del agua provoca su estratificación, creándose una estrecha franja que separa la zona superior caliente de la inferior fría. Cuando el termo se coloca verticalmente la estratificación creada retrasa la mezcla entre los dos tipos de agua, de modo que el agua caliente se ve poco afectada por la entrada de la fría. En posición horizontal, en cambio, la mezcla es más rápida y se observa antes la caída de la temperatura del agua a la salida.

Los termos eléctricos se comercializan en una gran variedad de tamaños, entre 15 y 500 litros. Existen modelos para ser instalados en posición horizontal y en verticales; los de menor capacidad (hasta 150 l.) admiten una instalación mural. Los modelos de mayor capacidad se instalan apoyados en el suelo. Las capacidades que se recomiendan en función del número de personas por vivienda son: para 1 ó 2 personas es suficiente con un termo de 150 l., entre 2 y 4 personas, uno de 200 l. y para 5 ó 6 personas, un termo de 300 litros.

El dimensionamiento se puede hacer para cubrir la producción continua de ACS o para su acumulación durante la noche, siendo esta última la mejor opción al permitir el aprovechamiento de la tarifa nocturna. En este caso, el volumen de acumulación tendría que igualar o superar el consumo total de agua caliente sanitaria, a la temperatura prefijada, que se espera se produzca a lo largo del periodo diurno.

### Calderas y grupos térmicos de pie

Por su tamaño, se fabrican para ser colocadas en el suelo sobre una bancada. Cubren una amplia demanda de potencias y prestaciones. Cuando el combustible utilizado es el gas y las potencias son bajas los equipos montan quemadores atmosféricos; sólo para las potencias medias y altas se montan quemadores mecánicos.

Calderas de combustibles sólidos, policombustible, gasóleo o gas (GLP o Natural), actuando como simples generadores de calor.

Grupos térmicos mixtos, de gasóleo o gas, para el servicio de calefacción y Agua Caliente Sanitaria instantánea. Sólo se autoriza su utilización para potencias inferiores a 50 kW térmicos (43.000 Kcal/hora). En este caso, ambos servicios deben ser alternativos con sistemas de control de temperatura independiente y dando prioridad siempre al servicio de ACS, de tal manera que cuando haya demanda de ésta el servicio de calefacción se interrumpa.

Grupos térmicos mixtos, de gasóleo o gas, para el servicio de calefacción y ACS por acumulación (Fig. 5). El depósito acumulador se puede montar separado o acoplado en la parte inferior, lateral o superior de la propia caldera, formando un conjunto monobloc compacto.

Grupos térmicos mixtos de calefacción y ACS por acumulación, pertenecientes a la línea blanca: son grupos térmicos a gas diseñados para ser montados en los muebles de la cocina, junto con los electrodomésticos. Las medidas exteriores son las estándar para este tipo de aplicación.

### Calderas más eficientes y ecológicas

Son calderas diseñadas para obtener altos rendimientos y, sobre todo, están pensadas para reducir la emisión de contaminantes atmosféricos y la temperatura de salida de los gases de la combustión.

Se da la circunstancia de que estas calderas obtienen mejores rendimientos instantáneos cuando operan a carga parcial que cuando lo hacen a plena carga, régimen este último con el que las calderas convencionales alcanzan el máximo rendimiento.

Calderas de condensación:

Son calderas que operan a baja temperatura y se diseñan para poder condensar, de forma permanente, una parte importante del vapor de agua contenido en los gases de

la combustión. De esta forma se aprovecha, no sólo parte del calor sensible que los gases transportan y que en las calderas convencionales se expulsa en su totalidad, sino también, y más importante, el calor latente de condensación del vapor de agua (1 Kg de vapor cede 538 Kcal).

Esto permite obtener rendimientos de la combustión hasta del 106% sobre su P.C.I. (el Poder Calorífico Inferior de un combustible es la cantidad de calor que libera en una combustión completa, sin incluir el calor de vaporación del agua que produce; se expresa en KJ/Kg., para combustibles sólidos, y en KJ/m<sup>3</sup>, en los gaseosos).

El combustible más adecuado para aprovechar esta técnica es el que tenga una diferencia mayor entre su Poder Calorífico Superior (P.C.S.) y su P.C.I.; en el caso del gas natural esta diferencia es de un 11% (6% para el gasóleo), una temperatura mayor para el punto de rocío de la mezcla de gases de la combustión (en el gas natural es mayor que en el gasóleo) y un mayor contenido de vapor de agua en esos mismos gases (en este parámetro también el gas natural es superior). El gas natural tiene la ventaja añadida de que en su combustión no se producen óxidos de azufre, que podrían dar lugar a la formación de ácido sulfúrico en contacto con el agua y a su incorporación en los condensados.

En estas calderas el calor de condensación se cede al agua de retorno de la calefacción que está a una temperatura por debajo del punto de rocío de la mezcla de gases (unos 56 °C para el gas natural). Los condensados que se generan se recogen en una bandeja y son evacuados por la red de desagüe. Como es lógico, todos los elementos que estén en contacto con ellos tienen que estar hechos con materiales que resistan su acción agresiva. Esta exigencia no sólo alcanza a los componentes de la propia caldera, sino también a las conducciones del desagüe por donde se realice el vertido. Para pequeñas potencias y si la normativa no lo exige, no es preciso proceder a una neutralización previa de la acidez del agua de condensación. Con potencias grandes la neutralización se debería hacer siempre.

Con esta técnica, al ser, también, menor la necesidad de gas, se reduce mucho la emisión de CO<sub>2</sub>, que es el gas responsable del efecto invernadero. La mezcla se hace con la cantidad de aire conveniente, disminuyendo los contenidos de CO y de NO<sub>x</sub> a valores inapreciables.

El mejor rendimiento se obtiene en las aplicaciones que necesiten agua a baja temperatura (suelo radiante, calentamiento del agua de piscinas, etc.) y en la producción de agua caliente sanitaria; no obstante, también son interesantes los rendimientos para temperaturas altas, como las que se manejan en la calefacción por radiadores.

### **Colectores solares**

Un colector o captador solar es un generador de calor que aprovecha la energía gratuita que procede del Sol. Básicamente, consta de una placa absorbente (generalmente de cobre) con un tratamiento selectivo en su superficie, que es la encargada de captar la radiación solar transformarla en calor y transmitirla, en esta forma, a un fluido caloportador, que puede ser un líquido evaporativo o, simplemente, agua con anticongelante. En la placa de cobre se inserta un circuito, también de cobre, por el que circula el fluido portador del calor. El conjunto se cubre con una superficie de vidrio solar (con baja reflexión), que es transparente a la radiación solar pero opaco a las radiaciones infrarrojas que emite la placa, generándose así un efecto invernadero.

Existen diferentes tipos de captadores en el mercado con sistemas de ensamble que facilitan la tarea de montar varios módulos en batería. El captador plano es el tipo clásico; tiene el aspecto de caja rectangular con una tapa de vidrio de seguridad y con unas medidas aproximadas de 2.000x1.000x100 mm. El circuito integrado en la placa absorbente, por el que circula el agua, tiene un recorrido serpenteante. Entre la placa y el fondo de la caja se intercala un material aislante a base de fibra de vidrio o espuma rígida de poliuretano ecológico (sin CFCs) de alta densidad.



Se pueden elegir modelos apaisados para montar en horizontal y otros para ser montados en posición vertical. En el montaje y, por lo tanto, en la elección del modelo de captador, hay que tener en cuenta que, para poder purgar el sistema, las ramas rectas de los serpentines integrados en la placa deben quedar en posición horizontal. La conexión de la entrada de agua se hace por la parte inferior del captador y la salida del agua caliente, por la superior.

Más sofisticados son los captadores tubulares, contruidos con un número determinado de tubos de vidrio en los que se ha hecho el vacío. El vacío interior elimina la convección e incrementa la eficacia de la transmisión del calor por radiación. Los tubos tienen aproximadamente 2.000 mm. de largo y un diámetro de unos 100 m. o inferior, según el sistema y, alojan en su interior una placa absorbente de cobre que recorre el tubo de un extremo a otro.

La placa está colocada según un plano que pasa por el eje del tubo. En este tipo de captador el circuito del fluido caloportador está formado por un tubo recto, cerrado en el extremo libre e insertado en la placa coincidiendo con su eje. Los tubos de vidrio pueden girar sobre sus respectivos ejes, permitiendo así que se puedan orientar convenientemente las placas absorbentes para un mejor aprovechamiento de la radiación.

Uno de los sistemas basados en esta disposición utiliza un líquido evaporativo, contenido en un tubo simple de cobre, que, con el calor transferido por la placa, se transforma en vapor.

El vapor emigra hacia la parte alta donde condensa, cediendo su calor al agua a través de un intercambiador especial longitudinal que conecta las cabezas de todos los tubos. El captador está formado por varios tubos de vidrio y se coloca con los tubos paralelos a la línea de máxima pendiente del plano de montaje, con el intercambiador en la parte superior.

El otro sistema utiliza dos tubos de cobre concéntricos, en lugar de uno, y el agua como fluido caloportador. El agua de retorno desciende por el tubo más interior (el de menor diámetro) hasta el fondo del tubo exterior, de mayor diámetro, para luego ascender, a medida que se calienta, por el espacio intermedio que dejan libre las paredes de ambos tubos. El agua caliente que asciende por esta vía es recogida y conducida por un colector de ida que conecta las cabezas de todos los tubos. Estos captadores se pueden colocar con los tubos, bien paralelos a la línea de máxima pendiente del plano de montaje o bien transversales a dicha línea. La colocación en fachada, según un plano vertical y con los tubos en posición horizontal, se presta a su utilización como un recurso formal más para la composición de los alzados.

La producción de agua caliente solar siempre es por acumulación, por lo que el elemento de captación de la radiación siempre tiene que ir acompañado por un depósito acumulador. En estos sistemas también se pueden adoptar dos formas de calentar el agua: una directa y otra indirecta.

Con el método directo el calor generado por el captador se transmite directamente al agua de consumo, por lo que el agua sanitaria que se utiliza es la misma que circula por el propio colector. Es un método sencillo y de alto rendimiento; no obstante, presenta algunos inconvenientes que no se deben ignorar: uno es que, al tratarse de un sistema abierto, el aporte continuo de agua nueva acelera los procesos de corrosión y de formación de incrustaciones. Otro inconveniente grave se deriva de la imposibilidad de añadir algún producto químico que pudiera alterar las condiciones de potabilidad del agua de consumo destinado a la prevención, tanto de los riesgos apuntados como del riesgo de congelación del agua por heladas.

Con el método indirecto de calentamiento no se obtienen tan buenos rendimientos pero se evitan todos los riesgos asociados al método directo. Como en este caso los dos circuitos, el primario, cerrado, entre el captador y el intercambiador, y el secundario, de consumo, son independientes, siempre es posible tratar adecuadamente el agua que circula por el colector. Con este método resulta imprescindible colocar una bomba circuladora en el circuito primario.

En los sistemas basados en captadores planos y en una primera aproximación, se puede estimar un m<sup>2</sup> de superficie de captación por cada 60(90 litros de consumo diario de agua caliente a 45 °C.

En cuanto a la cantidad agua acumulada se recomienda considerar un volumen, como mínimo, de una vez y media el consumo diario total. Antes de adoptar estos sistemas siempre hay que sopesar el ahorro que se obtiene al consumir energía gratuita con la mayor inversión en equipos propios y de apoyo que requieren.

### **Bombas de calor**

En las instalaciones con bomba de calor, el agua se prepara a una temperatura entre 45 y 50 °C; luego, es necesario que la temperatura del agua, a la salida del condensador de la bomba, sea superior. El acumulador se dimensiona para contener un volumen igual o superior a la mitad del consumo diario de agua caliente sanitaria. La potencia de la máquina tiene que ser capaz de calentar todo ese volumen de agua acumulada en un periodo de tiempo comprendido entre 8 y 10 horas, en el mes más desfavorable del año. La instalación con este tipo de generadores responde a las características de un sistema por acumulación, por lo que sus disposiciones contemplan, bien un circuito primario con intercambiador en el acumulador o bien un intercambiador de placas externo. En relación con las rentabilidades obtenidas con estos sistemas vale también lo dicho para la producción de ACS aprovechando la radiación solar.