

ENERGIA SOLAR TÉRMICA A BAJA TEMPERATURA

GENERALIDADES

Septiembre 2011



1.- INTRODUCCIÓN A LA ENERGÍA SOLAR

1.1.- ENERGÍA SOLAR

El Sol produce energía en forma de radiación electromagnética derivadas de las reacciones de fusión que tienen lugar en su interior, por las que el hidrógeno que contiene se transforma en helio. Es, sin duda, la fuente energética más grande con la que cuenta la Tierra considerándose inagotable.

Los fenómenos producidos por el Sol dan origen a los recursos en los que se basan el resto de energías renovables. La Figura 1.1 clasifica de una manera general estos efectos y el nombre de la Energía Renovable asociada.

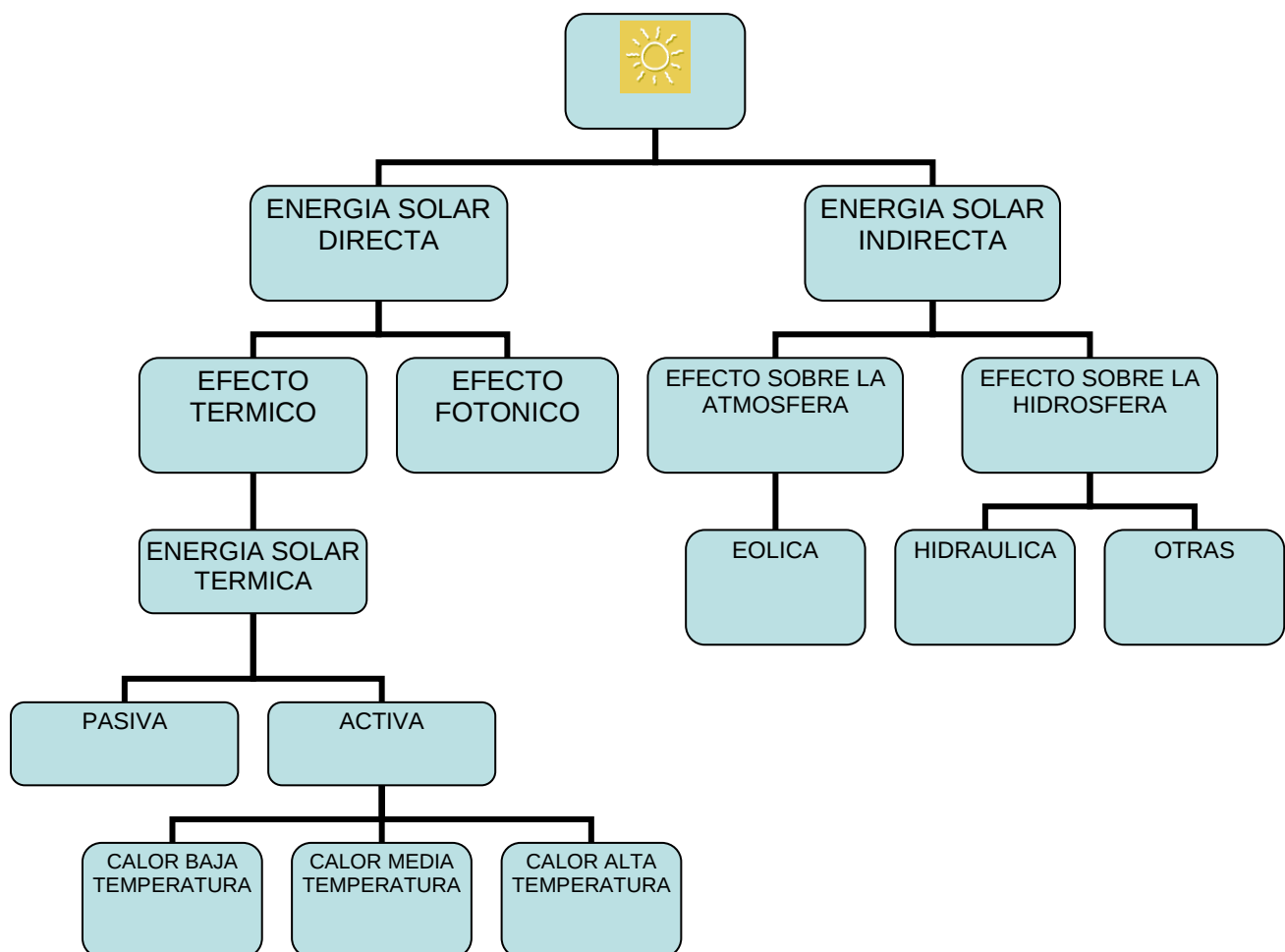


Figura 0-1.1 Clasificación de las energías renovables

El aprovechamiento directo de la energía solar se puede realizar transformándola mediante la tecnología adecuada en energía térmica o en energía eléctrica. En el primer caso se utilizan los sistemas solares térmicos y en el segundo los sistemas solares fotovoltaicos. Un caso intermedio serían las centrales termosolares ya que en las mismas la energía solar se transforma en energía térmica que posteriormente se transforma en energía eléctrica.



1.2.- RADIACIÓN SOLAR

La radiación solar se define como la energía procedente del Sol en forma de ondas electromagnéticas. La potencia radiante con que llega al planeta Tierra posee un valor medio de 1.367 W/m^2 y se denomina constante solar.

Este valor difiere del registrado en la corteza terrestre ya que en su camino se atenúa debido a los fenómenos de reflexión, absorción y difusión que experimenta por la influencia de los componentes atmosféricos (CO_2 , agua, ozono, polvo, etc.).

La radiación solar que llega a la superficie terrestre está formada principalmente por dos componentes: radiación directa y radiación difusa. La radiación directa es aquella que alcanza la superficie directamente desde el Sol sin experimentar cambios, mientras que la radiación difusa se considera como aquella que procede de toda la bóveda y que ha sufrido cambios debido a su interacción principalmente con los componentes atmosféricos. En un día claro, la mayor parte de la radiación que se recibe será directa, mientras que en un día con nubes la principal componente de la radiación que se recibe es la difusa.

La radiación solar es una magnitud que se puede expresar en términos de potencia o energía. La más utilizada es la irradiancia, que es la potencia de la radiación solar por unidad de área y que se expresa como vatio dividido por metro cuadrado (W/m^2). También se suele usar la irradiación, que es la energía por unidad de área que se expresa en julios por metro cuadrado (J/m^2) o kilovatio por hora (kWh). En el aprovechamiento activo de la energía solar mediante el efecto fotovoltaico se suele usar como magnitud de medida las horas sol pico (hsp).

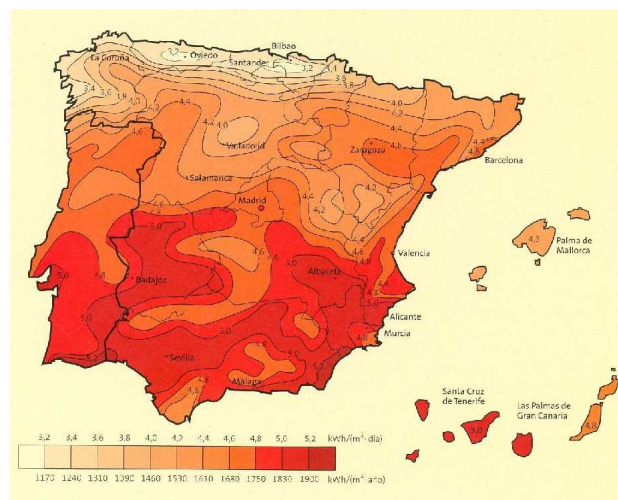


Figura 1.0-1 Irradiación anual sobre superficie horizontal en España
(Fuente IDAE)

1.3. – DATOS DE RADIACIÓN

El valor de la radiación solar sobre una superficie va a estar condicionado por una serie de factores como son el periodo del año, la latitud y longitud del lugar, orientación e inclinación de dicha superficie, condiciones climáticas del lugar, etc.

Dada una ubicación, la condición óptima de inclinación y orientación de una superficie para conseguir una mayor ganancia de radiación solar sería aquella que siguiera la trayectoria del



Sol, de manera que la superficie se mantuviera perpendicular al Sol en cada instante. La medición de este valor en todas las condiciones posibles entraña una gran dificultad, por lo que generalmente se recurre a medir la radiación solar sobre superficie horizontal y mediante métodos numéricos se estima la radiación sobre superficies con una determinada inclinación y orientación.

Localidad	Irradiación anual (kWh/m2) sobre superficie horizontal
Berlín	1.009
Paris	1.112
Madrid	1.553

Tabla 1.1 Radiación solar anual sobre superficie horizontal en localidades europeas (Fuente: Meteonorm)

Localidad	Irradiación anual (kWh/m2) sobre superficie horizontal
Almería	1.700
Cádiz	1.848
Córdoba	1.575
Granada	1.402
Huelva	1.744
Jaén	1.612
Málaga	1.689
Sevilla	1.599

Tabla 1.2 Radiación solar anual sobre superficie horizontal en capitales andaluzas (Fuente: Meteonorm)

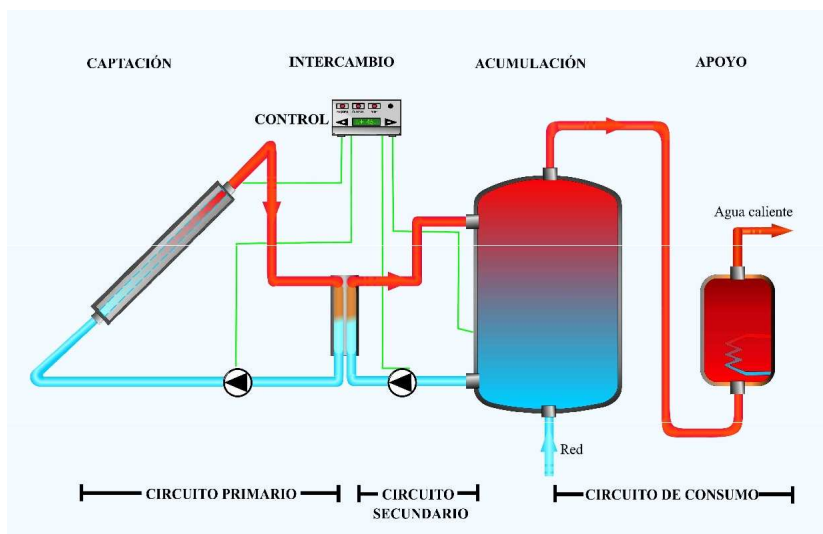
España goza de los mayores niveles de irradiación de Europa (ver Tabla 1.1) y como se aprecia en la Tabla 1.2, Andalucía cuenta con los mayores registros por lo que se trata de una Comunidad con un enorme potencial de aprovechamiento del recurso solar.



2.- INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA A BAJA TEMPERATURA

2.1.- INSTALACIONES

Una instalación solar térmica, es un sistema de aprovechamiento de energía solar para producción de agua caliente.



Básicamente consta de los siguientes elementos, cuya función se describe a continuación:

- **Sistema de captación:** transforma la radiación solar incidente en energía interna del fluido que circula por su interior.
- **Sistema de acumulación:** almacena la energía interna producida en la instalación.
- **Sistema de intercambio:** realiza la transferencia de calor entre fluidos que circulan por circuitos diferentes.
- **Sistema de transporte o de circulación:** formado por tuberías y elementos de impulsión y aislamiento térmico adecuados, diseñados para transportar la energía producida.
- **Sistema de apoyo o auxiliar:** elemento de apoyo a la instalación solar para complementar el aporte solar en periodos de escasa radiación solar o de demanda de energía superior a la prevista de manera que siempre se supla la demanda térmica del usuario.
- **Sistema de control:** asegura el correcto funcionamiento del conjunto.

Las instalaciones solares térmicas más extendidas son las que producen agua caliente sanitaria (ACS), sin embargo, conviene destacar que existen otras posibles aplicaciones tales como calentamiento de piscinas, usos industriales, refrigeración y calefacción que cada vez son más demandadas.



2.2.- CAPTADOR SOLAR TÉRMICO

El captador solar térmico es el elemento más característico de las instalaciones solares. Es un dispositivo cuyo diseño trata de recibir la mayor cantidad de radiación solar, para posteriormente transferirla a un fluido térmico que circula por su interior.



Figura 2.1.- Captadores solares térmicos

2.2.3.- FUNCIONAMIENTO

Cuando se expone una placa metálica al Sol (en adelante placa absorbidora), se calienta, pero si además esta placa es negra, la energía radiante del Sol es absorbida en mayor medida (existen tratamientos superficiales mas sofisticados que la pintura negra, que logran mejores rendimientos de la captación solar) . Como consecuencia del calentamiento de la placa ésta aumenta su temperatura con lo cual empieza a perder calor por los distintos mecanismos: por conducción a través de los soportes que lo sujetan, por convección a través del aire que le rodea y por radiación.

Si se coloca un vidrio entre la placa absorbidora y el Sol ocurre que, como el vidrio es transparente a la radiación solar pero es opaco a la radiación infrarroja, no deja pasar la radiación de mayor longitud de onda que emite la placa al calentarse. De esta forma se produce el efecto una “trampa energética de radiaciones” que impide que la mayor parte de la energía radiante que ha atravesado el vidrio vuelva a salir; esta trampa constituye el denominado efecto invernadero. Además el vidrio evita el contacto directo de la placa con el aire ambiente con lo que se evitarán las pérdidas por convección antes referidas.

Si se completa el conjunto de la placa absorbidora con el vidrio aislándolo por la parte posterior y por los laterales se consigue que la placa pierda menos calor y, por tanto, aumente su temperatura.

Si a la placa se adhiere un serpentín (Figura 2.3) o un circuito de tubos (Figura 2.4), de manera que permita circular un fluido, se habrá conseguido que el fluido aumente su temperatura al circular por la placa, con lo que se estará evacuando la energía térmica de la placa. El fluido caliente se podrá conducir a través de un circuito hidráulico hasta donde se quiera.



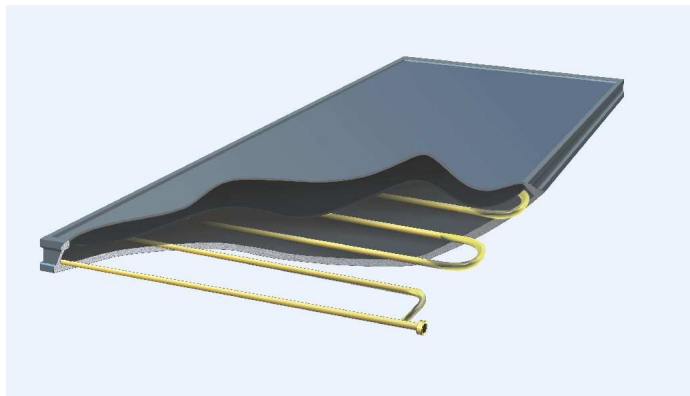


Figura 2.3 Captador con absorbedor tipo serpentín

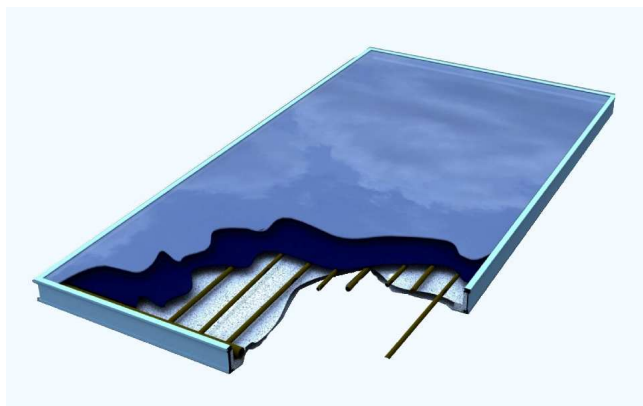


Figura 2.4 Captador con absorbedor tipo parrilla

Si todo el conjunto anterior se encierra en una caja para sujetar todos los componentes y evitar que se deterioren por los agentes exteriores, se habrá realizado el denominado captador solar plano.

2.2.2.- COMPONENTES

Los principales componentes del captador se detallan a continuación:

- **Cubierta:** Elemento de material transparente. Suele usarse de vidrio frente a cubiertas plásticas.
- **Absorbedor:** Lámina metálica o varias aletas adheridas. Normalmente son de cobre presentando algún tipo de tratamiento (pintura negra u otros) que mejora sus prestaciones. El más extendido es el absorbedor de parrilla, es decir, el constituido por varias tuberías paralelas que se unen a los conductos de distribución.
- **Aislamiento:** Se coloca en los laterales y en el fondo de la carcasa. Suele estar constituido de lana mineral o fibra de vidrio.
- **Carcasa o caja:** Contenedor de los elementos del captador que suele ser de aluminio o acero galvanizado. Normalmente incluye un marco.

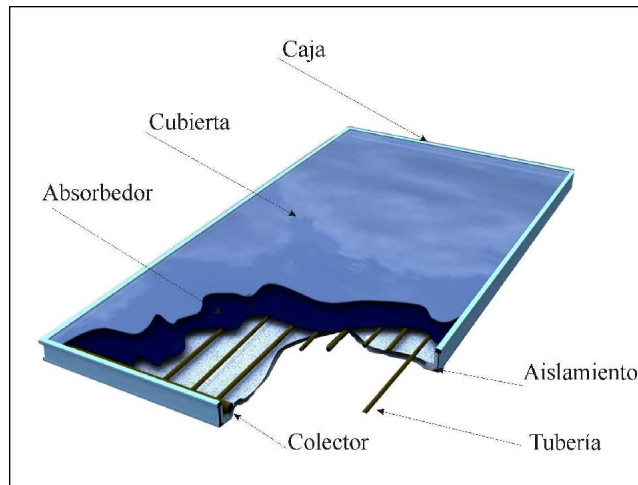


Figura 2.5 Componentes de un captador solar plano

2.3.- Sistemas prefabricados

El sistema prefabricado o equipo solar doméstico, es un tipo particular de instalación solar térmica de aprovechamiento de la energía solar para producción de agua caliente sanitaria, fabricado mediante un proceso estandarizado que presupone resultados uniformes en prestaciones. Se vende como una unidad y suele estar en el mercado bajo un nombre comercial único.

En la actualidad se consideran sistemas prefabricados aquellos que están certificado como tales por el ministerio de industria turismo y comercio en base a un ensayo UNE 12976.

Dentro de los sistemas prefabricados, coloquialmente se suele distinguir entre sistemas compactos y partidos. Los primeros son sistemas cuyos elementos se encuentran montados en una sola unidad, aunque físicamente pueden estar diferenciados y los partidos son aquellos cuyos elementos principales (de captación y de acumulación) se pueden encontrar separados y a una distancia adaptada a la disponibilidad de colocación de los captadores, del acumulador y del sistema de consumo, aunque se adquieran como un solo sistema.



Figura 2.6 Sistemas prefabricados (compactos)



Figura 2.7 Sistema prefabricado (compacto)

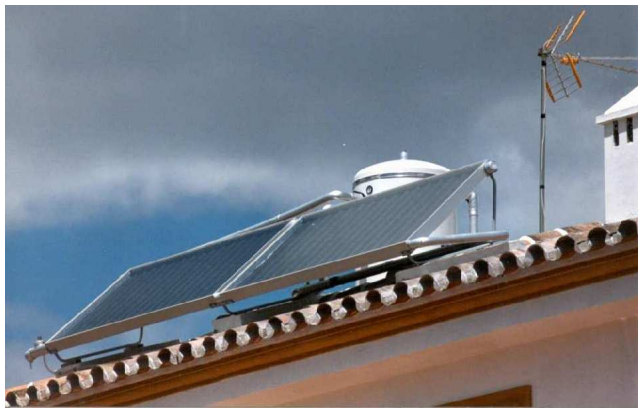


Figura 2.8 Sistema prefabricado (partido)

3.- TIPOLOGIA DE INSTALACIONES

3.1.- CLASIFICACION

Las instalaciones solares térmicas se pueden clasificar atendiendo a diversos criterios como son:

1. Mecanismo de circulación
2. Sistema de intercambio
3. Sistema de expansión del circuito primario
4. Tipo de sistema de apoyo



3.1.1.- PRINCIPIO DE CIRCULACION

Se distingue entre instalaciones termosifónicas y forzadas. En las primeras el fluido circula por convección natural, mientras que en las instalaciones de circulación forzada se dota a la instalación de un dispositivo (bomba de circulación) que provoca la circulación del fluido de trabajo.

- *Sistemas termosifón*

En las instalaciones por termosifón el movimiento del fluido de trabajo se produce por variaciones de densidad del fluido, como consecuencia, a su vez, de variaciones en su temperatura. El fluido contenido en los captadores, al recibir la radiación solar se calienta, aumentando su temperatura y disminuyendo, por tanto, su densidad. Al pesar menos, dicho fluido asciende hacia la parte alta del circuito, mientras que el fluido frío contenido en el acumulador, con mayor densidad, se desplaza hacia la parte baja de la instalación por la tubería de entrada a los captadores. Así se genera una circulación del fluido que se mantiene siempre que exista un gradiente de temperaturas entre el fluido de los captadores y el del acumulador, y cesa cuando las temperaturas se igualan (ver Figura 3.1.)

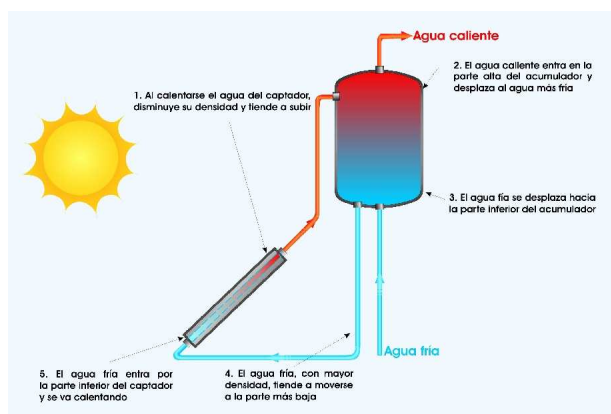


Figura 3.1 Circulación natural del fluido en un sistema termosifón y diferencia de temperaturas en el fluido

La fuerza impulsora del movimiento en las instalaciones por termosifón es pequeña y, por lo tanto, se debe prestar especial atención al diseño y montaje de la instalación para favorecer siempre el movimiento del fluido.

La regulación por termosifón es muy simple, si bien no hay posibilidad de limitar la temperatura máxima del acumulador solar que, en verano y épocas de escaso consumo, puede llegar a alcanzar valores que supongan un riesgo para la durabilidad de la instalación y en algunos casos incluso para las personas.

- *Sistemas de circulación forzada*

En las instalaciones de circulación forzada, el movimiento del fluido se realiza a través de una bomba circuladora que es capaz de establecer un caudal y vencer las pérdidas de carga del circuito.



La regulación de la bomba de circulación se debe efectuar por medio de un control diferencial de temperaturas que la active cuando exista posibilidad de ganancia de energía térmica en el acumulador. Habitualmente las sondas comparativas del control diferencial se colocan a la salida de captadores (punto de mayor temperatura del sistema) y en la parte inferior del acumulador solar (punto de referencia de la temperatura del acumulador solar). Este sistema se regula con centralitas de control diferencial de fácil manejo y programación y con diversas utilidades en función de la complejidad de la instalación (ver Figura 3.2).

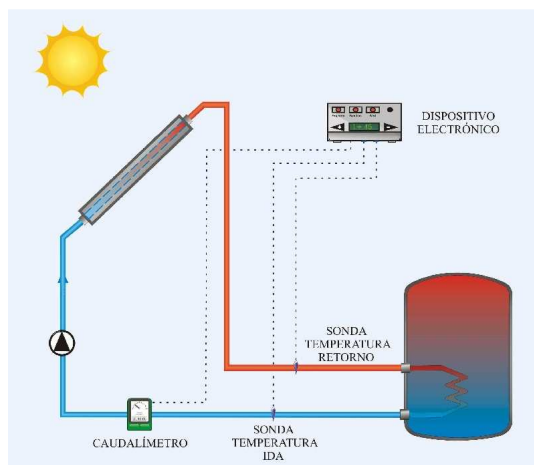


Figura 3.2 Instalación solar térmica de circulación forzada con control diferencial

3.1.2.- SISTEMA DE INTERCAMBIO

En función de que la instalación presente un sistema de intercambio u otro distingue entre instalaciones con sistema de intercambio interno o externo al acumulador (ver Figura 3.3 y Figura 3.4)

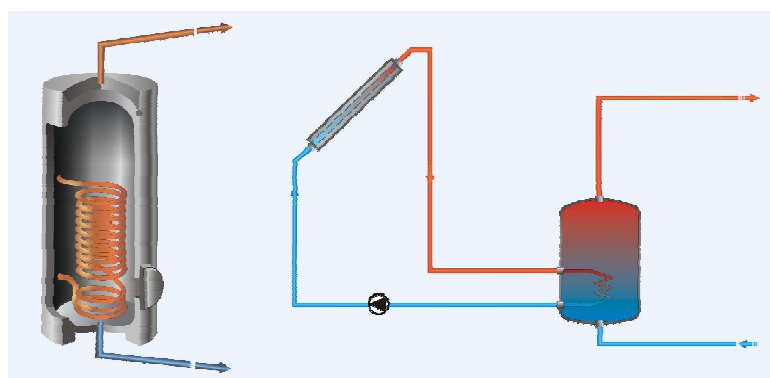


Figura 3.3: Sistema de intercambio interno con serpentín



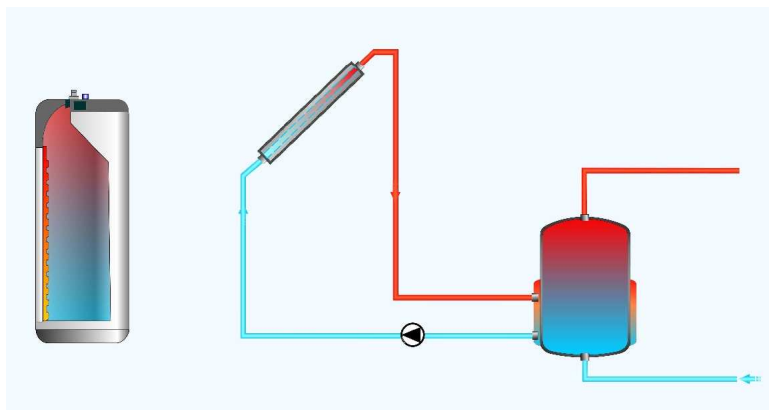


Figura 3.4 Sistema de intercambio interno de doble envoltante

Aunque durante años se permitieron las instalaciones directas, es decir, aquellas en las que el fluido primario, que pasa por captadores, es consumido por el usuario, su uso ha venido presentando ciertas limitaciones e inconvenientes en su funcionamiento y durabilidad, lo que ha llevado a que el Código Técnico de la Edificación no las contemple entre las configuraciones admitidas.

Las instalaciones indirectas presentan dos tipos de intercambiadores:

- Intercambiador solar: Intercambiador que realiza la transferencia de calor entre el fluido que circula por el circuito primario y el fluido que circula por el circuito secundario o el contenido en el acumulador solar. Puede ubicarse en el mismo acumulador solar (interacumulador) como los de serpentín o doble envoltante o funcionar externamente al mismo como los de placas.
- Intercambiador de consumo: Intercambiador que realiza la transferencia de calor entre el fluido que circula por el circuito terciario y el agua de consumo.

La Figura 3.5 presenta un ejemplo de instalación con doble sistema de intercambio, un intercambiador solar (entre captación solar y acumulador de inercia) y un intercambiador de consumo entre el acumulador de inercia y el de consumo. Esta instalación posee la particularidad de presentar dos acumuladores, uno en circuito cerrado denominado acumulador de inercia y otro en el circuito de consumo denominado acumulador de consumo.

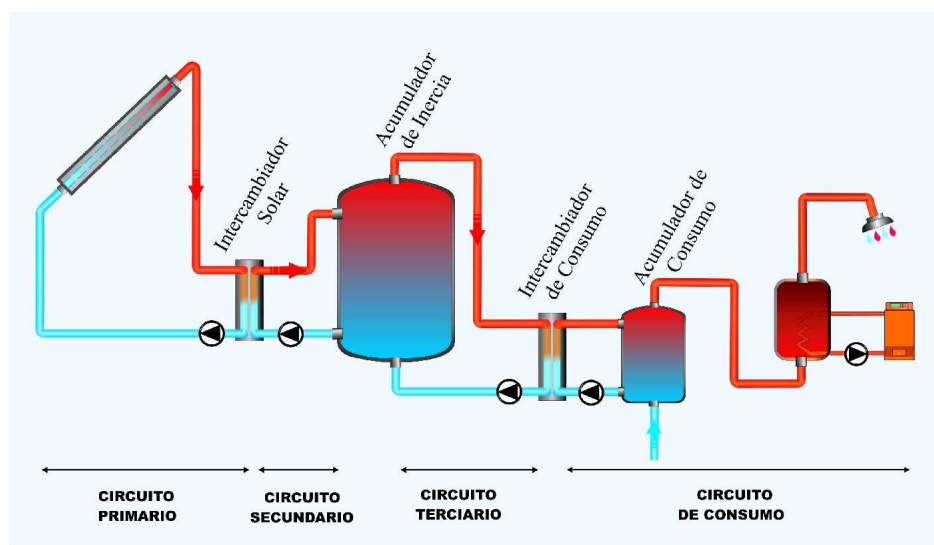


Figura 3.5: Instalación solar con sistema de intercambio solar y de consumo

3.1.3.- SISTEMA DE EXPANSIÓN

El fluido del circuito primario de las instalaciones solares se ve sometido a importantes cambios en su temperatura (desde temperaturas bajo cero hasta superiores a 100 °C) que provocan variaciones de su volumen y que deben ser absorbidas mediante el sistema de expansión puesto que en caso contrario se podría producir la rotura de algunos componentes.

Se distingue entre el sistema de expansión abierto o cerrado según que el dispositivo que realiza esta labor esté en contacto directo con la atmósfera o no. Actualmente se suelen usar los vasos de expansión cerrados habiendo caído en desuso los vasos de expansión abiertos, que aunque están permitidos por el CTE, no es recomendable su uso en instalaciones solares térmicas según indica la publicación “Comentarios RITE-2007” del IDAE.

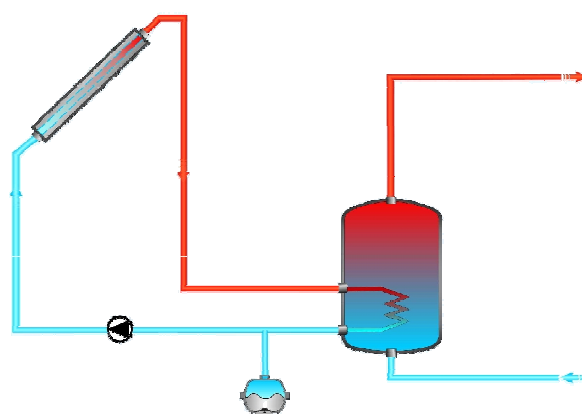


Figura 3.6: Instalación con vaso de expansión cerrado



3.1.4 SISTEMA DE APOYO

Según la forma de realizar el aporte de energía de apoyo se puede distinguir entre sistemas instantáneos (también denominado en línea) o en acumulador auxiliar.

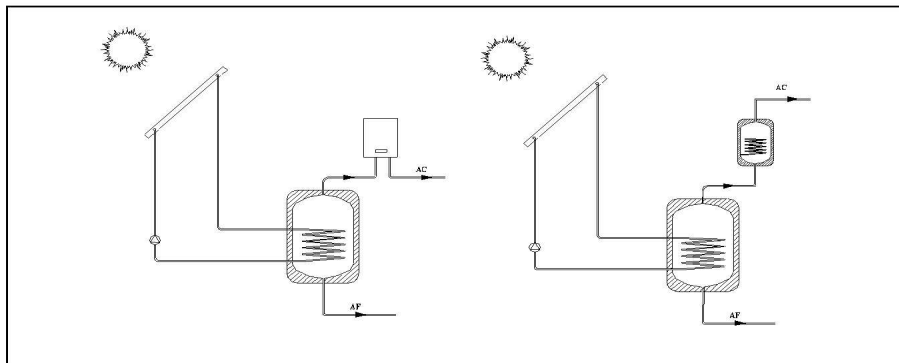


Figura 3.7: Sistema de apoyo

Los sistemas instantáneos suelen usarse en caso de pequeñas instalaciones, porque las potencias necesarias para calentamiento instantáneo son muy elevadas cuando la instalación alcanza un cierto tamaño.

Para un máximo aprovechamiento de la energía solar y por tanto un mayor ahorro de la energía primaria, el calentador instantáneo debe ser modulante (CTE) (tiene la capacidad de adecuar la energía de apoyo en función de la temperatura con que le llega el agua).

El sistema de apoyo en acumulador auxiliar presenta la ventaja de que existe un mejor ajuste en la temperatura de utilización y una disponibilidad inmediata en la capacidad acumulada.

2.3.- OTRAS CONFIGURACIONES

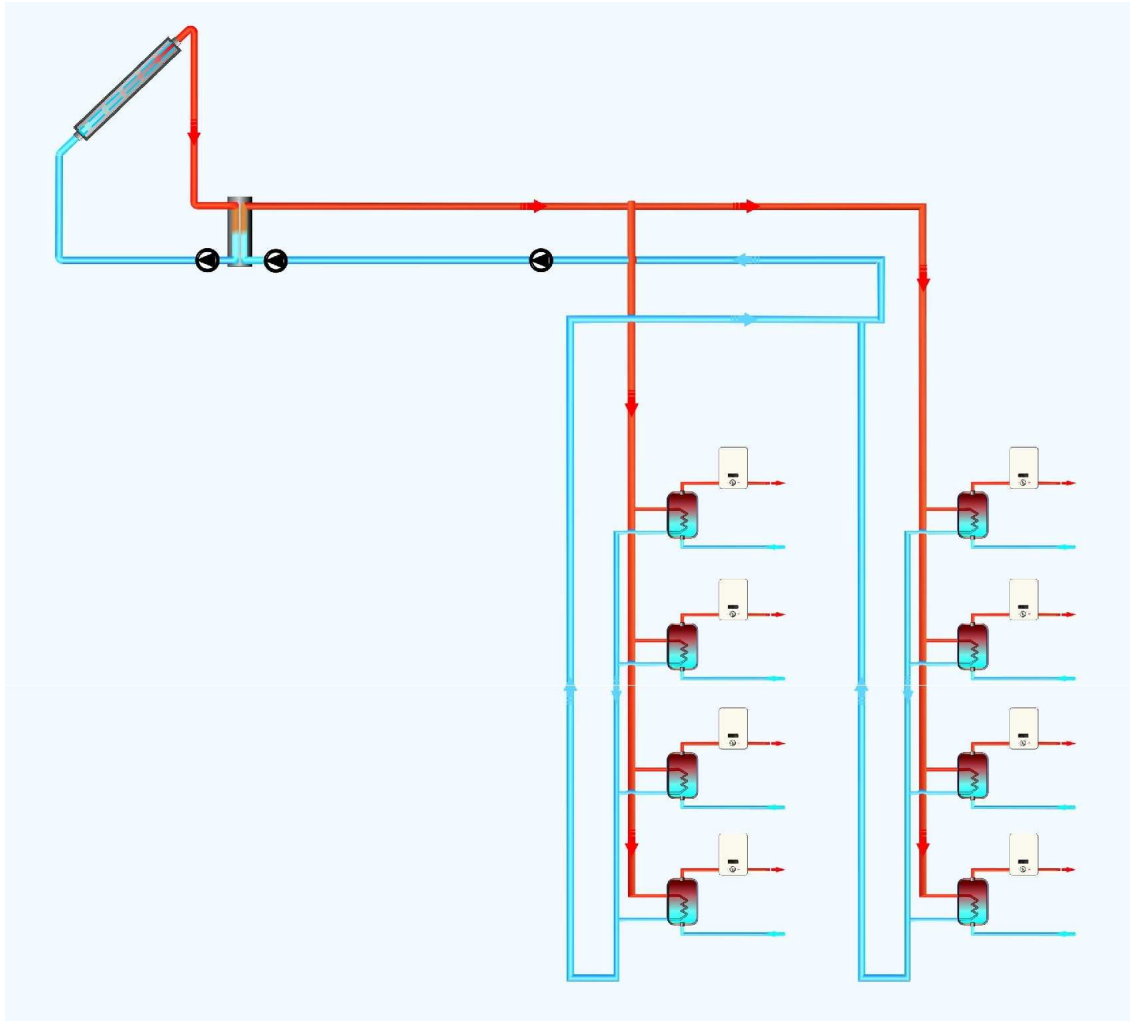


Figura 3.8 Acumulación distribuida (viviendas multifamiliares)

3.3.- CRITERIO DE SELECCIÓN DE CONFIGURACIONES

A continuación se indican algunos de los condicionantes principales:

- *Tamaño de la instalación (área de captación):* Para áreas de captación superiores a 10 m², la complicación hidráulica de la instalación recomienda el uso de una configuración de circulación forzada.
- *Ubicación de componentes y disponibilidad de espacio:* La disponibilidad de los componentes en las cubiertas o las limitaciones de espacios puede motivar grandes pérdidas de carga en el circuito hidráulico, que implicarían el uso de la circulación forzada.
- *Integración arquitectónica:* La integración arquitectónica de las instalaciones se consigue más fácilmente mediante las instalaciones de circulación forzada.



4.- INTEGRACION ARQUITECTONICA

Las instalaciones solares térmicas son instalaciones fijas comprendidas en la edificación, por lo que es indicado, en cualquier caso, una adecuada integración arquitectónica de forma que no generen impacto visual, o que éste sea el menor posible.

El concepto de integración arquitectónica (así como el de impacto visual) es un concepto subjetivo y depende de factores culturales y estéticos, si bien, en términos generales, se contempla que existe integración arquitectónica de una instalación de energía solar en un edificio cuando los captadores cumplen una doble función energética (producción de calor) y de terminación (revestimiento de la cubierta o fachada). En general, el área de captación de la instalación se incorpora a la envolvente del edificio sustituyendo parte de su terminación, mientras que el acumulador permanece oculto en el interior del edificio coincidiendo los ejes principales del área de captación con los del edificio.

La integración arquitectónica de la energía solar es posible puesto que en contra de lo que habitualmente se supone, los captadores admiten variaciones respecto a sus condiciones óptimas de orientación e inclinación que no suponen disminuciones considerables del aprovechamiento de la energía solar. En Andalucía son admisibles variaciones en la orientación de $\pm 45^\circ$ respecto al Sur, e inclinaciones entre 15° - 60° respecto a la horizontal.



Figura 4.1 Hotel con campo de captadores situado en escalera de incendios

Obviamente, la integración arquitectónica de estos sistemas se hace más fácil, y los resultados son mejores, cuando las soluciones de integración se incorporan durante la redacción del proyecto arquitectónico del edificio sobre el que se ubica la instalación.





Figura 4.2: Sistemas prefabricados apoyados en tejado



Figura 4.3: Instalación integrada de circulación forzada