



Ficha Técnica de Diseño e Instalación

SISTEMA SOLAR TÉRMICO FORZADO PARA VIVIENDAS UNIFAMILIARES



SISTEMA SOLAR TÉRMICO FORZADO PARA VIVIENDAS UNIFAMILIARES

El presente documento pretende ser una herramienta de apoyo para arquitectos y proyectistas en la selección, diseño e instalación de sistemas solares térmicos tipo forzados para viviendas unifamiliares. El documento plantea criterios para apoyar en la decisión de qué sistema elegir ante las dos alternativas posibles en instalaciones solares de dimensiones reducidas: un sistema forzado o un sistema termosifón. Además, aporta directrices técnicas para la correcta integración de este tipo de sistemas en una instalación de Agua Caliente Sanitaria convencional. Para este fin, se estudian las diferentes condiciones arquitectónicas que pueden influir en dicho proceso, se acotan las variables del dimensionado y se indican ciertas especificaciones técnicas mínimas que ha de cumplir la instalación.

Introducción

Descripción general del sistema

Un Sistema Solar Térmico tipo Forzado es un sistema integrado por diferentes elementos entre los que se encuentra uno o varios Colectores Solares Térmicos (CST), un Depósito Acumulador (DA) de Agua Caliente Sanitaria (ACS), vasos de expansión, bombas de impulsión y accesorios de control (sondas, central de control, entre otros). Estos elementos pueden ser suministrados como parte de un kit (sistema prefabricado) o como componentes independientes. Será tarea del instalador, el correcto montaje de ambas alternativas de acuerdo con el diseño previsto del sistema.



Figura 1. Elementos típicos de una instalación solar forzada



Figura 2. Elementos típicos de una instalación solar forzada

En instalaciones de pequeña envergadura, suele ser un sistema menos económico que un sistema termosifón tanto en lo referente a inversión como a operación ya que su funcionamiento requiere de una bomba circuladora, que tiene cierto consumo de energía eléctrica.

Por otra parte, el DA se encuentra en el interior de la vivienda con lo cual ocupa espacio dentro de la edificación, aunque esto implica también una ventaja de reducción en sus pérdidas térmicas.

En un sistema forzado existen dos circuitos hidráulicos:

- **Primario:** el del fluido caloportador, que discurre por el colector elevando su temperatura y aporta energía al acumulador a través de un intercambio térmico. El fluido del circuito primario es movido por la diferencia de presión generada por una bomba circuladora en el circuito.
- **De consumo:** el de la instalación solar, la temperatura del agua contenida en el DA depende de la disponibilidad del recurso solar y del consumo. Por tanto, no es posible asegurar temperatura adecuada para el uso directo del agua acumulada como ACS en cualquier día ni a cualquier hora. Por este motivo, la salida de consumo del DA se conectará en serie con un sistema de apoyo. Esto garantizará una temperatura de uso adecuada para cualquier grado de disponibilidad solar.

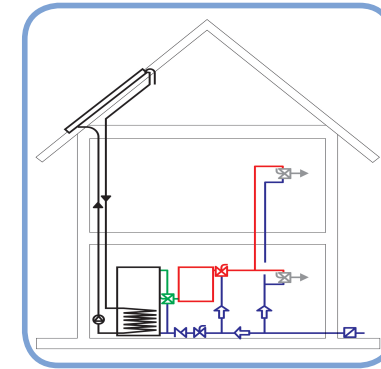


Figura 3. Esquema integral de la instalación de ACS con el SST y del sistema auxiliar conectados en serie

La siguiente tabla indica las principales ventajas y desventajas de los SST de circulación forzada respecto a los sistemas termosifón. Esta comparativa es una herramienta para la toma de decisión respecto a la selección entre ambas opciones.

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Para áreas de captación grandes las ventajas empiezan a ser mayores respecto a una instalación termosifón. Estos sistemas son más recomendable para áreas de colectores superiores a 8m ² .	Costo de adquisición y de operación superior debido a la necesidad de equipos de impulsión y a elementos de control.
Menores pérdidas térmicas en el acumulador pues el DA normalmente se encuentra en el interior de la vivienda, no expuesto a temperaturas ambiente exteriores.	Ciertos requerimientos espaciales en el interior de la vivienda para alojar el depósito acumulador y el resto de equipos (vasos de expansión, bombas,...). También hay que considerar el paso de las dos cañerías provenientes del campo de captación y la conexión del circuito de consumo.
Menores pérdidas en el circuito de consumo. Cuando la distancia que ha de recorrer el agua desde el acumulador hasta el sistema auxiliar y hasta el punto de consumo es menor.	Mayores pérdidas del circuito primario, al extenderse éste desde el campo de captación hasta el lugar de la vivienda donde se alojan el resto de elementos de la instalación.

Tabla 1. Ventajas y desventajas de un sistema forzado respecto a un sistema termosifón.

Bloques digitales

Los bloques digitales hidráulicos representan el esquema de principio de un SST termosifón. Estos bloques digitales pueden ser descargados en formato CAD y PDF en www.programasolar.cl o directamente, a través de los siguientes enlaces:

- CAD: Formato 2D / Formato 3D
- PDF: Formato 2D / Formato 3D

Consideraciones arquitectónicas

Integración arquitectónica

Existen una serie de factores a tener en cuenta a la hora de conseguir una integración idónea del SST con el edificio:

- 1 En general se recomienda instalar los CST de manera que sigan las líneas principales de la vivienda. Esto simplifica la instalación y, por tanto, reduce costes y complicaciones constructivas. Además de no comportar un impacto visual negativo.

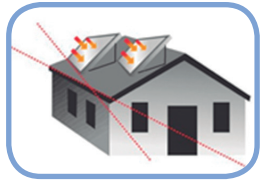


Figura 4. Integración arquitectónica. Se aconseja seguir líneas generales del edificio.

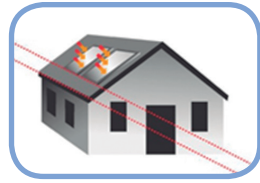


Figura 5. Colectores solares no integrados en cubierta inclinada



Figura 6. Colectores solares perfectamente integrados en cubierta inclinada

Se debe tener en cuenta que la desviación respecto del azimut 0° (orientación norte) representa una pérdida de eficiencia relativamente baja para ángulos de hasta 50° . La Tabla 2. Pérdidas de eficiencia por orientación de los CST presenta una relación indicativa entre orientación y pérdidas de producción energética:

DESVIACIÓN RESPECTO A NORTE	PÉRDIDA DE PRODUCCIÓN ENERGÉTICA
0°	0%
± 30	0 – 5%
± 50	5 – 10%
± 75	10 – 20%
± 90	20 – 30%

Tabla 2. Pérdidas de eficiencia por orientación de los CST

- Prever para la ubicación de los colectores solares una parte de la techumbre de la vivienda libre de obstáculos para que no se vea afectada por sombras. Ubicar por este motivo los elementos de techumbre lo más al sur posible, en caso necesario.
- Considerar las sombras de edificios y/o árboles colindantes y diseñar el espacio de cubierta de manera que se evite que éstos afecten al área destinada al campo de captación solar. De manera análoga, en la medida de lo posible es conveniente averiguar los futuros usos de las zonas colindantes para prever posibles sombras futuras.

Inclinación de los CST

La inclinación (i) ideal de los CST se determinará según las siguientes indicaciones:

- Vivienda de uso habitual:

Consumo de ACS constante durante todo el año: $i = \text{latitud} \pm 15^\circ$

La producción máxima y, por tanto, la mínima superficie de captación a instalar para satisfacer las mismas exigencias de producción, se consigue para inclinaciones iguales a la latitud del emplazamiento. Variaciones positivas o negativas de este ángulo tienen como consecuencia pérdidas de producción. Desvíos superiores a 15° deberán ser justificados ya que provocan importantes pérdidas de producción.

- Vivienda de uso estacional:

Consumo de ACS preferente en invierno: $i = \text{latitud} + 15^\circ \pm 15^\circ$

Consumo de ACS preferente en verano: $i = \text{latitud} - 15^\circ \pm 15^\circ$

En cubiertas inclinadas, la integración arquitectónica suele imponer que la inclinación del colector sea la misma que la de la propia cubierta.

Siempre será necesario verificar que la producción de la superficie propuesta **con el ángulo de inclina-**

ción finalmente adoptado sea adecuada a los requerimientos de producción del proyecto.

En cualquier caso, siempre se deberán tener en cuenta los **límites de inclinación impuestos por el fabricante de los colectores** para el correcto funcionamiento de éstos.

Requerimientos espaciales

Cubierta

Se deberá considerar que exista espacio suficiente para los colectores solares, así como acceso a los mismos para mantenimiento.

A modo orientativo, se muestran cotas aproximadas de este tipo de equipos.

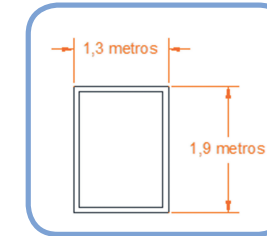


Figura 7. Cotas aproximadas de un colector solar plano

Espacio interior

Se ha de prever un espacio en el interior de la vivienda para los siguientes elementos:

- Depósito Acumulador
- Vasos de expansión del circuito primario y del circuito de consumo
- Bomba circuladora
- Válvulas asociadas
- Cañerías con sus respectivos aislantes

Este requerimiento espacial es notable y, por tanto, será necesario reservar una pequeña área en el interior de la construcción para este uso específico. Teniendo en cuenta espacios propios ocupados por los equipos (1m^2 aproximadamente) y espacios reservados para su instalación y mantenimiento (entorno a 1m^2 pudiéndose aprovechar espacios de tránsito), el área a reservar es aproximadamente de 2m^2 y la altura asociada, de 2m.

Los pasos de cañería por el interior de la vivienda deben ser dimensionados teniendo en cuenta los requerimientos espaciales derivados de las cañerías del circuito de agua caliente solar, circuito primario o circuito de consumo, que estarán aisladas.

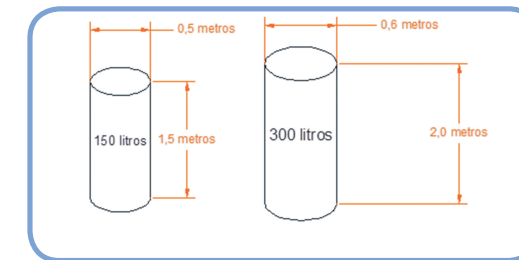


Figura 8. Cotas aproximadas de DA.

Requerimientos estructurales

Otro factor importante a considerar es la carga estructural debido al peso de los elementos que configuran la instalación.

Cubierta

Se tendrá en cuenta, además del peso de los propios colectores solares y los pesos para fijarlos en el caso de cubiertas planas, la necesidad de mantenimiento (acceso de uno o dos técnicos) y sobrecargas por viento, nieve.

Espacio interior

En el interior hay que tener en cuenta el peso del DA lleno de agua, ya que éstas pueden ser cargas notables y concentradas en áreas relativamente pequeñas.

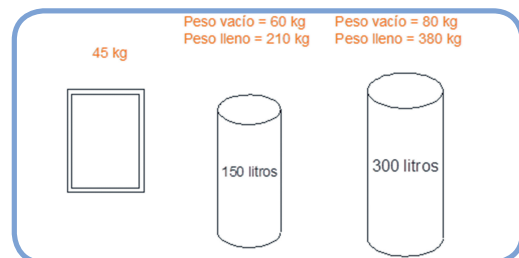


Figura 9. Pesos aproximados de un colector solar plano tipo y de diferentes depósitos acumuladores.

Consideraciones de diseño

Elección del tipo de CST

Los sistemas forzados se pueden construir con dos tecnologías de captación: colectores planos y tubos de vacío.

Será de uso preferente la tecnología de CST planos respecto a la de CST de tubo de vacío debido principalmente a la mayor robustez de los primeros respecto a la de los segundos. Además, las temperaturas máximas de los captadores planos son típicamente inferiores a las de los tubos de vacío, hecho que garantiza la fiabilidad de la instalación y permite reducir las exigencias en cuanto a calidad de materiales empleados.

No obstante, sea cual sea la tecnología seleccionada, el **proyektista deberá verificar las garantías de los equipos empleados**, proponer un plan de mantenimiento adecuado y asegurar que los elementos de la instalación, colectores incluidos, soporten adecuadamente las temperaturas que se pueden llegar a alcanzar.

Estructuras de soporte

Los fabricantes de colectores solares suelen suministrar las estructuras adecuadas para sus productos. Se debe asegurar que las estructuras cumplirán los requisitos establecidos en la normativa vigente y que, por lo tanto, serán capaces de soportar las cargas y esfuerzos debidos a factores como peso, nieve, sismicidad y viento. Además, deben estar exentas de acumulación de agua, por lo que el diseño debe contemplar la libre evacuación de agua de lluvias y de posibles condensaciones. Los recubrimientos de pintura de fábrica deberán considerar granallado y terminaciones con resinas epóxicas o galvanizados en caliente.

Fijación

La solución adoptada para la fijación de los colectores solares depende de si la cubierta es inclinada o plana y de la solución constructiva de la misma.

• Cubiertas inclinadas:

La estructura que sujeta el colector ha de ser fijada a la cubierta mediante tornillería. Es habitual que el proveedor de los colectores disponga de soluciones constructivas para la fijación en esta situación.

• Cubierta plana:

Se deberá evitar el movimiento por empuje del viento sobre el colector. Esto se puede hacer mediante pesos, por ejemplo, bloques de hormigón; o fijando las estructuras de los colectores a otros elementos de la propia cubierta.

Siempre será necesario **verificar el correcto dimensionado y la correcta posición de los pesos** en función del área resistente efectiva y de las condiciones de viento del lugar donde se ubica el proyecto. Además, deberá considerarse el peso adicional que esto puede resultar para el diseño estructural de la techumbre.

Diseño paso a paso

Demanda de ACS a satisfacer

El principal dato a determinar para iniciar el dimensionado de cualquier instalación solar, sea cual sea el método de cálculo empleado para dicho dimensionado, es la demanda energética.

La manera de determinar esta demanda dependerá de los datos disponibles: facturas, lecturas históricas de contadores.

Si no existen datos también es aceptable realizar estimaciones razonables. Por ejemplo, en el diseño de instalaciones solares para el precalentamiento de ACS en edificios de nueva construcción, donde —evidentemente— no existen datos históricos, se puede asumir un cierto número de ocupantes en base al número de habitaciones y asignar un volumen de ACS consumido por ocupante. Este es el método de estimación establecido por el Ministerio de Energía en su algoritmo de verificación del cumplimiento de la CSM (www.programasolar.cl).

Área de captación. Dimensionado

El área de captación puede dimensionarse según dos criterios diferentes:

- Cumplimiento de las exigencias marcadas por el Beneficio Tributario para los SST. Ley 20.365 establece las condiciones mínimas exigibles respecto a dimensionado del área de captación solar. Estas condiciones se verificarán con el algoritmo de verificación del cumplimiento de la CSM¹.
- Cualquier otro objetivo, como podría ser un mayor contribución solar de la exigida, una mejora de eficiencia (maximizar la cobertura solar), una inversión económica (maximizar la rentabilidad de la instalación).

Configuración hidráulica del sistema

Como se menciona en el apartado de "Descripción general del sistema", la conexión del DA solar con el sistema auxiliar se realizará en serie. Con esta configuración, se obtienen dos ventajas:

- En una configuración en paralelo, sólo se puede aportar ACS al consumo si ésta está a la temperatura de generación del sistema auxiliar, de lo contrario la mezcla posterior al sistema auxiliar estaría enfriando el agua caliente enviada al punto de consumo. En cambio, si la conexión se realiza en serie, se puede entregar el agua calentada por el sistema solar forzado a cualquier temperatura, ya que siempre actuará el sistema auxiliar posterior. Por tanto, en una configuración en serie, el SST entrega la energía producida sea cual sea la temperatura del acumulador sin comprometer la temperatura de servicio de ACS. Esto permite reducir la temperatura media del colector y del acumulador y, por tanto, reducir pérdidas térmicas en todo el equipo, incrementando así la eficiencia global del sistema.
- Se simplifica la instalación al eliminar la necesidad de válvulas para el control de la conexión en paralelo reduciendo costos, probabilidades de fallo y, en el caso de emplear válvulas manuales en conexiones en paralelo, molestias para el usuario.

Únicamente se justificará la conexión en paralelo en casos excepcionales en los que el sistema auxiliar de la instalación convencional no tenga la capacidad de modular o cuando la distancia entre el DA solar y el sistema auxiliar sea lo suficientemente grande como para que el agua contenida en la cañería de conexión entre ambos elementos se enfríe antes de llegar al sistema auxiliar (para evaluar esta posibilidad de enfriamiento se habrá de tener en cuenta la situación de no consumo).

Fluido caloportador

En aquellas zonas donde exista riesgo de congelación del fluido contenido en los colectores por bajas temperaturas se deberá usar anticongelante. Se recomienda la utilización de propilenglicol, diluido en agua, como anticongelante.

Para determinar el grado de protección por congelamiento del fluido del circuito primario, será necesario seguir las indicaciones del producto anticongelante utilizado. No obstante, se muestra una gráfica orientativa de cómo desciende el punto de congelación según aumenta la concentración de propilenglicol en el fluido.

¹ Albergado en la biblioteca técnica de la web del Programa Solar

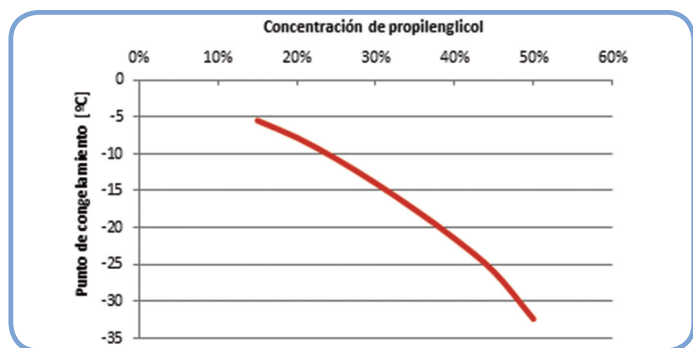


Figura 10. Evolución del punto de congelamiento según la concentración de propilenglicol en el fluido caloportador.

Se deberá tener en cuenta la temperatura mínima de la localidad donde se esté proyectando el sistema. A esta temperatura, definida en el reglamento de la Ley 20.365, se deberá restar 5°C como medida de seguridad para determinar la concentración de propilenglicol. En caso de no encontrar la temperatura mínima en el reglamento, el proyectista deberá documentarla adecuadamente.

En ocasiones se suministra la mezcla de propilenglicol ya preparada. En cualquier caso se habrá de **verificar que ésta sea idónea para la zona climática** donde se instalará el sistema.

Cañerías

Dimensionado

La cañería del circuito primario solar se dimensionará para que no se supere la velocidad de fluido de 1,5 m/s con el fin de evitar ruidos al operar la instalación. La cañería del circuito de consumo se dimensionará teniendo en cuenta el requerimiento de caudal máximo de la instalación de consumo.

Materiales

- Circuito primario solar: se utilizará la cañería de cobre o acero inoxidable, nunca materiales plásticos.
- Circuito de consumo: se deberá utilizar cobre o acero inoxidable (nunca acero galvanizado). Se evitará mezclar materiales metálicos en un mismo circuito, en general, se preferirá el uso del cobre en todo el sistema. A partir de la válvula termostática de protección de alta temperatura se podrá utilizar materiales plásticos adecuados.

IMPORTANTE: tener en cuenta presiones y temperaturas máximas previstas durante el funcionamiento, así como la calidad sanitaria del material (ver apartado presiones y temperaturas de los distintos circuitos).

Aislación

Se aislarán las cañerías de los distintos circuitos siguiendo las indicaciones establecidas en el reglamento de la ley 20.365, que establece la franquicia tributaria.

- Cañería instalada en el interior de la vivienda: $e_{min} \geq d \cdot \lambda / 0,04 \cdot 0,75$
- Cañería instalada en el exterior de la vivienda: $e_{min} \geq d \cdot \lambda / 0,04$

Donde:

e_{min} = espesor mínimo [mm]

d = diámetro de la cañería [mm]

λ = Conductividad térmica del material de aislante usada [W/mK]

La aislación de las cañerías exteriores deberá ser resistente a los rayos ultravioletas y a otras condiciones exteriores (humedad, animales, etc.) o deberán contar con una protección para ello.

Protección mecánica

Los tramos de cañería de longitudes largas incluirán compensadores de dilatación (aproximadamente cada 10 o 15 metros) para evitar deformaciones y esfuerzos mecánicos en las mismas.

Vasos de expansión

En un sistema tipo forzado, como se menciona en descripción general del sistema, existen dos circuitos térmicos. El fluido de cada uno de ellos se expandirá al aumentar su temperatura en condiciones normales de operación. Por tanto, han de haber en el sistema los dos correspondientes volúmenes de expansión.

• Volumen de expansión del circuito primario:

Para determinar el volumen a emplear se realizará el cálculo atendiendo a los procedimientos válidos reconocidos para este fin. No obstante, como método simplificado se podrá emplear los valores mostrados en la siguiente tabla.

DIMENSIONES DEL CAMPO DE CAPTACIÓN (m2)	LITROS DE EXPANSIÓN
0 - 2,5	20
2,5 - 5	30
5 - 7,5	40
7,5 - 10	40
10 - 12,5	50
12,5 - 15	60

Este volumen permitirá absorber la evaporación del fluido del campo de captación durante los períodos de estancamiento manteniendo la presión del circuito bajo los niveles admisibles evitando así la actuación de las válvulas de seguridad.

• Volumen de expansión del circuito de consumo:

La norma UNE 100155 determina el cálculo para el correcto dimensionado de sistemas de expansión cerrados en función de los parámetros de operación de la instalación. Los vasos de expansión se han de dimensionar para albergar la dilatación del volumen total del circuito considerando la temperatura máxima alcanzable en condiciones de operación (incluida la situación de estancamiento).

No obstante, para el rango de volúmenes adecuados para este tipo de instalaciones, será aproximación aceptable a la norma UNE 100155 considerar un volumen de expansión del 10% del volumen de fluido total contenido en el acumulador. Esta aproximación implica un leve sobredimensionado del vaso.

Instalación:

El vaso de expansión en el circuito primario se instalará en la boca de aspiración de la bomba circuladora del primario y después de la válvula de retención (según el sentido del flujo).

El vaso de expansión del circuito secundario se instalará en la toma de agua fría del circuito de consumo y entre la válvula antiretorno y el DA.

Preferentemente, la conexión de los vasos con los circuitos se realizará por la parte alta de éste para evitar que, por convección, el agua caliente entre en el vaso y tome contacto con la membrana. Esta situación puede comprometer la integridad de la misma para temperaturas elevadas y períodos de contacto prolongados.

Intercambiadores de calor

En este tipo de instalaciones, el intercambiador de calor estará integrado en el acumulador.

Según la Ley 20.365, la potencia del intercambiador debe cumplir la siguiente relación:

$$Sup \geq 0,2 \cdot A$$

Donde:

Sup = Superficie útil del intercambiador (m²)

A = área de captación (m²)

Equipos de impulsión

Los equipos de impulsión serán bombas en línea de rotor húmedo y siempre de velocidad constante.

Para el cálculo de la pérdida de carga hidráulica del circuito primario será importante tener en cuenta el incremento de viscosidad en función de la concentración de propilenglicol.

Instalación

Se instalarán siempre en el punto más frío del circuito y contarán con dos válvulas de corte por bomba, para evitar el vaciado del circuito ante operaciones de mantenimiento (en instalaciones de muy reducidas dimensiones no serán necesarias).

Volúmen de acumulación solar

Dimensionado

El volumen de acumulación solar debe respetar la siguiente relación indicada en la Ley 20.365:

$$40 < V/A < 180$$

Donde:

V es el volumen de acumulación (l)

A es el área de captadores (m^2)

En general el volumen óptimo se encontrará entre los 70 y los 80 l/ m^2 para una ocupación promedio diaria.

Criterios de selección

El DA solar para este sistema debe cumplir los siguientes requisitos:

- Ubicado idealmente en el interior del edificio para reducir pérdidas térmicas.
- Configuración vertical para favorecer la estratificación que aumenta el rendimiento del sistema completo. De ser posible, que posea elementos de estratificación.
- Cuatro conexiones laterales: para la parte caliente y fría de cada uno de los dos circuitos.
- Dos conexiones para sensores (superior e inferior).
- Purgador de aire manual en la parte superior y conducto de vaciado en el punto más bajo del DA.
- Aislación de un mínimo de 50 mm de espesor. Mínimo para cumplir con las exigencias de la Ley 20.365. No obstante, un incremento de espesor aportará una reducción de pérdidas térmicas y, por tanto, mejora en la eficiencia global de la instalación.
- Presurizado, debe aguantar presión mínima de 6bar.

Debido a la configuración del sistema, es necesario que el depósito sea sanitario.

Válvulas

Válvulas de seguridad:

Las válvulas de seguridad estarán taradas a la presión máxima que un circuito puede soportar (la mínima de las presiones máximas especificadas para cada uno de los elementos del circuito). Al alcanzar dicha presión, la válvula se abrirá, dejando escapar líquido y por lo tanto reduciendo la presión del circuito.

Todos los circuitos deberán tener una válvula de seguridad.

NOTA: La válvula de seguridad no debe actuar en condiciones normales de operación.

Válvulas de corte:

Las válvulas de corte sirven para sectorizar la instalación abriendo o cerrando la circulación de fluido en un tramo determinado. Todos los elementos principales (susceptibles de sustitución por fallo, como son colectores solares, depósitos acumuladores, bombas) dispondrán de válvulas de corte en sus conexiones con el circuito. No obstante, hay que evitar reiterar el empleo de válvulas en el mismo circuito.

Válvulas de vaciado:

Se instalarán también válvulas de corte en los puntos bajos de cada circuito de la instalación, a fin de poder vaciarla cuando fuere necesario.

Válvulas de retención:

Las válvulas de retención (o antirretorno) impiden que el flujo circule en la dirección opuesta a la requerida. En general, se instalarán válvulas de retención a la entrada de agua fría de los acumuladores de agua caliente.

También se instalará una válvula antirretorno en la boca de impulsión de cada bomba circuladora.

Válvulas termostáticas de 3 vías:

Limitan a una temperatura máxima la impulsión de un circuito hidráulico mezclando dicha impulsión con un flujo a temperatura inferior.

Existen dos posiciones donde serán necesarias dichas válvulas en las instalaciones de forzadas:

- A la salida del depósito acumulador, antes del sistema auxiliar, para proteger los elementos del circuito convencional de las altas temperaturas que se pueden alcanzar en el depósito acumulador solar. Esta válvula estará regulada a la temperatura máxima aceptada por el circuito y el equipo auxiliar. Señalada como VT1 en el esquema.
- En el circuito de consumo, a la salida del sistema auxiliar, con una consigna entre 45°C y 60°C, para proteger a los usuarios de altas temperaturas en el punto de consumo y garantizar su confort. Señalada como VT2 en el esquema.

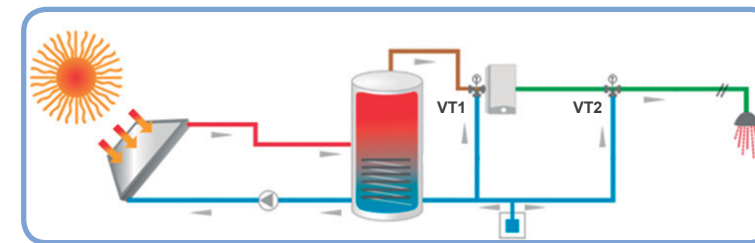


Figura 11. Instalación tipo forzada en serie con un sistema auxiliar. Válvulas termostáticas para el control de las temperaturas de entrega

Presiones y temperaturas de los distintos circuitos

La siguiente tabla indica las presiones y temperaturas máximas de cada circuito. Se atenderá a estos valores para el dimensionado y selección de todos los componentes de la instalación y de las válvulas de seguridad:

CIRCUITO	TEMPERATURA MÁXIMA (°C)	PRESIÓN MÁXIMA (°C)
Circuito primario	En el colector, temperatura de estancamiento (entorno a 180°C). En el resto del circuito, temperaturas algo inferiores. El sistema de control deberá parar la bomba al detectar temperaturas superiores a 100°C a la salida del colector solar evitando que siga aumentando la temperatura del resto del circuito. Generalmente, por seguridad, se exigirá Temperatura máxima admisible por todo el material del circuito primario de 150°C y en el campo de captación, 180°C.	La de la válvula de seguridad, que se determinará según la menor de las máximas admisibles especificadas por los elementos empleados. Ésta se sitúa entorno a los 6bar. La presión máxima de trabajo del circuito será la presión de tarado de la válvula de seguridad menos 0,5bar.
Circuito de consumo	La definida por la consigna de parada de la bomba de primario. Ésta se detendrá cuando el depósito acumulador alcance su temperatura máxima (entorno a 90-100°C).	La de la válvula de seguridad, que se determinará según la menor de las máximas admisibles especificadas por los elementos empleados. Generalmente, la presión máxima admisible inferior será la del Depósito Acumulador. Entorno a 6-8bar.

Tabla 4. Presiones y temperaturas máximas en los diferentes circuitos.

NOTA: en todo caso es fundamental revisar la información proporcionada por el fabricante de cada elemento respecto a estos datos.

Regulación y control

El sistema de regulación y control de las instalaciones solares forzadas en viviendas unifamiliares tiene dos funciones principales:

- Función A: gestionar la correcta aportación de energía desde los colectores solares al depósito acumulador.
- Función B (opcional): evitar situaciones de compromiso para el material empleado por excesos de temperatura no previstos en el diseño en determinados puntos de la instalación.

Para realizar estas funciones, el Sistema de Regulación y Control toma lecturas de la temperatura de determinados puntos de la instalación mediante sondas y activa/desactiva la bomba circuladora según los algoritmos programados. Estos algoritmos serán esencialmente dos y corresponden con las funciones anteriormente mencionadas:

- Algoritmo de Aportación, para realizar la función A.
- Algoritmo de Seguridad, para realizar la función B.

Los puntos de la instalación de los que se tomará lectura de temperaturas son:

• Sonda 1 (S1):

En la toma de salida del último colector solar. Es importante que la sonda penetre en el colector solar a fin de obtener una lectura fiable de la temperatura interior del mismo en todo momento. Existen colectores solares con portasondas integrados para alojar a S1.

La sonda S1 se ubicará en la toma de salida del último colector (punto de mayor temperatura del campo de captación), mediante una pieza en cruz que permitirá la entrada y salida del caudal, la instalación de la portasondas y purgador.

- **Sonda 2 (S2):**

Parte inferior del DA. Se ubicará lo más baja posible. Se preferirán acumuladores con una cota adecuadamente reducida de este portasondas.

- **Sonda 3 (S3):**

Parte superior del DA. Se ubicará lo más alta posible. Se preferirán acumuladores con una cota adecuadamente elevada de este portasondas.

Los portasonda o vaina, serán del diámetro más ajustado posible al de la sonda correspondiente. La sonda se fijará al portasondas mediante algún medio conductor (pasta, cuña metálica). Además, las sondas serán siempre de inmersión. En ningún caso, de contacto.

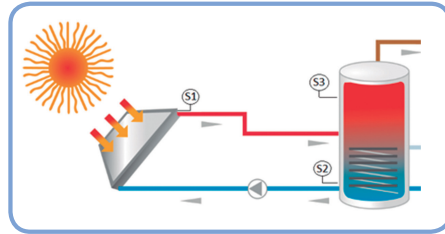


Figura 12. Ubicación correcta de las sondas de Sistema de Control.

Las consignas del sistema serán: Tmax_DA, Tset_DA, Tmax_prim y se definen respectivamente según:

- **Tmax_DA:** temperatura máxima admisible por el DA. En base a la información proporcionada por el fabricante del mismo.
- **Tset_DA:** temperatura máxima de acumulación en el depósito. Se evitará este valor por encima de 65°C³ con el fin de minimizar incrustaciones de sales que puedan afectar a la transferencia térmica o generar zonas de potencial proliferación bacteriana.
- **Tmax_prim:** la mínima de las temperaturas máximas admisibles por los materiales y elementos del circuito primario. Esto incluye la temperatura máxima del fluido para el correcto funcionamiento de la bomba. En cualquier caso, este valor ha de ser inferior a la temperatura de vaporización del fluido del circuito primario (Tvap), que dependerá de la presión del mismo.

El algoritmo de aportación se basará en una comparación para la gestión del aporte de energía y tendrá un límite por valor absoluto, a consigna del acumulador:

- Si S1 es mayor que S2+7°C, la bomba de primario se accionará.
- Si S1 es menor que S2+2°C, la bomba de primario se detendrá.

Si S2 es mayor que Tset_DA, la bomba de primario se detendrá. El Algoritmo de Seguridad será absoluto (no comparativo):

- Si S1 es mayor que Tmax_prim-10°C, la bomba de primario se detendrá en cualquier caso.
- Si S3 es mayor que Tmax_DA-10°C, la bomba de primario se detendrá en cualquier caso.

Se recomienda instalar un contador de energía, integrado por un medidor de caudal y dos sondas de temperatura, para registrar la producción de energía del SST y poder así desarrollar un mejor mantenimiento del sistema en el futuro.

Resistencia eléctrica y otros sistemas auxiliares

En ningún caso será aceptable el calentamiento del agua contenida en el DA solar mediante otros sistemas auxiliares como, por ejemplo, calderas o resistencias eléctricas. Este tipo de configuraciones reduce el rendimiento global de la instalación solar.

Consideraciones generales de diseño

- Minimizar las pérdidas térmicas del sistema, reduciendo la distancia entre el SST y el sistema auxiliar y puntos de consumo de ACS. También aislando adecuadamente las cañerías.
- En caso de que exista recirculación en el circuito de distribución de ACS (longitudes de distribución superiores a 15 metros), ésta se conectará, en su retorno a la sala de calderas, al DA auxiliar. Nunca se conectará la recirculación al depósito acumulador solar.

³ En especial en ubicaciones donde el agua de consumo contenga una concentración carbonato cálcico (CO₃Ca) superior a 120mg/litro.

- Las consideraciones sobre el diseño respecto al tratamiento sanitario de prevención contra la legionela serán las indicadas en la normativa vigente al respecto.

Si la normativa indicase un tratamiento térmico al DA solar y éste se realizara mediante el sistema auxiliar de la instalación convencional, será necesario poder anular hidráulicamente la conexión entre ambos elementos siempre que no se esté realizando el tratamiento para evitar elevar la temperatura del agua contenida en el DA solar mediante el sistema auxiliar.

Otras consideraciones a observar por el proyectista

- Para detalles técnicos respecto a los equipos, elementos auxiliares y accesorios, se deben considerar siempre las sugerencias del fabricante respecto a posibles restricciones de uso o recomendaciones de aplicación de su equipamiento.
- Se deberá disponer de la normativa vigente y evaluar sus restricciones para un adecuado diseño particular.
- Se deberán instalar sistemas utilizando equipamiento registrado en la Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC).
- Será aconsejable verificar disponibilidad de sistemas, equipos y accesorios en el mercado nacional.
- También será necesario cotejar sellos de garantía, modelo y números de serie en línea a www.sec.cl
- Los equipos a instalar deberán contar con el debido respaldo y garantía técnica en Chile.

REFERENCIAS

1. Ley 20.365, que establece franquicia tributaria respecto de sistemas solares térmicos
2. Reglamento de la Ley N° 20.365, que establece franquicia tributaria respecto de sistemas solares térmicos
3. RE. N° 4502, actualizada, de 30 de septiembre de 2010, establece Norma Técnica que determina algoritmo para la verificación de la contribución solar mínima de los Sistemas Solares Térmicos acogidos a la franquicia tributaria de la Ley N° 20.365
4. Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios en Chile, RITCh
5. Biblioteca Técnica de la web del Programa Solar
6. CDT - Sistemas solares térmicos - Manual de diseño para el calentamiento de agua
7. CDT - sistemas solares térmicos II - Guía de diseño e instalación para grandes sistemas de agua caliente sanitaria
8. Guía ASIT de la energía solar térmica, ASIT
9. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
10. Ministerio de Energía del Gobierno de Chile

GLOSARIO

- **Sistema Solar Térmico para Agua Caliente de Uso Sanitario o Sistema Solar Térmico o SST:** sistema que integra un Colector Solar Térmico, un Depósito Acumulador y un conjunto de otros componentes encargados de realizar las funciones de captar la radiación solar, transformarla directamente en energía térmica, la que se transmite a un fluido de trabajo y, por último, almacenar dicha energía térmica, bien en el mismo fluido de trabajo o en otro, para ser utilizada en los puntos de consumo de Agua Caliente Sanitaria, en adelante e indistintamente ACS. Dicho sistema podrá ser complementado con algún sistema convencional de calentamiento de agua, sin embargo, éste no se considerará parte del Sistema Solar Térmico.
- **Sistemas Solares Térmicos Prefabricados:** conjunto integrado de componentes que se comercializan como un solo producto, listo para instalar, con configuraciones fijas.
- **Sistema Solar Térmico de Circulación Forzada:** sistema que utiliza una bomba para hacer circular el fluido de transferencia de calor a través del (de los) colector(es).
- **Sistema Solar Térmico de Termosifón:** sistema que utiliza sólo los cambios de densidad del fluido de transferencia de calor para lograr la circulación entre el colector y el acumulador o entre el colector y el intercambiador de calor.
- **Sistema Solar Térmico Directo:** sistema de calentamiento solar en el que el agua calentada para consumo final pasa directamente a través del colector.
- **Sistema Solar Térmico Indirecto:** sistema de calentamiento solar en que un fluido de transferencia de calor, diferente del agua para consumo final, pasa a través del colector.
- **Sistema auxiliar de calentamiento de agua:** corresponde al sistema que se utiliza para complementar la contribución solar, suministrando la energía necesaria para cubrir la demanda prevista, garantizando la continuidad del suministro de agua caliente.
- **Sistema Solar Térmico Unifamiliar:** sistema Solar Térmico (SST) utilizado por una sola vivienda.
- **Sistema Solar Térmico Multifamiliar:** sistema Solar Térmico (SST) utilizado por dos o más viviendas.
- **Vivienda:** los bienes corporales inmuebles destinados a la habitación y las dependencias directas, tales como estacionamientos y bodegas amparadas por un mismo permiso de edificación o un mismo proyecto de construcción, siempre que el inmueble destinado a la habitación propiamente tal constituya la obra principal.
- **Colector Solar Térmico o CST o Colector:** dispositivo que forma parte de un Sistema Solar Térmico, diseñado para captar la radiación solar incidente, transformarla en energía térmica y transmitir la energía térmica producida a un fluido de trabajo que circula por su interior.
- **Banco de colectores:** conjunto de colectores solares térmicos instalados sobre una misma estructura y conectados entre sí.
- **Absorbedor:** componente de un colector solar térmico destinado a absorber energía radiante y transferir esta energía a un fluido en forma de calor.
- **Área de abertura o área de apertura de un CST:** corresponde a la proyección en un plano de la superficie transparente del colector expuesta a la radiación solar incidente no concentrada.
- **Superficie instalada de colectores solares térmicos:** corresponde a la suma de las áreas de abertura de cada colector solar térmico instalado, que pertenezca a un mismo Sistema Solar Térmico.
- **Depósito Acumulador o Acumulador:** depósito que forma parte de un Sistema Solar Térmico, donde se acumula la energía térmica producida por los Colectores Solares Térmicos.
- **Intercambiador de calor interno:** elemento que sirve para transferir energía del circuito primario al circuito secundario. Se dividen en internos al acumulador y externos al acumulador.
- **Intercambiador de calor interno tipo camisa:** intercambiador de calor interno donde la transferencia de calor se realiza por el manto del acumulador hacia el agua de consumo.
- **Contribución Solar:** es la fracción entre la energía anual aportada por el SST a la salida del acumulador y la demanda energética anual de agua caliente sanitaria estimada para la respectiva vivienda.
- **Circuito primario:** circuito de transferencia de calor entre los colectores y el intercambiador de calor. En el caso de sistemas directos corresponde al circuito entre los colectores y el acumulador.
- **Circuito secundario:** circuito que se ubica entre el intercambiador de calor y el (los) acumulador(es).
- **Circuito de consumo:** circuito entre el acumulador y los puntos de consumos de ACS.
- **Flujo inverso:** corresponde a la circulación de fluido en sentido contrario a la del diseño en cualquier circuito del SST.
- **Integración Arquitectónica de los SST:** tipo de instalación de un SST donde los CST que lo conforman sustituyen elementos constructivos convencionales o bien son elementos constituyentes de la envolvente del edificio y de su composición arquitectónica.