

Instalaciones solares térmicas. Especificidades del Diseño

Jose Ignacio Ajona Maeztu

Wagner Solar, Madrid, España.

Durante la fase de diseño de la instalación solar térmica hay que establecer las bases para que la instalación produzca el ahorro solar requerido, no sólo el día de la puesta en marcha sino durante mucho tiempo

La mayor parte de los componentes de una instalación solar son semejantes a los de una instalación convencional de producción de ACS y/o calefacción. En vez de calderas, se trabaja con captadores solares como generadores de calor, pero el resto de los componentes son convencionales, (bombas, intercambiadores, tuberías, vasos de expansión,...). Muchos de estos componentes se pueden seleccionar con criterios semejantes a los usados en una instalación convencional (p.e. los diámetros de las tuberías), mientras que otros precisan criterios distintos (p.e. el vaso de expansión del primario solar). En este trabajo mostramos las diferencias en los criterios de diseño y los elementos claves a considerar.

1. Condicionantes del diseño

Teniendo en cuenta que el objetivo que ha de guiar el diseño es el conseguir el coste mínimo de generación de la energía suministrada por el sistema solar durante el periodo previsto de funcionamiento, los condicionantes principales del diseño de una instalación solar para Agua Caliente Sanitaria (ACS) son:

- Las especificaciones de la Propiedad.
- La demanda de energía necesaria para producir el ACS: incluyendo las pérdidas térmicas en acumulación (especialmente cuando la acumulación solar está distribuida en múltiples acumuladores situados en cada vivienda individual) y distribución, y su perfil a lo largo del día, de la semana y de los meses.
- Los requisitos de las ordenanzas solares, el Código Técnico de la Edificación (CTE) y el Reglamento de Instalaciones Técnicas en los Edificios (RITE) sobre el nivel de ahorro energético exigible a la instalación solar incluyendo el cálculo de la demanda, las especificaciones técnicas de las instalaciones, su integración arquitectónica y su mantenimiento.

- El tipo de sistema convencional de producción de ACS: calderas centralizadas o distribuidas, tipo de combustible o resistencia eléctrica, bomba de calor,...
- La climatología del lugar de la instalación: nivel de radiación, riesgo de heladas, carga de viento,...
- Las características del edificio:
 - Elementos arquitectónicos con las opciones que ofrecen de integración arquitectónica de los paneles solares: formas de las cubiertas, ubicación de shunts, chimeneas, ascensores...
 - Espacio disponible para colocar tanto los captadores solares como el resto de elementos de la instalación (especialmente la acumulación solar), tipo de ubicación (tejado, terraza...), orientación e inclinación, sombras de otros edificios y entre los captadores...
 - Accesibilidad para el mantenimiento.
 - Las distancias entre la ubicación de los captadores solares, la acumulación solar y el sistema convencional y las diferencias de cotas entre los mismos.
 - El uso del edificio en relación con la normativa específica de aplicación: viviendas colectivas, unifamiliares, hoteles, polideportivos...
- Las características de los captadores solares, los acumuladores, los intercambiadores, las bombas y los demás elementos de la instalación solar con sus requisitos y opciones de montaje.
- Las exigencias en los materiales y componentes en función de los niveles de temperatura y presión de trabajo en operación normal y especialmente en estancamiento (cuando hay un elevado nivel de radiación solar y el captador solar no se refrigera al haber parado el control la bomba de circulación por estar el acumulador completamente lleno a la temperatura máxima) para garantizar la seguridad funcional y de uso durante muchos años.
- Coste de la instalación completa.
- Costes de operación: sencillez de mantenimiento, pequeños consumos eléctricos en bombeo.



Figura 1. Instalación de agua caliente sanitaria (ACS).

2. Especificidades del diseño solar

Las principales diferencias en los criterios de diseño surgen de las características específicas de los sistemas de aprovechamiento térmico de la energía solar. (Tabla 1). Cuando no se tienen en cuenta las especificidades solares, en el diseño del sistema solar se infravaloran la influencia que, por afectar a la temperatura media de trabajo de los captadores solares, tienen en el dimensionado del sistema solar y de sus componentes los siguientes factores¹:

- La temperatura de preparación del ACS.
- La seguridad sanitaria.

¹ Vamos a centrarnos en las aplicaciones solares para ACS, aunque muchos de los criterios aquí expuestos son de utilización en el diseño de otro tipo de aplicaciones de la energía solar.

- La dependencia mutua que los dimensionados de los diferentes componentes del sistema de aprovechamiento solar tienen entre sí para conseguir la minimización del coste de la instalación completa.
- El acoplamiento con los sistemas convencionales.

El cálculo del efecto de estos factores requiere herramientas de simulación del comportamiento anual del sistema. Para que el cálculo pueda reflejar el comportamiento a largo plazo de la instalación solar y el ahorro solar amortice la inversión realizada hay que asegurar la fiabilidad de la instalación en su conjunto, que depende fundamentalmente de:

- La calidad de los materiales empleados y de la ejecución de la instalación.
- La resistencia a la intemperie de la instalación solar.

Física para todos
Física no mundo

	Sistema convencional de generación de calor	Sistema solar de generación de calor	Consecuencia de la diferencia
Criterio general de diseño	Cubrir las necesidades extremas de la demanda energética: Se calcula la POTENCIA requerida en el peor de los casos posibles, es decir en el punto de diseño	Cubrir una proporción de la demanda energética durante un periodo de tiempo (un año normalmente): Se calcula la ENERGÍA media requerida	Los sistemas solares se dimensionan utilizando los valores horarios de demanda y disponibilidad solar, los sistemas convencionales sólo requieren valores instantáneos correspondientes al punto de diseño
Influencia del resto de los componentes del sistema en la producción del generador de calor a través de la influencia de la temperatura de retorno desde la demanda en el rendimiento del generador de calor	En general, tiene una influencia reducida	Tiene una influencia muy significativa en tanto en cuanto las características de los componentes del sistema influyen en la temperatura de retorno a los captadores solares. Como cuanto más alta es la temperatura de entrada a los captadores, peor es el rendimiento del sistema solar, necesitaremos, por lo tanto, un mayor área de captación para producir la misma energía que en el caso en el que la temperatura de retorno fuera menor	La clave del diseño solar es el minimizar la temperatura de alimentación a los captadores para maximizar el rendimiento anual, dentro de las restricciones de coste y de aporte solar requerido
Influencia del nivel de radiación solar	No tiene ninguna influencia	La producción solar es más que proporcional al nivel de radiación solar disponible: el factor que la multiplica es tanto mayor cuanto más alto sea el nivel de radiación solar disponible	Una misma instalación solar instalada en dos lugares entre los que la única diferencia es su nivel de radiación solar disponible sobre el plano de apertura tendrá unas productividades solares cuyo cociente será muy diferente del cociente de los niveles de radiación solar
Estructura de costes de la energía	La inversión inicial en los equipos generadores de calor no es el componente crítico en los costes energéticos. El coste del combustible o de la electricidad, sí	La inversión inicial en los equipos generadores de calor sí es el componente crítico en los costes energéticos. El ahorro del combustible o de la electricidad permite amortizar la inversión	La clave del diseño solar es el garantizar el ahorro durante el máximo tiempo posible y con una inversión mínima

- Los sistemas de protección contra las temperaturas y presiones que se presentan durante el estancamiento.
- El mantenimiento, que ha de estar facilitado por el propio diseño (accesos, distribución de elementos,...).

A continuación desarrollamos estos conceptos.

3. Recuperación de la inversión = fiabilidad y durabilidad de la instalación

El que una instalación solar esté continuamente en operación –a lo largo de toda la vida útil prevista– es la mejor manera de garantizar que se van a alcanzar unos niveles de ahorro próximos a los de diseño.

Los elementos que más influyen en la fiabilidad y durabilidad de la instalación solar son claramente:

- Los materiales empleados, que han de resistir sin cambios importantes (deformaciones, roturas,...) las condiciones de temperatura y presión que se pueden presentar en los captadores solares, las tuberías, los aislamientos, los vasos de expansión, las bombas, los intercambiadores, los purgadores, válvulas de seguridad,...
- El garantizar su resistencia a la velocidad y presión dinámica del viento, a los rayos, a las sobrecargas por uso o por nieve, a las dilatación de los materiales (captador, tuberías, estructuras) y que se garantice la evacuación del agua de lluvia y la estanqueidad de la superficie sobre la que se instala el campo solar.
- La capacidad de respuesta a las condiciones extremas de operación, y especialmente los sistemas de protección contra las temperaturas y presiones que se presentan durante el estancamiento (buen nivel de radiación pero circulación parada en el circuito primario debido a, por ejemplo, que se ha alcanzado la temperatura máxima en el acumulador solar al no haber suficiente demanda de ACS) y durante las heladas.
- El mantenimiento, que ha de estar facilitado por el propio diseño (accesos, distribución de elementos,...).

4. La temperatura de preparación del ACS y la mezcla con agua fría

El CTE establece como base para el cálculo de la energía utilizada para el ACS, un volumen diario de agua dado a una temperatura de referencia de 60°C, si bien permite utilizar una temperatura de referencia diferente siempre que se recalculen el volumen de agua a la nueva temperatura para mantener el valor de la energía utilizada para el ACS y la normativa permita que la preparación se realice a esa temperatura. Es importante darse cuenta que el consumo

energético para la preparación del ACS es igual si lo calculo a partir de la temperatura y flujo másico de preparación (T_p, m_p) que si lo calculo a partir de la temperatura y flujo másico de uso (T_u, m_u) pero que del agua de consumo total, m_u , sólo m_p tiene acceso a precalentarse en el sistema solar a través del intercambiador, si existe o circulando a través del acumulador solar si el intercambiador de descarga no existe. Dado que los caudales de uso nos los impone el usuario con su consumo, una manera de entender el concepto de cobertura o fracción solar es el considerar que si tengo un ahorro solar del 70% para una demanda de m_u kg/seg lo que le estoy pidiendo a la instalación solar es que:

- Si $m_u = m_p$ el sistema solar aporte el 70% del salto $T_u - T_{AF}$,
- Si $m_u > m_p$ el sistema solar aporte el 70% del salto $T_p - T_{AF}$,

Lo cual, desde el punto de vista de la instalación solar el aportar un nivel de cobertura solar dado, le requiere disponer de un nivel de temperatura en el acumulador solar tanto mayor cuanto mayor sea la diferencia entre m_u y m_p y por tanto le obliga a trabajar con un rendimiento peor, lo que es equivalente a decir que necesitaremos una instalación solar con más área de captación.

5. La seguridad sanitaria

Resulta claro que el garantizar un suministro de ACS que no produzca problemas sanitarios al usuario tiene que ser la prioridad más importante del diseño de cualquier sistema de producción de ACS, integre un sistema solar o no. La *legionella* representa la amenaza más importante en este contexto.

Con la situación actual de la normativa quedan exentas de la obligatoriedad de adoptar medidas protectoras las instalaciones en viviendas, si bien desde nuestro punto de vista es altamente recomendable el aplicarlas en todas las instalaciones de producción de ACS. Desde el punto de vista solar, la normativa donde es de aplicación o las buenas prácticas donde no es obligatorio, la protección se alcanza exigiendo al sistema auxiliar la preparación del agua caliente a temperaturas de 60°C y realizando preparaciones periódicas a 70°C.

Como una consecuencia directa de que el rendimiento de un captador solar disminuye cuanto mayor es su temperatura de trabajo, el rendimiento de una instalación solar disminuye cuando se aumenta la temperatura de consigna de la demanda de ACS. La temperatura de consigna viene fijada, su valor mínimo, por la normativa contra la Legionella para aquellos edificios que les es de aplicación (hoteles, hospitales,...) a un valor de 60°C o por la costumbre, a 45°C, en

aquellos edificios que no les es de aplicación (viviendas individuales o colectivas).

El nivel de la temperatura de preparación en el sistema convencional afecta considerablemente a la producción del sistema solar dado que la necesidad de acondicionar la temperatura del agua de preparación a la de uso (35°C-40°C) implica la mezcla del agua preparada con agua fría (o precalentada por otros medios). Es importante saber que, cuanto más agua fría se utilice para la mezcla, menor es la proporción del volumen del agua que sale por el grifo que se ha precalentado en el sistema solar y, por lo tanto, el sistema solar se verá forzado a trabajar con temperaturas medias más altas y por tanto con peor rendimiento.

6. La dependencia mutua del dimensionado de los componentes solares

Para considerar las especificidades solares es importante realizar un proceso iterativo de optimización con un procedimiento de cálculo que tenga en cuenta su efecto sobre la producción del sistema solar, y por tanto sobre su tamaño y coste para conseguir una determinada cobertura.

Este coste se ha de calcular no sólo como la suma de costes individuales sino a partir del análisis y dimensionado del sistema que nos lleva a un coste mínimo (los dimensionados –y por tanto costes– de los diferentes componentes está muy interrelacionados). Dado que la cobertura solar (proporción entre el ahorro solar y la demanda incluyendo pérdidas térmicas) está fijado por la normativa (CTE, ordenanza solar), una instalación solar es tanto más interesante cuanto menor es el coste de inversión (sin olvidar la operación y el mantenimiento).

7. Criterios para el acoplamiento de la instalación solar con los equipos convencionales

Una prioridad clara en el diseño de cualquier sistema de producción de ACS, es el garantizar los niveles de temperatura exigidos por el usuario. Desde este punto de vista, el sistema convencional siempre ha de seleccionarse independientemente y de forma que se garanticen las condiciones de confort, incluso durante periodos prolongados sin sol.

Es muy importante que la instalación solar trabaje en sintonía con el resto de la instalación del edificio para garantizar el correcto funcionamiento y el máximo aprovechamiento –ahorro energético– del sistema en su conjunto. En la mayor parte de los casos el método más sencillo y eficiente para realizar la integración es conectar en serie la producción de dos generadores diferentes, por un lado tendremos el sistema solar y por otro el sistema de apoyo convencional.

Esta manera de acoplar el sistema convencional y el solar no ocasiona directamente ninguna influencia entre el diseño del sistema convencional y el sistema de producción solar a no ser que se utilicen sistemas de calentamiento convencional que no sean capaces de regular la potencia entregada al agua en su preparación como por ejemplo:

- calderas no modulantes que, para cada caudal de consumo, trabajan con un salto térmico constante independientemente de si el sistema solar ha precalentado el agua o no) o
- calderas que sólo lo regulan parcialmente (p.e.: las calderas instantáneas modulantes sólo son capaces de modular hasta, típicamente, el entorno del 50% de la potencia nominal).

Estos dispositivos convencionales de preparación de ACS, que cuando el sistema solar suministra agua precalentada a un nivel superior al que puede llegar la modulación del generador convencional, siempre requieren para garantizar el confort del usuario (evitando escaldaduras), la mezcla del agua preparada con agua más fría, lo cual lleva asociada la pérdida de rendimiento del sistema solar, al hacerle trabajar a temperaturas más altas que en el caso en el que toda el agua de consumo se precaliente con solar.

8. Influencia del acoplamiento al edificio: Integración arquitectónica

El acoplamiento al edificio influye notablemente en el coste, en la durabilidad y en la aceptación social de la instalación, que pasa por suministrar soluciones estéticas y respetuosas con la concepción del edificio. Las mayores posibilidades de implementar soluciones solares eficientes y de bajo coste están ligadas a su plasmación en el diseño inicial del edificio. De hecho el planeamiento urbanístico de una zona va a marcar de una manera definitiva las posibilidades de que la integración solar se realice estéticamente. Al igual que pasa con la arquitectura bioclimática, si el planeamiento urbano selecciona como ejes de las cuadrículas de las parcelas de los edificios los ejes norte-sur, este-oeste, el trabajo de integración solar será mucho más sencillo. En cualquier caso, es importante recordar que desviaciones importantes (más de 25°) tanto con respecto a la orientación óptima (sur) como a la inclinación óptima (unos 40°) de los paneles solares no afecta de una manera muy significativa a su productividad energética anual.

Un punto que es importante es que no conviene confundir integración arquitectónica con ocultación de la instalación solar: Una instalación en un edificio, y la instalación solar es un ejemplo más, no es, *'per sé'* ni estética ni antiestética, **todo depende del gusto con el que se realiza el diseño** y

la ejecución y el cuidado con el que se realiza el mantenimiento. Muchas veces el debate sobre la estética de las instalaciones de energías renovables confunden la estética con la costumbre de ver determinadas soluciones, p.e los aerogeneradores siempre provocan mucho más debate sobre el impacto en el paisaje que las torres de alta tensión o las antenas de telefonía móvil, de la misma manera que las instalaciones solares provocan más debate que los equipos de aire acondicionado domésticos o los grandes equipos de tratamiento del aire de los edificios.

Entre las opciones de integración solar existen niveles diferentes que van desde la sustitución de elementos constructivos (tejas, forjados,...) por paneles solares, hasta colocación de los captadores solares sobre la terraza, pasando por la colocación de los paneles sobre los tejados. En todos los casos es preferible la utilización de soluciones constructivas estándar, en vez de improvisar unas soluciones para cada proyecto, con elementos y estructuras duraderas, fiables –especialmente con respecto a las impermeabilizaciones del edificio– y de fácil montaje.



Aula Documental
de Investigación

c/ Martín de los Heros, 66
28008 MADRID

Tel. 91 542 82 82

Fax. 91 559 30 60

<http://www.auladoc.com>