



Guía sobre Energía Solar Térmica



**Comunidad
de Madrid**

Guía sobre Energía Solar Térmica



Esta Guía se puede descargar en formato pdf desde la sección de publicaciones de las páginas web:

www.madrid.org

(Consejería de Economía, Empleo y Hacienda, organización Dirección General de Industria, Energía y Minas)

www.fenercom.com

Si desea recibir ejemplares de esta publicación en formato papel puede contactar con:

Dirección General de Industria, Energía y Minas de la Comunidad de Madrid

dgtecnico@madrid.org

Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid

fundacion@fenercom.com

Edita: Dirección General de Industria, Energía y Minas de la Comunidad de Madrid

La Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid, respetuosa con la libertad intelectual de sus colaboradores, reproduce los originales que se le entregan, pero no se identifica necesariamente con las ideas y opiniones que en ellas se exponen y, por tanto, no asume responsabilidad alguna de la información contenida en esta publicación.

La Comunidad de Madrid y la Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid, no se hacen responsables de las opiniones, imágenes, textos y trabajos de los autores de esta guía.

Imprime: Arias Montano Comunicación

www.ariasmontano.com

Diseño y maquetación:

Tirada: 1.000 ejemplares

Edición: 6/2016

Depósito Legal: M. 22812-2016

Impreso en España - *Printed in Spain*

Autores

- Capítulo 1. **Introducción**
Fernando del Valle
Dirección General de Industria, Energía y Minas de la Comunidad de Madrid
www.madrid.org
- Capítulo 2. **Tipologías de las configuraciones de las instalaciones**
ASIT - Asociación solar de la industria Térmica
www.asit-solar.com
- Capítulo 3. **Diseño**
ASIT - Asociación solar de la industria Térmica
www.asit-solar.com
- Capítulo 4. **Cálculo y dimensionado**
ASIT - Asociación solar de la industria Térmica
www.asit-solar.com
- Capítulo 5. **Prueba y mantenimientos**
ASIT - Asociación solar de la industria Térmica
www.asit-solar.com
- Capítulo 6. **Energía solar térmica de uso residencial**
Manuel Obispo
Jose Manuel Ruiz
Saveffi Solutions
www.saveffi.com
- Capítulo 7. **Energía solar térmica en el sector terciario**
Alberto Jiménez
Baxi
www.baxi.es
- Capítulo 8. **Solar térmica para procesos de calor industriales**
Francisco Puente
Escan Consultores Energéticos
www.escansa.com
- Capítulo 9. **Caso de éxito: Instalación deportiva en móstoles**
Gaspar Martín
ACV España
www.acv.com
- Capítulo 10. **Caso de éxito: Industria cárnica**
Mónica López
Viessmann
www.viessmann.es



Índice

PRÓLOGO	13
1. INTRODUCCIÓN	17
1.1. Introducción	17
1.2. Situación de la energía solar térmica en la Comunidad de Madrid	18
1.3. Conclusiones	21
2. TIPOLOGÍAS DE LAS CONFIGURACIONES DE LAS INSTALACIONES	25
2.1. Introducción	25
2.2. Sistemas y circuitos de instalaciones	26
2.3. Denominación de las configuraciones	28
2.4. Tipología de las configuraciones de las instalaciones	29
2.4.1. Con intercambiadores independientes	29
2.4.2. Instalaciones con interacomuladores	30
2.4.3. Instalaciones con intercambiadores externos e internos	31
2.4.4. Instalaciones con consumo múltiple	31
2.4.5. Instalaciones con acometida múltiple	32
2.5. Tipología de instalaciones en edificios multivivienda	33
2.5.1. Introducción	33
2.5.2. Todo centralizado	35
2.5.3. Centralizada con apoyo distribuido	36
2.5.4. Con sistema de acumulación distribuida	38
2.5.5. Con sistema de consumo distribuida	40
2.5.6. Con sistema de consumo distribuida	42
2.6. Selección de la configuración básica	43
2.7. Selección de la configuración en edificios multivivienda	45
2.8. Criterios adicionales para definir la configuración	47
2.8.1. Con intercambiadores independientes	47
2.8.2. Flexibilidad de los circuitos	48
2.8.3. Estrategias de funcionamiento	50
2.9. Configuraciones singulares	51
2.9.1. Introducción	51
2.9.2. Sistemas de acumulación en primario	51
2.9.3. Sistemas de cpatación múltiple	51





3.	DISEÑO	53
3.1.	Sistema de captación	53
3.1.1.	Generalidades	55
3.1.2.	Ubicación y distribución del campo de captadores	55
3.1.3.	Estudio de sombras	55
3.1.4.	Baterías de captadores	60
3.1.5.	Grupos de baterías de captadores	61
3.1.6.	Sectorización del campo de captadores	62
3.1.7.	Trazado hidráulico del circuito primario	64
3.1.8.	Estructura soporte	65
3.2.	Sistema de acumulación	66
3.2.1.	Generalidades	66
3.2.2.	Acumulación centralizada	67
3.2.3.	Prevencciones legionelosis	67
3.2.4.	Recirculación de consumo contra acumulador solar	68
3.2.5.	Intalación de acumulación distribuida	69
3.3.	Sistema de intercambio	72
3.3.1.	Generalidades	72
3.3.2.	Criterios de diseño y selección de intercambiadores	72
3.3.3.	Intercambiadores independientes centralizados	73
3.3.4.	Intercambiadores independientes distribuidos	74
3.4.	Circuito hidráulico	77
3.4.1.	Generalidades	77
3.4.2.	Bombas	78
3.4.3.	Sistema de expansión	79
3.4.4.	Valvulería	80
3.4.5.	Sistema de llenado	82
3.4.6.	Purga de aire	83
3.4.7.	Tuberías	84
3.4.8.	Aislamiento térmico	85
3.5.	Sistema de apoyo	85
3.5.1.	Generalidades	85
3.5.2.	Tipo de sistema de apoyo	86
3.5.3.	Formas de acoplamiento del sistema de apoyo	87
3.5.4.	Condiciones funcionales del acoplamiento	89
3.5.5.	Requisitos de los sistemas de apoyo de las instalaciones solares	90
3.6.	SISTEMA ELÉCTRICO Y DE CONTROL	91
3.6.1.	Generalidades	91
3.6.2.	Sistemas de control	92

3.6.3.	Sistema de medida	93
3.6.4.	Sistemas de monitorización	95
4.	CÁLCULO Y DIMENSIONADO	97
4.1.	Cálculo	97
4.1.1.	Principios básicos de cálculo	97
4.1.2.	Criterios para el cálculo de las instalaciones	99
4.1.3.	Cálculo del consumo de energía térmica	103
4.1.4.	CÁLCULO DE LA ENERGÍA DISPONIBLE	118
4.1.5.	DEFINICIÓN DE LOS PARÁMETROS FUNCIONALES	125
4.1.6.	MÉTODOS DE CÁLCULO UTILIZABLES	142
4.1.7.	CÁLCULOS TÉCNICO-ADMINISTRATIVOS	144
4.1.8.	MEDIDA DE LA ENERGÍA TÉRMICA	145
4.2.	Dimensionado de componentes y subsistemas	154
4.2.1.	Condiciones de diseño del circuito primario	154
4.2.2.	Intercambiadores de calor	156
4.2.3.	Circuitos hidráulicos	159
4.2.4.	Pérdidas térmicas	163
4.2.5.	Sistemas de expansión y seguridad	167
4.2.6.	Sistema de apoyo	169
5.	PRUEBAS Y MANTENIMIENTOS	171
5.1.	Pruebas, puesta en marcha y recepción	171
5.1.1.	Pruebas parciales	172
5.1.2.	Pruebas finales	175
5.1.3.	Ajustes y equilibrado	176
5.1.4.	Pruebas funcionales	177
5.1.5.	Recepción	180
5.2.	Mantenimiento y uso	182
5.2.1.	Manual de instrucciones	182
5.2.2.	Características de funcionamiento	183
5.2.3.	Recomendaciones de uso e instrucciones de seguridad	184
5.2.4.	Programa de vigilancia y mantenimiento	185
5.2.5.	Garantías	188
5.2.6.	Inspección	189
6.	INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA DE USO RESIDENCIAL	191
6.1.	Introducción	191
6.2.	Tipo de instalación	191
6.3.	Emplazamiento	192
6.4.	Propiedad del edificio y promotores de la reforma	192





Guía de Energía Solar Térmica

6.5.	Breve descripción	192
6.6.	Esquema de principio de la instalación	193
6.7.	Funcionamiento de la instalación	194
6.8.	Normativa de referencia para el diseño de la instalación	197
6.9.	Diseño y cálculo de la instalación. Cumplimiento del CTE	198
6.9.1.	Resumen del sistema solar planteado	198
6.9.2.	Método de cálculo	198
6.9.3.	Cálculo de la demanda	199
6.9.4.	Cálculo de la instalación	202
6.9.5.	Pérdidas por orientación	205
7.	ENERGÍA SOLAR TÉRMICA EN EL SECTOR TERCIARIO	207
7.1.	Introducción	207
7.2.	Demanda característica de los edificios del sector terciario	208
7.3.	Esquemas hidráulicos en instalaciones solares del sector terciario	210
7.4.	Seguridad intrínseca en las instalaciones	212
7.4.1.	Dimensionamiento de los vasos de expansión	213
7.4.2.	Sistemas sobrepresionados	213
7.4.3.	Sistemas Drain Back	217
7.5.	Detalles de la instalación	218
7.5.1.	Purgadores	218
7.5.2.	Equilibrado hidráulico de las baterías de colectores	219
7.5.3.	Regulación de la instalación	220
8.	SOLAR TÉRMICA PARA PROCESOS DE CALOR INDUSTRIALES	223
8.1.	Introducción	223
8.2.	Aplicaciones prioritarias	224
8.3.	Información preliminar	225
8.3.1.	Análisis de las instalaciones y las condiciones de contorno	225
8.3.2.	Análisis del proceso y recuperación de calor	227
8.4.	Aplicaciones prioritarias: conceptos de los sistemas, perfiles de carga y diseño de sistemas de energía solar térmica	228
8.4.1.	Calentamiento de agua de red para lavado/limpieza	228
8.4.2.	Pre-calentamiento de agua para generación de vapor	231
8.4.3.	Calentamiento de baños industriales	233
8.4.4.	Secado convectivo con aire caliente	236
8.5.	Evaluación económica y servicios energéticos	239
8.5.1.	Análisis económico y financiación pública	239

8.5.2. ¿Qué son los servicios energéticos?	240
8.6. Casos de éxito	240
8.6.1. Industria del sector alimentación	240
8.6.2. Industria del sector químico	242
9. CASO DE ÉXITO: INSTALACIÓN DEPORTIVA EN MÓSTOLES	245
9.1. Introducción	245
9.2. Ejemplo de instalación	247
9.3. Conclusiones	249
10. CASO DE ÉXITO: INDUSTRIA CÁRNICA	251
10.1. Introducción	251
10.2. Ahorro energético	252
10.3. Evaluación de una inversión	252
10.4. Soluciones energéticas eficientes	253
10.5. Funcionamiento de las instalaciones solares térmicas	253
10.6. Colectores solares	255
10.7. Instalaciones solares térmicas en procesos industriales	260
10.7.1. Ejemplo de una instalación solar térmica en una industria cárnica	261



P RÓLOGO

La demanda de energía de los edificios representa una parte muy importante del consumo de energía final de la Unión Europea, y se espera que siga creciendo en los próximos años. Para el 2030 la UE dependerá en un 90% de las importaciones para cubrir sus necesidades de petróleo y en un 80% en el caso del gas natural.

Mejorar la eficiencia energética de los edificios, responsables de la tercera parte de las emisiones de gases de efecto invernadero, no sólo ahorraría costes, sino que paliaría, en parte, el efecto del cambio climático.

El componente principal del consumo energético de la edificación es el debido al uso cotidiano del edificio. En general, el gasto energético en los edificios está condicionado por dos factores: el uso y el mantenimiento de las instalaciones y las características constructivas de los edificios (aislamiento, inercia térmica, etc.).

Por otra parte, el confort térmico depende de numerosos factores, entre los que se encuentran los de tipo personal (fisiológicos y contributivos, socioculturales, etc.) y los ambientales. Para conseguir un determinado nivel de confort térmico se dispone de dos conjuntos de medidas: las pasivas (envolvente térmica del edificio) y las activas (instalaciones de calefacción y refrigeración).

Para tratar de conseguir que la rehabilitación energética sea lo más eficiente y sostenible posible, se deben intentar aprovechar todos los recursos naturales de los que se dispone. De esta manera, se ponen de manifiesto los sistemas que aprovechan los recursos naturales renovables como la energía solar térmica, la biomasa o la energía solar fotovoltaica. Del mismo modo, es importante saber conjugar todo esto con un control de la radiación solar correcto, así como aprovechar la inercia térmica del edificio.

Evidentemente, son muchos los sistemas renovables que existen en la actualidad pero se debe ser realista a la hora de escoger los tipos de tecnologías a utilizar para que éstas puedan ser implementadas en el contexto de una rehabilitación energética de un edificio y que resulten ser económicamente viables.





Guía sobre Energía Solar Térmica

En este sentido, **la energía solar térmica debería constituir un pilar básico en las políticas energéticas.**

Para la correcta aplicación de la energía solar en la edificación es necesario sistematizar y documentar los procesos de diseño, instalación y mantenimiento para obtener un mayor rendimiento y vida útil de las instalaciones solares. Además, se debe insistir en la verificación de los resultados obtenidos, así como que los usuarios finales puedan conocer el estado actual de las instalaciones en lo relativo al funcionamiento y a los ahorros obtenidos.

Cabe destacar que los sistemas que aprovechan las fuentes renovables, como es la solar térmica, precisan del apoyo de sistemas convencionales, ya que aprovechando lo mejor de cada tecnología se puede llegar a obtener la solución más eficiente y económica según el caso bajo estudio.

También es importante señalar que el buen funcionamiento de las instalaciones de calefacción o de producción de agua caliente sanitaria que aprovechan la energía solar no se debe exclusivamente a la captación de la energía del sol en los paneles sino que es el resultado de la interacción de varios componentes. De este modo, para obtener el máximo rendimiento es necesario que el sistema de acumulación esté bien dimensionado, el circuito hidráulico bien equilibrado y aislado, los emisores escogidos para el rango óptimo de temperaturas de trabajo y todo ello completado con un sistema de captación de datos y control que gestione el funcionamiento de la instalación para obtener en todo momento la máxima cantidad de energía.

La solar térmica no es tan conocida como la solar fotovoltaica y es evidente que, con la radiación de la que disponemos en un país como España, no estamos haciendo un uso racional de esta energía.

En la Comunidad de Madrid, aproximadamente un 30% de las instalaciones solares térmicas no funcionan correctamente. Esta situación ha sido motivada porque en muchos edificios de viviendas estas instalaciones se han hecho sólo con fines administrativos, para cumplir el CTE, estando en muchos casos mal diseñadas, mal montadas o mal mantenidas, y habiéndose comprobado que cuando un particular promueve una instalación solar térmica ésta funciona correctamente.

Estamos en disposición de poder revertir la irreal mala prensa de que la solar térmica no funciona e insistir en que estos sistemas sólo pueden producir beneficios y ahorros energéticos y económicos a los titulares de los edificios en los que se implanten, insistiendo en que los problemas sólo llegan cuando se produce una ausencia total de mantenimiento.

D. Carlos López Jimeno
Director General de Industria, Energía y Minas
Consejería de Economía, Empleo y Hacienda
Comunidad de Madrid



1

INTRODUCCIÓN

1.1. INTRODUCCIÓN

La política energética española vigente a principios de la primera década del siglo XXI presagiaba un desarrollo vertiginoso del uso de la energía solar térmica en la edificación.

Así, en el *Plan de Energías Renovables en España 2005-2010* se asumía un objetivo ambicioso para ampliar la superficie de captación desde los 700.000 m² contabilizados en 2004 hasta un total en el horizonte del año 2010 de 4.500.000 m².

Al margen de medidas de difusión y promoción, las herramientas que contemplaba el Plan para alcanzar dicho objetivo se basaban fundamentalmente en la regulación normativa de un aprovechamiento mínimo de la energía solar térmica en la producción de agua caliente sanitaria (ACS) en edificios de nueva construcción y reformas. Por un lado, se pretendía instar a las entidades locales a desarrollar ordenanzas solares y, por otro, se contaba con una exigencia de aporte solar mínimo en la producción de ACS en dos reglamentos que habría de aprobarse poco después de la aprobación del Plan, tanto en el Código Técnico de la Edificación (CTE) como en el Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios (RITE).

Si bien es cierto que la entrada en vigor de múltiples ordenanzas solares impulsó el incremento de la superficie de captación solar de manera notable entre 2005 y 2010, llegando en 2010 hasta 2.400.000 m², no se alcanzó el objetivo previsto en 2005 principalmente por dos motivos. Por un lado, la demora en la aplicación del CTE y del RITE, puesto que no entraron en vigor hasta mediado 2007 y sólo resultaron de aplicación a los edificios cuya licencia de obra se solicitó con posterioridad. Por otro lado, el parón inmobiliario consecuencia de la crisis económica sufrida a partir de 2008, que redujo notablemente la ejecución de nuevos edificios.





Guía sobre Energía Solar Térmica

En este escenario, el *Plan Energético Nacional de Energías Renovables (PANER) 2011 – 2020* siguió dibujando un escenario ambicioso para la energía solar térmica, en el que se contemplaba una previsión de alcanzar en el año 2020 una superficie total de captación de 10.000.000 m², sin que se incorporara ninguna medida adicional de relevancia a las ya previstas en el plan de 2005. Para alcanzar ese objetivo sería necesario incrementar la superficie instalada anual desde los 376.000 m² estimados para 2011 hasta los más de 1.300.000 m² estimados para 2020.

Sin embargo, la realidad del sector ha resultado ser muy diferente y, pese tanto a las condiciones de insolación favorables que ofrece la Península Ibérica como al marco regulatorio de promoción de la energía solar térmica, se constata que los datos muestran que la tendencia se aleja progresivamente del objetivo marcado. De este modo, tal y como se recoge en la publicación del Ministerio de Industria, Energía y Turismo “La energía en España 2014”, en el año 2014 apenas se había alcanzado una superficie de 3.000.000 de m², con lo que el incremento real desde 2010 apenas ha sido de 200.000 m²/año, con una marcada tendencia a la baja.

1.2. SITUACIÓN DE LA ENERGÍA SOLAR TÉRMICA EN LA COMUNIDAD DE MADRID

En la Comunidad de Madrid la situación registrada ha sido similar, tal y como muestra el siguiente gráfico de evolución de la superficie de captación puesta en servicio, de manera que en el año 2014 la superficie total de captación era de de 271.199 m², habiendo pasado el incremento anual de cerca de 35.000 m² en 2011 a apenas 14.000 m² en 2014.

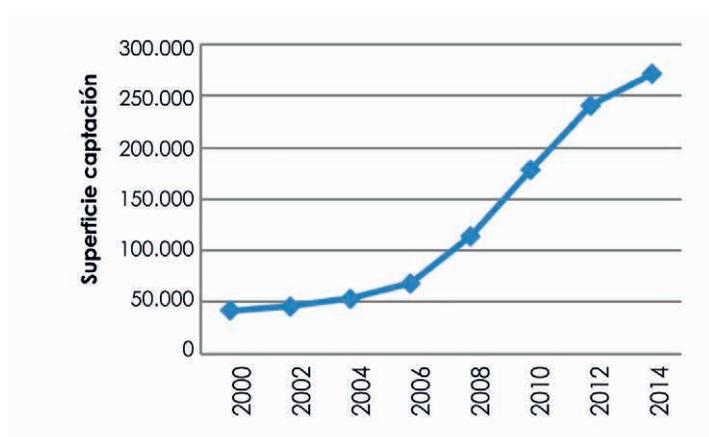


Figura 1.1. Evolución de la superficie de paneles solares térmicos en la Comunidad de Madrid.

Al margen del incremento de las superficies de captación, inferior al previsto, también se constata que la producción de energía a partir de estas instalaciones está siendo inferior a la estimada. La falta de toma de datos reales dificulta hacer un análisis global de la energía aportada por el sector, pero el estudio pormenorizado de ciertas instalaciones muestra que no se alcanzan los ratios de cobertura solar previstos en los proyectos, sobre todo en instalaciones de edificios con varios usuarios en los que el rendimiento de las instalaciones no repercute en la empresa que las mantiene.

En este sentido, cabe reseñar que la Dirección General de Industria, Energía y Minas ha realizado varias campañas de inspección en el periodo 2012 – 2014 para verificar la conformidad reglamentaria y estado de funcionamiento de instalaciones solares térmicas. Esta acción se ha complementado en una actuación conjunta con la Fundación MAPFRE en la que se analizó la orientación de un parque de más de 500 instalaciones solares térmicas, así como la evaluación del estado de conservación y mantenimiento de otras 60.

En una primera fase se practicaron requerimientos de información sobre el mantenimiento de 282 instalaciones solares térmicas cuya potencia térmica nominal fuera superior a 70 kW (por ejemplo, edificios de varias viviendas, edificios de uso deportivo, de uso docente, etc.), que se hubieran puesto en servicio entre junio de 2011 y febrero de 2012, y que les fuera de aplicación el CTE y el RITE, a la que respondieron positivamente el 72% de los titulares. Del resto, el 18% se trataba de edificios en fase de comercialización en los que las instalaciones no se encontraban en funcionamiento y el 10% final no respondió por distintos motivos.

En una segunda fase se seleccionaron 60 instalaciones para ser inspeccionadas sobre el terreno con la presencia de la empresa mantenedora. Como resultado de esas inspecciones se constata que:

- Todas las instalaciones se encontraban en funcionamiento salvo 2 que estaban detenidas por los daños sufridos en los captadores solares entre la recepción de la instalación y su puesta en servicio (congelación al no haber vaciado el circuito primario).
- El 90% de las instalaciones (54) presentaba defectos en el aislamiento del circuito primario.





Guía sobre Energía Solar Térmica

- En el 76% de las inspecciones (45) no se disponía de registro de las operaciones de mantenimiento.
- Únicamente en el 10% de las instalaciones (6) se había calculado el aporte de energía del sistema solar térmico. En todas ellas actuaba una Empresa de Servicios Energéticos (ESE) y la energía térmica total aportada registrada superó los 1.000 MWh. De este modo, se puede estimar que, en menos de un año de funcionamiento, habían ahorrado a los usuarios más de 50.000 euros en la preparación de ACS.

El resultado más llamativo que aportaron esas campañas fue la escasa información de que disponían los usuarios finales sobre el sistema de producción de ACS solar, pues en muchos casos incluso desconocían disponer de dicho sistema. Esta situación se agravaba en aquellos casos en que no existe una empresa mantenedora para el conjunto de la instalación térmica (instalaciones individuales o colectivas con apoyo distribuidor mediante calderas individuales) pues al desconocimiento del usuario se sumaba la falta de mantenimiento.

Pese a que las empresas mantenedoras están obligadas a medir anualmente la cantidad de energía solar que proporciona el sistema, son pocas las que lo hacen y menos las que lo comunican a los usuarios inutilizando el efecto divulgativo que pretende esa exigencia reglamentaria.

Además, debe señalarse que las instalaciones en que había menos defectos y se apreciaba un mejor funcionamiento de la instalación eran aquellas en las que el usuario tenía un contrato de gestión energética global en lugar de un contrato exclusivo de mantenimiento. Es reseñable el menor rigor detectado en la actuación de las empresas mantenedoras que no disponían de un contrato de gestión energética, tanto en lo relativo al estado de mantenimiento de las instalaciones como sobre todo al control del buen funcionamiento y eficiencia de la instalación en su conjunto y del subsistema de producción de ACS en particular.

Es muy importante señalar que las deficiencias que se detectan en las instalaciones térmicas de edificios en los que el promotor no coincide con el usuario final no son exclusivas del subsistema de aprovechamiento de la energía solar, sino que se detectan en cualquier tipo de instalación. De este modo, se constata que cuando una instalación se diseña y ejecuta por aquel que se beneficiará de sus bondades durante su explotación suele ofrecer mejores prestaciones.

Por último, se debe señalar que a raíz de la modificación del Documento Básico de Ahorro de Energía del CTE y del RITE en el año 2013 se ha eliminado la prescripción del aporte solar para la producción de ACS sustituyéndolo de manera genérica por un aporte genérico de energía renovable en la producción de ACS, siendo la producción solar térmica una alternativa que sirve como referencia. Como consecuencia de esta modificación se han incrementado el número de instalaciones térmicas en las que se pretende sustituir el aporte mínimo de energía renovable en la producción de ACS mediante energía solar térmica por sistemas que emplean otras fuentes de energía renovables por diferentes motivos (menor inversión, liberación de espacios en cubiertas, reducción del número de generadores, etc.)

1.3. CONCLUSIONES

Una primera conclusión es que parece oportuno recordar que Madrid es una región que cuenta con escasos recursos energéticos autóctonos de los cuales la energía solar es el que mayor potencial de aprovechamiento tiene dado que es fácilmente integrable en entornos urbanos como el de la corona metropolitana. Las cubiertas de los edificios dejan de ser superficies improductivas para generar un beneficio económico, proporcionando abastecimiento energético casi gratuito al edificio.

Si bien es cierto que se requiere aumentar la inversión inicial en la ejecución del edificio, el sobrecoste se recupera al reducir el coste de operación de las instalaciones térmicas, siempre y cuando las instalaciones mantengan el buen estado de uso y mantenimiento con que debieron ejecutarse. Sin embargo, se ha constatado que estas instalaciones no siempre proporcionan la energía que se preveía cuando se diseñaron. En algunos casos por defectos de diseño o ejecución pero en la mayor parte de los casos por deficiencias en el mantenimiento por desistir el titular de reparar las instalaciones tras una avería.

Al margen del perjuicio medioambiental evidente que supone dejar de utilizar una energía que calienta sin generar emisiones, la infrutilización de la inversión en instalaciones solares térmicas, que han sufragado los ciudadanos, para disponer de una fuente de energía gratuita sería de escasa racionalidad económica.





Guía sobre Energía Solar Térmica

Por eso es muy importante que los agentes involucrados en el diseño, ejecución y mantenimiento de las instalaciones solares térmicas sean escrupulosos en su tarea y participen junto con la administración regional en la difusión de las ventajas de su utilización. Así, en colaboración con la administración, se debe cambiar la percepción bastante extendida entre los ciudadanos que ven a las instalaciones solares como una imposición más de la abundante regulación vigente pero que no aprecian los beneficios que le proporcionan. Muestra de ello es que incluso se han llegado a recibir solicitudes de comunidades de propietarios en edificios de viviendas para que se permita prescindir de la producción solar de agua caliente sanitaria.

De este modo, para que la regulación impuesta por la administración tenga éxito es necesaria la participación dinámica de los agentes privados. A ellos les corresponde tanto el emprender nuevas actuaciones de fomento de las energías renovables como el dar a conocer los beneficios que proporciona el buen uso de las existentes en el sector de la edificación, puesto que, al margen de los beneficios para el conjunto de la sociedad, pueden suponer una importante oportunidad de negocio.

No tiene sentido, por tanto, que gran parte de los habitantes de edificios que disponen de producción solar de agua caliente sanitaria desconozcan su existencia y, menos aún, que no se les informe del ahorro económico, además de las ventajas medioambientales, que supone su utilización. El informe anual de seguimiento energético de estas instalaciones, al que obliga la regulación, debe ser una herramienta publicitaria en manos de las empresas mantenedoras para dar a conocer los efectos beneficiosos de su tarea en lugar de un simple papel más dentro de la documentación de la instalación.

De este modo, las empresas de mantenimiento deben migrar de la vieja concepción de su labor correctiva hacia las nuevas vías de negocio que se abren en la operación y mantenimiento de los sistemas, sobre todo teniendo en cuenta el creciente coste del abastecimiento energético. Cada vez más se requerirá la participación de *Empresas de Servicios Energéticos* que hagan operar la instalación de la manera más eficiente y garanticen una mayor rentabilidad para sus usuarios y para el conjunto de la sociedad, gracias a los ahorros energéticos y de emisiones contaminantes que se consigan.

Esto no se conseguirá a golpe de imposición administrativa, sino gracias al impulso de los agentes privados que mejor sepan adaptarse y vender la energía como un producto elaborado, que incluya el aprovisionamiento de las fuentes de energía, su transformación y su mantenimiento y gestión, sin olvidar un aspecto fundamental que en ocasiones se deja de lado: la orientación al cliente de la actividad.



2

TIPOLOGÍA DE LAS CONFIGURACIONES DE LAS INSTALACIONES



2.1. INTRODUCCIÓN

En este capítulo se establece, para las instalaciones solares de producción de agua caliente sanitaria, la denominación de los sistemas y circuitos que se van a utilizar a lo largo de la Guía, las posibles configuraciones a emplear, los criterios para su selección y los criterios adicionales para completar los esquemas de principio.

Los tipos de configuraciones recogidos en esta Guía corresponden a esquemas suficientemente experimentados y contrastados, y su adecuada utilización producirán instalaciones solares fiables. No obstante, no es suficiente con una correcta selección de la configuración para garantizar el buen funcionamiento.

Pueden existir otras configuraciones, si bien para su implantación generalizada se requerirá verificar previamente su fiabilidad, analizar condiciones y estrategia de funcionamiento, así como definir los criterios de integración de componentes.

No se incluyen en esta Guía configuraciones en sistemas directos ni configuraciones con circulación natural.

La memoria de diseño especificará la configuración seleccionada de entre las que figuran en este capítulo con las posibles variantes y las consideraciones adicionales necesarias.

De la selección de la configuración se deduce la información que es necesaria complementar de todos los sistemas y circuitos que la componen.



2.2. SISTEMAS Y CIRCUITOS DE LAS INSTALACIONES

En el caso más general, las instalaciones solares térmicas para producción de agua caliente sanitaria pueden estar constituidas por 7 sistemas básicos y 2 sistemas de interconexión.

Los sistemas básicos son: captación, el grupo de cuatro sistemas de intercambio y/o acumulación, apoyo y consumo.

Los sistemas de interconexión son los circuitos hidráulicos y el de control.

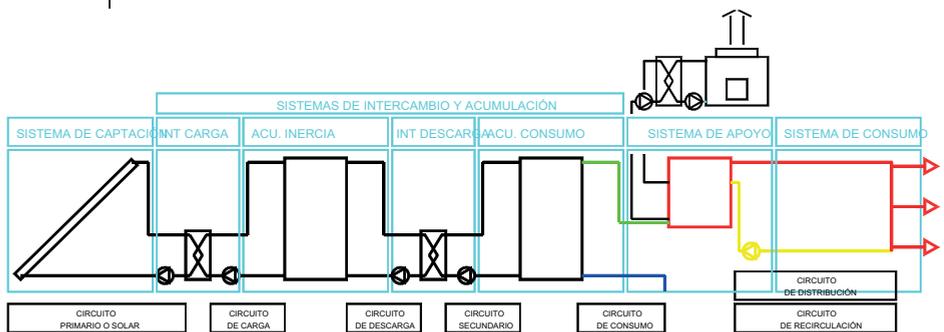


Figura 2.1

El sistema de captación se encarga de transformar la radiación solar incidente en energía térmica aumentando la temperatura de un fluido de trabajo.

Los sistemas de intercambio realizan la transferencia de calor entre el fluido de trabajo que circula por el circuito primario y el agua de consumo. Se pueden distinguir:

- Intercambio solar, de calentamiento o de carga.
- Intercambio de enfriamiento o de descarga. Cuando no existe acumulación de consumo, el intercambio de descarga se denomina intercambio de consumo.

Los sistemas de acumulación almacenan la energía térmica hasta que se precise su uso. Pueden ser:

- Acumulación de inercia.
- Acumulación de consumo.

El sistema de apoyo complementa el aporte solar suministrando la energía adicional necesaria para cubrir el consumo previsto.

El sistema de consumo está constituido por el conjunto de equipos y componentes a través de los cuales se materializa la demanda de agua caliente sanitaria; básicamente está constituido por la grifería y aparatos sanitarios que se utilizan para proporcionar el servicio de agua caliente sanitaria.

El sistema de interconexión está constituido por todos los circuitos hidráulicos, que son los conjuntos de tuberías, con su aislamiento, accesorios, bombas, válvulas, etc. que interconectan los distintos sistemas y que, mediante la circulación de fluidos, producen la transferencia de calor. Se pueden distinguir hasta siete tipos de circuitos hidráulicos:

- Circuito primario o solar.
- Circuito de calentamiento o de carga del sistema de acumulación de inercia.
- Circuito de enfriamiento o de descarga del sistema de acumulación de inercia.
- Circuito secundario o de calentamiento del sistema de acumulación de consumo.
- Circuito de consumo.
- Circuito de distribución.
- Circuito de recirculación.

El sistema de control aplica las estrategias de funcionamiento y de protección organizando el arranque y parada de bombas, las actuaciones de las válvulas de tres vías y cualquier otra actuación electro-mecánica que se prevea.

La generalización de sistemas y circuitos planteada, aunque inicialmente puede complicar la tipología de las configuraciones de instalaciones para agua caliente sanitaria, posteriormente va a simplificar el acoplamiento de los sistemas de piscinas y calefacción.





Guía sobre Energía Solar Térmica

Las distintas configuraciones que se describen a continuación van a estar definidas, por un lado, por las alternativas que se presentan para los sistemas de intercambio y acumulación y, por otro, con las alternativas que se plantean cuando parte de los sistemas de la instalación son múltiples y que son normalmente aplicados a edificios multivivienda.

2.3. DENOMINACIÓN DE LAS CONFIGURACIONES

A los efectos de esta Guía, las configuraciones de las instalaciones se denominarán a partir de los siete sistemas que lo componen.

Cada uno de los sistemas se define por un número que, asignado al mismo, significa:

- 0 si no lo lleva.
- 1 si lo lleva y es único.
- 2 si lo lleva e integra dos sistemas en uno: acumulador con intercambiador incorporado.
- 3 si lo lleva e integra más de dos sistemas: acumulador con 2 intercambiadores.
- M si lo lleva y es un sistema múltiple.

Por tanto, cada configuración queda descrita por un número de 7 cifras que puede contener los dígitos 0, 1, 2, 3 y la letra M. Los dígitos de la denominación se agrupan en 3 grupos separados por puntos:

- El primer dígito podrá empezar por 1 o por M en función de que el sistema de captación sea único o múltiple. Posteriormente se analizan las condiciones que deben cumplir los sistemas de captación en ambos casos.
- Los cuatro dígitos intermedios describen los sistemas de intercambio y acumulación.
- Los últimos dos dígitos describen los sistemas de apoyo y de consumo.

En el sentido captación-demanda, cuando uno de los sistemas es múltiple, el resto de sistemas hasta el sistema de demanda, también son múltiples.



Después de definida la configuración, se definen los circuitos correspondientes cuyo diseño viene impuesto por las necesidades de interconexión de los sistemas

2.4. TIPOLOGÍA DE LAS CONFIGURACIONES DE LAS INSTALACIONES

2.4.1 Con intercambiadores independientes

Las configuraciones básicas de las instalaciones de energía solar para producción de agua caliente sanitaria disponen de una única alimentación de agua fría. El agua se precalienta en la parte solar de la instalación y posteriormente pasa al sistema de apoyo.

Para definir las posibles configuraciones se mantienen los sistemas de captación y los sistemas de apoyo y consumo, y se analizan las formas de los sistemas de intercambio y acumulación.

De todas las configuraciones posibles, deben descartarse las soluciones que dan como resultado sistemas no incluidos en esta Guía (sistemas directos y sistemas sin acumulación) y deben eliminarse aquellas en las que el acumulador de inercia y el intercambiador de descarga no estén acoplados.

Las tres configuraciones posibles son las siguientes:

- S1: 1.1001.11 con acumulador de agua sanitaria.
- S2: 1.1110.11 con acumulador de inercia.
- S3: 1.1111.11 con acumuladores de inercia y agua caliente.

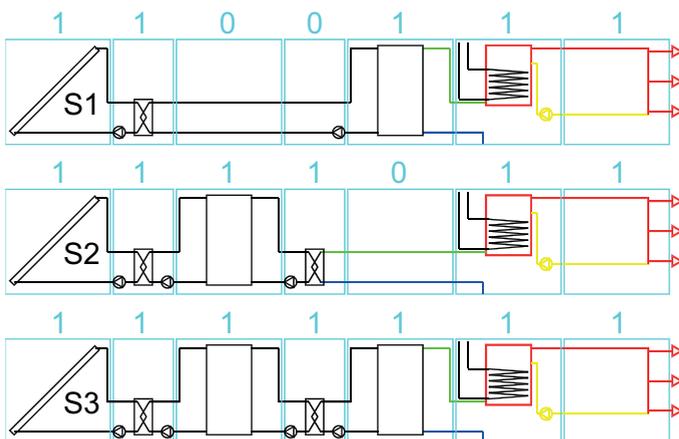


Figura 2.2



La simplificación de utilizar el acumulador de inercia en el circuito primario (sin intercambiador de carga) se podrá realizar en condiciones especiales que posteriormente se analizarán y describirán.

En los sistemas con doble acumulación (de inercia y de consumo), y a los efectos de definición básica de la configuración no se establecen diferencias entre las capacidades y prestaciones de ambos sistemas.

2.4.2 Instalaciones con interacumuladores

Un acumulador con intercambiador independiente y su correspondiente circuito con bomba se puede transformar en un interacumulador.

Con los mismos criterios analizados anteriormente, se definen las posibles configuraciones manteniendo los sistemas de captación y de apoyo y estudiando las formas del sistema de intercambio y acumulación.

En este caso, resultan las mismas configuraciones bases:

- S4: 1.0002.11 con interacumulador de agua sanitaria.
- S5: 1.0300.11 con interacumulador de inercia.
- S6: 1.0202.11 con interacumuladores de inercia y de agua caliente.
- S7: 1.0301.11 con interacumulador de inercia y acumulador de agua caliente.

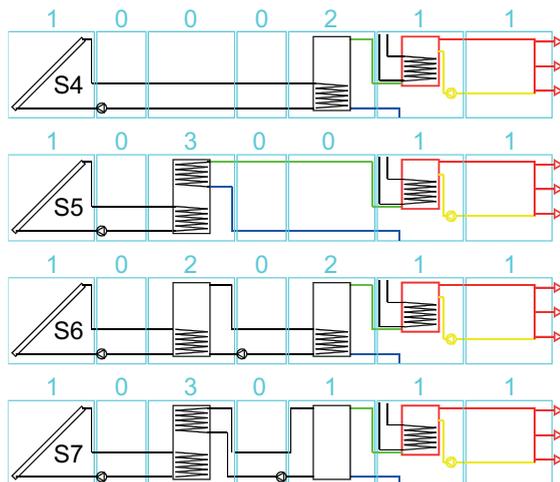


Figura 2.3.



En este caso, para la configuración de doble acumulación aparecen dos opciones en función de si el interacumulador de descarga se incorpora en el acumulador de inercia o en el de consumo.

Análogamente al caso de los acumuladores, la simplificación de utilizar el acumulador de inercia sin intercambiador de carga y directamente acoplado al circuito primario podrá realizarse en condiciones especiales que posteriormente se analizarán y describirán.

2.4.3 Instalaciones con intercambiadores externos e incorporados

Como soluciones mixtas de las anteriores cabe realizar, en una misma instalación, combinaciones de acumuladores e interacumuladores o, lo que es lo mismo, con intercambiadores externos e intercambiadores incorporados, con lo cual el número de configuraciones posibles se amplía.

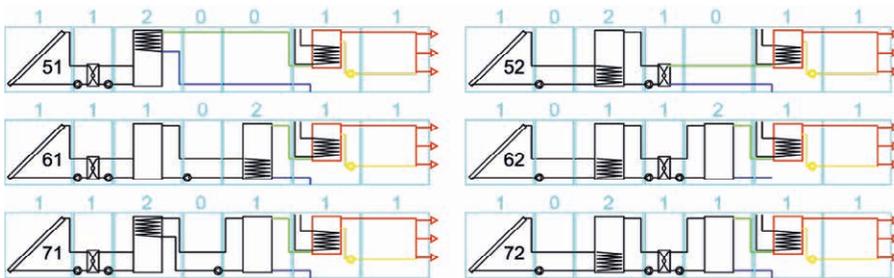


Figura 2.4.

Estos casos en instalaciones con acometida sencilla no se suelen utilizar. Normalmente surgen en las configuraciones de sistemas centralizados y distribuidos que posteriormente se analizarán. Luego, en el caso de instalaciones con acometidas sencillas, se pueden eliminar

2.4.4 Instalaciones con consumo múltiple

El sistema de consumo está constituido por centros de consumo que son las unidades funcionales (aseos, baños, etc.) donde se genera la demanda de agua caliente; estas unidades pueden ser elementales (aseos) o compuestas (viviendas) y pueden pertenecer al mismo usuario (aseos de un hotel o conjunto de aseos de una vivienda) o a distintos usuarios (viviendas en relación con el bloque, etc.).

Cualquiera de las configuraciones anteriormente referidas dispone de una única acometida de agua fría, pero el sistema de consumo puede estar constituido por uno o varios centros de consumo.



Guía sobre Energía Solar Térmica

Las instalaciones con consumo múltiple se refieren a las instalaciones cuando la acometida del circuito de consumo es única y, sin embargo, circuitos de reparto o de distribución son múltiples.

Esto lleva consigo que los sistemas de consumo o los sistemas de apoyo pueden ser múltiples.

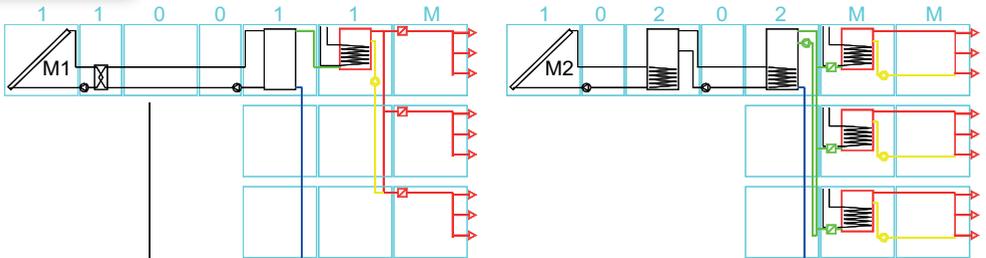


Figura 2.5.

La diferencia entre sistema de consumo múltiple o puntos de consumo radica en la necesidad de controlar los consumos de agua de cada unidad de consumo.

Cualquiera de las 7 configuraciones básicas anteriores, y sus variantes, pueden acoplarse a las instalaciones con sistema de consumo o sistema de apoyo múltiples.

En este caso, acopladas a cualquiera de las configuraciones básicas:

- 1.xxxx.1M con sistema de consumo múltiple.
- 1.xxxx.MM con sistema de apoyo múltiple.

2.4.5 Instalaciones con acometida múltiple

Las instalaciones con intercambio y/o acumulación múltiple surgen de sistemas de consumo de agua individualizados en los que se individualizan o se centralizan el resto de los sistemas que componen la parte solar de la instalación.

En este caso, resultan las siguientes configuraciones:

- M3: 1.000M.MM con acumuladores de agua caliente (de consumo) distribuidos.
- M4: 1.110M.MM con acumulador de inercia centralizado e intercambiador de agua caliente sanitaria distribuido.
- M5: 1.11M0.MM con acumulador de inercia centralizado e intercambiador de descarga distribuido.

- M6: 1.020M.MM con interacumulador de inercia centralizado y de agua caliente sanitaria distribuido.
- M7: 1.02M0.MM: con interacumulador de inercia centralizado e intercambiador de descarga distribuido.



Figura 2.6.

Pueden existir otras configuraciones (como la 1.0M00.MM con acumuladores de inercia distribuidos) pero no se conocen experiencias de funcionamiento.

2.5. TIPOLOGÍA DE INSTALACIONES EN EDIFICIOS MULTIVIENDA

2.5.1 Introducción

Las instalaciones de edificios multivienda presentan unas características especiales que requieren tratamiento diferenciado en relación con las anteriormente referidas.



Guía sobre Energía Solar Térmica

Las distintas configuraciones de instalaciones solares térmicas que se pueden establecer en los edificios multivivienda constituyen un caso particular (y a la vez el más generalizado) de instalaciones múltiples y, con criterios similares a los anteriormente definidos, están relacionadas con el grado de centralización o individualización de los distintos sistemas que las componen en relación con las viviendas que puede atender.

En lo que sigue se hará referencia a la vivienda como centro de consumo, pudiendo extrapolarse los criterios indicados a otras situaciones equivalentes de instalaciones múltiples con las salvedades que sean necesarias.

De todas las configuraciones posibles, en el ámbito de esta Guía se consideran las siguientes:

- Todo centralizado: solar y apoyo centralizado.
- Centralizado con apoyo distribuido: solar centralizado y apoyo individual.
- Con acumulación distribuida: con interacumulador de consumo individual.
- Con intercambiador distribuido: con intercambiador de consumo individual.
- Todo individual, con todos los sistemas distribuidos.

En las instalaciones con el sistema de apoyo distribuido se benefician más del aporte solar los usuarios que consuman en torno al mediodía/tarde que los que consuman por la noche o a la mañana.

Existen otras configuraciones adicionales, que no se consideran en esta Guía:

- Las configuraciones con acumulación de inercia centralizada y con acumulación de consumo distribuida (M4 y M6), cuya utilización no está suficientemente justificada ni desarrollada.
- La posible configuración con acumuladores de inercia distribuidos, ya que no está difundido el uso de acumuladores de inercia de pequeño tamaño.

En las configuraciones de instalaciones de edificios multivivienda, uno de los aspectos más importantes a considerar son las pérdidas térmicas.

2.5.2 Todo centralizado

Existe una única alimentación de agua fría a la instalación solar. Toda la instalación, incluyendo el sistema de apoyo, está centralizada y en ella se realiza la preparación del agua caliente sanitaria. La parte solar de la instalación puede tener cualquiera de las 7 configuraciones básicas anteriormente establecidas.

La acometida de agua llega a la instalación a través de un contador de agua fría situado en la centralización de contadores de la red de abastecimiento cuyo consumo corre a cargo de la comunidad de propietarios del edificio.

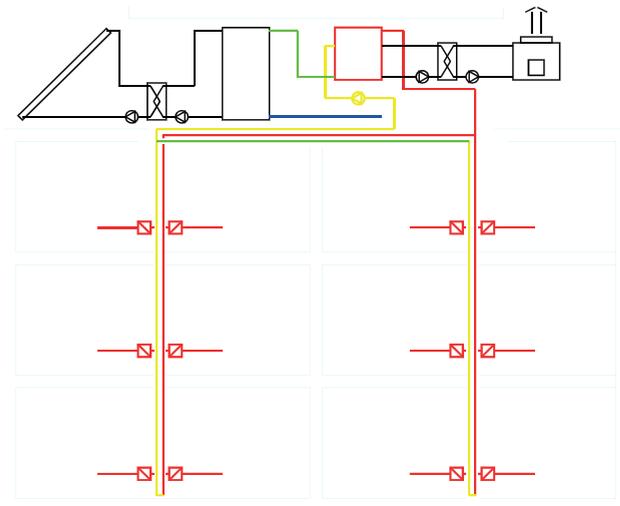
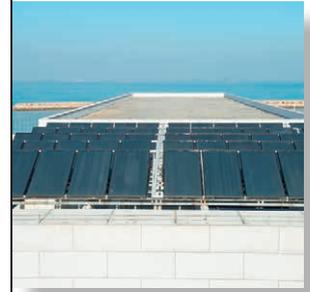


Figura 2.7

El agua precalentada en la parte solar de la instalación pasa al sistema de apoyo, donde, si fuera necesario, se termina de calentar, y mediante el circuito de distribución se pone a disposición de cada una de las viviendas.

En cada acometida a vivienda se debe disponer un contador para el control del consumo de agua caliente y reparto del gasto de agua y energía.

La comunidad de propietarios, que controla todos los gastos de la instalación (amortización, mantenimiento, consumo de agua fría y gasto de energía convencional), debe repercutir todos ellos en el coste del consumo de agua caliente que repercute a cada uno de los usuarios.





Guía sobre Energía Solar Térmica

Normalmente se requiere un circuito de recirculación que permita mantener una temperatura homogénea en todas las acometidas de agua caliente a cada vivienda. El diseño del circuito de recirculación se ha de realizar limitando la disminución de temperatura en todo su trazado.

En esta configuración se centraliza el proceso completo de preparación del agua caliente y la red de distribución de agua caliente suministra a cada vivienda agua caliente dispuesta para su uso.

El diseño de esta configuración, totalmente centralizada, requiere la máxima disponibilidad de espacios comunes tanto para captación y acumulación solar como para el sistema de apoyo. Por el contrario, no requiere ningún espacio para equipos de agua caliente en el interior de la vivienda.

Cada vivienda dispone de dos acometidas y dos contadores, uno para agua fría y otro para agua caliente.

2.5.3 Centralizada con apoyo distribuido

La instalación solar centralizada sólo realiza el precalentamiento del agua y no incluye el sistema de apoyo centralizado sino un sistema de apoyo distribuido o múltiple (configuración M2). Sigue existiendo el contador de agua fría a cargo de la comunidad de propietarios.

La parte caliente del circuito de consumo (que no es el de distribución), y que en esta configuración se puede denominar de reparto, pone a disposición de cada una de las viviendas agua precalentada por la instalación solar.

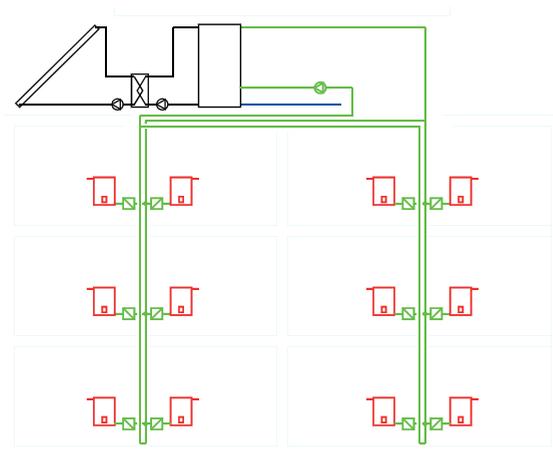


Figura 2.8

Debe existir un contador de agua en la acometida del agua caliente a cada vivienda que, en este caso, contabiliza el caudal de agua precalentada por la instalación solar.

Cada vivienda dispone de un sistema de energía de apoyo individual y su circuito de distribución interior para terminar de preparar y suministrar el agua caliente sanitaria.

En este caso, la comunidad de propietarios controla menos gastos de la instalación que en el caso anterior (amortización, mantenimiento, consumo de agua fría), por lo que debe repercutir todos ellos en el coste del consumo agua caliente de cada uno de los usuarios.

El diseño de este tipo de instalación requiere menos espacios comunes pero necesita ocupar los espacios necesarios en la vivienda para el sistema de apoyo. También deben tomarse en consideración los condicionantes necesarios para su instalación: ventilación, desagües, etc.

Al ser variable la temperatura del agua precalentada, el control del consumo de agua caliente no es proporcional al aporte de la energía solar térmica y puede existir un desigual uso de la instalación solar. Se adopta el criterio de permitir el desigual aprovechamiento porque las diferencias no serán significativas (el mayor gasto debe ser el del agua, que es el que se controla) y, en cualquier caso, indirectamente se puede fomentar el consumo cuando las temperaturas de la instalación solar son más elevadas con lo que se favorece el rendimiento de la misma.

Ello no implica que el proyectista pueda utilizar la opción de instalar un contador de energía en lugar de un contador de caudal para realizar un reparto más preciso. Esta opción tiene la dificultad adicional de no disponer de dos referencias cercanas (entre sí y al contador) para controlar la diferencia de temperatura. Se podría analizar la posibilidad de controlar sobre una temperatura fría fija de referencia o sobre una temperatura ambiente.

En esta configuración es necesario adoptar precauciones especiales para resolver el tratamiento térmico para la prevención de la legionelosis.





2.5.4 Con sistema de acumulación distribuida

Cada vivienda dispone de una única acometida de agua fría procedente de la centralización de contadores. De la red interior de agua fría de la vivienda se extrae la alimentación al sistema de preparación de agua caliente individual que la vivienda dispone.

En cada vivienda se instala un interacumulador solar donde, mediante la instalación solar, se precalienta el agua antes de entrar en el sistema de apoyo que, naturalmente, es individual.

El circuito solar de calentamiento se conecta con cada uno de los intercambiadores de los interacumuladores de cada vivienda y el circuito de distribución de agua caliente, o de reparto de agua precalentada, de los sistemas centralizados se convierte en un circuito cerrado que alimenta los circuitos primarios de los intercambiadores de consumo situados en cada vivienda.

El circuito de calentamiento puede ser directamente el circuito primario de captadores o bien el circuito secundario cuando se incorpore un intercambiador solar para independizar circuitos.

Esta configuración soluciona, como alternativa a las dos configuraciones anteriores de instalaciones con alimentación centralizada, el problema de la medida individualizada del reparto del consumo de agua caliente. No obstante, en algunos casos se puede requerir acometidas de agua, con contador a cargo de la comunidad de propietarios, para alimentar los sistemas de llenado de los circuitos cerrados comunes. Naturalmente, los caudales y consumos de estos circuitos deben ser mínimos.

En el capítulo 5 se analizan las alternativas que surgen con estos sistemas relativas al funcionamiento de circuitos y al diseño de su sistema de control, que pueden analizarse con las dos situaciones extremas que se plantean:

- Control individualizado: cada primario del interacumulador dispone de una válvula automática que elimina la circulación por el mismo cuando se alcanza una determinada temperatura en el interior del correspondiente acumulador.
- Sin sistema de control individualizado: el caudal del circuito de calentamiento siempre está circulando por todos los interacumuladores.

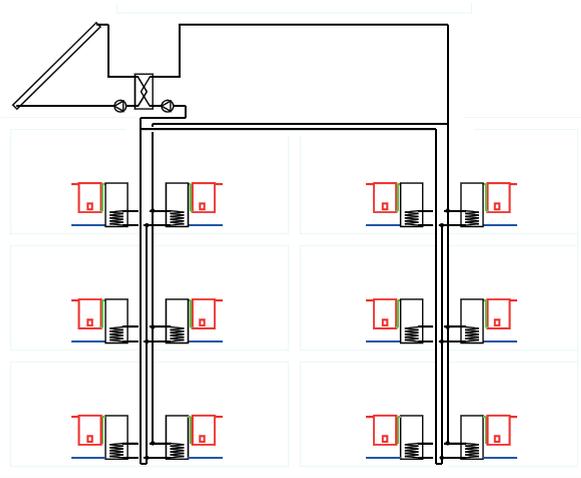


Figura 2.9

Puede existir circulación por interacumuladores que se mantengan calientes porque no tengan consumo, y en este caso se puede robar algo de calor de dicho interacumulador para redistribuirlo con el circuito de reparto. No se considera perjudicial esta situación para el funcionamiento de la instalación solar.

Se pueden plantear diversas soluciones para la estrategia de funcionamiento de las bombas, desde el control de las bombas en función de la diferencia de temperaturas entre la salida y la entrada de captadores solares hasta el control por umbral de radiación solar.

No se considera necesario controlar el consumo de energía térmica de cada vivienda para repercutir el aporte de la energía solar térmica, aunque se entiende que puede existir un desigual uso de la instalación solar. Se adopta el criterio de permitir el desigual aprovechamiento porque las diferencias no serán significativas (el mayor gasto debe ser el del agua, que es el que se controla) y, en cualquier caso, indirectamente se puede fomentar el consumo cuando las temperaturas de la instalación solar son más elevadas, con lo que se favorece el rendimiento de la misma.

En cualquiera de los casos, el circuito de calentamiento únicamente funcionará durante las horas de calentamiento, lo cual es una gran ventaja en relación con las pérdidas térmicas que se pueden producir en el circuito.





Guía sobre Energía Solar Térmica

Es importante controlar las pérdidas térmicas en los acumuladores que pueden ser globalmente significativas.

Los interacumuladores deben estar dimensionados para los consumos de cada vivienda sin considerar las reducciones que afectan al cálculo de componentes centralizados.

Esta configuración requiere importantes espacios en las viviendas debido a las necesidades del acumulador solar y el sistema de apoyo.

Especial precaución debe adoptarse con la ubicación relativa, conexionado y control de cada interacumulador y el sistema de apoyo, de forma que se minimicen encendidos innecesarios.

2.5.5 Con sistema de consumo distribuida

Igual que en la configuración anterior, cada vivienda dispone de una única acometida de agua fría procedente de la centralización de contadores. De la red interior de agua fría de la vivienda se extrae la alimentación al sistema de preparación de agua caliente individual que la vivienda dispone.

En este caso, la instalación solar se encarga de realizar, mediante un intercambiador de calor, un precalentamiento del agua antes de la entrada en el sistema de apoyo en cada una de las viviendas.

La instalación solar se realiza de forma que, desde un acumulador centralizado de inercia, se configura un circuito solar de descarga que conecta a todos los intercambiadores de consumo individuales instalados en cada una de las viviendas.

Esta configuración soluciona, como la anterior y como alternativa a las primeras dos configuraciones de instalaciones con alimentación centralizada, el problema de la medida individualizada del reparto del consumo de agua caliente. Y análogamente, en algunos casos, se puede requerir acometidas de agua, con contador a cargo de la comunidad de propietarios, para alimentar los sistemas de llenado de los circuitos cerrados comunes.

Esta configuración, en relación con la anterior, evita la problemática de espacios ocupados por los interacumuladores descentralizados y,

por el contrario, requiere espacios de zonas comunes para la acumulación centralizada.

En el capítulo 5 se analizan las alternativas que surgen con estos sistemas relativos al control del circuito de descarga, que pueden resumirse en las siguientes:

- De circulación continua para mantener el primario de los intercambiadores de consumo a las temperaturas máximas disponibles en cada instante.
- De funcionamiento discontinuo cuando existe circulación en el circuito de consumo.

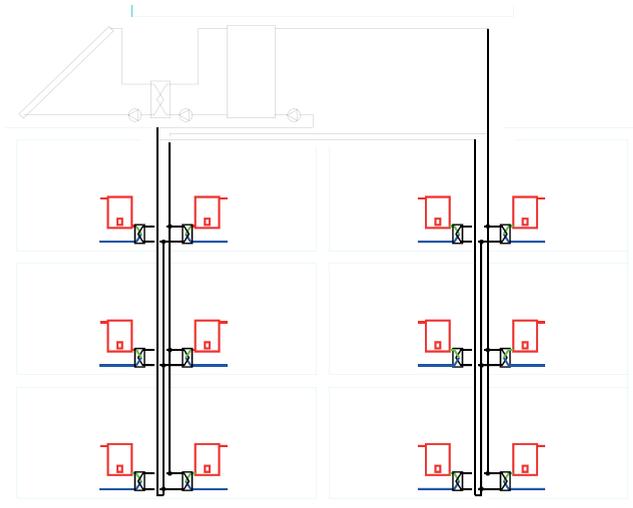
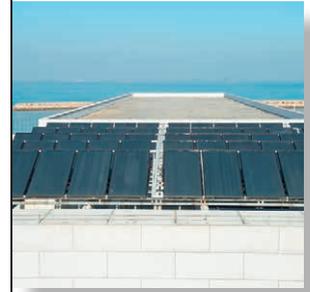


Figura 2.10

En cuanto a las estrategias de funcionamiento de los restantes circuitos las condiciones son similares a las anteriormente expresadas.

Cabe resaltar en este caso la importancia que adquieren las pérdidas térmicas, que son proporcionales a los tiempos de funcionamiento de los circuitos.

Dados los caudales utilizados, hay que resaltar, asimismo, la necesidad de controlar y evaluar el consumo eléctrico de la bomba del circuito de descarga en función de la potencia térmica que se transfiere.





Guía sobre Energía Solar Térmica

Igual que en el caso anterior, no se considera necesario controlar el consumo de la energía solar térmica de cada vivienda para repercutir el aporte de la energía solar térmica.

Los intercambiadores de consumo deben estar dimensionados en función de los caudales punta de cada vivienda.

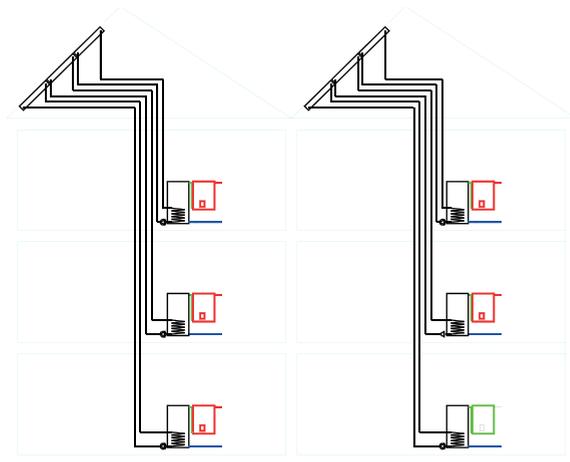
Especial precaución debe adoptarse con el alcance de la recirculación (lo más cercana posible al intercambiador), así como con la ubicación relativa, conexión y control de cada intercambiador y el sistema de apoyo, de forma que se minimicen encendidos innecesarios de éste y las pérdidas térmicas de los circuitos.

2.5.6 Con sistema de consumo distribuida

Un caso particular de instalación con consumo individual lo constituye la configuración todo individual (captación, acumulación y apoyo) que, en determinados casos además de en las viviendas unifamiliares, puede resultar ser una de las opciones más adecuadas.

Son instalaciones individuales que únicamente pueden utilizar un diseño común de una misma estructura de captadores (con circuitos hidráulicos independientes). También puede utilizar trazado y huecos de canalizaciones comunes.

Esta configuración sólo es de aplicación cuando cada agrupación de viviendas por portales, edificios, etc. tenga un número reducido de viviendas (aproximadamente entre 2 y 8).



2.6. SELECCIÓN DE LA CONFIGURACIÓN BÁSICA

Para la selección de la configuración básica no hay un criterio único sino un conjunto de ellos que, considerados globalmente, hacen que se adopten uno u otro tipo de configuración para adaptarse así a las mejores condiciones de cada proyecto en cuestión. El criterio general debería ser reducir el coste de la energía térmica producida.

Algunos criterios generales que deberían siempre tenerse en cuenta no sólo para la selección de la configuración sino durante todo el proceso de diseño y que posteriormente se desarrollan son:

- La seguridad del abastecimiento de agua caliente tanto en los aspectos sanitarios como en la garantía de continuidad en el suministro de agua caliente.
- La fiabilidad del funcionamiento, de forma que la instalación funcione correctamente durante toda su vida útil.
- La optimización del comportamiento de la instalación para que aporte las máximas prestaciones adaptándose a las distintas condiciones de funcionamiento y asegurando el mejor rendimiento posible.

En general, el diseño debería perseguir la simplicidad antes que la complejidad, ya que los sistemas más sencillos son los más fiables porque se sabe lo que funciona o no. La complejidad que se incorpore debe proporcionar mejoras en el comportamiento y las prestaciones.

Como criterios específicos para seleccionar las configuraciones deben distinguirse aquellos que afectan al tipo de acumulador o intercambiador que incorpora:

- Intercambiador incorporado o independiente.
- Acumulador de inercia o de agua caliente.

En relación con el uso de intercambiadores independientes e incorporados, el criterio de selección deberá estar asociado a su tamaño:

- Se recomienda utilizar intercambiadores incorporados al depósito cuando la potencia del intercambiador sea inferior a 7 kW.





Guía sobre Energía Solar Térmica

- Se recomienda utilizar intercambiadores externos al depósito cuando la potencia mínima requerida sea superior a 35 kW.
- En situaciones intermedias, se recomienda utilizar intercambiadores externos cuando el sistema de acumulación esté constituido por más de un depósito.
- Adicionalmente, se deben tener en cuenta los criterios necesarios para mejorar la capacidad de transferencia térmica.

En relación con la selección de acumuladores de inercia o de consumo, los criterios a considerar deben estar asociados a algunos de los aspectos siguientes:

- La temperatura máxima de trabajo de los acumuladores de consumo podrá estar limitada para protección del usuario, de los depósitos de cal o de la resistencia del tratamiento interior, mientras que los de inercia sólo tendrán la limitación de su propia resistencia a la temperatura máxima.
- Las presiones de trabajo de los acumuladores de consumo estarán impuestas por las presiones de la red de alimentación, mientras que las de los acumuladores de inercia pueden diseñarse sin esos condicionantes.
- El acumulador de consumo sólo necesita intercambiador de calentamiento, mientras que el de inercia necesita el de calentamiento y el de descarga.
- Deberán considerarse los costes de inversión y explotación de los sistemas completos.

La utilización de la configuración con acumuladores de inercia y de consumo puede estar justificada, normalmente en el caso de grandes instalaciones, para:

- Reducir los costes de la acumulación de consumo.
- Ajustar el dimensionado del intercambiador de consumo.
- Evitar pérdidas de carga en el circuito de consumo.

La enorme cantidad de configuraciones posibles permite, por un lado, que se disponga de un amplio rango de posibilidades para la optimización de sistemas, desarrollo de nuevas tecnologías e innovación en componentes pero, por otro lado, exige que el proyectista analice y estudie las distintas alternativas posibles para realizar la selección más adecuada.



Sin descartar ninguna de las opciones anteriores, cada una de las cuales presenta sus ventajas e inconvenientes, se hace necesario que el proyectista establezca sus propios criterios y recomendaciones para simplificar el proceso de selección de las configuraciones que más usualmente vaya a utilizar en los proyectos.

En función de todo lo anterior, se recomienda, en base a la aplicación, el ahorro energético global, el rendimiento, el tamaño y el tipo de energía de apoyo, una de las tres configuraciones siguientes:

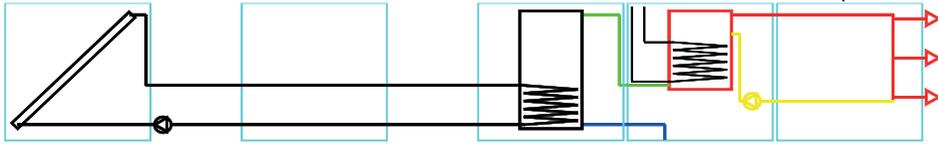


Figura 2.12. Instalación forzada con interacumulador.

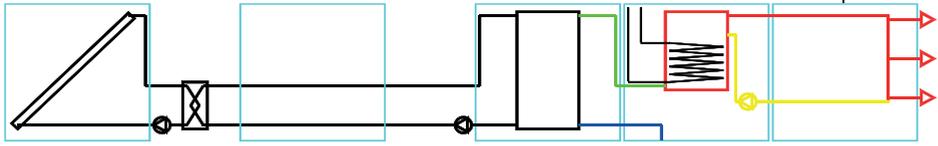


Figura 2.13. Instalación con intercambiador independiente y acumulador de consumo.

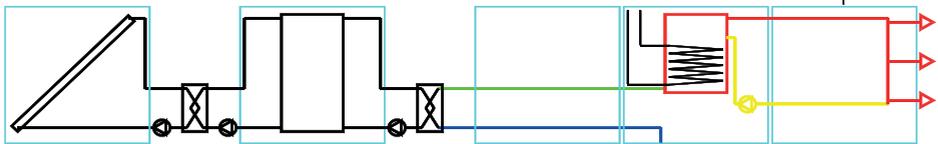


Figura 2.14. Instalación con intercambiador independiente y acumulador de consumo.

2.7. SELECCIÓN DE CONFIGURACIÓN EN EDIFICIOS MULTIVIVIENDA

En este apartado se establecen los criterios a considerar para instalaciones en edificios multivivienda con sistemas múltiples cuyos criterios podrán generalizarse a otras situaciones de sistemas múltiples que no sean de edificios de viviendas.

A efectos de selección de la configuración de la instalación solar de edificios multivivienda, se establecen los criterios comparativos que deberán analizarse para una adecuada evaluación de la solución a adoptar:



Guía sobre Energía Solar Térmica

- La desagregación o no del consumo de agua caliente.
- La centralización o no del sistema de apoyo de agua caliente.
- La concentración para ajustes del dimensionado.
- La ocupación de espacios comunes o en las viviendas.

Es muy importante en los edificios multivivienda tomar en consideración y evaluar correctamente las pérdidas térmicas de la instalación completa.

El sistema de apoyo, si es centralizado, puede formar una única unidad que también requiere un espacio perteneciente a la comunidad y dedicado exclusivamente a esa función. Si el sistema de apoyo consiste en sistemas individuales, cada usuario afronta de forma particular tanto el coste de explotación como la localización del mismo en su vivienda.

En las centralizadas existe una acometida de agua fría desde la centralización de contadores del edificio o portal al sistema de producción de agua caliente desde donde, por parte de la comunidad, se realiza el suministro de agua caliente a las viviendas. Las instalaciones distribuidas e individuales disponen solamente de su propia acometida de agua fría.

Además del grado de centralización, para definir el nivel de centralización de las instalaciones pueden utilizarse concentraciones por portales o por escaleras, para el edificio completo o, incluso, para un conjunto de edificios.

La concentración de consumos por la centralización de las instalaciones de producción de agua caliente permite ajustar el dimensionado de las instalaciones aprovechando la oportunidad de la centralización y de la simultaneidad de consumos.

Además de los captadores solares que, en cualquier caso, necesitan espacios significativos preferentemente dedicados en exclusiva a ellos, los acumuladores centralizados también requieren un espacio comunitario específico, habitualmente en cubierta o en sótano. En el caso de acumuladores individuales, el espacio necesario hay que encontrarlo en cada una de las viviendas. En cualquier caso, los sistemas centralizados siempre ocupan menos espacios y en zonas de menor valor.

En instalaciones centralizadas en acumulación y dado que este sistema es común, se puede utilizar el control diferencial normalizado que compara la temperatura de salida de captadores con la del acumulador. En instalaciones centralizadas en captación e individuales en acumulación, la estrategia de control difiere. Entre las diferentes estrategias se encuentra el control diferencial entre la salida y la entrada de captadores solares.

Se debe considerar la cuantificación y distribución de gastos de agua y/o de energía.

El grado de centralización de la instalación define, por un lado, el nivel de concentración de la inversión y, por otro, la estructura de disgregación de los costes de explotación de la instalación.

A medida que se aumenta el grado de centralización de las instalaciones, los costes de inversión son generalmente inferiores.

Hay que tener en cuenta que los costes más importantes de las instalaciones son:

- Los correspondientes al consumo de energía convencional como energía de apoyo.
- Los de mantenimiento del sistema de producción de agua caliente sanitaria.
- Los de gestión de consumos.

2.8. CRITERIOS ADICIONALES PARA DEFINIR LA CONFIGURACIÓN

2.8.1. Introducción

En este apartado se describen los aspectos que afectan a varios sistemas o a múltiples circuitos y los criterios específicos que afectan a un sistema concreto están incorporados en el apartado específico del capítulo dedicado a diseño de instalaciones.

Además de los criterios anteriores para la selección de la configuración básica de la instalación, otros criterios adicionales deberán tenerse en consideración para la completa definición del esquema de funcionamiento de la instalación:





Guía sobre Energía Solar Térmica

- Seguridad sanitaria.
- Seguridad del suministro.
- Fiabilidad de funcionamiento.
- Optimización del comportamiento.
- Eficiencia energética global.

La seguridad sanitaria de la instalación de agua caliente está relacionada con el requisito de que la instalación no sea perjudicial para la salud humana. Para ello, es imprescindible mantener la potabilidad del agua, no contaminándola con los materiales que puedan estar en contacto con ella y adoptando las medidas necesarias para la prevención de legionelosis.

La seguridad en la continuidad del suministro se refiere a aquellas instalaciones en las que, dependiendo de la aplicación y para garantizar la disponibilidad continua de agua caliente (por ejemplo, en hospitales), puede requerir la duplicidad de sistemas, de circuitos o de algunos componentes.

Relacionada con la fiabilidad que asegure el correcto funcionamiento durante su vida útil, deben considerarse la capacidad de respuesta a las condiciones extremas, las protecciones de la instalación, el control de temperaturas funcionales y la estrategia de control de las configuraciones básicas.

La optimización del comportamiento de la instalación debería tener en consideración la capacidad o flexibilidad para funcionar en distintas condiciones de carga y/o radiación y la variación de los correspondientes rendimientos. En este sentido, cabe resaltar la incorporación de componentes especiales y las posibilidades de configuración de circuitos incorporando válvulas de tres vías.

La eficiencia energética global se refiere a la necesidad de maximizar las prestaciones de la instalación con los mínimos consumos de energías convencionales.

2.8.2. Flexibilidad de los circuitos

Aunque la regla general sea no complicar las instalaciones, en algunos casos se pueden realizar adaptaciones de los sistemas y circuitos con el fin de optimizar su funcionamiento.



Algunas de las actuaciones pueden ser:

- Conexión de sistemas o de componentes con circuitos alternativos.
- Circuitos con caudal variable utilizando bombas de características adecuadas o válvulas de tres vías que mejoren el funcionamiento.

En el circuito primario de dos intercambiadores en serie además del conexionado directo (Caso 1 de la Fig. 2.15), se puede instalar una válvula de 3 vías que permite limitar la temperatura de entrada al primer intercambiador (Caso 2 de la Fig. 2.15), o se puede instalar una válvula de 3 vías que realiza un by-pass del primer intercambiador cuando éste ha alcanzado una determinada temperatura (Caso 3 de la Fig. 2.15). En ambos casos, la válvula de 3 vías estaría gobernada por un termostato (o un control diferencial). El estudio detallado del funcionamiento de las distintas alternativas permitirá la selección de la configuración óptima.

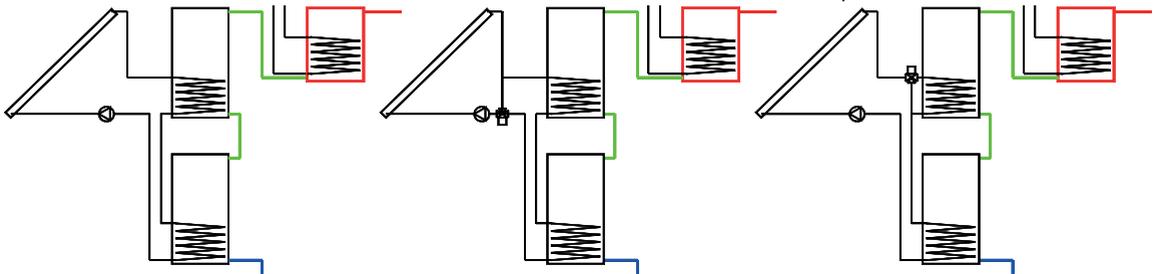


Figura 2.15.

El uso de válvulas de 3 vías para el conexionado de circuitos se puede aplicar:

- V1 – En el circuito primario para considerar la inercia del circuito primario.
- V2 – En el circuito de carga para mejorar la estratificación evitando las mezclas, se puede dirigir a alternativas de carga más cercanas a la temperatura de salida.
- V3 – Circuito secundario para mejorar la estratificación evitando mezclas, se puede dirigir a la parte más cercana a la temperatura de retorno.
- V4 – Circuito secundario idem al de carga para mejorar estratificación.



Guía sobre Energía Solar Térmica

- V5 – Circuitos de consumo y recirculación para seleccionar sistema que se conecta a consumo (apoyo o solar) y al que se retorna (apoyo o acumulación solar).
- V6 – Circuito de consumo caliente para mezclar temperatura de salida solar y proteger el sistema de apoyo o mejorar.
- V7 – Circuito de distribución para mezclar la temperatura de preparación hasta la temperatura de distribución.

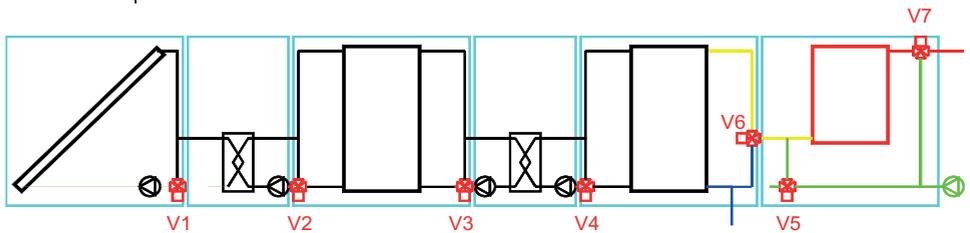


Figura 2.16.

En los sistemas distribuidos también se pueden utilizar, además de las anteriormente referidas, las válvulas que se describen en el capítulo 6 relativas a los circuitos de reparto.

2.8.3. Estrategias de funcionamiento

Con la selección de la configuración básica elegida y los criterios adoptados para completarla se han definido los criterios básicos de funcionamiento que es necesario completar hasta establecer las estrategias de funcionamiento de la instalación completa.

Para definir las estrategias de funcionamiento hay que distinguir y priorizar los siguientes objetivos:

- Atender y satisfacer la demanda.
- Reducir consumos en pérdidas.
- Optimizar el acoplamiento solar-apoyo.
- Maximizar el rendimiento de la instalación solar.

A los efectos de seguridad deberán considerarse los sistemas necesarios para controlar:

- El tratamiento térmico para prevención de legionelosis.
- Las protecciones de la instalación frente a temperaturas máximas.
- La protección contra heladas.

Para conseguir alta fiabilidad y durabilidad deberían diseñarse sistemas de control y de seguimiento que sean sencillos.

2.9. CONFIGURACIONES SINGULARES

2.9.1. Introducción

Se describen en este apartado configuraciones singulares cuyo diseño debería realizarse en condiciones especiales. Podrían destacarse:

- Instalaciones que disponen el acumulador de inercia en el circuito primario (sin intercambiador de carga).
- Instalaciones con sistemas de captación múltiples.

2.9.2. Sistemas de acumulación en primario

El acumulador de inercia en el circuito primario supone que no se va a utilizar anticongelante en el circuito primario, por lo que como sistema de protección antihelada se va a realizar por otros medios admitidos (recirculación o drenaje).

Deberían estudiarse las temperaturas máximas de trabajo del circuito primario para evaluar cómo afecta al volumen completo del circuito.

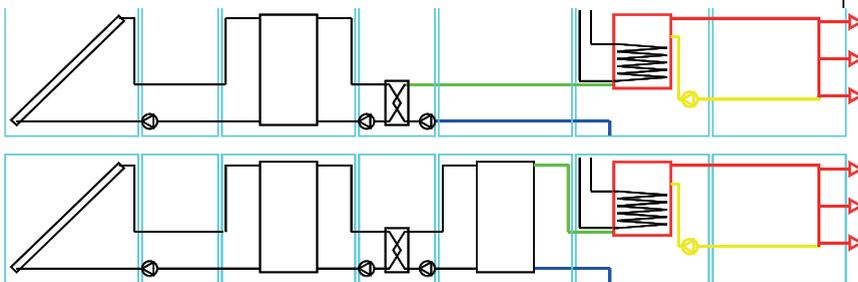
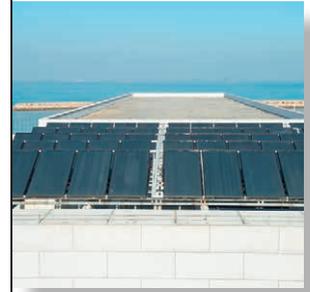


Figura 2.17.

2.9.3. Sistemas de captación múltiple

Las configuraciones de las instalaciones con sistema de captación múltiple están referidas a aquellas que disponen de varios sistemas de captación con condiciones de funcionamiento distintas.





Es importante diferenciar las condiciones de funcionamiento de los sistemas de captación múltiples con las de los grupos o sectores de un único sistema de captación.

La diferencia fundamental es que son muy variables las cantidades de energía incidente a lo largo del día, por lo que las condiciones de funcionamiento de los distintos campos deberían estar continuamente acoplándose durante las horas de funcionamiento.

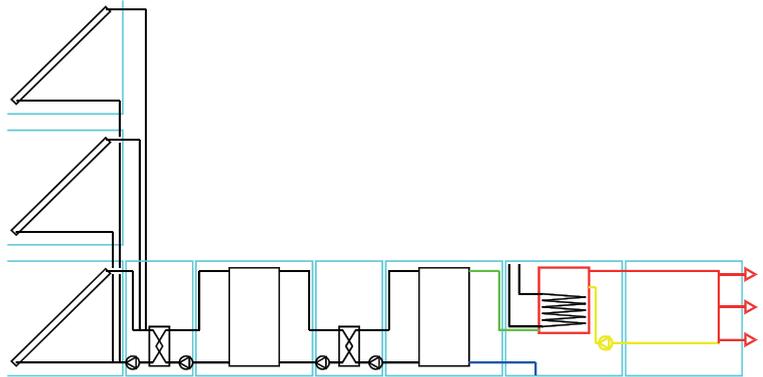


Figura 2.18.

La función de acoplamiento siempre es que la temperatura de salida de todos los campos de captadores sea la misma.

Las diferencias que pueden dar lugar a energía incidente variable, y que deberían existir y cumplir los sistemas de captación para que sean considerados múltiples, están básicamente producidas por sistemas con distinta orientación y/o sistemas con distinta inclinación.

En algunas ocasiones, los efectos de sombras sobre los distintos grupos de captadores pueden producir situaciones semejantes a las de sistemas de captación múltiples que posteriormente se analizarán.

En todos estos casos, resultan configuraciones denominadas del tipo M.1111.11

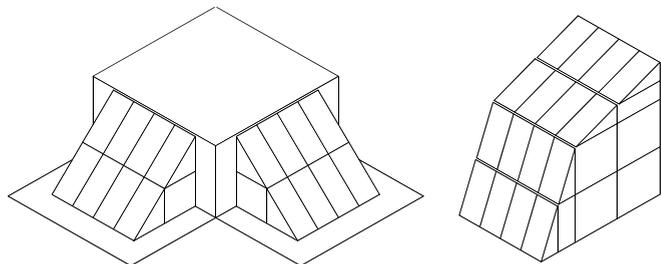


Figura 2.19.

3

DISEÑO



3.1. SISTEMA DE CAPTACIÓN

3.1.1. Generalidades

La memoria de diseño especificará el número de captadores y el modelo seleccionado, así como la orientación e inclinación de los mismos.

Todos los captadores que integren la instalación se recomienda que sean del mismo modelo.

La memoria de diseño también especificará la configuración del campo de captadores, que quedará definida por los siguientes datos:

- Lugar de ubicación de la instalación.
- Distribución del campo de captadores.
- Existencia de sombras.
- Número de baterías.
- Número de captadores por batería.
- Agrupaciones de baterías.
- Sectorización del campo.
- Criterio de equilibrado.
- Caudal de diseño del circuito primario.

A la memoria de diseño se adjuntarán los planos de ubicación de la instalación y, si fueran necesarios, planos de planta, alzado y seccio-



Guía sobre Energía Solar Térmica

nes del edificio incluyendo el campo de captadores con la siguiente información:

- Orientación del edificio y de la instalación.
- Edificios del entorno y su proyección de sombras.
- Elementos del propio edificio y su proyección de sombras.
- Separación entre filas de captadores.
- Configuración de la batería de captadores.
- Conexión entre baterías de captadores.
- Configuración de grupos de baterías.
- Trazado hidráulico del circuito primario.
- Caudales y dimensionado de tuberías del circuito primario.
- Diseño y características de la estructura soporte.

Los resultados del cálculo y el estudio de distribución del campo de captadores procederán de un análisis iterativo de soluciones.

Para el diseño del campo de captadores será necesario tener en consideración los siguientes aspectos:

- Distribución regular de los captadores.
- Sombras arrojadas tanto por obstáculos lejanos y cercanos como entre captadores.
- Agrupación y sectorización adecuada en función del número total de captadores.
- Optimización del trazado hidráulico.

3.1.2. Ubicación y distribución del campo de captadores

El campo de captadores se ubicará en un lugar soleado, accesible y lo más cercano posible al sistema de acumulación. Si el lugar es de

difícil acceso, se deberán tomar las medidas oportunas para facilitar la accesibilidad a los mismos de forma que se facilite su limpieza, mantenimiento y reparación.

Las zonas del edificio donde con más frecuencia se localizará el campo de captadores son:

- Cubiertas planas transitables.
- Cubiertas planas no transitables.
- Cubiertas inclinadas.
- Estructuras construidas expresamente para ubicar el campo de captadores (pérgolas, cubiertas de aparcamiento, etc.). En este caso, y en función del uso o actividades que se desarrollen, será necesario prever un sistema de recogida del agua de condensación en captadores.

El sistema de captación de las instalaciones recogidas en esta Guía estará constituido por captadores con la misma orientación o inclinación. Los sistemas de captación que estén constituidos por varios subcampos requieren condiciones de diseño especiales en el circuito primario y en las estrategias de control.

El campo de captadores se puede distribuir en una o en varias filas que, en cualquier caso, siempre serán rectas y paralelas.

Las filas de captadores se podrán situar sobre un mismo plano o desfasadas en distintos planos paralelos y, en este último caso, separadas entre ellas la distancia necesaria para evitar sombras arrojadas de unas a otras.

3.1.3. Estudio de sombras

Para determinar la influencia de las sombras en el sistema de captación, se recomienda seguir el siguiente procedimiento, con cuatro criterios de control encadenados, que permite determinar la importancia de las sombras, bien para descartar sus efectos o bien para determinar la necesidad de realizar la evaluación de dicho efectos.





Guía sobre Energía Solar Térmica

En relación con las sombras, la disposición del campo de captadores se realizará de forma que se cumplan todos los requisitos geométricos que se especifican a continuación (apartado A).

Cuando no se cumpla alguno de los requisitos geométricos, se evaluará (apartado B) que al mediodía solar del solsticio de invierno no haya más de un 5% de la superficie útil de captación en sombra.

Cuando no se cumplan los requisitos anteriores, se determinarán las pérdidas de la radiación solar global incidente sobre el campo de captadores debidas a todas las sombras. Estas se determinarán de acuerdo con el procedimiento establecido en el apartado C). El cumplimiento del CTE exige que en cualquier caso las posibles sombras sobre el campo de captadores serán tales que las pérdidas sean inferiores a los límites siguientes:

CASO	SOMBRAS
General	10%
Superposición	15%
Integración arquitectónica	20%

En la tabla anterior se consideran tres casos: general, superposición e integración arquitectónica. Se considera que existe integración arquitectónica cuando los captadores cumplen una doble función energética y arquitectónica, y, además, sustituyen elementos constructivos convencionales. Se considera que existe superposición arquitectónica cuando la colocación de los captadores se realiza paralela a la envolvente del edificio.

Cuando se cumpla cualquiera de los criterios anteriores, se considerará que no hay reducción de prestaciones energéticas en relación con el cálculo de la instalación en ausencia de sombras.

En caso contrario, se calcularán las prestaciones energéticas de la instalación teniendo en cuenta el efecto de las sombras (apartado D).

En cualquier caso, sólo el análisis y cálculo detallado de los efectos de las sombras permitirá determinar la influencia de las mismas tanto en las prestaciones globales como en la variación estacional de las mismas.



A) Requisitos geométricos de sombras

La dirección a considerar siempre es la del sur geográfico.

Para las sombras propias, se establece que la distancia, d , entre filas de captadores que tienen una diferencia de alturas, h , entre la parte alta de la fila anterior y la parte baja de la fila posterior, será superior a la obtenida por la expresión:

$$d = k * h$$

donde k es un coeficiente adimensional que se obtiene de la fórmula anterior o de la tabla siguiente en función de la latitud del lugar:

Latitud	29	37	39	41	43	45
K	1,280	1,732	1,881	2,050	2,246	2,475

Para las sombras frontales (obstáculos que en planta forman un ángulo con el sur inferior o igual a 45°), se establece que la distancia, d , entre la parte baja y anterior de una fila de captadores y un obstáculo frontal, que pueda producir sombras sobre la misma, será superior al valor obtenido por la expresión anterior aplicando h a la altura relativa del obstáculo en relación con la parte baja y anterior de la fila de captadores.

Para las sombras laterales (obstáculos que en planta forman un ángulo con el sur superior a 45°) la distancia, d , entre los captadores y los obstáculos laterales que puedan producir sombras sobre la instalación será superior al valor obtenido por la expresión:

$$d = 0,5 * h$$

Donde h es la altura del obstáculo.

Para las sombras puntuales (producidas por cualquier obstáculo distinto a los anteriores), se verificará que ni frontal ni lateralmente se producen sombras sobre el área de apertura de los captadores.

B) Sombras al mediodía solar del solsticio de invierno

La dirección a considerar a los efectos de sombra es la del sur geográfico.



Guía sobre Energía Solar Térmica

Se determinará la altura solar, α , en función de la latitud del lugar, ϕ , y de la declinación solar, δ , que durante el solsticio de invierno tiene un valor de $-23,5^\circ$:

$$\alpha = 90 - (\phi - \delta)$$

Se definirán las proyecciones de sombra sobre la planta de acuerdo con la altura y posición de los obstáculos y con la distribución del campo de captadores.

Se determinarán las superficies de captadores, medidas en planta, que estén en sombra producidas tanto por las sombras propias de unas filas sobre otras como por todos los obstáculos previsibles (frontales, laterales y puntuales).

La ubicación y disposición del campo de captadores se establecerá de forma que la suma de toda la superficie de captadores en sombra, al mediodía solar del solsticio de invierno, sea inferior al 10% del área de apertura del sistema de captación de la instalación.

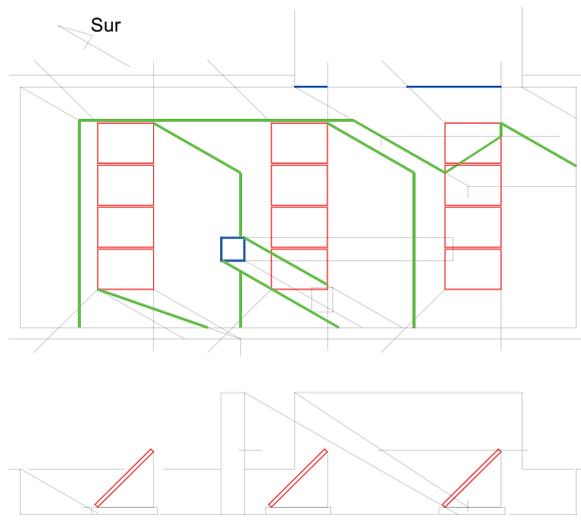


Figura 3.1

C) Pérdidas por sombras de la radiación global incidente

Este apartado describe un método para calcular las pérdidas de radiación solar que experimenta una superficie debido a sombras cir-

cundantes y que se expresan como porcentaje de la radiación solar global que incidiría sobre la mencionada superficie, de no existir sombra alguna.

El procedimiento consiste en la comparación del perfil de obstáculos que afecta a la superficie de estudio con el diagrama de trayectorias del Sol. Los pasos a seguir son los siguientes:

- Localización de los principales obstáculos que afectan a la superficie, en términos de sus coordenadas de posición acimut (ángulo de desviación con respecto al sur) y elevación (ángulo de inclinación con respecto al plano horizontal). Para ello puede utilizarse un teodolito.
- Representación del perfil de obstáculos en el diagrama de la Fig. 3.2, en el que se muestra la banda de trayectorias del Sol a lo largo de todo el año, válido para localidades de la Península Ibérica y Baleares (para las Islas Canarias el diagrama debe desplazarse 12° en sentido vertical ascendente). Dicha banda se encuentra dividida en porciones, delimitadas por las horas solares (negativas antes del mediodía solar y positivas después de éste) e identificadas por una letra y un número (A1, A2, ..., D14).
- Cada una de las porciones de la Fig. 3.2 representa el recorrido del Sol en un cierto periodo de tiempo (una hora a lo largo de varios días) y tiene, por tanto, una determinada contribución a la irradiación solar global anual que incide sobre la superficie de estudio. Así, el hecho de que un obstáculo cubra una de las porciones supone una cierta pérdida de irradiación, en particular aquélla que resulte interceptada por el obstáculo.
- La comparación del perfil de obstáculos con el diagrama de trayectorias del Sol permite calcular las pérdidas por sombreado de la irradiación solar global que incide sobre la superficie, a lo largo de todo el año. Para ello, se han de sumar las contribuciones de aquellas porciones que resulten total o parcialmente ocultas por el perfil de obstáculos representado. En el caso de ocultación parcial se utilizará el factor de llenado (fracción oculta respecto del total de la porción) más próximo a los valores: 0,25, 0,50, 0,75 o 1.



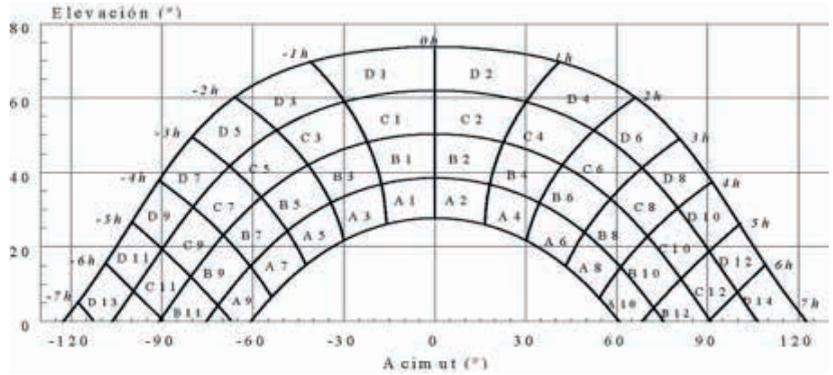


Figura 3.2

D) Cálculo de las prestaciones energéticas con efectos de sombras

En el cálculo de prestaciones de la instalación se incorporarán los efectos de las sombras sobre el campo de captadores.

Se utilizará un método que permita introducir los efectos de las sombras en el cálculo.

3.1.4. Baterías de captadores

Los captadores solares se agrupan formando baterías.

Se denomina batería de captadores a un conjunto de captadores que se comportan como un único captador con un área de captación suma de la de todos los captadores que la componen y con un rendimiento equivalente calculado por la composición de los rendimientos de cada captador en función del tipo de conexionado y del caudal de diseño.

Los captadores de una misma batería podrán estar conectados entre sí en serie, en paralelo o combinando ambos tipos de conexiones.

Los captadores que componen una batería se instalarán sobre una estructura común de apoyo de forma que se garantice que los circuitos hidráulicos internos sean idénticos y se asegure el mismo funcionamiento de las distintas baterías.

La batería de captadores es la unidad de referencia para obtener la disposición definitiva del campo de captadores sobre el edificio.

El fabricante definirá el número de captadores que pueden componer una batería y establecerá las limitaciones funcionales correspondientes. En el caso de captadores conectados en paralelo, garantizará que las diferencias de la temperatura de salida entre los captadores que forman parte de una misma batería serán inferiores al 10%, y para ello, que la diferencia de caudales entre captadores central y extremo debe ser también inferior al 10%.

Para garantizar el criterio anterior de equilibrio interno de caudales en cada batería se verificará que las pérdidas de carga en los circuitos de calentamiento del absorbedor conectados en paralelo sean iguales y equivalente, como mínimo, a un 30% de la pérdida de carga total de la batería.

Para el diseño de las baterías, se seleccionará el número de captadores y se establecerán las condiciones de funcionamiento dentro del rango permitido por el fabricante.

Todas las baterías de un campo de captadores deberían tener el mismo número de captadores y conectados de la misma forma. En el caso de que no sea posible, se arbitrarán las medidas necesarias para que las diferencias de la temperatura de salida y, por tanto, las diferencias de caudales entre baterías sean inferiores al 10%.

3.1.5. Grupos de baterías de captadores

Las baterías de captadores se pueden conectar entre sí formando grupos.

Las baterías de un mismo grupo podrán conectarse entre sí en serie y/o en paralelo.

Todos los grupos de un campo de captadores tendrán el mismo número de baterías y conectadas de la misma forma. En el caso de que no sea posible, se arbitrarán las medidas necesarias para que las diferencias de la temperatura de salida y, por tanto, las diferencias de caudales entre grupos sean inferiores al 10%.

Para facilitar la verificación y realizar un adecuado control de funcionamiento se dispondrán los elementos de medida necesarios para controlar el salto de temperaturas en cada grupo.





Guía sobre Energía Solar Térmica

Todos los grupos que componen un campo de captadores se conectarán entre sí en paralelo, de forma que permitan cumplir el plan de sectorización.

3.1.6. Sectorización del campo de captadores

La sectorización de un campo de captadores se refiere a la organización del mismo a los efectos de fiabilidad, seguridad y mantenimiento de los distintos grupos que lo componen.

Normalmente, la sectorización se plantea para organizar actuaciones en algún componente sin necesidad de interrumpir el funcionamiento de la instalación completa, sino únicamente aislando el grupo afectado.

La sectorización debe permitir independizar a cada grupo del funcionamiento de la instalación completa y, para ello, la conexión hidráulica de cada grupo debe disponer de 2 válvulas de corte, situadas a la entrada y salida del grupo, para interrumpir su conexión.

Deberán tenerse en cuenta las condiciones de presión y temperatura que pueden alcanzarse en un grupo aislado para definir las medidas que deben adoptarse. Como mínimo se instalará, en cada grupo, una válvula de seguridad tarada a la presión necesaria para proteger el circuito aislado.

Adicionalmente, se recomienda prever la posibilidad de realizar un eventual vaciado del grupo y, para ello, se dispondrá la correspondiente válvula de vaciado protegida contra actuaciones indebidas.

Tanto los escapes de la válvula de seguridad como los drenajes de las válvulas de vaciado deberán estar conducidos para proteger la seguridad de las personas. La conducción de los desagües debería ser visible para poder comprobar la salida de fluido y, en caso de evacuación a redes del edificio, deberá verificarse la resistencia de las mismas a la alta temperatura del fluido.

Debería verificarse cómo afecta la eventual desconexión de uno o más grupos al funcionamiento del resto de la instalación y se darán las instrucciones correspondientes en el manual de mantenimiento y operación.

En particular, se revisará la redistribución de caudales para verificar las velocidades de fluido en las tuberías y la influencia del cambio en las condiciones de funcionamiento de las bombas.

El nivel de sectorización de un campo de captadores se define como la proporción del número de captadores de cada grupo al número de captadores total y, naturalmente, es un factor inverso al tamaño del grupo.

Muchas veces el nivel de sectorización depende exclusivamente de la disposición de espacios para el campo de captadores. Otras veces es posible la selección del nivel de sectorización, que es una solución de compromiso entre la fiabilidad de funcionamiento y las necesidades de mantenimiento.

La fiabilidad de funcionamiento está afectada:

- Si hay un único grupo la fiabilidad de funcionamiento queda condicionada al mismo.
- Si hay muchos grupos y no se tiene constancia del funcionamiento de cada grupo, puede dejar de funcionar alguno de ellos y no ser detectado.

Las necesidades de mantenimiento:

- Si hay un único grupo no hay muchos componentes en la instalación, pero se requiere intervención inmediata, ya que toda la instalación puede estar completamente parada.
- Si hay muchos grupos habrá muchos componentes dispersos, pero la desconexión de un grupo no afecta mucho al funcionamiento.

En función del tamaño se pueden realizar las siguientes recomendaciones:

- Para instalaciones de tamaño inferior a 7 kW (10 m²), se recomienda no disponer de ninguna sectorización y que el sistema de captación esté constituido por un único grupo.
- Para instalaciones de tamaño comprendido entre 7 y 70 kW (de 10 a 100 m²), se recomiendan niveles de sectorización desde el 50% hasta el 20% (de 2 a 5 grupos) en proporción al tamaño del campo.





Guía sobre Energía Solar Térmica

- Para instalaciones de tamaño superior a 70 kW (100 m²), se recomienda que el nivel de sectorización no sea inferior al 10% (10 grupos).

3.1.7. Trazado hidráulico del circuito primario

El trazado hidráulico del circuito primario es una parte de los circuitos hidráulicos de la instalación, por lo que le serán de aplicación todas las especificaciones sobre los mismos recogidos en este y otros capítulos.

El trazado hidráulico define el recorrido de tuberías del circuito primario en el campo de captadores, de forma que se optimice la evacuación de calor del mismo y se cumplan los requisitos de seguridad, fiabilidad y funcionalidad que se hayan establecido.

El trazado hidráulico garantizará una distribución equilibrada de los caudales por todos los grupos, baterías y captadores del campo, y una minimización de las pérdidas térmicas.

El equilibrado hidráulico se alcanzará cuando las diferencias de la temperatura de salida y, por tanto, las diferencias de caudales entre captadores, baterías y grupos sean inferiores al 10%.

Para garantizar el criterio de equilibrado se verificará que las pérdidas de carga en los grupos de baterías, que estarán conectados en paralelo, sean iguales y equivalentes, como mínimo, a un 30% de la pérdida de carga total del circuito.

Para obtener un circuito equilibrado se podrá utilizar:

- Ramal del circuito (de ida o de retorno) invertido, para obtener recorridos hidráulicos iguales por todos los lazos del campo.
- Válvulas de equilibrado u otras válvulas de control de caudal, en cada lazo para forzar y regular las pérdidas de carga necesarias.

Para minimizar las pérdidas térmicas asociadas a la circulación del fluido en el circuito primario, el trazado hidráulico se realizará:

- Ajustando los caudales de circulación que permite reducir las secciones de tuberías.

- Reduciendo la longitud total del trazado.
- Priorizando al trazado corto del tramo caliente.

En general, el diseño del trazado hidráulico respetará los ejes principales del edificio y del campo de captadores.

Los sistemas que trabajen con caudales variables en el primario deberán disponer de los elementos hidráulicos o de diseño oportunos para mantener el equilibrado entre los diferentes grupos de captadores.

3.1.8. Estructura soporte

A la memoria de diseño se adjuntará la documentación necesaria para definir las características y detalles constructivos de la estructura soporte justificando el cumplimiento del CTE-SE Seguridad Estructural.

La estructura soporte de captadores se diseñará y calculará para resistir las sobrecargas de viento y nieve y otras posibles acciones de acuerdo con lo indicado en la normativa vigente.

El diseño y construcción de la estructura y el sistema de fijación de captadores permitirá las necesarias dilataciones térmicas sin transmitir cargas que puedan afectar a la integridad de los captadores o al circuito hidráulico.

El diseño de la estructura tendrá en cuenta los ángulos de orientación e inclinación especificados para el sistema de captación.

El diseño de la estructura se realizará considerando las necesidades de facilitar el montaje, un eventual desmontaje y acceso a los captadores.

La estructura soporte se diseñará y construirá teniendo en cuenta las especificaciones del fabricante de captadores.

En el caso de instalaciones integradas en cubierta, se tendrán en cuenta las técnicas usuales en la construcción de cubiertas.

Los topes de sujeción de captadores y la propia estructura no arrojarán sombra sobre los captadores.

Los apoyos de la estructura no impedirán la correcta evacuación de agua.





3.2. SISTEMA DE ACUMULACIÓN

3.2.1. Generalidades

De la selección de la configuración resulta el sistema de acumulación que incorpora la instalación solar:

- Centralizado o distribuido.
- De inercia o de agua caliente sanitaria.
- Soluciones mixtas, combinación de las anteriores.

Para cada una de las soluciones se requiere distinto tipo de definición e información, tal como se indica.

La memoria de diseño especificará el volumen total del sistema de acumulación y su distribución en número y capacidad (volumen útil) en los distintos tipos de acumuladores que pueden componer la instalación.

Para cada uno de los tipos de acumuladores seleccionados, la memoria de diseño especificará (ver ficha de componente), además:

- Su ubicación: exterior o interior.
- Disposición: vertical u horizontal.
- Material de construcción y protección interior si procede.

El diseño del sistema de acumulación tendrá en cuenta la normativa vigente que le sea aplicable.

Adicionalmente, se recomienda el empleo de medidas, tanto en el diseño del acumulador como de su conexionado, que favorezcan la estratificación de temperaturas en el interior de los mismos.

El diseño y cálculo de la estructura para apoyo y soporte del sistema de acumulación debe cumplir la reglamentación vigente y, en cualquier caso, debe ser diseñada por un técnico competente.



3.2.2. Acumulación centralizada

Desde el punto de vista del comportamiento térmico se recomienda que el sistema de acumulación solar esté constituido por un único depósito, de configuración vertical y que esté situado en el interior.

Por razones de fiabilidad de la instalación o por razones de espacios disponibles, la instalación solar podrá disponer de más de un acumulador y éstos deberían ser iguales entre sí.

La conexión de los acumuladores permitirá la desconexión individual de los mismos sin interrumpir el funcionamiento de la instalación.

Cuando el sistema de acumulación está formado por varios acumuladores, estos deberían conectarse, si no existen otros condicionantes, en serie. Esta forma de conexión funciona como un único acumulador de volumen la suma de todos los volúmenes y altura la suma de alturas de cada uno de los acumuladores, y aumenta la estratificación de temperaturas.

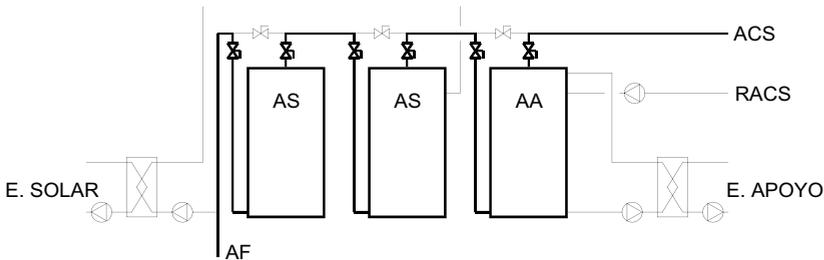


Figura 3.3

El conexionado en serie se realiza con los circuitos de carga y descarga o los de calentamiento y consumo en serie invertida.

Es factible el conexionado en paralelo siempre que los circuitos primario y secundario estén equilibrados.

3.2.3. Prevención legionelosis

Las instalaciones de producción de agua caliente que requieran el tratamiento térmico a temperatura elevada (70 °C) de los acumuladores y circuitos de agua caliente sanitaria para la prevención de la legionelosis deben estar preparadas para hacerlo.



Guía sobre Energía Solar Térmica

Su diseño y definición dependerá de la normativa sanitaria que le sea de aplicación, que definirá el procedimiento en función del riesgo de la aplicación, del diseño de la parte solar y del sistema de apoyo convencional.

Aunque se pueden plantear otras soluciones, lo normal es considerar el conexionado de la acumulación solar con el circuito del sistema de apoyo de forma que se permita realizar el tratamiento térmico periódico que se exija utilizando recirculación y enclavamiento con el sistema de apoyo, de forma que cuando se haga el tratamiento del sistema de apoyo se haga el de la instalación completa.

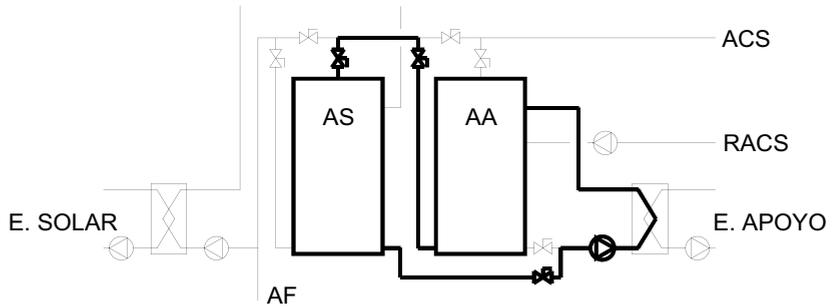


Figura 3.4

En algunos casos, y siempre que se reúnan las condiciones necesarias, se puede realizar el tratamiento térmico de los acumuladores solares utilizando exclusivamente como fuente de energía térmica el sistema de captación, de forma que, sin consumo, se alcancen en los acumuladores solares las temperaturas necesarias.

En los acumuladores de inercia, donde el fluido acumulado no es agua caliente de uso sanitario, el tratamiento térmico no es necesario.

3.2.4. Recirculación de consumo contra acumulador solar

En los circuitos de distribución que tienen largos recorridos de tuberías hasta los puntos de consumo, se instalan los circuitos de recirculación o de retorno para reducir los tiempos de espera y los consumos de agua.

El circuito de recirculación no debe interferir en el funcionamiento de la instalación solar y, para ello, el retorno de agua caliente, que

se ha enfriado por las pérdidas térmicas después de salir del sistema de apoyo, debe realizarse sobre el acumulador del sistema de apoyo siempre que este sistema esté activo.

Si este retorno tuviera lugar sobre el acumulador solar, se podría calentar éste con la energía de apoyo y disminuir, además, el rendimiento de la instalación solar debido al menor rendimiento del sistema de captación solar cuando la temperatura de entrada a captadores aumenta.

No obstante lo anterior, en algunos casos, y sobretodo en pequeñas instalaciones cuyo servicio no sea crítico, en las que exista un conexionado directo entre la instalación solar y el circuito de distribución/consumo se puede realizar la recirculación sobre el acumulador solar.

El aporte de la instalación solar puede ser suficiente para abastecer la demanda requerida cuando la temperatura de la instalación solar sea superior a la de consigna del apoyo y el sistema de apoyo pueda permanecer desconectado.

Esta situación permite evitar que se consuma el combustible del sistema de apoyo, ya que permanece desconectado, siendo la instalación solar quien se encarga exclusivamente de satisfacer la demanda de energía requerida y combatir las pérdidas térmicas de la red de distribución.

En general, el consumo térmico que lleva implícito una determinada demanda de agua caliente, fundamentalmente en lo que afecta a las pérdidas en el circuito de distribución y en el sistema de acumulación, podría combatirse, también parcialmente, con la instalación solar, siempre que se establezcan las condiciones de diseño y de funcionamiento apropiadas.

3.2.5. Instalaciones con acumulación distribuida

En los sistemas con acumulación distribuida de edificios multiviviendas se utilizarán interacumuladores individuales en cada vivienda.

El interacumulador se colocará en disposición vertical y preferentemente se ubicará en espacios interiores y próximo al sistema de apoyo para reducir las pérdidas térmicas y mejorar la eficiencia del sistema completo.





Guía sobre Energía Solar Térmica

El volumen de cada acumulador dependerá del consumo nominal de cada vivienda y será definido de acuerdo con la fracción solar objetivo y la temperatura de diseño. Se recomienda, para una fracción solar superior al 60% y temperatura de consumo a 45 °C, utilizar los valores establecidos en la tabla siguiente:

TAMAÑO (Nº DORMITORIOS)	OCUPACIÓN (PERSONAS)	CONSUMO DIARIO (LITROS/DÍA)	ACUMULACIÓN MÍNIMA (LITROS)
1	1,5	60	50
2	3	120	100
3	4,5	180	150
4	6	240	200
5	7,5	300	250
6	9	360	300
7	10,5	420	350
8	12	480	400

La suma del volumen de todos los acumuladores será igual al volumen resultante en la memoria de diseño. Para el cumplimiento del CTE deberá satisfacerse la condición:

$$50 < V/A < 180$$

Siendo:

V: Volumen total de acumulación (litros).

A: Suma de las áreas de los captadores (m²).

El circuito de consumo que conecta en serie el sistema de acumulación con el sistema de apoyo y las redes de acometida de agua fría y de distribución de agua caliente se realizará de la forma más sencilla y directa posible.

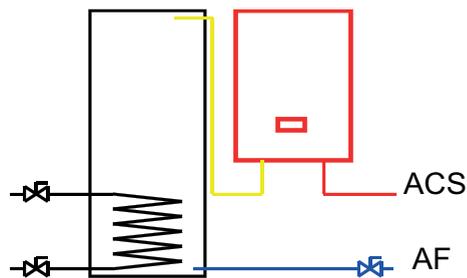


Figura 3.5

El circuito de descarga o de calentamiento se conectará con el intercambiador mediante sendas válvulas de corte que, preferentemente, deberían ser accesibles desde el exterior de la vivienda.



Los circuitos de calentamiento podrán diseñarse de caudal constante o de caudal variable.

Los circuitos de caudal constante podrán realizarse sin ningún tipo de control en el interacumulador o con una válvula de tres vías que evite el enfriamiento del interacumulador cuando la temperatura de éste es mayor que la temperatura del circuito.

Los circuitos de caudal variable se realizan con control mediante válvula de dos vías en los circuitos del primario del intercambiador y deberá preverse un *by-pass* que garantice un caudal mínimo en el circuito.

Las redes de tubería de los sistemas con caudal constante tienen superiores diámetros, mayores pérdidas térmicas y rotura de estratificación que los sistemas de caudal variable. Por el contrario, tienen la simplificación del control y regulación del circuito.

El caudal de los circuitos debería estar asociado a la potencia de captación y el caudal de circulación será el necesario para garantizar un correcto intercambio térmico en los interacumuladores y debería garantizar la correcta distribución del caudal por todos ellos.

El correcto equilibrado de los circuitos requiere, además de un caudal mínimo y la necesaria autoridad hidráulica del intercambiador con una pérdida de carga significativa (del orden del 30%) en relación con el circuito de calentamiento, el diseño de las redes con circuitos invertidos y válvulas de equilibrado o reguladores de caudal, tanto para las verticales como para los circuitos horizontales de reparto.

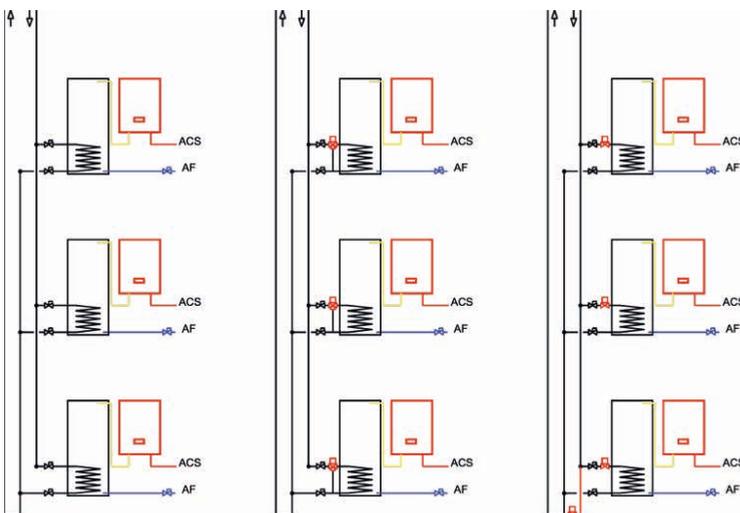


Figura 3.6



Guía sobre Energía Solar Térmica

En esta configuración deberían cuidarse especialmente las pérdidas térmicas de los acumuladores y, con el fin de reducirlas al valor mínimo posible, se preferirá la ubicación en espacios interiores, utilizando el espesor de aislamiento adecuado, evitando todos los puentes térmicos de soportes y valvulería, así como evitando circulaciones indeseadas.

3.3. SISTEMA DE INTERCAMBIO

3.3.1. Generalidades

De la selección de la configuración resulta el sistema de intercambio que incorpora la instalación solar, que podrá ser:

- Independiente o incorporado al acumulador.
- Solar (de calentamiento o de carga) o de consumo (de enfriamiento o de descarga).
- Centralizado o distribuido.
- Soluciones mixtas, combinación de las anteriores.

Para cada una de las soluciones se requiere distinto tipo de definición e información, tal como se indica a continuación.

La memoria de diseño especificará la potencia de intercambio mínima requerida y la adecuación de la selección del intercambiador al rango de potencia.

3.3.2. Criterios de diseño y selección de intercambiadores

La selección de un tipo u otro de sistema de intercambio se realizará en base a los criterios técnico-económicos del proyectista, que debería analizar en cada caso y dejar reflejado en la memoria de diseño.

En relación con el uso de intercambiadores independientes o incorporados, se recomienda utilizar:

- Intercambiadores incorporados cuando la potencia sea inferior a 7 kW.

- Intercambiadores independientes cuando la potencia sea superior a 35 kW.
- Intercambiadores independientes cuando, en situaciones intermedias, el sistema de acumulación esté constituido por más de un depósito.

En relación con el uso de intercambiadores de calentamiento o de enfriamiento o de ambos, va asociado a la configuración básica seleccionada y a los criterios de acumulación, como ya se indicó en el capítulo 2.

Para evitar incrustaciones calcáreas, en cada caso se estudiará la dureza y el contenido en sales del agua de consumo para la selección de las temperaturas de funcionamiento de los intercambiadores, y se recomienda, cuando sea necesario, limitar a 50 °C la de entrada del primario.

3.3.3. Intercambiadores independientes centralizados

De la selección de la configuración básica y del tamaño de la instalación y del tipo de aplicación resultan las condiciones de diseño del sistema de intercambio que debería incorporar la instalación solar.

La instalación del intercambiador se complementará con los criterios que se especifican a continuación:

- Se dispondrán válvulas de corte en todas las bocas de los intercambiadores.
- Se dejarán previstos los elementos necesarios para su desmontaje y limpieza: válvulas de purga y de desagüe entre las válvulas de corte y las bocas del intercambiador.
- Si la potencia mínima requerida es superior a 70 kW, se recomienda la instalación de puentes manométricos en primario y secundario.

El soporte y la ubicación del intercambiador deberían permitir el desmontaje de las placas cuando éstas sean desmontables.



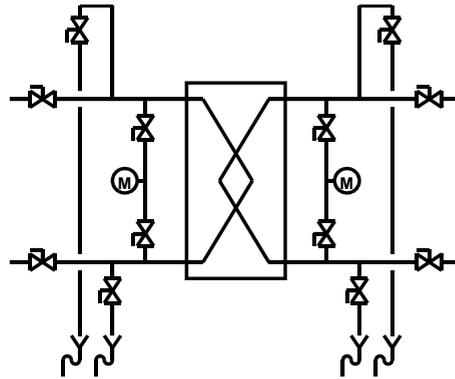


Figura 3.7

Para sistemas de intercambio de potencia superior a 350 kW, se recomienda el montaje de dos intercambiadores en paralelo.

Los intercambiadores deberían quedar térmicamente aislados.

3.3.4. Intercambiadores independientes distribuidos

Los intercambiadores independientes distribuidos son intercambiadores de consumo cuya selección y diseño va asociado a las características del sistema de consumo.

El circuito de consumo que conecta al intercambiador con el sistema de apoyo y las redes de acometida de agua fría y de distribución de agua caliente se conectarán en serie y de la forma más sencilla y directa posible.

El circuito de descarga se conectará con el intercambiador mediante sendas válvulas de corte que, preferentemente, deberían ser accesibles para facilitar posibles operaciones de mantenimiento tanto del circuito de descarga como del intercambiador distribuido.

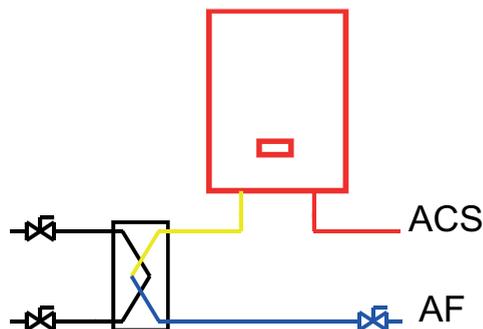


Figura 3.8

El circuito de descarga podrá diseñarse de caudal constante o de caudal variable.

Los circuitos de descarga de caudal constante podrán realizarse sin ningún tipo de control en los intercambiadores, aunque esta solución debería quedar restringida a instalaciones con un número reducido de intercambiadores (inferior a 8).

Los circuitos de descarga con caudal variable se realizan con control en los circuitos del primario del intercambiador mediante una válvula de 2 vías todo-nada o de acción proporcional que interrumpirá la circulación por el circuito primario del intercambiador en función del caudal del circuito de consumo.

Las redes de tubería de los sistemas con caudal constante tienen superiores diámetros, mayores pérdidas térmicas y rotura de estratificación que los sistemas de caudal variable. Por el contrario, tienen la simplificación del control y regulación del circuito.

Si los circuitos se diseñan con caudal constante, deberían considerarse los siguientes aspectos:

- Los caudales de diseño cumplirán lo especificado en el capítulo 4.
- Los circuitos estarán completamente equilibrados.

El caudal de este circuito deberá estar asociado a la potencia total de intercambio y los circuitos deberán tener la capacidad térmica necesaria para cubrir la máxima demanda prevista del conjunto de intercambiadores funcionando en simultáneo. Deberá evaluarse el consumo eléctrico asociado a la bomba circuladora de este circuito, y a estos efectos, preferentemente, deben diseñarse circuitos de caudal variable.

El correcto equilibrado de los circuitos requiere, además de un caudal mínimo y la necesaria autoridad hidráulica del intercambiador con una pérdida de carga significativa (del orden del 30%) en relación con el circuito de calentamiento, el diseño de las redes con circuitos invertidos, válvulas de equilibrado o reguladores de caudal, tanto para las verticales como para los circuitos horizontales de reparto.



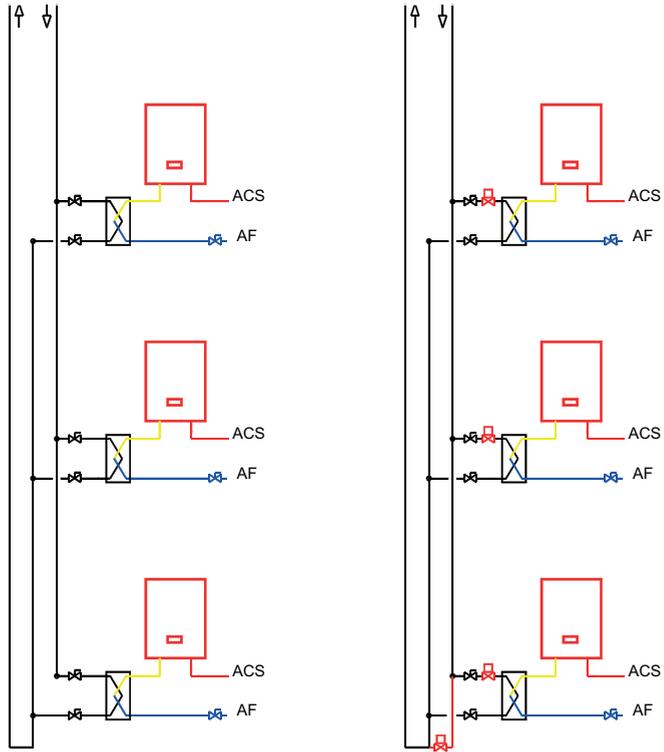


Figura 3.9

La longitud de la conexión desde el tramo colectivo del circuito de descarga al intercambiador será lo más corta posible para garantizar la disponibilidad inmediata de agua caliente. Cuando la longitud del tramo individual sea superior a 2 metros, se recomienda instalar un by-pass realizado con tubo capilar en la entrada del circuito primario del intercambiador, con caudal suficiente para compensar las pérdidas térmicas y asegurar una temperatura de entrada mínima.

En cualquiera de los casos se cuidarán especialmente las pérdidas térmicas con el fin de reducirlas, considerando:

- El espesor de aislamiento.
- Los puentes térmicos de soportes y valvulería.
- La necesidad de ajustar los tiempos de funcionamiento del circuito.
- Las circulaciones indeseadas o incontroladas.

Los intercambiadores distribuidos se instalarán preferentemente en espacios interiores y próximos al sistema de apoyo para reducir las pérdidas térmicas y mejorar la eficiencia del sistema completo.

En instalaciones con dureza de agua elevada deben adoptarse precauciones especiales (usando descalcificadores o mediante limitación de temperaturas de intercambio) o se evitará el uso de estos intercambiadores.

3.4. CIRCUITO HIDRÁULICO

3.4.1. Generalidades

La memoria de diseño incluirá el esquema de línea de la instalación, el caudal de diseño seleccionado, el dimensionado de tuberías y sus componentes y la especificación del aislamiento térmico.

El esquema de línea de la instalación especificará, sobre planos a escala, la ubicación de los captadores solares, acumuladores, intercambiadores, bombas, válvulas, vasos de expansión, sistema de apoyo y el trazado de tuberías de todos los circuitos de la instalación.

El esquema de línea de la instalación tendrá el grado de definición necesario para efectuar los cálculos de dimensionado de los circuitos.

El esquema de línea de la instalación especificará el material y las secciones de tuberías, y el caudal nominal que circula a través de ellas.

Los trazados de tuberías de todos los circuitos de la instalación se realizarán de forma que se garanticen los caudales de diseño en todos los componentes y se minimicen las pérdidas térmicas de la instalación completa.

Para el conexionado de componentes en paralelo se realizarán circuitos equilibrados. Se podrá utilizar:

- Ramal del circuito (de ida o de retorno) invertido, para obtener recorridos hidráulicos iguales por todos los lazos.





Guía sobre Energía Solar Térmica

- Válvula de equilibrado en cada lazo para forzar y regular las pérdidas de carga necesarias.

La elección de un sistema u otro tendrá en consideración las pérdidas térmicas de los circuitos, las pérdidas de carga generadas y las estrategias de mantenimiento.

Para garantizar el criterio de equilibrado se verificará que las pérdidas de carga en los grupos de baterías, que estarán conectados en paralelo, sean iguales y equivalentes, como mínimo, a un 30% de la pérdida de carga total del circuito.

Para minimizar las pérdidas térmicas asociadas a la circulación del fluido en los distintos circuitos, el trazado hidráulico se realizará:

- Ajustando los caudales de circulación, lo cual permite reducir las secciones de tuberías.
- Reduciendo la longitud total del trazado.
- Priorizando al trazado corto del tramo caliente.

En general, el trazado hidráulico respetará los ejes principales del edificio y no se realizarán trazados sinuosos. Debería concebirse en fase de diseño un circuito hidráulico de por sí equilibrado que no genere una pérdida de carga excesiva.

3.4.2. Bombas

La memoria de diseño especificará los caudales de diseño y las pérdidas de carga de todos los circuitos, así como el tipo, modelo y características eléctricas de las bombas.

Se utilizarán bombas en línea, de rotor húmedo o rotor seco, dependiendo del diseño funcional del circuito.

Las bombas se situarán en las zonas más frías del circuito.

Siempre que sea posible, las bombas en línea se montarán en tramos de tubería verticales, evitando las zonas más bajas del circuito.

Para cumplir el CTE, en instalaciones con potencia nominal de captación superior 35 kW (50 m²), se montarán dos bombas idénticas en paralelo, una de reserva, en cada uno de los circuitos. Se preverá el funcionamiento alternativo de las mismas, de forma manual o automática.

Se utilizarán válvulas antirretorno en la impulsión de las bombas cuando se monten bombas en paralelo. Cuando se utilice una única bomba por circuito, la válvula antirretorno se podrá situar en cualquier lugar del mismo.

Se utilizarán válvulas de corte a la entrada y a la salida de cada bomba para permitir su mantenimiento.

3.4.3. Sistema de expansión

La memoria de diseño especificará las características del sistema de expansión previsto para absorber la dilatación del fluido en cada uno de los circuitos y evitar que la presión supere los máximos previstos.

Se utilizará un sistema de expansión independiente en cada uno de los circuitos cerrados de la instalación. Se recomienda utilizar también un sistema de expansión en el circuito de consumo.

Los sistemas de expansión sólo podrán ser cerrados.

Preferentemente, el ramal de conexión del sistema de expansión se conectará en la parte más fría de los circuitos.

Se recomienda ubicar el sistema de expansión del circuito primario de forma que se facilite la salida de fluido de los captadores por las tuberías de entrada y salida. Se debe asegurar que el sistema antirretorno no impida que el fluido desplazado alcance al sistema de expansión.

El ramal de conexión del sistema de expansión del circuito primario tendrá la capacidad necesaria para que la disipación de calor durante la fase de expansión evite que el fluido de trabajo llegue al sistema de expansión a una temperatura superior a la de diseño de sus componentes.





Guía sobre Energía Solar Térmica

Para ello, el ramal estará constituido por un tramo de tubería sin aislamiento que puede ser aleteada o intercalar un depósito no aislado que disponga de la superficie de evacuación o la capacidad de acumulación necesaria para que el fluido llegue al sistema de expansión con una temperatura inferior a la máxima que pueda soportar.

Junto a los sistemas de expansión se dispondrán, al menos, una válvula de seguridad y un manómetro.

Los sistemas de expansión se ubicarán preferentemente en zonas protegidas de la radiación solar.

3.4.4. Valvulería

A) Válvulas de corte

En instalaciones de potencia superior a 70 kW, se utilizarán las válvulas de corte necesarias para poder realizar operaciones de mantenimiento en los componentes más importantes sin necesidad de realizar el vaciado completo de la instalación y sin necesidad de que deje de funcionar.

Para ello, se instalarán válvulas de corte:

- A la entrada y salida de cada sector del campo de captadores.
- A las entradas y salidas de los acumuladores, intercambiadores y bombas.
- A la entrada y salida del circuito de distribución de agua fría y caliente.
- A la entrada y salida de la instalación solar para poder aislarla del sistema de apoyo.

Para ello, se deberían haber dejado previstas las válvulas de corte para los circuitos de by-pass necesarios para mantener la instalación en funcionamiento.

En instalaciones de tamaño inferior a 7 kW, se instalarán las válvulas de corte imprescindibles para facilitar las operaciones de mantenimiento.

En instalaciones de tamaño comprendidos entre 7 y 70 kW, se instalarán las válvulas de corte para facilitar las operaciones de mantenimiento en las condiciones previstas.

En cualquier caso, siempre se dispondrá una válvula de corte en la acometida de agua fría a la instalación.

B) Válvulas de seguridad

Se instalará, como mínimo, una válvula de seguridad en cada uno de los circuitos cerrados de la instalación.

Adicionalmente, se instalará una válvula de seguridad en:

- Cada uno de los sectores del campo de captadores.
- Cada uno de los acumuladores.

En relación con la presión de tarado de la válvula de seguridad principal del circuito primario, se deberán utilizar presiones de tarado superiores en las válvulas de seguridad ubicadas dentro de las sectorizaciones del campo de captadores con el fin de priorizar una descarga principal en caso de sobrepresión.

La instalación se realizará mediante un ramal conectado a la parte más fría del circuito y próximo a los sistemas de expansión correspondiente.

La posición de las válvulas de seguridad y la conducción del escape deberían garantizar que, en caso de descarga, no se provoquen accidentes o daños.

C) Válvulas de retención

Se instalará válvulas de retención en:

- La acometida de agua fría.
- Para evitar circulaciones naturales indeseadas.
- En cada una de las bombas para la conmutación automática.





Guía sobre Energía Solar Térmica

- En el circuito de recirculación para evitar que funcione como circuito de distribución.

Las válvulas de retención garantizarán un determinado nivel de hermeticidad para el máximo nivel de presión diferencial que se pueda establecer.

D) Válvulas de equilibrado

Se instalarán válvulas de equilibrado para introducir pérdidas de carga adicionales en determinados componentes o subsistemas con el fin de:

- Equilibrar circuitos en paralelo.
- Aumentar la autoridad de elementos.
- Para mantener la misma pérdida de carga de los dos lazos del circuito cuando se utilicen válvulas de 3 vías en circuitos de caudal constante.

Serán automáticas cuando así se establezca en proyecto.

Debería prestarse especial atención a las temperaturas máximas de las válvulas de equilibrado próximas a los captadores y que deben soportar la temperatura máxima correspondiente.

E) Válvulas de vaciado

Se instalarán válvulas de desagüe que permitan el vaciado total y parcial de la instalación con los mismos criterios que se parcializa o zonifica la instalación según se establece en el apartado A).

Las válvulas de vaciado estarán conducidas, de forma visible, hasta la red de drenaje del edificio.

Las tuberías de drenaje dispondrán de las pendientes necesarias para que no pueda retener líquido en todo su recorrido.

3.4.5. Sistema de llenado

El diseño del sistema de llenado se realizará según la IT 1.3.4.2.2 del RITE.



Los circuitos cerrados deberían incorporar un sistema de llenado manual o automático que permita llenar el circuito y mantenerlo presurizado.

Cuando los circuitos requieran anticongelante, deberían incluir un sistema que permita preparar la mezcla para, posteriormente, introducirla en el circuito de forma manual o automática.

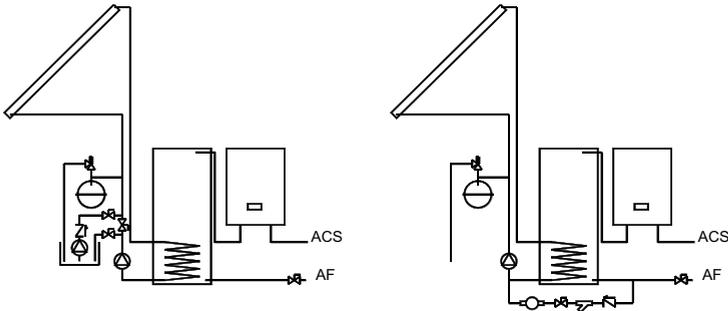


Figura 3.10

3.4.6. Purga de aire

Si junto con el fluido caloportador interior de los circuitos existe aire, se pueden reducir las características termoconductoras de los mismos y si aquel no se elimina, se puede ir acumulando en los puntos altos de los circuitos y reducir o incluso anular el caudal de circulación.

Para evitar los problemas de aire en los circuitos es necesario evitar su entrada y facilitar su evacuación.

El aire en el interior de los circuitos puede proceder:

- Del existente anterior al llenado con líquido.
- Del que puede entrar por cualquier elemento que se encuentre en depresión con respecto a la presión atmosférica.
- Del que viene disuelto en el agua o fluido.

El existente anterior al llenado con líquido solamente se extraerá cuando la instalación esté correctamente realizada y el procedimiento de llenado esté expresamente definido.

Cuando entra aire por cualquier elemento que pueda estar en depresión con respecto a la presión atmosférica suele ocurrir algún fallo



Guía sobre Energía Solar Térmica

de la instalación (vaso de expansión, sistema de llenado, válvula de seguridad, etc.) que debe subsanarse.

El que viene disuelto en el agua o fluido de alimentación puede desprenderse a medida que aumenta la temperatura pero no es significativo en relación con los dos anteriores.

Para facilitar la expulsión del aire es importante que en los circuitos haya la menor cantidad posible de sifones invertidos y que los trazados permitan la mejor evacuación del aire.

El sifón invertido es un trazado hidráulico que exige una circulación descendente del fluido y, si no tiene velocidad suficiente, puede no arrastrar el aire. Cuando se forme un sifón invertido se colocará un sistema de purga de aire en el punto más desfavorable del sifón.

A los efectos de mantenimiento, interesa reducir el número de puntos donde evacuar aire.

Habrá que cuidar los trazados horizontales de tubería para que tengan una pendiente mínima del 1% en el sentido de circulación.

Los sifones más característicos y habituales de las instalaciones solares son los puntos altos de la salida de las baterías de captadores. Cuando así ocurra, se colocarán sistemas de purga de aire constituidos por botellines de desaireación y purgador manual.

El volumen útil de cada botellín tendrá un volumen mínimo que será de 10 cm^3 por m^2 de captador. Este volumen podrá disminuirse si en el circuito correspondiente se instala un desaireador con purgador automático.

Cuando se instalen purgadores automáticos de aire, siempre se instalarán con una válvula de corte que permita cortar su conexión con los circuitos para evitar problemas si se produce la vaporización del fluido de trabajo.

Los acumuladores deberían disponer también de un sistema de purga en la zona más alta.

3.4.7. Tuberías

En la memoria de diseño se especificarán los tipos de tuberías y los diámetros máximo y mínimo de cada circuito.

Los soportes de tuberías cumplirán con lo establecido en la norma UNE 100152.

Se utilizarán los elementos necesarios para absorber las dilataciones de las tuberías según se recoge en la norma UNE 100156.

3.4.8. Aislamiento térmico

En la memoria de diseño se especificarán los tipos, espesores y acabado de los aislamientos.

Todas las tuberías, accesorios y componentes de la instalación se aislarán para disminuir las pérdidas térmicas en los circuitos.

Con carácter general, se aislarán todas las tuberías.

El aislamiento no dejará zonas visibles de tuberías o accesorios, quedando únicamente al exterior los elementos que sean necesarios para el buen funcionamiento y operación de los componentes.

No se aislarán los vasos de expansión ni el ramal de conexión entre el vaso de expansión y la línea principal del circuito.

Se aislarán todos los acumuladores e interacumuladores de la instalación.

Se aislarán todos los intercambiadores independientes salvo que existan especificaciones en contra por problemas de incrustaciones calcáreas o cuando el fabricante lo haya incorporado a un subsistema de la instalación.

3.5. SISTEMA DE APOYO

3.5.1. Generalidades

Las instalaciones de energía solar dispondrán de un sistema de apoyo que, alimentado por otra fuente de energía, permita asegurar la continuidad en el suministro de agua caliente sanitaria.

El diseño de los sistemas de apoyo no es objeto de esta Guía pero se toma en consideración, dado que un mal diseño o un inadecuado funcionamiento del mismo puede tener efectos muy perjudiciales en las prestaciones de la instalación solar.





Guía sobre Energía Solar Térmica

La memoria de diseño especificará la configuración elegida, el tipo de energía, la capacidad de acumulación secundaria y las especificaciones mínimas del equipo generador de calor y su sistema de regulación.

La configuración del sistema de apoyo podrá ser cualquiera de las utilizadas en los sistemas convencionales de preparación de agua caliente sanitaria: con acumulación o instantáneo, centralizado o distribuido.

El sistema de aporte de energía de apoyo siempre dispondrá de un termostato de control sobre la temperatura de preparación que, respetando la normativa vigente que le sea de aplicación, se encontrará tarado al menor valor posible. Este requisito no será de aplicación a los calentadores instantáneos de gas no modulantes.

El funcionamiento del sistema de apoyo se realizará cuando sea estrictamente necesario, de manera que se dé prioridad al calentamiento de agua mediante los captadores solares.

El sistema de energía de apoyo no se podrá incorporar en el acumulador solar según establece el CTE.

Cuando el sistema de energía de apoyo sea eléctrico, la potencia correspondiente vendrá limitada por la reglamentación vigente.

3.5.2. Tipo de sistema de apoyo

A) Sistemas centralizados

Los sistemas de apoyo centralizados utilizan instalaciones comunes para un conjunto de usuarios o de puntos de consumo y se encargan de preparar el agua caliente que posteriormente se distribuye.

En este caso son comunes las instalaciones y los consumos del combustible de apoyo, distribuyéndose el agua caliente que en determinados casos ha de ser necesariamente contabilizada.

Los sistemas de apoyo centralizados sólo son acoplables a instalaciones solares centralizadas.

La utilización de sistemas instantáneos o de acumulación no afecta, en principio, a la instalación solar aunque, cuando se analicen con más detalle las condiciones de diseño y acoplamiento, se verán las ventajas e inconvenientes de cada solución.

B) Sistemas individuales

Los sistemas de apoyo individuales preparan el agua caliente para cada usuario, o punto de consumo, de manera que son independientes tanto las instalaciones como los consumos de energía asociados.

Los sistemas de apoyo individuales son acoplables a instalaciones solares de cualquier tipo, sean centralizadas o individuales.

Como sistemas individuales instantáneos se suelen utilizar calentadores instantáneos o calderas mixtas. El requisito fundamental, que no siempre se cumple, a efectos de optimizar el funcionamiento de la instalación solar, es que permitan la regulación de la temperatura a la salida del calentador mediante reducción proporcional del consumo de combustible. Este requisito es exigido por el CTE en su ámbito de aplicación.

Como sistemas individuales de acumulación se utilizan termos eléctricos o acumuladores acoplados a calderas. El propio diseño de los sistemas de acumulación lleva implícito que dispongan de regulación de la temperatura de preparación.

Los sistemas de calentamiento instantáneos que utilizan válvulas mezcladoras para proteger al equipo o al usuario de temperaturas elevadas reducen significativamente el caudal de consumo que evacua el calor de la instalación solar, por lo que penaliza el rendimiento y las prestaciones energéticas de la misma.

3.5.3. Formas de acoplamiento del sistema de apoyo

A) Acoplamiento en serie

Mediante este conexionado se consigue que el agua destinada a consumo sea calentada inicialmente por la instalación solar y, en segundo lugar, es el sistema de apoyo quien se encarga, cuando sea necesario, de realizar el calentamiento final hasta la temperatura deseada.

El acoplamiento en serie permite que todo el agua que va a ser preparada pase previamente por la instalación solar, con lo cual se evacua toda la energía disponible en la misma y se maximizan las prestaciones energéticas de la instalación solar. En esta situación, debe destacarse la importancia de ajustar la temperatura de preparación por la influencia que tiene en el caudal que pasa por la instalación solar.





El acoplamiento siempre debería disponer de un by-pass de conexión que permita no interrumpir el suministro de agua caliente para las operaciones de mantenimiento de las instalaciones.

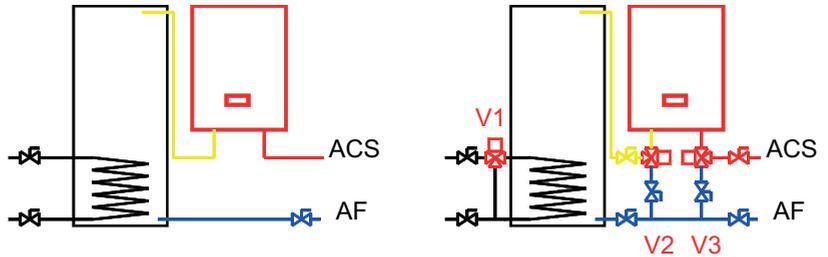


Figura 3.11

B) Acoplamiento en paralelo

El abastecimiento de agua caliente al consumo se realiza, opcionalmente, desde el sistema de apoyo o desde la instalación solar. Para dar el servicio adecuado, esta forma de acoplamiento requiere que el acumulador solar disponga de la temperatura de preparación mínima establecida. Cuando la temperatura del acumulador solar desciende del valor de consigna asignado, la conexión debe conmutarse al sistema de apoyo. En este tipo de acoplamiento resulta necesario manipular, manual o automáticamente, la conexión de ambos sistemas.

Se utilizará exclusivamente en instalaciones muy pequeñas, normalmente de edificios existentes, donde la conexión en serie obligaría a largos trazados de conexión.

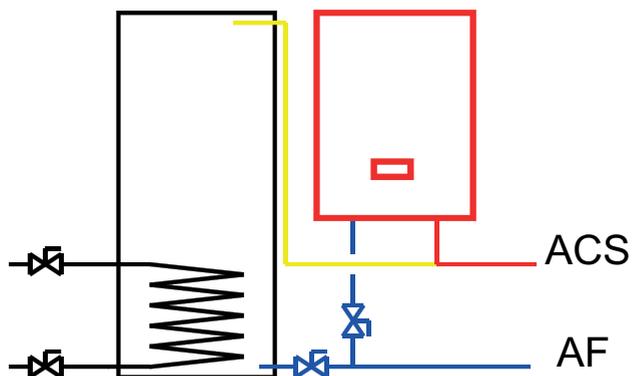


Figura 3.12



Se permitirá la conexión del sistema de energía de apoyo en paralelo con la instalación solar cuando se cumpla alguno de los requisitos indicados a continuación:

- a) El sistema de energía de apoyo sea del tipo en línea, esté constituido por uno o varios calentadores instantáneos no modulantes o no sea posible regular la temperatura de salida del agua.
- b) Exista una preinstalación solar que impida o dificulte el conexionado en serie.
- c) Cuando el recorrido de tuberías de agua caliente desde el acumulador solar hasta el punto de consumo más lejano sea superior a 15 metros lineales a través del sistema de apoyo.
- d) Cuando el sistema de apoyo use para producción de agua caliente sanitaria fuentes de energía renovables (biomasa, etc.)

En cualquier caso, la conmutación de sistemas será fácilmente accesible y dispondrá de un indicador de la temperatura del acumulador solar fácilmente visible y accesible por el usuario.

3.5.4. Condiciones funcionales del acoplamiento

El acoplamiento de la parte solar y del sistema de apoyo de las instalaciones solares debería realizarse de forma que se garanticen las condiciones de funcionamiento previstas.

Las condiciones de salida de la parte solar son las de entrada del sistema de apoyo.

La temperatura de salida de la instalación solar será función de:

- La configuración de la instalación solar elegida.
- El sistema de control.
- Las condiciones meteorológicas y de consumo.

La temperatura de salida siempre estará comprendida entre la temperatura de red y un valor máximo.

Este valor máximo puede estar definido por:

- La temperatura regulada en una válvula mezcladora instalada a la salida de la instalación solar.



Guía sobre Energía Solar Térmica

- La temperatura máxima a la que se le permite a la instalación solar calentar el agua.
- La temperatura máxima que alcanza la instalación solar sin ningún tipo de limitación.

3.5.5. Requisitos de los sistemas de apoyo de las instalaciones solares

Resistencia a las temperaturas máximas de trabajo: el sistema de apoyo debería soportar las temperaturas máximas de trabajo incluyendo la máxima de salida de la instalación solar que corresponde a la máxima de entrada en la alimentación al sistema de apoyo.

Capacidad de abastecer la demanda: independientemente de la temperatura del sistema solar (que podrá oscilar entre la temperatura de red y la máxima de suministro solar), el sistema de apoyo deberá ser capaz de abastecer la demanda de agua caliente.

Confort de servicio (estabilidad de caudal y de temperatura): el caudal y la temperatura de distribución de agua caliente a la salida del sistema de apoyo, debería mantenerse en los niveles de confort fijados, aunque varíe el caudal y/o la temperatura de entrada del agua procedente del sistema solar.

Ahorro energético efectivo: la energía térmica aportada por la caldera debería modularse en función de la temperatura de entrada del agua a la caldera y no únicamente a partir del caudal de consumo, de forma que no esté excesivamente perjudicado el rendimiento del sistema de apoyo. Debe estudiarse el rendimiento (instantáneo y estacional) del equipo de apoyo a cargas parciales (tanto de caudales no nominales como de temperaturas de entrada) y debe definirse un rendimiento estacional global del equipo de apoyo integrado en la instalación solar.

Pérdidas térmicas: cuando el agua caliente solar está en condiciones de uso puede ser utilizada directamente al consumo. Debe saberse cómo afecta su paso por el sistema de apoyo: enfriando. Cuando la instalación solar dispone de temperatura superior a la de diseño, podría alimentar directamente al consumo, pero al atravesar el sistema de apoyo (instantáneo o de acumulación), se enfría y se introduce un rendimiento adicional (habría que co-

nocerlo o limitarlo). Por ejemplo, este factor adaptado a termos acumuladores de bajo aislamiento hace que, con bajo consumo de agua caliente, la instalación solar no pueda combatir las pérdidas del termo.

Optimización del rendimiento global: el funcionamiento del sistema de apoyo no perjudicará al funcionamiento de la instalación solar, de forma que se garantiza que la aportación solar se traduce en un ahorro efectivo de energía de apoyo y de emisiones de CO₂ al ambiente. Estudiar cómo afecta al rendimiento de la instalación solar: por ejemplo, el control de la temperatura de salida afecta al caudal y, por tanto, al rendimiento de la instalación solar.

Durabilidad del equipo: las condiciones de conexión a una instalación solar no afectarán a la durabilidad del sistema de apoyo. Los ciclos de temperatura de la instalación solar afectan a envejecimiento de plásticos, el calentamiento previo de la instalación solar hace que disminuyan los depósitos calcáreos en el sistema de apoyo, etc.

3.6. SISTEMA ELÉCTRICO Y DE CONTROL

3.6.1. Generalidades

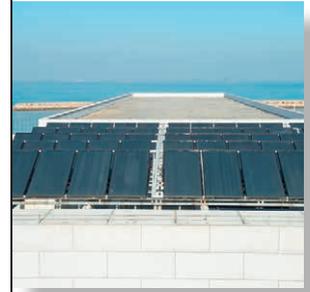
La memoria de diseño especificará la estrategia de control utilizada, el tipo de control que se utiliza en cada circuito y la posición de las sondas. Se adjuntará a la memoria de diseño un esquema eléctrico del sistema.

El sistema de control se encarga de gobernar el correcto funcionamiento de todos los circuitos y podrá utilizarse como medio adicional a los sistemas de protección y seguridad.

El control del funcionamiento se realiza con el fin de maximizar la energía aportada y minimizar el consumo de energía de apoyo.

El sistema de control podrá utilizarse para evitar que se alcancen temperaturas superiores a las máximas soportadas por los materiales, componentes y tratamientos de cada circuito.

El sistema de control cumplirá con el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión en todos aquellos puntos que sean de aplicación.





3.6.2. Sistemas de control

En el circuito primario el control de funcionamiento normal de las bombas será de tipo diferencial, actuando en función del salto de temperatura entre la salida de la batería de captadores y el acumulador solar, o en función del salto de temperatura entre la salida y entrada del sistema de captación.

Opcionalmente, se podrán utilizar sistemas de control por célula crepuscular u otros dispositivos cuyo funcionamiento garantice las mejores prestaciones de la instalación.

En el resto de circuitos, el control de funcionamiento normal de las bombas será de tipo diferencial comparando la temperatura más caliente de un circuito y la temperatura más fría del otro circuito.

En el circuito de carga, el control de funcionamiento normal de las bombas será de tipo diferencial, mediante una de las siguientes opciones:

- a) Diferencia de temperaturas entre la salida de captadores y el acumulador solar.
- b) Diferencia de temperaturas entre la entrada al intercambiador por el lado del circuito primario y el acumulador solar.

Los sensores de temperatura que reflejen la temperatura de salida de los captadores se colocarán en la parte interna y superior de éstos en contacto con el absorbedor, o justo a la salida de la batería de captadores solares, con el fin de medir adecuadamente su temperatura.

Siempre que sea posible, las referencias de temperatura es preferible tomarlas en el interior de los acumuladores antes que en las tuberías de conexión.

El sensor de temperaturas de la parte fría del acumulador solar se situará en la parte inferior del acumulador, en una zona influenciada por la circulación del circuito de calentamiento, o en su caso, del circuito de consumo, a una altura comprendida entre el 10% y el 30% de la altura total del acumulador y alejado de la toma de entrada de agua fría. En el caso particular de usar un intercambiador de tipo serpentín, se recomienda que se localice en la parte media del intercambiador.

Cuando el control de funcionamiento de las bombas sea diferencial, la precisión del sistema de control y la regulación de los puntos de consigna asegurará que las bombas estarán paradas con diferencias de temperaturas menores de 2 °C y en marcha con diferencias superiores a 7 °C. No obstante, se recomienda estudiar cada caso tomando en consideración la diferencia media logarítmica de las temperaturas de intercambio.

La diferencia de temperaturas entre el punto de arranque y parada del control diferencial de temperaturas no será inferior a 2 °C.

El sistema de control incluirá señalizaciones visibles de la alimentación del sistema y del funcionamiento de bombas.

El rango de temperatura ambiente de funcionamiento del sistema de control será como mínimo entre -10 y 50 °C.

El tiempo mínimo de fallos especificado por el fabricante del sistema de control no será inferior a 7.000 horas.

3.6.3. Sistema de medida

Los sistemas de medida de temperatura, caudales y energía proporcionan información del estado de funcionamiento de la instalación y permiten realizar la evaluación de las prestaciones energéticas de la instalación.

Los sistemas de medida de energía cumplirán los requisitos establecidos en el capítulo 4.

A) Medida de temperatura

Las medidas de temperatura se realizarán mediante termopares, termómetros de resistencia o termistores.

La diferencia de temperatura del fluido de trabajo se realizará mediante termopilas, termómetros de resistencia (conectados en dos brazos de un circuito en puente) o termopares emparejados, de forma que la señal de salida sea única en todos los casos.

Las sondas de temperatura deben ser, preferentemente, de inmersión, y deben estar bañadas por el fluido cuya temperatura se pretende





Guía sobre Energía Solar Térmica

medir. En el caso de emplear sondas de contacto, éstas deberán estar en contacto con el tubo mediante una pasta térmicamente conductora, fuertemente sujetas y perfectamente aisladas.

B) Medida de caudal

Los contadores de caudal de agua estarán constituidos por un cuerpo resistente a la acción del agua conteniendo la cámara de medida, un elemento con movimiento proporcional al caudal de agua que fluye y un mecanismo de relojería para transmitir este movimiento a las esferas de lectura por medio de un acoplamiento magnético. La esfera de lectura, herméticamente sellada, será de alta resolución.

Cuando exista un sistema de regulación exterior, éste estará precintado y protegido contra intervenciones fraudulentas. Se suministrarán los siguientes datos, que deberán ser facilitados por el fabricante:

- Calibre del contador.
- Temperatura máxima del fluido.
- Caudales:
 - En servicio continuo.
 - Máximo (durante algunos minutos).
 - Mínimo (con precisión mínima del 5%).
 - De arranque.
- Indicación mínima de la esfera.
- Capacidad máxima de totalización.
- Presión máxima de trabajo.
- Dimensiones.
- Diámetro y tipo de las conexiones.
- Pérdida de carga en función del caudal.

La medida de caudales de líquidos se realizará mediante turbinas, medidores de flujo magnético, medidores de flujo de desplazamiento positivo o procedimientos gravimétricos, de forma que la exactitud sea igual o superior a $\pm 3\%$ en todos los casos.

C) Medida de energía térmica

Los contadores de energía térmica estarán constituidos por los siguientes elementos:

- Contador de agua.
- Dos sondas de temperatura.
- Microprocesador electrónico, montado en la parte superior del contador o separado.

La posición del contador y de las sondas define la energía térmica que se medirá.

El microprocesador podrá estar alimentado por la red eléctrica o mediante pilas con una duración de servicio mínima de 3 años.

El microprocesador multiplicará la diferencia de ambas temperaturas por el caudal instantáneo de agua y su peso específico. La integración en el tiempo de estas cantidades proporcionará la cantidad de energía.

3.6.4. Sistemas de monitorización

Se recomienda la utilización de sistemas de monitorización en las instalaciones solares para realizar un adecuado control, seguimiento y evaluación de las mismas.

En este apartado se definen las características y prestaciones técnicas que deben ofrecer los sistemas de adquisición, registro y transmisión de datos.

Las variables a medir y registrar podrán ser:

- Temperaturas de los distintos sistemas, circuitos y ambiente.
- Caudales de fluidos térmicos y agua de los diferentes circuitos.
- Radiación solar global sobre los distintos planos de captadores.
- Presión de trabajo en cada uno de los circuitos.
- Consumo de energía eléctrica.
- Consumo de energía en los sistemas de apoyo.





Guía sobre Energía Solar Térmica

- Estado de posicionamiento de las válvulas de 3 vías.
- Estado de funcionamiento de las bombas.

Los sensores y transductores que se empleen se adaptarán a las características de las señales que se desean medir. De forma general, para las medidas analógicas se procurará emplear transductores en lazo de corriente ($4 \div 20$ mA) preferiblemente a los de lazo de tensión.

Sin menoscabo de emplear sistemas diferentes cuando se considere técnicamente necesario, se emplearán las siguientes tecnologías de medida:

- Temperaturas entre 0 y 120 °C: sondas resistivas PT-100 y PT-1000.
- Temperaturas mayores de 120 °C: termopares.
- Presiones manométricas: transductores piezoeléctricos.
- Caudales: caudalímetros de turbina con emisores de pulsos

El sistema de adquisición deberá ser capaz de adquirir las señales de la totalidad de los sensores con una frecuencia igual o superior a 4 muestras por minuto.

El cálculo de la energía siempre se realizará de forma simultánea al muestreo de datos.

El sistema empleado realizará el registro de los valores medios de las muestras con una periodicidad no superior a 5 minutos. Estos registros deberán guardarse en una memoria no-volátil del equipo remoto que tendrá capacidad para almacenar todos los datos registrados durante, al menos, 20 días de funcionamiento normal de la instalación.

4

CÁLCULO Y DIMENSIONADO



4.1. CÁLCULO

4.1.1 Principios básicos de cálculo

El cálculo tiene por objeto predecir y conocer el comportamiento térmico de una determinada instalación solar ubicada en un determinado lugar y atendiendo a una determinada utilización.

El comportamiento térmico queda definido por la evolución de un conjunto de parámetros (temperaturas, caudales, energía, etc.) a lo largo del tiempo, y la integración de los mismos en determinados periodos proporciona las prestaciones de la instalación.

La instalación, el lugar y la utilización quedan definidos, respectivamente, por un conjunto de parámetros funcionales, climáticos y de uso.

El cálculo de una instalación supone que, una vez definidos los valores de los parámetros de uso, climáticos y funcionales, quedan unívocamente determinados todos los valores que definen su comportamiento y sus prestaciones.

De acuerdo con los principios establecidos, el cálculo de una instalación solar debería realizarse con el siguiente procedimiento:

- Definición y valoración de los parámetros de uso.
- Selección de la configuración básica.
- Cálculo de la demanda y el consumo de energía.
- Obtención de los datos climáticos.
- Selección de la orientación e inclinación de los captadores.



Guía sobre Energía Solar Térmica

- Selección de los parámetros funcionales de la instalación.
- Cálculo de las prestaciones.
- Modificación de la configuración.
- Ajuste de la orientación e inclinación de captadores.
- Modificación y ajuste de los parámetros funcionales.
- Nuevo cálculo de las prestaciones de la instalación.

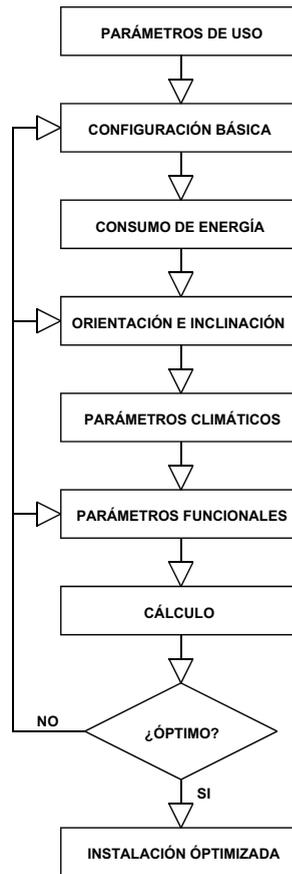


Figura 4.1.

Como regla general, el cálculo de una instalación solar térmica es un proceso iterativo de optimización que requiere el ajuste de los parámetros funcionales sobre la base de realimentar con los resultados que proceden del cálculo anterior.

En los ciclos del proceso iterativo debería incluirse todo el diseño y cálculo de todos los sistemas y componentes de la instalación.

Es importante, a la hora de seleccionar y modificar los parámetros funcionales, saber cómo afectan cada uno de ellos a los resultados globales del cálculo de una instalación solar. Introducir las modificaciones de los parámetros de uno en uno facilita el análisis de los efectos que produce.

4.1.2. Criterios para el cálculo de las instalaciones

4.1.2.1. Balance de energía térmica

Se realizará un balance de energía térmica sobre el sistema convencional de preparación de agua caliente sanitaria con los siguientes criterios y sumandos:

- La demanda de energía, DE_{ACS} , que produce el efecto útil del uso de agua caliente.
- Las inevitables pérdidas térmicas, PT_{DEM} , necesarias para satisfacer una determinada demanda.
- La suma de la demanda y las pérdidas térmicas asociadas dan lugar al consumo energético, CE_{ACS} .
- Ese consumo de energía térmica deberá ser resuelto y suministrado con el aporte neto de la energía solar térmica, ES_{NET} , y con un consumo de energía térmica del sistema de apoyo, CE_{APO} .

Todo ello da lugar a la expresión:

$$DE_{ACS} + PT_{DEM} = CE_{ACS} = ES_{NET} + CE_{APO}$$

La determinación del consumo de energía térmica para abastecer una determinada demanda depende de la configuración y sistemas elegidos.

Un determinado consumo de energía térmica se puede resolver con múltiples combinaciones de aportes energéticos desde la instalación solar y la instalación de apoyo.

4.1.2.2. Transformación de la energía solar incidente y aporte solar térmico

La radiación solar incidente, ES_{INC} , se transforma en energía térmica en el sistema de captación, de forma que:





Guía sobre Energía Solar Térmica

$$ES_{NET} = ES_{PRO} - PT_{SOL} = ES_{INC} * \eta_0 - PT_{SOL} = ES_{INC} * \eta_{IST}$$

La energía solar térmica aportada, ES_{NET} , es el aporte solar neto y está constituida por la energía térmica producida, ES_{PRO} , en el sistema de captación menos las pérdidas térmicas, PT_{SOL} , asociadas a la instalación solar.

La energía térmica producida, ES_{PRO} , sería la que se aportaría teóricamente si no existieran pérdidas térmicas.

Las pérdidas térmicas asociadas a la instalación solar, PT_{SOL} , son las producidas en todos los circuitos y sistemas previos al sistema de apoyo convencional:

- Del circuito primario o solar.
- Del circuito de carga del acumulador de inercia.
- Del circuito de descarga del acumulador de inercia.
- Del circuito secundario o de calentamiento del acumulador de consumo.
- Del circuito de consumo hasta entrada al preparador del sistema de apoyo.

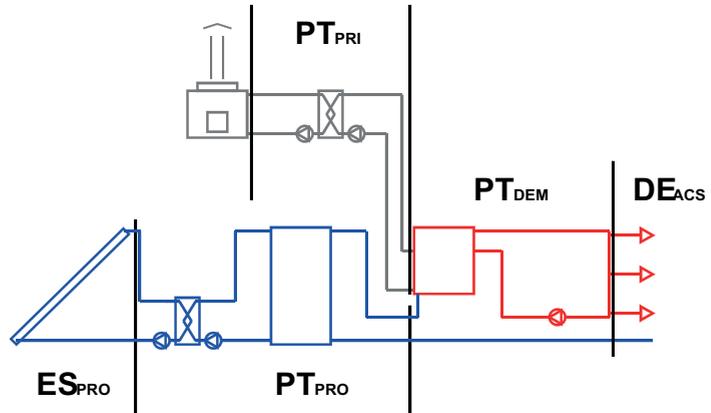


Figura 4.2.

4.1.2.3. Consumo de energía final

El consumo de energía térmica del sistema de apoyo, CE_{APO} , es la cantidad de energía térmica que es necesario aportar desde el sistema



convencional para, complementando al aporte solar neto, cubrir el consumo previsto. Se determina deduciendo del consumo de energía demandado el aporte neto de energía solar térmica.

Se expresa de la siguiente forma en base a fracción solar, FS, sobre demanda de energía:

$$CE_{APO} = CE_{ACS} - ES_{NET} = DE_{ACS} + PT_{DEM} - FS * DE_{ACS} = (1 - FS) * DE_{ACS} + PT_{DEM}$$

El consumo de energía térmica del generador de apoyo, $CE_{G_{APO}}$, es la cantidad de energía térmica producida en el generador de calor del sistema de apoyo para satisfacer el consumo de energía térmica correspondiente. Su valor se obtendrá añadiendo al consumo de energía térmica, CE_{APO} , las pérdidas térmicas de la instalación de apoyo, PT_{APO} :

$$CE_{G_{APO}} = CE_{APO} + PT_{APO}$$

El consumo de energía final del sistema de apoyo, expresado en unidades del combustible convencional empleado en función de su poder calorífico inferior PCI y del rendimiento del sistema convencional de apoyo, η_{APO} , se puede calcular mediante la expresión:

$$CE_{F_{APO}} = CE_{T_{APO}} : [PCI * \eta_{APO}]$$

A partir de los valores anteriores se pueden evaluar otros efectos económicos y medioambientales inducidos por el consumo de energía de apoyo o evitados por el uso de la instalación solar. Los más interesantes son:

- Los ahorros económicos para el usuario.
- La energía primaria de origen convencional ahorrada.
- La contaminación evitada, normalmente medida en toneladas de CO_2 .

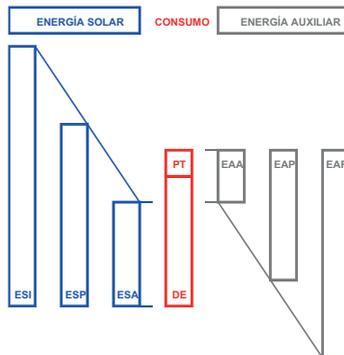


Figura 4.3.



4.1.2.4. Aplicación a las distintas configuraciones

Dado que en el balance energético se diferencian pérdidas térmicas asociadas a la demanda, a la producción solar o al sistema auxiliar, para cada configuración debería definirse el procedimiento de cierre del balance incluyendo los distintos sistemas o circuitos en cada uno de los tipos de pérdidas térmicas.

Para el caso de instalaciones con consumo simple o instalaciones con consumo múltiple completamente centralizadas, las pérdidas de los circuitos de distribución corresponden al lado demanda y deben sumarse a la demanda para definir el consumo energético.

El resto de casos de instalaciones con consumo múltiple que disponen del sistema de apoyo distribuido, los circuitos de reparto de energía solar térmica están asociados del lado de la producción y sus pérdidas térmicas deben ser imputadas a la instalación solar.

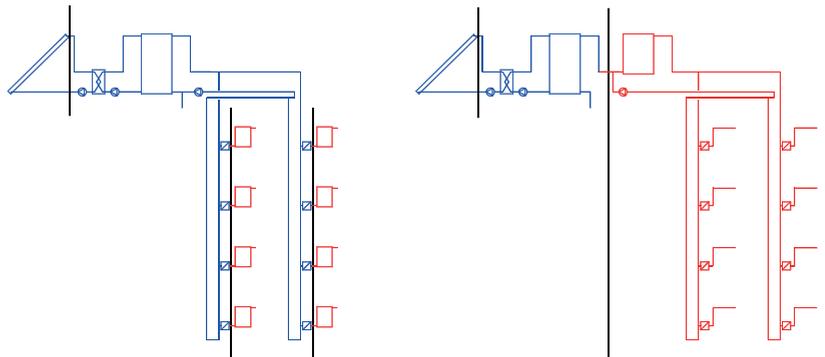


Figura 4.4. Ejemplos de configuraciones en las que las pérdidas térmicas de los circuitos de reparto o distribución pueden estar asociadas a la producción solar o a la demanda de energía.

Los circuitos de reparto podrán ser de agua precalentada en las instalaciones centralizadas con apoyo distribuido y los de calentamiento en el caso de instalaciones con acumuladores o intercambiadores distribuidos.

A la hora de cuantificar las pérdidas térmicas, es importante, además de considerar las temperaturas de funcionamiento de los circuitos, las horas de funcionamiento de los mismos.

Deberían examinarse y tenerse en cuenta para la correcta evaluación de las instalaciones, cómo afectan las variaciones de la demanda, las pérdidas o el rendimiento en cada uno de los casos.

La correcta evaluación de las pérdidas térmicas requiere:

- Utilizar un programa de cálculo de simulación con el que se podrán determinar las pérdidas asociadas a cada circuito y realizar el balance energético global.
- Estimar las pérdidas térmicas de los distintos circuitos con criterios similares para que los cálculos de prestaciones puedan ser comparados.

4.1.3 Cálculo del consumo de energía térmica

4.1.3.1. Definición de los parámetros de uso

Los parámetros de uso serán los necesarios para determinar la demanda de energía.

Para el consumo de agua caliente, incluyendo la variación de la ocupación, se utilizarán los valores establecidos en 4.1.3.1.1

Para el agua fría, se adoptarán los valores definidos en 4.1.3.1.2.

Para el agua caliente, se definirán conforme se ha establecido en 4.1.3.1.3.

Se pretende que los datos de partida que se utilicen sean siempre los mismos, por lo que se establece un procedimiento único para su estimación y, de esta forma, se puedan comparar soluciones técnicas diferentes.

No obstante, el proyectista que disponga de otros datos y distinto criterio puede definir otros valores que considere más oportunos, pero los utilizará como otros datos de partida para el cálculos alternativos de prestaciones pero no para el cálculo y diseño de la instalación en el ámbito de la Guía.

La utilización de valores de consumo, número de plazas y/o nivel de ocupación diferentes a los indicados deberá quedar justificada por el proyectista.

La comparación de demandas y prestaciones de las soluciones técnicas diferentes se realizará siempre sobre la base de los parámetros de demanda establecidos en esta Guía.





4.1.3.1.1. Consumo de agua caliente

La estimación del consumo de agua caliente se realizará utilizando los valores medios diarios de referencia extraídos de la sección 3.1.1 del HE4 del CTE en función del tipo de edificio: viviendas, hospitales, residencias, etc.

En la Tabla 4.1 se incorporan los criterios complementarios, relativos a ocupación y a la variación estacional de la misma, necesarios para determinar los consumos totales de agua caliente sanitaria.

Tabla 4.1. Criterios complementarios para determinar el consumo de agua caliente sanitaria.

CRITERIO DE DEMANDA	NÚMERO DE PERSONAS (p)	OCUPACIÓN (ESTACIONALIDAD)
Viviendas/Apartamentos	1,5 p/dormitorio	E1
Hospitales y clínicas	1 p/plaza	E1
Ambulatorio y centro de salud	1 p/plaza pl/m ²	E1
Hotel *****	1 p/plaza	E3
Hotel ****	1 p/plaza	E3
Hotel ***/Apartahotel	1 p/plaza	E3
Hotel/Hostal**/Apartahotel	1 p/plaza	E3
Hostal/Pensión*/Apartahotel	1 p/plaza	E3
Camping/campamento	1 p/plaza	E3
Residencia (ancianos, estudiantes)	1 p/plaza	E2
Centro penitenciario	1 p/plaza	E1
Albergue	1 p/plaza pl/m ²	E1-E2
Vestuarios/Duchas colectivas	3 p/pl (pl=ducha)	E1-E2-E3-E4
Escuela sin duchas	0,5 p/plaza pl/m ²	E1-E2-E4
Escuela con duchas	0,2 p/plaza pl/m ²	E1-E2-E4
Cuarteles	1 p/plaza pl/m ²	E1-E2-E4
Fábricas y talleres	1 p/plaza pl/m ²	E1-E2-E4
Oficinas	0,5 p/plaza pl/m ²	E1-E2-E4
Gimnasios	1 p/plaza pl/m ²	E1-E2-E4
Restaurantes	2 p/plaza pl/m ²	E1-E2-E4
Cafeterías	3 p/plaza pl/m ²	E1-E2-E4

Los consumos unitarios están referidos al número de personas que diariamente utilizan el servicio de agua caliente sanitaria.

El número de personas totales que pueden ocupar un edificio y utilizan las instalaciones de agua caliente del mismo se obtendrá según las indicaciones del correspondiente «programa funcional», de donde se deduce el número de personas que el diseñador utiliza para proyectar el edificio.

A) Edificios de viviendas

En viviendas, el consumo total diario medio de agua caliente sanitaria se obtiene multiplicando el consumo unitario de la Tabla 4.1 por el número de personas totales que ocupan la vivienda. En caso de que el programa funcional no lo concretase, se considerarán 1,5 personas por cada dormitorio que se indique en el proyecto de la vivienda.

En edificios de viviendas que dispongan de instalaciones solares térmicas centralizadas, el cálculo del consumo total de agua caliente sanitaria considerará un factor de centralización (FC) que depende del número de viviendas (N) alimentadas por la misma instalación solar.

El consumo total diario medio de agua caliente sanitaria del edificio, calculado según el procedimiento indicado anteriormente, se multiplicará por el factor de centralización según los valores de la Tabla 4.2 conforme al número de viviendas.

Tabla 4.2. Valor del factor de centralización.

N	$N \leq 3$	$4 \leq N \leq 10$	$11 \leq N \leq 20$	$21 \leq N \leq 50$	$51 \leq N \leq 50$	$76 \leq N \leq 100$	$N \geq 101$
FC	1	0,95	0,90	0,85	0,80	0,75	0,70

Para un mismo edificio, por tanto, el consumo de diseño será distinto si la instalación solar es individual, que si es centralizada por portales o si es centralizada para todo el conjunto.

Dentro del apartado viviendas se incluyen también los apartamentos de uso privado pero no los apartamentos en régimen de hotel que se equiparan a establecimientos hoteleros.

Sólo se considerarán apartamentos turísticos, y podrán tener ocupación distinta e inferior al 100%, los definidos y recogidos como tales en la reglamentación turística.





B) Resto de edificios (No viviendas)

En los demás casos, el consumo total diario medio de agua caliente sanitaria se obtiene a partir del consumo unitario, número máximo de personas y porcentaje de utilización indicados en el proyecto, multiplicando el consumo unitario de la Tabla 4.1 por el número de unidades de consumo.

Si el programa funcional no establece el número de personas máximo que se deben considerar, se adoptará el criterio de número de camas, plazas, puestos, etc. recogido en la Tabla 4.1.

Los consumos unitarios referidos incluyen todos los usos que se prestan desde una misma instalación centralizada siempre que haya un consumo principal y otros secundarios (cuya suma sea inferior al 20% del principal). Por ejemplo, no es lo mismo un hotel que tiene una única instalación centralizada para el agua caliente de habitaciones, las duchas de un vestuario de piscina y la cocina de un restaurante, que si los servicios de agua caliente son independientes.

Cuando la suma de los consumos secundarios sea superior al 20% del principal, se deberá considerar como consumo total la suma de los consumos de los servicios que se presten.

El servicio de restaurante y cafetería debe entenderse aplicable al uso de cocina y servicios auxiliares. En restaurantes se asocia el consumo al número de personas que comen y cenan diariamente (número de plazas x 2). En cafeterías se interpreta el consumo como el número de personas que desayunan, comen y cenan (número de plazas x 3).

Cuando no esté claro el número de personas que deban considerarse para estimar el consumo, el proyectista lo definirá aclarando que el criterio se refiere al uso de la infraestructura proyectada y no a la infraestructura en sí. Por ejemplo, para un vestuario de una industria con 10 aparatos de duchas pero que lo utilizan 3 turnos de 40 trabajadores, deben considerarse 120 duchas/día.

C) Criterios para definir el nivel o porcentaje de ocupación

Se adoptarán los criterios establecidos en la Tabla 4.1 y que se describen a continuación.

Se definen 4 tipos de niveles de ocupación asociados a la estacionalidad del uso y definidos por los porcentajes de ocupación que se deben utilizar.

En el caso E1 (aplicable a viviendas, hospitales, etc.), se considerará consumo constante e igual al 100% a lo largo del año. No se considerarán excepciones.

En el caso E2 (colegio, fábricas, etc.) con hasta 3 meses no operativos, no se tendrá en cuenta ninguna reducción en el diseño y se calcularán las instalaciones con ocupación del 100% todo el año.

En los casos E3 (hoteles turísticos, etc.), además de los valores medios diarios de consumo se podrá considerar como referencia la variación a lo largo del año definido, como mínimo, por los valores de la ocupación estadística provincial (Tabla 4.3).



Tabla 4.3. Porcentaje de ocupación de establecimientos hoteleros por provincias.

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
Álava	42	51	48	49	55	60	60	60	60	58	52	44	53
Albacete	32	43	47	49	57	55	55	50	63	60	52	38	51
Alicante	56	64	68	64	66	71	72	82	80	69	58	51	67
Almería	49	63	57	53	49	61	76	81	69	55	48	42	60
Asturias	21	27	29	36	34	43	53	73	46	42	31	27	40
Ávila	27	36	38	42	41	41	52	60	53	49	35	31	42
Badajoz	28	38	43	50	47	48	44	49	50	48	39	37	43
Baleares	48	60	66	61	57	73	82	91	79	56	59	47	71
Barcelona	48	61	73	69	69	70	72	76	75	71	69	53	68
Burgos	26	34	37	49	52	51	52	66	58	56	38	32	46
Cáceres	24	31	37	51	40	41	38	49	48	49	38	34	40
Cádiz	29	46	49	51	56	64	74	83	71	58	38	36	57
Cantabria	23	31	37	40	41	52	61	80	58	52	32	31	48
Castellón	45	46	47	50	50	59	67	80	70	58	47	42	58
Ciudad Real	35	39	39	42	43	44	49	42	45	50	41	35	42
Córdoba	33	44	54	68	65	48	40	43	58	60	48	43	50
Coruña	28	39	40	49	56	60	61	71	61	57	39	33	50
Cuenca	25	32	36	50	38	44	50	63	56	51	40	39	44
Girona	41	52	53	53	52	54	67	85	63	56	42	36	60
Granada	45	56	55	60	57	50	51	59	62	60	43	46	54
Guadalajara	37	44	50	49	54	57	51	55	57	55	47	42	50



Guía sobre Energía Solar Térmica

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
Guipúzcoa	37	44	47	53	57	66	72	85	72	63	52	43	58
Huelva	36	44	45	51	47	60	74	84	69	52	53	42	58
Huesca	47	49	42	34	34	40	48	67	44	36	24	30	43
Jaén	27	35	38	46	40	40	36	44	42	44	33	29	38
León	24	34	40	50	50	51	51	67	57	54	40	35	46
Lérida	51	53	43	37	32	36	41	62	41	35	33	43	43
Lugo	19	27	28	41	42	43	52	67	48	43	30	28	40
Madrid	54	66	63	59	69	64	54	48	71	77	67	54	62
Málaga	47	57	61	62	64	71	73	80	75	64	49	44	63
Murcia	46	53	56	58	54	54	56	60	60	52	47	36	53
Navarra	31	41	43	49	51	50	55	65	59	60	48	34	50
Orense	28	29	34	33	37	44	37	51	46	42	31	32	37
Palencia	26	30	30	43	50	46	46	52	48	43	31	28	40
Palmas (Las)	72	74	76	64	63	64	70	84	78	74	79	70	72
Pontevedra	27	34	38	44	45	54	59	74	60	56	38	30	50
Rioja (La)	44	48	53	58	61	56	56	60	61	65	52	38	55
Salamanca	28	33	45	53	51	52	48	67	63	60	46	38	49
SC Tenerife	75	79	72	66	58	61	69	84	76	73	75	67	72
Segovia	27	33	38	41	47	43	51	58	61	54	34	37	44
Sevilla	40	59	60	71	70	54	43	44	62	66	53	51	56
Soria	23	35	26	36	38	34	44	60	43	39	30	32	37
Tarragona	30	34	38	52	54	66	74	85	74	55	34	32	62
Teruel	29	32	36	47	38	36	40	61	44	44	28	33	39
Toledo	34	45	44	55	52	57	47	61	63	60	45	37	50
Valencia	44	53	61	56	54	54	61	62	63	59	49	40	55
Valladolid	43	49	54	55	64	55	52	48	65	64	54	39	53
Vizcaya	42	54	58	58	66	64	57	69	70	68	61	44	59
Zamora	25	27	33	44	41	41	43	56	54	52	41	35	41
Zaragoza	39	54	49	61	57	60	56	50	61	68	56	49	55
MEDIA	37	45	47	51	51	53	56	65	60	56	45	39	51

En las instalaciones marcadas como E4, se puede admitir en el cálculo la distribución semanal del consumo, como, por ejemplo, las producidas por el cierre de colegios, edificios comerciales o industrias durante el fin de semana, etc. En este caso, el cálculo se podrá realizar con un valor equivalente a 5/7 del inicial.

En algunos casos es importante considerar que tanto los valores medios como la estacionalidad del consumo pueden evolucionar, aumentando con el tiempo. La elaboración del proyecto lo tendrá en cuenta realizándose las previsiones de ampliación que el proyectista considere.

D) Edificios existentes

En el caso de edificios e instalaciones existentes, el proceso sería el mismo anteriormente referido, pero los valores obtenidos se deberían contrastar con otros datos que puedan ser conocidos:

- El consumo de agua caliente: si este dato es conocido debería utilizarse el valor medio anual para el cálculo.
- El consumo de agua fría: si se conoce este dato, el consumo de agua caliente debería ser un porcentaje (del orden del 30% para viviendas).
- El gasto de energía para agua caliente: si se conoce este dato, contrastarlo con el gasto que resulta de la estimación de consumo multiplicando la demanda de energía por el coste de la energía térmica producida por el sistema convencional que tenga en cuenta el rendimiento medio estacional de la instalación.
- El tamaño de la instalación convencional existente: normalmente el consumo estará comprendido entre 1 y 3 veces la capacidad de acumulación (estimación).

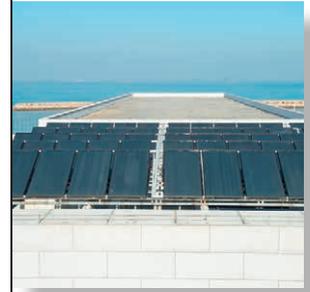
La disponibilidad de otros datos permitirá utilizarlos para el cálculo alternativo de prestaciones pero no para el dimensionado.

4.1.3.1.2. Definición de los parámetros de uso

La temperatura diaria media mensual de agua fría de las capitales de provincia se tomará de la Tabla 4.4 (UNE 94002:2005).

Tabla 4.4. Altura de referencia (m) y temperatura (°C) diaria media mensual de agua fría para las capitales de provincia.

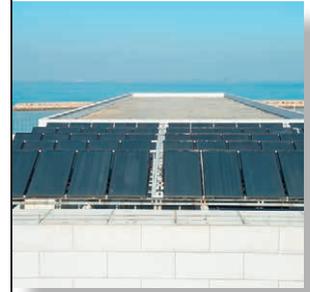
	ALTURA DE REFERENCIA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
A Coruña	5	10	10	11	12	13	14	16	16	15	14	12	11
Albacete	686	7	8	9	11	14	17	19	19	17	13	9	7
Alicante	3	11	12	13	14	16	18	20	20	19	16	13	12
Almería	16	12	12	13	14	16	18	20	21	19	17	14	12
Ávila	1128	6	6	7	9	11	14	17	16	14	11	8	6
Badajoz	186	9	10	11	13	15	18	20	20	18	15	12	9
Barcelona	18	9	10	11	12	14	17	19	19	17	15	12	10
Bilbao	19	9	10	10	11	13	15	17	17	16	14	11	10





Guía sobre Energía Solar Térmica

	ALTURA DE REFERENCIA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Burgos	860	5	6	7	9	11	13	16	16	14	11	7	6
Cáceres	439	9	10	11	12	14	18	21	20	19	15	11	9
Cádiz	4	12	12	13	14	16	18	19	20	19	17	14	12
Castellón	30	10	11	12	13	15	18	19	20	18	16	12	11
Ceuta	0	11	11	12	13	14	16	18	18	17	15	13	12
Ciudad Real	635	7	8	10	11	14	17	20	20	17	13	10	7
Córdoba	123	10	11	12	14	16	19	21	21	19	16	12	10
Cuenca	1001	6	7	8	10	13	16	18	18	16	12	9	7
Girona	75	8	9	10	11	14	16	19	18	17	14	10	9
Granada	685	8	9	10	12	14	17	20	19	17	14	11	8
Guadalajara	679	7	8	9	11	14	17	19	19	16	13	9	7
Huelva	56	12	12	13	14	16	18	20	20	19	17	14	12
Huesca	488	7	8	10	11	14	16	19	18	17	13	9	7
Jaén	574	9	10	11	13	16	19	21	21	19	15	12	9
Las Palmas Gran Canaria	8	15	15	16	16	17	18	19	19	19	18	17	16
León	838	6	6	8	9	12	14	16	16	15	11	8	6
Lleida	155	7	9	10	12	15	17	20	19	17	14	10	7
Logroño	384	7	8	10	11	13	16	18	18	16	13	10	8
Lugo	454	7	8	9	10	11	13	15	15	14	12	9	8
Madrid	655	8	8	10	12	14	17	20	19	17	13	10	8
Málaga	8	12	12	13	14	16	18	20	20	19	16	14	12
Mejilla	2	12	13	13	14	16	18	20	20	19	17	14	13
Murcia	42	11	11	12	13	15	17	19	20	18	16	13	11
Ourense	139	8	10	11	12	14	16	18	18	17	13	11	9
Oviedo	232	9	9	10	10	12	14	15	16	15	13	10	9
Palencia	740	6	7	8	10	12	15	17	17	15	12	9	6
Palma de Mallorca	34	11	11	12	13	15	18	20	20	19	17	14	12
Pamplona	449	7	8	9	10	12	15	17	17	16	13	9	7
Pontevedra	290	10	11	11	13	14	16	17	17	16	14	12	10
Salamanca	800	6	7	8	10	12	15	17	17	15	12	8	6
San Sebastián	40	9	9	10	11	12	14	16	16	15	14	11	9
Santa Cruz de Tenerife	4	15	15	16	16	17	18	20	20	20	18	17	16
Santander	15	10	10	11	11	13	15	16	16	16	14	12	10
Segovia	1001	6	7	8	10	12	15	18	18	15	12	8	6
Sevilla	12	11	11	13	14	16	19	21	21	20	16	13	11
Soria	1063	5	6	7	9	11	14	17	16	14	11	8	6
Tarragona	51	10	11	12	14	16	18	20	20	19	16	12	11



	ALTURA DE REFERENCIA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Teruel	915	6	7	8	10	12	15	18	17	15	12	8	6
Toledo	529	8	9	11	12	15	18	21	20	18	14	11	8
Valencia	13	10	11	12	13	15	17	19	20	18	16	13	11
Valladolid	691	6	8	9	10	12	15	18	18	16	12	9	7
Vitoria-Gasteiz	525	7	7	8	10	12	14	16	16	14	12	8	7
Zamora	649	6	8	9	10	13	16	18	18	16	12	9	7
Zaragoza	200	8	9	10	12	15	17	20	19	17	14	10	8

La utilización de valores de temperaturas de agua fría diferentes a los indicados en la Tabla 4.4 deberá ser justificada.

Para cualquier localidad Y que no sea capital de provincia, la temperatura de agua fría diaria media mensual, (T_{AFY}), se obtendrá a partir de la temperatura de agua fría diaria media mensual de su capital de provincia, (T_{AFCP}), aplicando la expresión:

$$T_{AFY} = T_{AFCP} - B \cdot \Delta z$$

siendo:

Δz : Diferencia de altura, expresada en metros, entre la altura de la localidad Y y la altura de referencia de la capital de provincia de dicha localidad. El criterio de signos es tal que si Y está a mayor altura que su capital de provincia, Δz es positiva. La altura de referencia viene indicada en la Tabla 4.4.

B: Constante que toma los siguientes valores:

B = 0,0066 para los meses de octubre a marzo.

B = 0,0033 para los meses de abril a septiembre.

4.1.3.1.3 Temperatura de agua caliente

El consumo de referencia estará calculado para una temperatura de referencia de 45° con los datos del apartado 4.1.3.1.1 De esta forma, se adopta el criterio de que el caudal de consumo sin temperatura especificada corresponde al de 45 °C, siendo necesario referenciarla en el resto de los casos:

$$Q_{ACS}(45) = Q_{ACS}$$

Cuando el consumo se asocia a cualquier otro valor de temperatura, T, los valores del consumo, $Q_{ACS}(T)$, se determinan de acuerdo con la siguiente expresión:



$$Q_{ACS}(T) = Q_{ACS}(45) \frac{(45 - T_{AF})}{(T - T_{AF})}$$

Como ya se ha indicado, habitualmente se asocia el consumo de agua caliente con la temperatura de uso, (TU), si bien también puede considerarse cualquier otro valor, como la temperatura de distribución, (TD), o la temperatura de preparación, (TP). En la Figura 4.5 se muestran gráficamente las temperaturas definidas anteriormente en una instalación solar con un sistema de apoyo de agua caliente por acumulación.

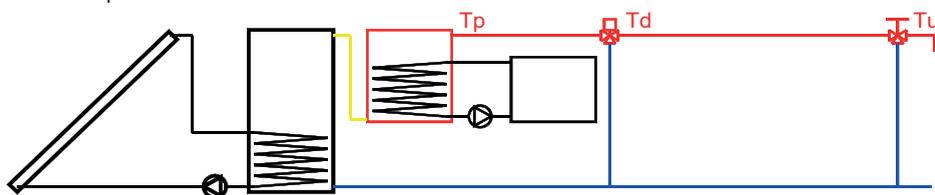


Figura 4.5. Temperaturas de agua fría, preparación, distribución y uso.

El consumo asociado a la temperatura de preparación, salvo en configuraciones especiales no recogidas en esta Guía (por ejemplo, cuando los sistemas de apoyo están conectados en paralelo a la instalación solar), es el que circula por la instalación solar de precalentamiento.

La mezcla de este caudal de preparación con agua fría, tanto a la salida del sistema de apoyo como en el punto de consumo, proporciona el caudal de distribución y el caudal de uso a las correspondientes temperaturas. El caudal de preparación nunca será mayor que el de distribución ni éste nunca mayor que el de consumo.

La elección de las temperaturas de agua caliente deberá seleccionarse teniendo en cuenta:

- La legislación vigente en materia sanitaria, ahorro y eficiencia energética, etc.
- La temperatura mínima de preparación de 45 °C.
- Las pérdidas térmicas hasta el punto de consumo producen una caída de temperatura que siempre será inferior a 3 °C.
- La temperatura máxima de uso siempre será inferior a 60 °C para evitar quemaduras.

- Al aumentar la temperatura de distribución y de preparación aumentan las pérdidas térmicas.
- Mientras mayor es la temperatura de preparación, menor es el caudal de consumo que atraviesa la instalación solar y, por tanto, menor es el rendimiento de la misma.

De acuerdo con todo lo anterior, a medida que se aumenta la temperatura de preparación para cubrir una determinada demanda, será necesaria una instalación solar de mayor tamaño y coste.

4.1.3.2. Cálculo de la demanda de energía para agua caliente

La demanda de energía térmica del agua caliente sanitaria, DE_{ACS} , es la cantidad de energía necesaria para aumentar la temperatura del caudal de agua consumida, $Q_{ACS}(T_U)$, desde la temperatura de entrada de agua fría, T_{AF} , hasta la temperatura de uso, T_U , en los puntos de consumo. Las características del agua están representadas por su densidad, ρ , y por el calor específico, c_p , a presión constante. Se calcula mediante la expresión:

$$DE_{ACS} = Q_{ACS}(T_U) \cdot \rho \cdot c_p \cdot (T_U - T_{AF})$$

Los datos extraídos de los datos de partida serán, al menos y en base mensual, los siguientes:

- Temperatura de agua fría.
- Temperatura de uso de referencia de agua caliente.
- Caudal de consumo de agua caliente máximo diario a la temperatura de uso de referencia.
- Porcentaje de utilización (ocupación, estacionalidad, etc.).
- De los dos anteriores se obtienen el consumo medio diario de agua caliente a la temperatura de referencia de cada uno de los meses del año.

Los datos se han definido sobre la base de los valores medios mensuales utilizables en los métodos de cálculo simplificados.

La utilización de bases de tiempo diarias para métodos de cálculo de simulación (que requiere definir perfiles diarios de consumos y distri-





bución horaria de todos los datos de partida) no está especificada siempre que se respeten los valores medios mensuales.

4.1.3.3. Cálculo de las pérdidas térmicas asociadas a la demanda

Habrá que considerar todas las pérdidas térmicas necesarias para abastecer la demanda tanto en los circuitos de alimentación, distribución y recirculación como del sistema de preparación de agua caliente.

Las pérdidas térmicas asociadas a los circuitos de la demanda son:

- De la red de alimentación que corresponden a las pérdidas de agua y energía de la red de distribución interior de la vivienda o del centro de consumo.
- De la red de distribución (circuitos de impulsión y de recirculación) que corresponden a las pérdidas por disponibilidad y comprende las pérdidas de ambos circuitos.

Las pérdidas del preparador de agua caliente sanitaria del sistema de apoyo estarán producidas fundamentalmente en el sistema de acumulación.

Las pérdidas térmicas asociadas a la demanda serán:

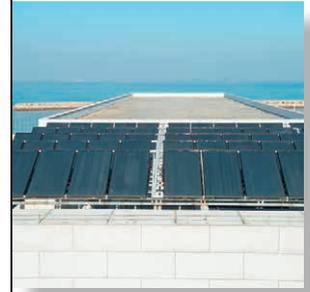
$$PT_{DEM} = PT_{ALI} + PT_{DIS} + PT_{REC} + PT_{ACU}$$

Como ya se indicó, la determinación de las pérdidas térmicas se podrá realizar directamente de los cálculos de los métodos de simulación o estimados con otros criterios suficientemente contrastados con datos experimentales que se resumen en el siguiente apartado.

4.1.3.3.1. Pérdidas térmicas. Procedimientos de cálculo de pérdidas térmicas

La diferencia entre la temperatura del fluido de cada uno de los sistemas, o que circula por cada uno de los circuitos, y la temperatura ambiente origina unas pérdidas térmicas que deberían ser evaluadas.

La evaluación de las pérdidas térmicas de la instalación se realizará conforme al método de cálculo de prestaciones que se utilice:



- Si es un método simplificado, se realizará una estimación de las pérdidas térmicas no incluidas en el cálculo para evaluar las prestaciones netas de todas las instalaciones.
- Si es un método de simulación, debería verificarse que están incorporadas la evaluación de todas las pérdidas térmicas que se han especificado en este capítulo. En el caso que no estén incluidas todas las pérdidas térmicas, se realizarán las estimaciones adicionales que sean necesarias.

Para los cálculos simplificados, se asumirán las siguientes hipótesis de partida:

- Se realizarán estimaciones medias diarias mensuales y se resumirá en la opción de definir una estimación diaria media anual.
- La temperatura interior del fluido será la temperatura nominal de funcionamiento del sistema o circuito correspondiente.
- Como temperatura ambiente se tomará la temperatura media ambiente anual (o considerar una temperatura fija de 10 °C para la estimación del valor medio anual) en los tramos exteriores del circuito y 20 °C en los tramos interiores.
- La conductividad térmica de referencia del aislamiento será 0,040 W/(m·K).
- Se considerará una velocidad del aire nula.

Se estimarán las horas de funcionamiento de cada uno de los circuitos. Por defecto, podrán considerarse los siguientes valores medios diarios anuales:

CIRCUITO	PRI	CAR	DES	SEC	CON	DIS	REC
HF (horas)	6	6	6	6	12	24	24

4.1.3.3.2. Pérdidas térmicas en tuberías

Todos los circuitos se distribuirán en dos ramales que comprenderán, cada uno, las tuberías que discurren por el exterior y por el interior.

Para cada ramal, exterior e interior, de cada circuito se calculará el coeficiente global de pérdidas, CGP_{CIR} , determinado en función de la longitud, el diámetro y el espesor de aislamiento de todas las tuberías que incorpora:



DN	PÉRDIDAS TÉRMICAS (W/mK) SEGÚN ESPELOR DE AISLAMIENTO k_i						LONGITUD L_i m	$L_i * k_i$ W/K
	0 mm	10 mm	20 mm	30 mm	40 mm	50 mm		
10								
15								
20								
25								
32								
40								
50								
65								
80								
100								

El coeficiente global de pérdidas térmicas, CGP, para cada uno de los ramales (exterior e interior) de los circuitos se determina por la suma de los valores de la última columna de la tabla anterior:

$$CGP = \sum L_i * k_i \text{ (en W/K)}$$

Las pérdidas térmicas de cada circuito quedan caracterizadas por:

- El coeficiente global de pérdidas, CGP, de los ramales que discurren por el exterior y el interior.
- Su temperatura nominal de referencia establecida en el apartado 4.1.3.5.
- Las temperaturas exteriores e interiores de cálculo.
- Las horas de funcionamiento de cada circuito determinadas por los valores medios.

El cálculo se realiza determinando las pérdidas de cada ramal, la diferencia de temperaturas y la potencia media de pérdidas del circuito (en W).

A partir de las horas de funcionamiento se calculan las pérdidas térmicas en cada uno de los ramales de los circuitos. A partir de estos valores se pueden obtener:

- Las pérdidas térmicas de cada circuito sumando pérdidas de los 2 ramales al exterior y al interior.
- Las pérdidas térmicas asociadas a la instalación solar y asociadas a la demanda.
- Las pérdidas térmicas totales.

A continuación se indica un formato de hoja para el cálculo de las pérdidas térmicas:

CIRCUITO	PRI		CAR		DES		SEC		CON		DIS		REC	
	int	ext												
Ramal														
CGP (W/K)														
T _{NOM} (°C)														
T _{AMB} (°C)														
T _{NOM} - T _{AMB} (K)														
POT (W)														
HF (horas)														
PT (kWh)														

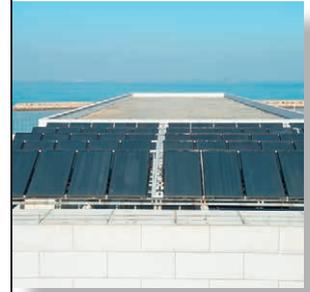
La determinación de las pérdidas térmicas también se puede realizar en base a valores medios mensuales utilizando los datos de temperaturas medias ambientes exteriores.

4.1.3.3.3. Pérdidas térmicas en accesorios

Las pérdidas térmicas de accesorios aislados con los espesores de aislamiento equivalentes a las tuberías donde se incorporan pueden considerarse incluidos en los cálculos anteriores.

Sin embargo, pueden ser importantes las pérdidas térmicas que pueden producir los accesorios o componentes no aislados de cualquiera de los circuitos.

Se calcularán dichas pérdidas calculando la superficie de pérdidas o estimando dichas pérdidas como tramos de tubería equivalente no aislada.





4.1.3.3.4. Pérdidas térmicas en acumuladores

Las pérdidas térmicas de los acumuladores se extraerán de la información facilitada por el fabricante o se calcularán con los criterios anteriormente referidos.

A todos los efectos, las pérdidas térmicas en acumuladores se computarán en base a funcionamiento continuo (24 horas diarias) a la temperatura nominal del sistema o circuito correspondiente.

4.1.3.4. Cálculo del consumo de energía térmica

El consumo de energía térmica, CE_{ACS} , es la cantidad de energía térmica que es necesario emplear para poder abastecer una determinada demanda. Se determina sumando la demanda de energía y las pérdidas térmicas asociadas a la demanda:

$$CE_{ACS} = DE_{ACS} + PT_{DEM} = DE_{ACS} + PT_{ALI} + PT_{DIS} + PT_{REC} + PT_{ACU}$$

Es necesario evaluar la importancia de las pérdidas térmicas para distintas condiciones de demanda, por lo que debería realizarse la evaluación del consumo de energía para demandas de agua caliente de $\pm 50\%$ del valor de diseño.

4.1.4. CÁLCULO DE LA ENERGÍA DISPONIBLE

4.1.4.1. Definición de los parámetros climáticos

Los parámetros climáticos serán los necesarios para determinar la energía disponible, y las temperaturas de referencia exterior para determinar las pérdidas térmicas de la instalación.

Para la irradiación solar global sobre superficie horizontal se adoptarán los valores establecidos en 4.1.4.1.1.

Como parámetros climáticos a considerar en el proceso de cálculo, se deberán considerar la irradiación global sobre el plano de captadores y la temperatura ambiente.

A efectos de esta norma, se consideran valores diarios medios mensuales.

En caso de utilizar cualquier otra base temporal se emplearán, como base de partida, los datos de la Tablas 4.5 y 4.6 (UNE 94003:2007), considerándose la latitud, longitud y altura correspondientes a cada localidad.

Como parámetros climáticos a considerar a los efectos de definir las condiciones extremas de funcionamiento se deberán considerar la irradiancia máxima, las temperaturas ambiente máxima y mínima y el número de días con temperatura inferior a 0 °C.

TABLA 4.5. Irradiación global diaria media mensual sobre superficie horizontal (MJ/m₂).

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Álava	5,209	7,976	11,086	14,308	18,369	20,985	21,420	19,249	14,513	10,082	5,971	4,262
Albacete	7,765	10,973	14,944	18,752	22,508	24,999	26,526	23,589	18,197	12,995	8,729	6,993
Alicante												
Almería	9,718	12,619	15,943	19,964	24,132	26,138	26,471	23,675	19,062	14,273	10,521	8,841
Asturias	5,638	7,855	10,989	13,933	15,842	16,999	17,036	15,151	12,493	8,998	6,344	4,958
Ávila	7,215	9,913	13,826	17,428	21,608	24,185	26,529	24,007	17,747	12,073	7,854	6,177
Badajoz	8,004	11,044	15,359	19,298	23,801	25,546	27,506	24,749	18,783	13,485	9,340	7,136
Baleares	8,267	11,264	14,610	18,585	22,376	25,037	25,590	22,807	17,129	12,973	9,060	7,221
Barcelona	7,225	10,240	13,740	17,651	21,182	23,034	24,262	20,888	15,870	11,572	7,995	6,579
Burgos	5,090	7,954	12,011	15,160	19,651	23,502	25,678	22,756	16,270	10,527	6,462	4,322
Cáceres	7,938	10,592	15,902	17,134	23,054	25,358	27,318	24,398	18,102	12,577	8,049	6,401
Cádiz	9,291	12,306	16,394	20,379	24,649	26,290	27,191	25,219	19,402	14,835	10,397	8,511
Cantabria	5,137	7,501	10,919	14,430	17,534	19,803	20,095	17,683	13,775	9,397	6,093	4,349
Castellón	8,474	11,150	15,084	18,365	21,904	23,930	24,647	21,280	17,315	12,682	9,250	7,428
Ceuta	8,654	11,453	14,958	18,523	21,719	24,362	24,300	22,547	18,069	12,845	9,645	8,002
Ciudad Real	7,391	10,471	14,651	18,290	23,119	25,244	27,360	24,562	18,182	12,736	8,550	6,574
Córdoba	8,801	11,567	15,102	18,200	23,090	25,540	27,179	24,894	18,745	13,469	10,086	7,967
Coruña La	5,306	7,801	11,405	15,167	18,222	20,619	21,815	19,731	14,296	10,204	6,197	4,531
Cuenca	6,999	9,666	13,613	16,839	20,912	23,783	26,156	23,314	17,402	12,047	7,968	6,139
Gerona	7,167	9,446	12,670	16,192	18,751	20,661	22,615	19,721	14,973	10,918	7,805	6,268
Granada	8,996	11,696	15,899	19,156	23,972	26,676	27,771	25,069	19,114	13,925	9,892	7,960
Guadalajara	6,132	8,561	12,089	15,593	19,528	22,382	25,496	22,704	16,621	11,128	7,094	5,599
Guipúzcoa	5,073	7,213	10,635	12,924	16,378	18,127	18,522	16,436	13,487	9,334	5,999	4,387
Huelva	8,457	11,666	15,472	19,880	23,977	25,567	27,129	24,777	19,411	13,726	9,576	7,462





Guía sobre Energía Solar Térmica

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Huesca	6,575	10,337	14,515	18,868	21,882	24,439	25,919	22,691	17,184	11,973	7,726	5,897
Jaén	8,662	11,572	15,687	19,280	24,019	26,109	27,897	24,557	18,774	13,722	10,352	7,419
León	6,374	9,231	13,519	17,245	20,842	23,660	25,488	22,492	16,381	11,015	7,345	5,534
Lérida	6,635	11,176	15,389	19,809	23,534	25,801	26,661	23,338	17,796	12,710	7,791	5,805
Logroño	5,772	9,069	12,848	16,094	19,493	22,852	24,192	21,595	15,994	11,058	6,696	4,995
Lugo	4,876	7,530	11,194	15,371	17,408	20,526	20,927	18,978	13,681	9,494	5,787	4,089
Madrid	6,777	9,585	13,628	17,426	21,385	23,914	25,886	23,058	17,189	11,774	7,674	5,983
Málaga	9,354	12,034	16,078	19,325	23,926	25,853	26,531	24,062	18,901	14,069	10,197	8,427
Melilla	9,466	11,745	15,013	18,417	21,363	23,097	22,806	21,040	16,368	13,265	10,124	8,566
Murcia	8,777	11,663	14,323	17,910	21,937	23,183	23,453	21,059	16,566	13,066	9,488	7,762
Navarra	5,275	8,279	12,384	15,244	18,694	22,758	24,237	21,105	16,528	10,626	6,430	4,701
Orense	4,977	7,375	11,698	15,523	17,950	20,629	21,977	20,884	15,584	9,565	5,964	4,312
Palencia	5,848	9,614	13,499	17,860	22,316	25,121	27,116	24,039	17,091	11,536	7,542	4,828
Palmas Las	13,395	15,967	19,232	22,074	23,826	24,272	24,289	22,875	20,448	17,158	14,091	12,464
Pontevedra	5,913	8,226	12,981	17,629	20,045	24,529	25,502	23,123	16,746	11,501	7,218	5,489
Salamanca	6,622	10,032	14,194	18,062	22,562	25,274	27,133	24,478	17,745	12,131	7,877	5,720
S. C. Tenerife	13,301	16,583	19,460	22,619	24,573	25,359	26,243	25,121	21,927	17,877	14,370	12,437
Segovia	6,164	8,614	12,491	15,704	19,770	22,992	25,876	23,294	17,000	11,021	7,059	5,358
Sevilla	9,140	12,230	16,007	19,764	24,141	25,893	27,239	24,812	19,174	14,295	10,209	8,298
Soria	6,032	8,597	12,504	16,181	20,427	24,043	26,139	22,913	16,403	10,808	6,912	5,488
Tarragona	7,870	10,470	14,964	18,466	21,414	23,532	24,684	21,262	16,851	12,335	8,606	7,087
Teruel	7,175	10,548	13,992	17,746	20,200	22,914	25,051	22,443	17,205	12,200	8,627	5,658
Toledo	7,770	10,454	15,632	18,189	22,706	26,046	27,498	24,590	18,248	12,713	8,020	6,354
Valencia	8,342	10,922	14,987	18,492	21,671	23,173	24,363	21,854	17,601	12,823	9,002	7,368
Valladolid	5,381	8,942	13,702	17,614	21,799	24,749	26,865	24,196	17,270	11,419	6,719	4,611
Vizcaya	4,479	6,729	9,556	11,976	15,224	16,899	17,272	15,256	12,400	8,550	5,317	3,891
Zamora	6,075	9,778	14,099	18,409	22,109	25,015	26,871	23,935	17,606	11,911	7,557	5,264
Zaragoza	6,398	9,778	13,793	17,381	21,520	23,848	25,312	22,488	16,507	11,639	7,452	5,659

TABLA 4.6. Temperatura ambiente diaria media mensual (°C).

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Albacete	5,0	6,3	8,5	10,9	15,3	20,0	24,0	23,7	20,0	14,1	8,5	5,3
Alicante	11,6	12,4	13,8	15,7	18,6	22,2	25,0	25,5	23,2	19,1	15,0	12,1
Almería	12,4	13,0	14,4	16,1	18,7	22,3	25,5	26,0	24,1	20,1	16,2	13,3
Ávila	3,1	4,0	5,6	7,6	11,5	16,0	19,9	19,4	16,5	11,2	6,0	3,4
Badajoz	8,7	10,1	12,0	14,2	17,9	22,3	25,3	25,0	22,6	17,4	12,1	9,0
Barcelona	8,8	9,5	11,1	12,8	16,0	19,7	22,9	23,0	21,0	17,1	12,5	9,6
Bilbao	8,9	9,6	10,4	11,8	14,6	17,4	19,7	19,8	18,8	16,0	11,8	9,5

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Burgos	2,6	3,9	5,7	7,6	11,2	15,0	18,4	18,3	15,8	11,1	5,8	3,2
Cáceres	7,8	9,3	11,7	13,0	16,6	22,3	26,1	25,4	23,6	17,4	12,0	8,8
Cádiz	12,8	13,5	14,7	16,2	18,7	21,5	24,0	24,5	23,5	20,1	16,1	13,3
Castellón	10,1	11,1	12,7	14,2	17,2	21,3	24,1	24,5	22,3	18,3	13,5	11,2
Ceuta	11,5	11,6	12,6	13,9	16,3	18,8	21,7	22,2	20,2	17,7	14,1	12,1
Ciudad Real	5,7	7,2	9,6	11,9	16,0	20,8	25,0	24,7	21,0	14,8	9,1	5,9
Córdoba	9,5	10,9	13,1	15,2	19,2	23,1	26,9	26,7	23,7	18,4	12,9	9,7
Cuenca	4,2	5,2	7,4	9,6	13,6	18,2	22,4	22,1	18,6	12,9	7,6	4,8
Gerona	6,8	7,9	9,8	11,6	15,4	19,4	22,8	22,4	19,9	15,2	10,2	7,7
Granada	6,5	8,4	10,5	12,4	16,3	21,1	24,3	24,1	21,1	15,4	10,6	7,4
Guadalajara	5,5	6,8	8,8	11,6	15,3	19,8	23,5	22,8	19,5	14,1	9,0	5,9
Huelva	12,2	12,8	14,4	16,5	19,2	22,2	25,3	25,7	23,7	20,0	15,4	12,5
Huesca	4,7	6,7	9,0	11,3	15,3	19,5	23,3	22,7	19,7	14,6	8,7	5,3
Jaén	8,7	9,9	12,0	14,3	18,5	23,1	27,2	27,1	23,6	17,6	12,2	8,7
La Coruña	10,2	10,5	11,3	12,1	14,1	16,4	18,4	18,9	18,1	15,7	12,7	10,9
Las Palmas	17,5	17,6	18,3	18,7	19,9	21,4	23,2	24,0	23,9	22,5	20,4	18,3
León	3,1	4,4	6,6	8,6	12,1	16,4	19,7	19,1	16,7	11,7	6,8	3,8
Lérida	5,5	7,8	10,3	13,0	17,1	21,2	24,6	24,0	21,1	15,7	9,2	5,8
Logroño	5,8	7,3	9,4	11,5	15,1	19,0	22,2	21,8	19,2	14,4	9,1	6,3
Lugo	5,8	6,5	7,8	9,5	11,7	14,9	17,2	17,5	16,0	12,5	8,6	6,3
Madrid	6,2	7,4	9,9	12,2	16,0	20,7	24,4	23,9	20,5	14,7	9,4	6,4
Málaga	12,2	12,8	14,0	15,8	18,7	22,1	24,7	25,3	23,1	19,1	15,1	12,6
Melilla	13,2	13,8	14,6	15,9	18,3	21,5	24,4	25,3	23,5	20,0	16,6	14,1
Murcia	10,6	11,4	12,6	14,5	17,4	21,0	23,9	24,6	22,5	18,7	14,3	11,3
Orense	7,4	9,3	10,7	12,4	15,3	19,3	21,9	21,7	19,8	15,0	10,6	8,2
Oviedo	7,5	8,5	9,5	10,3	12,8	15,8	18,0	18,3	17,4	14,0	10,4	8,7
Palencia	4,1	5,6	7,5	9,5	13,0	17,2	20,7	20,3	17,9	13,0	7,6	4,4
Palma de Mallorca	11,6	11,8	12,9	14,7	17,6	21,8	24,6	25,3	23,5	20,0	15,6	13,0
Pamplona	4,5	6,5	8,0	9,9	13,3	17,3	20,5	20,3	18,2	13,7	8,3	5,7
Pontevedra	9,9	10,7	11,9	13,6	15,4	18,8	20,7	20,5	19,1	16,1	12,6	10,3
Salamanca	3,7	5,3	7,3	9,6	13,4	17,8	21,0	20,3	17,5	12,3	7,0	4,1
San Sebastián	7,9	8,5	9,4	10,7	13,5	16,1	18,4	18,7	18,0	15,2	10,9	8,6
S. C. Tenerife	17,9	18,0	18,6	19,1	20,5	22,2	24,6	25,1	24,4	22,4	20,7	18,8
Santander	9,7	10,3	10,8	11,9	14,3	17,0	19,3	19,5	18,5	16,1	12,5	10,5
Segovia	4,1	5,2	7,1	9,1	13,1	17,7	21,6	21,2	17,9	12,6	7,3	4,3
Sevilla	10,7	11,9	14,0	16,0	19,6	23,4	26,8	26,8	24,4	19,5	14,3	11,1
Soria	2,9	4,0	5,8	8,0	11,8	16,1	19,9	19,5	16,5	11,3	6,1	3,4
Tarragona	10,0	11,3	13,1	15,3	18,4	22,2	25,3	25,3	22,7	18,4	13,5	10,7





Guía sobre Energía Solar Térmica

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Teruel	3,8	4,8	6,8	9,3	12,6	17,5	21,3	20,6	17,9	12,1	7,0	4,5
Toledo	6,1	8,1	10,9	12,8	16,8	22,5	26,5	25,7	22,6	16,2	10,7	7,1
Valencia	10,4	11,4	12,6	14,5	17,4	21,1	24,0	24,5	22,3	18,3	13,7	10,9
Valladolid	4,1	6,1	8,1	9,9	13,3	18,0	21,5	21,3	18,6	12,9	7,6	4,8
Vitoria	4,6	6,0	7,2	9,2	12,4	15,6	18,3	18,5	16,5	12,7	7,5	5,0
Zamora	4,3	6,3	8,3	10,5	14,0	18,5	21,8	21,3	18,7	13,4	8,1	4,9
Zaragoza	6,2	8,0	10,3	12,8	16,8	21,0	24,3	23,8	20,7	15,4	9,7	6,5

4.1.4.1.1. Irradiación solar global

En la Tabla 4.5 se indican los valores de irradiación global diaria media mensual sobre superficie horizontal (MJ/m^2) para las distintas provincias españolas.

Los datos de irradiación sobre cualquier superficie inclinada se obtendrán a partir de los datos de irradiación indicados en la Tabla 4.5 debiéndose referenciar la correlación seguida.

La orientación e inclinación de los captadores solares se definirá de acuerdo con los criterios expuestos en el apartado 4.1.4.2.

Para las temperaturas ambientes se adoptarán los valores definidos en 4.1.4.1.2

4.1.4.1.2. Temperatura ambiente

La temperatura ambiente diaria media mensual de las capitales de provincia se tomará de la Tabla 4.6 (UNE 94003:2007).

Para cualquier localidad Y que no sea capital de provincia, la temperatura ambiente diaria media mensual, ($T_{\text{amb}Y}$), se obtendrá a partir de la temperatura ambiente diaria media mensual de su capital de provincia, ($T_{\text{amb}CP}$), aplicando la expresión:

$$T_{\text{amb}Y} = T_{\text{amb}CP} - B \cdot \Delta z$$

siendo:

Δz Diferencia de altura, expresada en metros, entre la altura de la localidad Y y la altura de referencia de la capital de provincia de

dicha localidad. El criterio de signos es tal que si Y está a mayor altura que su capital de provincia, Δz es positiva. La altura de referencia para las capitales de provincia viene indicada en la Tabla 4.4.

B: Constante cuyo valor depende de la época del año:

- De octubre a marzo, $B = 0,01$
- De abril a septiembre, $B=0,005$

4.1.4.2. Orientación e inclinación de captadores

La orientación e inclinación de los captadores solares se definirá como la solución de compromiso entre las máximas prestaciones energéticas y la mejor integración arquitectónica:

- Las mejores prestaciones energéticas se consiguen para cada instalación en unas condiciones determinadas de orientación e inclinación.
- La mejor integración arquitectónica se consigue cuando se incorpora el sistema de captación como parte del edificio con los criterios del diseñador.

En relación con la ponderación de los criterios arquitectónicos y energéticos debería tenerse en cuenta que:

- Si los criterios de integración arquitectónica permiten cualquier solución para el sistema de captación, se utilizará el criterio de conseguir las máximas prestaciones energéticas.
- En algunas ocasiones, las máximas prestaciones y la integración arquitectónica no son criterios opuestos y es relativamente sencillo adoptar soluciones energéticamente optimizadas.
- En otras ocasiones, las máximas prestaciones no son compatibles con la mejor integración y deberían buscarse soluciones específicas de compromiso.

En general, los captadores se orientarán al sur geográfico. Sin embargo, desviaciones de hasta $\pm 45^\circ$ respecto del sur geográfico no afectan significativamente a las prestaciones de la instalación, aunque deberá evaluarse la disminución de prestaciones en cada caso.





Guía sobre Energía Solar Térmica

En función de la variación del consumo a lo largo del año, del consumo, éste puede ser anual constante, preferentemente estival o preferentemente invernall:

- El consumo es anual constante cuando no cambia a lo largo del año o cuando los valores medios diarios mensuales de consumo varíen menos de $\pm 25\%$ respecto del valor medio diario anual.
- Se define una instalación solar de uso estival como aquella en la que el consumo de agua caliente durante al menos 4 meses de verano es superior en un 50% al valor medio anual.
- Se define una instalación solar de uso invernall como aquella en la que el consumo de agua caliente durante al menos 4 meses de invierno es superior en un 50% al valor medio anual.

Para cada caso deberá estudiarse y justificarse la inclinación óptima de los captadores.

Por defecto, la inclinación de captadores respecto del plano horizontal será:

- En instalaciones de uso anual constante: la latitud geográfica.
- En instalaciones de uso estival: la latitud geográfica $- 10^\circ$.
- En instalaciones de uso invernall: la latitud geográfica $+ 10^\circ$.

Sobre los valores anteriores pueden admitirse desviaciones de $\pm 15^\circ$.

En cualquier caso y con cualquier distribución del consumo, la optimización de las prestaciones energéticas debería realizarse examinando la sensibilidad de las mismas a variaciones de la orientación e inclinación.

4.1.4.3. Cálculo de la radiación incidente sobre el campo de captadores

Para el cálculo de la radiación solar global incidente sobre la superficie inclinada del campo de captadores se utilizarán los criterios establecidos en 4.1.4.1.1.

4.1.5. DEFINICIÓN DE LOS PARÁMETROS FUNCIONALES

4.1.5.1. Criterios para selección de los parámetros

Los parámetros funcionales serán los necesarios para definir el comportamiento térmico y las prestaciones de la instalación solar.

Para definir todos los parámetros funcionales se deben haber realizado las siguientes actividades:

- Selección de la configuración básica de acuerdo con el capítulo 2.
- Selección de todos los componentes de la instalación conforme al apartado 4.1.5.1.1.
- Definición de sistemas.

Dentro de la definición de sistemas se distinguen las siguientes funciones:

- Acoplamiento de componentes.
- Interconexión de sistemas.
- Condiciones y estrategias de funcionamiento.

Con la selección de la configuración básica se establecen los sistemas y circuitos que se incorporan en la instalación, y de ahí se deduce la relación de datos que es necesario definir para disponer de la información de diseño completa.

Con la selección de los componentes quedan definidas todas las características de cada uno de ellos, y los datos y características funcionales de cada uno de los componentes a emplear estarán reflejados en el cuadro de especificaciones de los componentes.

Se han establecido los datos de componentes para el caso más general posible. En función del método de cálculo a emplear habrá que realizar una selección de los mismos.

Se deberían establecer procedimientos para ensayar y caracterizar, hidráulica y térmicamente, todos los componentes de las instalaciones.





Guía sobre Energía Solar Térmica

El funcionamiento de cada uno de los sistemas que componen la instalación solar y los diferentes componentes incluidos en cada sistema queda caracterizado y definido por el conjunto de parámetros cuyos valores es necesario cuantificar para determinar el comportamiento energético de la instalación.

4.1.5.1.1. Requisitos generales de componentes y materiales

Los datos incorporados, que estarán suficientemente documentados, deberán proceder de ensayos de certificación.

Toda la información que acompaña a los equipos deberá expresarse, al menos, en castellano y en unidades del Sistema Internacional.

Todos los componentes deberán cumplir la normativa vigente que les sea de aplicación y dispondrán de los certificados de conformidad correspondientes. A los fabricantes de los distintos componentes de la instalación se les podrá requerir que aporten la certificación ISO 9000.

Todos los componentes, materiales y accesorios de la instalación deberán estar preparados para resistir las condiciones de presión y temperatura extremas a las que pueden estar sometidos.

Todos los componentes materiales y accesorios que se instalen al exterior deberán estar expresamente diseñados y preparados para resistir las condiciones exteriores a las que vayan a estar expuestos: rayos UV, oxidación por acción combinada de agua y aire, etc.

Todos los materiales deberán ser compatibles con los fluidos de trabajo que puedan contener. Especial precaución se tendrá con los materiales en contacto con el agua caliente sanitaria que deberán presentar compatibilidad con dicho fluido de trabajo.

4.1.5.1.2. Captadores. Generalidades

El captador llevará una etiqueta visible y duradera, que, además de cumplir los requisitos establecidos en el CTE, disponga de los datos establecidos en la norma UNE 12975-1:

- Nombre del fabricante.
- Tipo.
- Número de serie.
- Año de fabricación.
- Superficie total del captador.
- Dimensiones del captador.
- Presión máxima de trabajo.
- Temperatura de estancamiento a 1000 W/m^2 y $30 \text{ }^\circ\text{C}$.
- Volumen del fluido de transferencia de calor.
- Peso del captador vacío.
- Fabricado en

Es recomendable que se utilicen captadores solares que se ajusten a las siguientes características técnicas:

- Material de la cubierta transparente: vidrio templado de espesor no inferior a 3 mm y transmisividad mayor o igual a 0,8.
- Distancia media entre el absorbedor y la cubierta transparente no inferior a 2 cm ni superior a 4 cm.
- Absorbedor constituido sólo por materiales metálicos.

La instalación de sistemas integrados en cubierta se deberá realizar mediante procedimiento acreditado por el fabricante y de forma que se garanticen las características funcionales y de durabilidad del conjunto.

Los datos para la caracterización térmica, hidráulica y mecánica del captador solar deberán proceder de los resultados del ensayo realizado conforme a UNE 12975. A estos efectos, es importante señalar que la función de rendimiento del captador siempre está relacionada con una superficie útil y un caudal de ensayo.





A) Modelo de captador

Todos los captadores que integren la instalación se recomienda que sean del mismo tipo y modelo. Si no fuera posible mantener el mismo modelo en la rehabilitación o ampliación, se dispondrá de un sistema de regulación de caudal por baterías que permita que las nuevas baterías presenten el mismo caudal (diferencia máxima del 10%) que las existentes cuando circule por el circuito primario el caudal de diseño.

En el caso que la instalación disponga de captadores en una única batería, se podrán utilizar captadores distintos siempre que:

- No implique modificaciones en el caudal que circula por dicho captador fuera del rango $\pm 5\%$ respecto del caudal original de diseño unitario.
- No suponga una disminución del rendimiento térmico del sistema de captación en las condiciones habituales de operación.
- Estéticamente sean similares.

En caso de rehabilitación o ampliación de instalaciones, el captador debería ser del mismo modelo y características que los existentes y la instalación resultante debería cumplir con los requisitos indicados.

B) Estructura soporte y sujeción del captador

La estructura soporte cumplirá los requisitos establecidos en el CTE-SE.

Todos los materiales de la estructura soporte se deberán proteger contra la acción de los agentes ambientales, en particular contra el efecto de la radiación solar y la acción combinada del aire y el agua.

Las estructuras de acero deberán protegerse mediante galvanizado por inmersión en caliente, pinturas orgánicas de zinc o tratamientos anticorrosivos equivalentes.

La realización de taladros en la estructura se deberá llevar a cabo antes de proceder al galvanizado o protección de la estructura.

La tornillería y piezas auxiliares deberían estar protegidas por galvanizado o zincado, o bien serán de acero inoxidable.

4.1.5.1.3. Acumuladores. Generalidades

El acumulador llevará una placa de identificación situada en lugar claramente visible y escrita con caracteres indelebles en la que aparecerán, entre otros, los siguientes datos:

- Marcado CE, si procede.
- Nombre y señas de identificación del fabricante.
- Marca y modelo.
- Año y número de fabricación.
- Volumen (en litros).
- Presión máxima de trabajo (en bar).
- Temperatura máxima de trabajo (en °C).

Los acumuladores que se utilizarán en las instalaciones de energía solar según el tipo de aplicación serán los siguientes:

- Acumuladores de agua caliente sanitaria.
- Acumuladores de inercia.

Los acumuladores de las instalaciones de energía solar pueden disponer de uno o más intercambiadores de calor incorporados. En estos casos se denominarán interacumuladores.

C) Acumuladores de agua caliente sanitaria

Los acumuladores vendrán equipados de fábrica con las bocas necesarias soldadas antes de efectuar el tratamiento de protección interior.





Guía sobre Energía Solar Térmica

Los acumuladores de agua caliente sanitaria podrán ser de:

- Acero con tratamiento interior vitrificado.
- Acero con tratamiento de protección interior mediante resinas epoxi o equivalente.
- Acero inoxidable (de calidad AISI 316 L o similar).
- Acumuladores de cobre.
- Acumuladores no metálicos que, además de soportar las condiciones extremas del circuito, resistan la acción combinada de presión y temperatura más desfavorable y esté autorizada su utilización por la Administración Competente.

Los acumuladores se protegerán frente a la corrosión mediante protecciones activas permanentes (protección catódica) o mediante protecciones pasivas recambiables (ánodo de sacrificio).

Los acumuladores mayores de 750 litros dispondrán de una boca de hombre con un diámetro mínimo de 400 mm, fácilmente accesible, que permita la inspección adecuada del interior.

D) Acumuladores de inercia

Los acumuladores de inercia podrán ser de:

- Acero negro con o sin protección interior.
- Acero inoxidable.
- No metálicos de acuerdo a las normas UNE que le sean de aplicación.
- De hormigón.

La utilización de depósitos de hormigón requerirá la elaboración de un proyecto realizado por un técnico competente.

E) Interacumuladores

Los interacumuladores deberán cumplir, además de los requisitos establecidos para el acumulador, los correspondientes a los intercambiadores incorporados que se establecen en el apartado 4.1.5.1.4 sobre intercambiadores incorporados.

F) Caracterización del acumulador

La caracterización térmica del acumulador solar se pretende que proceda de los resultados de los ensayos realizados conforme a UNE 12977-3.

Mientras se pone en marcha el procedimiento anterior, se utilizarán los siguientes criterios para definir o limitar las características térmicas:

- No se considerarán los procesos de carga y descarga, ni los procesos de estratificación y mezcla.
- Se tendrán en cuenta las características y situación de las conexiones de entrada y salida con los criterios del apartado 1).
- Se considerarán las pérdidas térmicas del acumulador de acuerdo con los criterios del apartado 2).

1) Conexiones de entrada y salida

En acumuladores verticales, el punto final de la tubería de entrada de agua caliente del intercambiador o de los captadores al acumulador se localizará por la parte superior de éste, preferentemente a una altura comprendida entre el 50% y el 75% de la altura total del acumulador.

El punto final de la tubería de salida de agua fría del acumulador hacia el intercambiador o los captadores se realizará por la parte inferior de éste, preferentemente a una altura comprendida entre el 5% y el 10% de la altura total del acumulador.

El serpentín incorporado al acumulador solar se situará en la parte inferior del mismo, preferentemente entre el 10% y el 60% de la altura total del acumulador. En este caso, no es necesario que el punto final de entrada de agua caliente se localice en la parte superior de éste.





Guía sobre Energía Solar Térmica

En los acumuladores horizontales las tomas de agua caliente y fría estarán situadas en extremos diagonalmente opuestos, de forma que se eviten caminos preferentes de circulación del fluido.

La alimentación de agua fría al acumulador solar se realizará por la parte inferior, alcanzando el punto final de la tubería una altura máxima del 10% de la altura total del acumulador. Esta alimentación de agua fría estará equipada con un sistema que evite que la velocidad residual destruya la estratificación en el acumulador.

La extracción de agua caliente del acumulador solar se realizará por la parte superior a una altura comprendida entre el 90% y el 100% de la altura total del acumulador.

2) Pérdidas térmicas del acumulador

El acumulador cumplirá los requisitos de aislamiento térmico establecidos en el RITE.

4.1.5.1.4. Intercambiadores de calor

A) Intercambiadores externos

El intercambiador llevará una placa de identificación situada en lugar claramente visible y escrita con caracteres indelebles en las que aparecerán los siguientes datos:

- Fabricante.
- Marca.
- Modelo.
- Número de placas.
- Temperatura máxima.
- Presión nominal.
- Potencia nominal.

- Caudal nominal en primario y secundario.
- Salto de temperatura nominal en primario y secundario.

Se podrán utilizar intercambiadores de placas desmontables o electrosoldadas.

El material de las placas será acero inoxidable o cobre.

B) Intercambiadores incorporados

Los datos del intercambiador aparecerán en la placa de identificación del interacumulador. Se indicarán, además de los datos del acumulador, los siguientes:

- Área de intercambio térmico (en m²).
- Presión máxima de trabajo del circuito primario (en bar).

Se recomienda añadir la temperatura máxima de trabajo del circuito primario (en °C).

Se podrán utilizar intercambiadores de serpentín, de doble envolvente o de tipo vaina.

El material de fabricación será acero inoxidable o cobre.

4.1.4.1.5. Bombas

La bomba de circulación llevará una placa de identificación situada en lugar claramente visible y escrita con caracteres indelebles en las que aparecerán los siguientes datos:

- Fabricante.
- Marca.
- Modelo.
- Características eléctricas.





Guía sobre Energía Solar Térmica

Las bombas podrán ser del tipo en línea (de rotor seco o húmedo).

En circuitos de agua caliente para usos sanitarios, los materiales de la bomba serán resistentes a la corrosión.

Los materiales de la bomba del circuito primario serán compatibles con las mezclas anticongelantes y, en general, con el fluido de trabajo utilizado.

Las bombas serán resistentes a las averías producidas por efecto de las incrustaciones calizas.

La bomba permitirá efectuar de forma simple la operación de desaireación o purga.

4.1.5.1.6. Tuberías

En los circuitos primarios podrán utilizarse tuberías de cobre y de acero inoxidable, con uniones roscadas, soldadas o embridadas y protección exterior con pintura anticorrosiva.

En los circuitos secundarios de la instalación podrán utilizarse tuberías de cobre, de acero negro, de acero inoxidable o material plástico compatibles con el fluido que se utilice.

En los circuitos de agua caliente sanitaria podrán utilizarse tuberías de cobre y acero inoxidable. Podrán utilizarse materiales plásticos que estén autorizadas por la normativa vigente.

Las tuberías de materiales plásticos deberán soportar las condiciones extremas de presión y temperatura del circuito. En condiciones de funcionamiento nominal, las tuberías deberán tener una vida útil garantizada por el fabricante superior a 50 años.

Las tuberías de cobre serán tubos estirados en frío y sus uniones serán realizadas por accesorios a presión que soporten las condiciones extremas o mediante soldadura por capilaridad de acuerdo a la norma UNE EN 1057. Se realizará soldadura fuerte cuando la temperatura del circuito pueda superar en algún momento los 125 °C.

Cuando sea imprescindible utilizar en el mismo circuito materiales diferentes, se tomarán las medidas necesarias en función de las características del circuito, del fluido de trabajo y de los materiales de las tuberías.

En todos los casos es aconsejable prever la protección catódica del acero según norma UNE 100 050.

4.1.5.1.7. Vasos de expansión

Los vasos de expansión serán siempre cerrados, y llevará una placa de identificación situada en lugar claramente visible y escrita con caracteres indelebles en las que aparecerán los siguientes datos:

- Marcado CE, si procede.
- Nombre y señas de identificación del fabricante.
- Marca y modelo.
- Año y número de fabricación.
- Volumen total (en litros).
- Presión máxima de trabajo (en bar).
- Temperatura máxima de trabajo (en °C).

Se recomienda que los vasos de expansión utilizados en los circuitos primarios tengan una temperatura máxima de funcionamiento superior a 100 °C, pero, en cualquier caso, se adoptarán las medidas necesarias (vaso tampón, tubería de enfriamiento, etc.) para que no llegue al vaso fluido a temperatura superior a la que el mismo pueda soportar.

En casos de fugas, los vasos de expansión deberían presurizarse con nitrógeno puro. El uso de aire no es aconsejable porque puede reducir la vida útil.

Los vasos de expansión instalados a la intemperie deberán estar expresamente diseñados para ello.





4.1.5.1.8. Válvulas y accesorios. Generalidades

Las válvulas llevarán impreso de forma indeleble el diámetro nominal, la presión nominal y, si procede, la presión de ajuste.

La elección de las válvulas se realizará, de acuerdo con la función que desempeñan y las condiciones extremas de funcionamiento (presión y temperatura), siguiendo los siguientes criterios:

- Para aislamiento: válvulas de esfera.
- Para equilibrado de circuitos: válvulas de asiento.
- Para vaciado: válvulas de esfera o de macho.
- Para llenado: válvulas de esfera.
- Para purga de aire: válvulas de esfera o de macho.
- Para seguridad: válvula de resorte.
- Para retención: válvulas de disco, de clapeta o de muelle (disco partido).

A los efectos de esta Guía, no se permitirá la utilización de válvulas de compuerta.

Las válvulas de seguridad, por su importante función, deberán ser capaces de derivar la potencia máxima del captador o grupo de captadores, incluso en forma de vapor, de manera que en ningún caso sobrepase la máxima presión de trabajo del captador o del sistema.

Los purgadores automáticos resistirán las presiones y temperaturas máximas alcanzables en el circuito correspondiente. Los del circuito primario se recomienda que resistan, al menos, temperaturas de 150 °C.

A) Materiales

Los componentes fundamentales de las válvulas deberían estar constituidos por los materiales que se indican a continuación:

- Válvulas de esfera:
 - Cuerpo de fundición de hierro o acero.
 - Esfera y eje de acero durocromado o acero inoxidable.
 - Asientos, estopada y juntas de teflón.
 - Podrán ser de latón estampado para diámetros inferiores a 1 1/2 con esfera de latón durocromado.

- Válvulas de asiento:
 - Cuerpo de bronce (hasta 2") o de fundición de hierro o acero.
 - Tapa del mismo material que el cuerpo.
 - Obturador en forma de pistón o de asiento plano con cono de regulación de acero inoxidable y aro de teflón. No será solidario al husillo.
 - El asiento será integral en bronce o en acero inoxidable según el cuerpo de la válvula.
 - Prensa-estopas del mismo material que cuerpo y tapa.

- Válvulas de seguridad de resorte:
 - Cuerpo de hierro fundido o acero al carbono con escape conducido.
 - Obturador y vástago de acero inoxidable.
 - Prensa-estopas de latón.
 - Resorte en acero especial para muelle.

- Válvulas de retención de clapeta:
 - Cuerpo y tapa de bronce o latón.
 - Asiento y clapeta de bronce.
 - Conexiones rosca hembra.

- Válvulas de retención de muelle:
 - Cuerpo y tapa de bronce o latón.
 - Asiento y clapeta de bronce.
 - Conexiones rosca hembra.
 - Resorte en acero especial para muelle.

- Purgadores automáticos de aire:
 - Cuerpo y tapa de fundición de hierro o latón.
 - Mecanismo de acero inoxidable.
 - Flotador y asiento de acero inoxidable o de plástico.
 - Obturador de goma sintética.





4.1.5.1.9. Aislamiento

El material usado como aislamiento debería cumplir con la norma UNE 100171.

El material aislante situado a la intemperie deberá protegerse adecuadamente frente a los agentes atmosféricos, de forma que se evite su deterioro.

Como protección del material aislante se podrá utilizar una cubierta o revestimiento de escayola protegido con pinturas asfálticas, poliésteres reforzados con fibra de vidrio o chapa de aluminio. En el caso de que el aislamiento esté basado en espuma elastomérica, se podrán usar pinturas plásticas impermeables cuya exposición prolongada al Sol no afecte a sus propiedades fundamentales.

En el caso de acumuladores e intercambiadores de calor situados a la intemperie, podrán usarse forros de telas plásticas como protección del material aislante.

4.1.5.2. Definición de los parámetros funcionales de los sistemas

Se establecen los datos de los sistemas en el caso más general posible. En función del método de cálculo habrá que realizar selección previa de los mismos.

A) Datos del sistema de captación

- Marca, tipo y modelo de captador solar.
- Número de captadores por batería.
- Tipo de conexión en la batería.
- Número de baterías.
- Tipo de conexión de las baterías.
- Número de agrupaciones.

- Caudal de diseño: por captador, por batería, por grupo, por campo.
- Orientación e inclinación.
- Sombras de obstáculos.
- Sombras entre filas.

B) Datos del sistema de acumulación

- Marca, tipo y modelo de acumulador solar.
- Ubicación exterior/interior.
- Disposición vertical/horizontal.
- Aislamiento. Material y conductividad.
- Aislamiento. Espesor.
- Aislamiento. Protección.
- Aislamiento. Coeficiente de pérdidas.
- Número de acumuladores por grupo.
- Tipo de conexión entre acumuladores.
- Caudal constante o variable de calentamiento o carga.
- Límites del caudal de cal o carga.
- Caudal constante o variable de enfriamiento o descarga.
- Límites del caudal de enfriamiento o descarga.

C) Datos del sistema de intercambio

- Marca, tipo y modelo de intercambiador solar.
- Número de intercambiadores.





Guía sobre Energía Solar Térmica

- Primario: tipo de fluido.
- Primario: caudal másico.
- Primario: niveles y salto temperaturas.
- Secundario: tipo de fluido.
- Secundario: caudal másico.
- Secundario: niveles y salto de temperaturas.
- Coeficiente global de transferencia de calor.
- Superficie de intercambio.
- Aislamiento.
- Tipo de conexión entre intercambiadores.
- Caudal constante o variable de calentamiento o carga.
- Límites del caudal de cal o carga.

D) Datos del sistema de transporte

Para cada circuito:

- Caudal de diseño.
- Tipo de tuberías.
- Diámetros máx/mín de tuberías.
- Longitudes de lazos.
- Pérdida de carga de carga.
- Potencia eléctrica de bombas.
- Tipo, conductividad y espesor de aislamiento.

E) Datos del sistema de apoyo

- Configuración elegida.
- Tipo de energía.

- Acumulación secundaria.
- Potencia generador.
- Rendimiento generador.
- Control de temperatura.
- Actuación del control de temperatura.
- Válvula mezcladora.
- Tratamiento térmico antilegionella.

F) Datos del sistema de control

Para cada actuador:

- Control diferencial.
- Posición sensores de temperatura.
- Criterios de activación/desactivación.
- Limitación temperatura máxima.
- Actuación temperatura máxima.
- Limitación temperatura mínima.
- Actuación temperatura mínima.
- Posición resto de sensores de temperaturas.
- Otros (irradiancia solar).

4.1.5.3. Parámetros característicos de diseño y funcionales

En algunos casos se pueden definir parámetros característicos de las instalaciones que definen números, índices y aspectos funcionales de las instalaciones que pueden ser analizados a los efectos de comparar distintas soluciones.

Estos valores pueden ser:

- La carga específica M/A : carga de consumo media diaria por unidad de superficie de captación (litros/m²) o por unidad de potencia (litros/kW).





Guía sobre Energía Solar Térmica

- El volumen específico V/A : volumen de acumulación por unidad de superficie de captación (litros/m²) o por unidad de potencia (litros/kW).
- El tamaño de acumulación en relación con el consumo: V/M .

También se pueden extraer valores a partir del aporte solar, del rendimiento, la cobertura o fracción solar, etc. El más significativo es el aporte solar específico definido como la energía solar aportada por unidad de superficie de captación (kWh/m²) o por unidad de potencia (h). En este último caso, se estará utilizando el número de horas de funcionamiento a la potencia nominal.

En cualquier caso, los parámetros que se puedan definir y comparar serán opcionales y no obligatorios.

4.1.6. MÉTODOS DE CÁLCULO UTILIZABLES

4.1.6.1. Generalidades

Uno de los factores que más afecta a la comparación técnica y económica de las distintas soluciones que se pueden adoptar para resolver un determinado consumo está referido a las prestaciones de la instalación correspondiente.

La evaluación de las prestaciones de una instalación solar puede tener, básicamente, tres objetivos:

- Que el usuario tenga una previsión de la energía térmica aportada y, por tanto, del ahorro para compararlo con la inversión que realiza o con el funcionamiento real.
- Que el diseñador pueda optimizar parámetros de funcionamiento y diseño de instalaciones.
- Que se puedan comparar soluciones diferentes.

La utilización de distintos métodos de cálculo produce resultados en la evaluación del comportamiento y la determinación de las prestaciones de la instalación que no son comparables de una forma totalmente fiable.

Si no se utiliza el mismo método de cálculo, será difícil que los resultados del mismo sean valores totalmente coherentes, porque los algorit-

mos, funciones, etc. que se utilizan pueden ser distintos y es imposible que los resultados sean comparables.

Que los datos de partida pretendan ser los mismos reduce mucho las discrepancias de los resultados pero se mantendrán las diferencias en algunos factores importantes, como la transformación irradiación global horizontal a inclinada y desviada, la forma de considerar las pérdidas térmicas, el modelo de acumulador, etc.

Como ya se indicó, dependiendo del método de cálculo empleado será necesario seleccionar y definir todos o parte de los parámetros de uso, climáticos y de funcionamiento indicados.

A los efectos de información para el usuario, siempre es importante disponer de los resultados del comportamiento y funcionamiento de la instalación para distintos datos de partida. Para ello, opcionalmente se podrá establecer la necesidad de calcular las prestaciones de la instalación para consumos distintos a los de diseño en $\pm 25\%$ y $\pm 50\%$.

4.1.6.2. Criterios de aceptación de los diferentes métodos

El método de cálculo utilizado debería ser aceptado por las partes o impuesto por la propiedad o por el usuario. Naturalmente, debería ser requisito imprescindible la disponibilidad del método de cálculo para cualquier opción.

Los resultados obtenidos pueden ir desde la evaluación de las prestaciones energéticas globales de la instalación solar térmica hasta aspectos específicos de cada sistema (nivel de estratificación térmica en el acumulador, temperatura a la salida del captador, etc.).

Existe una amplia gama de métodos de cálculo cuyos datos de entrada, datos de salida, propiedades, bases de cálculo, aplicaciones, etc. son muy diferentes.

Mientras no haya un método de cálculo específico asociado a esta Guía, se pueden admitir como válidos los distintos métodos aceptados por el sector con las siguientes anotaciones:





Guía sobre Energía Solar Térmica

- Contrastado por entidades públicas y privadas.
- Difundido o sea utilizable por muchos.
- Adaptable a las distintas configuraciones.
- Posibilidad de seleccionar componentes.

Los resultados obtenidos por distintos programas de cálculo no son, a priori, comparables.

Los métodos de cálculo de instalaciones solares pueden clasificarse en simplificados o detallados:

- Los métodos simplificados aportan información sobre el comportamiento energético global de la instalación, no requieren gran nivel de detalle para la definición de las bases de cálculo y, por tanto, no necesitan disponer de información detallada en los datos de entrada, por lo que son relativamente fáciles de utilizar. Los parámetros de salida generalmente se refieren a variables globales de la instalación (cantidad de energía aportada, etc.).
- Los métodos detallados utilizan modelos físicos y matemáticos que caracterizan los distintos sistemas y/o componentes, permiten realizar estudios paramétricos para determinar el efecto provocado en la instalación solar debido a la variación de distintas variables y simulan el comportamiento energético de la instalación. Son métodos capaces de aportar gran cantidad de información detallada pero que han de estar adecuadamente contrastados con datos experimentales medidos en las instalaciones al objeto de reproducir convenientemente el comportamiento de éstas. Una ventaja importante que ofrecen estos métodos es que se pueden utilizar para contrastar los datos medidos de funcionamiento real con los resultados obtenidos en la simulación. En cualquier caso, siempre ha de tenerse en cuenta que estos métodos, normalmente, sólo modelan los procesos térmicos que tienen lugar en las instalaciones y no incluyen otros aspectos que sí pueden tener lugar en la realidad (fugas de líquido, fallos en el sistema de control, etc.).

4.1.7. CÁLCULOS TÉCNICO-ADMINISTRATIVOS

Como ya se indicó, esta Guía pretende establecer un procedimiento que, además de aspectos funcionales, resuelva los temas administrati-

vos. Para ello, se debería prever que una instalación se pueda calcular con los criterios que en la normativa correspondiente se establezcan.

Normalmente, las normas pueden definir otros datos de partida y otros métodos de cálculo, por lo que las soluciones de estos cálculos difícilmente serán comparables.

Lo que se plantea en esta Guía es que cuando las condiciones administrativas lo requieran, la instalación deberá calcularse, adicionalmente, por el método exigido y deberá verificarse que los resultados cumplen los requisitos administrativos.

A título de ejemplo y por ser el caso más usual, en las normativas existentes las prestaciones de las instalaciones suelen referirse a un nivel de cobertura solar sobre una demanda de energía sin considerar las pérdidas térmicas y, por tanto, las prestaciones, en términos de cobertura o fracción solar, serán siempre superiores a las previstas por la Guía.

En el caso anterior y operando en sentido contrario, muchas veces se utilizará el criterio de cumplir escrupulosamente la normativa (cobertura o fracción solar superior a un cierto valor), pero debería dejarse constancia que, siguiendo el procedimiento establecido en esta Guía, la cobertura real será inferior y eso lo debería saber el propietario o futuro usuario.

4.1.8. MEDIDA DE LA ENERGÍA TÉRMICA

4.1.8.1. Generalidades

La medida de la energía térmica aportada por la instalación solar es obligatoria para instalaciones de potencia superior a 14 kW, pero se recomienda su utilización generalizada.

La verificación de las prestaciones de una instalación solar exige realizar la medida de la energía térmica aportada por la misma y, para ello, se establecen los criterios de medida necesarios. En el capítulo 6 se definen los dispositivos necesarios.

Se deben poder comparar las energías térmicas y finales de las distintas configuraciones. Se deben poder medir las energías térmicas y realizar la comparación con los resultados de los programas de cálculo.





Se establece un procedimiento para realizar el balance energético de la instalación térmica de producción de agua caliente sanitaria, de forma que sea aplicable a todas las configuraciones y permita realizar un análisis comparativo de las prestaciones de cada una de ellas.

4.1.8.2. Criterios para definir las pérdidas térmicas

En la configuración más general posible se definen las energías térmicas que se pueden caracterizar, así como las pérdidas térmicas de cada uno de los circuitos y sistemas. Las energías térmicas se han denominado desde E1 a E14. ER es la energía radiante, EU la energía útil y EA la energía térmica de apoyo (ver Fig. 4.6).

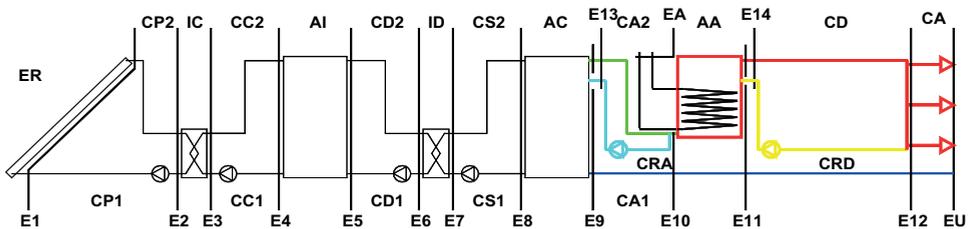


Figura 4.6.

Las pérdidas térmicas se denominan, de acuerdo con el sistema con el que van asociados:

- AI Acumulación solar de inercia
- AC Acumulación solar de consumo
- AA Acumulación del sistema de apoyo o sistema de apoyo en general
- IC Intercambiador de carga
- ID Intercambiador de descarga

Las pérdidas térmicas se denominan, de acuerdo con los posibles circuitos que intervienen en la instalación solar:

- CP Circuito primario o solar
- CC Circuito de carga o de calentamiento del sistema de acumulación de inercia
- CD Circuito de descarga o de enfriamiento del sistema de acumulación de inercia



- CS Circuito secundario o de calentamiento del sistema de acumulación de consumo
- CA Circuito de alimentación o consumo
- CD Circuito de distribución
- CE Circuito de entrega

Para diferenciar las partes frías y calientes de cada circuito se utiliza la denominación adicional 1 para el tramo más frío y 2 para el tramo más caliente.

Se consideran, asimismo, los dos posibles circuitos de recirculación:

- RA Recirculación del circuito de alimentación
- RD Recirculación del circuito de distribución

Además de las pérdidas térmicas, en cada uno de los circuitos afectados se deberán considerar como aportes positivos las transferencias de calor de las bombas de circulación correspondientes.

Para el caso más general de instalaciones con intercambiadores incorporados, las energías pueden medirse en las posiciones y con las denominaciones indicadas en la Fig. 4.7.

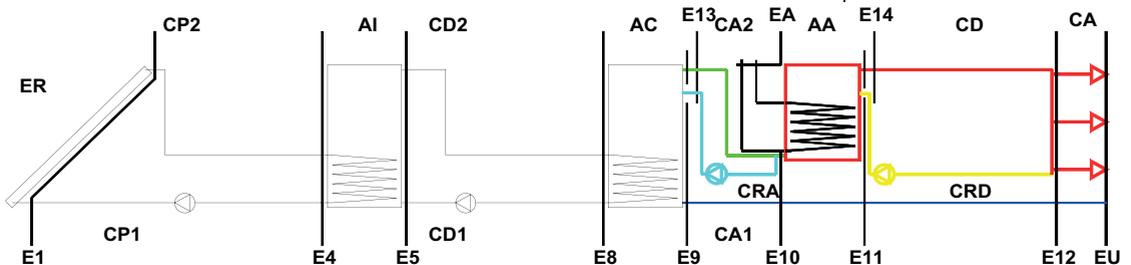


Figura 4.7.

4.1.8.3. Balances energéticos

Partiendo de la expresión indicada en el apartado 4.1.2 de este capítulo, se puede expresar:



Guía sobre Energía Solar Térmica

$$ESA = E10 = E1 - PTS = E1 - PCP - PIC - PCC - PAI - PCC - PID - PCS - PAC - PCA - PCRA$$

$$DBE = EU + PTD = EU + PAA + PCD + PCRD + PCA$$

$$ER = \text{ENERGÍA RADIANTE}$$

$$E1 = ER * REN$$

$$E2 = E1 - PCP$$

$$E3 = E2 - PIC$$

$$E4 = E3 - PCC$$

$$E5 = E4 - PAI$$

$$E6 = E5 - PCD$$

$$E7 = E6 - PID$$

$$E8 = E7 - PCS$$

$$E9 = E8 - PAC$$

$$E10 = E9 - PCA + PCRA = ESA$$

$$EAA = DBE - ESA$$

$$DBE = E11 + PAA$$

$$E11 = E12 + PCD + PCRD$$

$$E12 = EU + PCA$$

EU: energía útil que produce el efecto deseado por la demanda de agua caliente

E13: pérdidas del circuito de recirculación de la alimentación

E14: pérdidas del circuito de recirculación de la distribución

4.1.8.4. Aplicación a las distintas configuraciones

Se establece un procedimiento para evaluar tanto las energías térmicas como las finales en todas las configuraciones de instalaciones en edificios multiviviendas.

La configuración totalmente centralizada se estudia con intercambiador solar en consumo, pero el análisis con acumulador de inercia o con ambos es equivalente.

Dado que en el balance energético de la instalación de producción de agua caliente se diferencian pérdidas térmicas asociadas a la demanda, a la producción solar o al sistema auxiliar para cada configuración debe definirse el procedimiento de cierre del balance incluyendo los distintos sistemas o circuitos en cada uno de los tipos de pérdidas térmicas.

Hay que señalar la importancia de las pérdidas térmicas en lo que se va a denominar "circuito de reparto", que es el que distribuye la energía desde la parte centralizada de la instalación a las partes individuales situadas en cada una de las viviendas.

Para las configuraciones que disponen del sistema de apoyo distribuido, los circuitos de reparto de energía solar térmica están asociados del lado de la producción solar y sus pérdidas térmicas deben ser imputadas a la instalación solar. Cuando el sistema de apoyo es centralizado, las pérdidas térmicas del circuito de reparto corresponden a la demanda.

Se examinan, para cada circuito de reparto, las condiciones de trabajo para determinar las temperaturas, los caudales y los tiempos de funcionamiento, que son las magnitudes fundamentales que definen las pérdidas térmicas.

Se plantea la necesidad de medir la energía térmica en cada una de las configuraciones para poder contrastar experimentalmente los resultados que se obtienen de los programas de cálculo.

Las medidas de energía deberían ser generalizables a cualquier configuración, de forma que permitan el cumplimiento de los requisitos establecidos en la normativa vigente.

En la mayoría de las distintas configuraciones, la dificultad que se plantea es que se quiere realizar la evaluación global sin conocer los consumos individuales para disponer de una medida razonable del funcionamiento de la instalación solar.

La dificultad radica en la medición de las pérdidas térmicas en los circuitos de reparto y en los elementos individuales distribuidos.





Guía sobre Energía Solar Térmica

Una opción viable, pero simplificada, sería realizar únicamente la medida de la energía térmica centralizada y aplicar unas pérdidas «normalizadas» hasta el consumo final. Estas medidas estarían condicionadas por la temperatura de funcionamiento que, de alguna forma, estaría relacionada con el consumo de cada vivienda.

Las pérdidas normalizadas se podrían determinar por cálculos de los circuitos diseñados o por medición en obra en las pruebas de recepción de la instalación.

El resultado que se pretende es una función que exprese las pérdidas de energía del circuito correspondiente, de forma que se pueda deducir de la energía medida para conocer realmente la energía solar aportada al conjunto de los usuarios. Es importante señalar la mayor fiabilidad de las pérdidas medidas frente a las calculadas dada la importancia de la ejecución en el valor final.

Como ya se ha establecido, para cuantificar las pérdidas térmicas, los factores más importantes son, además del trazado y dimensionado de circuitos, las temperaturas y los tiempos de funcionamiento de los mismos.

Adicionalmente, deben tenerse en cuenta para la correcta evaluación de las instalaciones cómo afectan las variaciones de la demanda, las pérdidas o el rendimiento en cada uno de los casos. En estos aspectos es importante señalar la diferencia entre las configuraciones que dispongan de sistema de apoyo centralizado y aquellas que lo tengan distribuido:

- Las importantes pérdidas del circuito de reparto están asociadas a la demanda y el requisito de disponibilidad ya impone el consumo debido a pérdidas térmicas. Quiere esto decir que cuando el consumo sea pequeño, la repercusión de las pérdidas es muy importante. Esta situación ocurre en edificios con ocupación muy variable donde conviene analizar la idoneidad de esta solución.
- El rendimiento, tanto instantáneo como estacional, del sistema de apoyo centralizado siempre debe ser superior al de muchos sistemas distribuidos y menos eficientes.

A) Solar y apoyo centralizado

Para el caso de instalaciones totalmente centralizadas, el circuito de reparto corresponde con el de distribución y su recirculación (que normalmente suele ser imprescindible), con lo que las pérdidas corresponden al lado de la demanda y deben sumarse a la demanda neta para definir la demanda bruta de energía.

En este caso, la temperatura característica del circuito es la correspondiente al circuito de distribución, que puede y debe ser inferior a la de preparación aunque siempre condicionada por la protección antilegionella.

La disponibilidad de uso del agua caliente puede exigir que este circuito tenga que funcionar en continuo. En algunos casos se disponen temporizadores horarios y termostato para limitar los tiempos de funcionamiento.

En algunas ocasiones se recomienda que las pérdidas de este circuito se resuelvan con traceadores eléctricos que habría que evaluar.

En el caso de las instalaciones totalmente centralizadas, la medida de energía solar aportada correspondería a E10 (Fig. 4.8).

En esta configuración, se podría medir en continuo la demanda bruta (E11) y el aporte auxiliar (EA), con lo que se podrían evaluar las prestaciones reales (Fig. 4.8).

En cualquier caso, en esta configuración sería necesario conocer las pérdidas del circuito de distribución (E14) para poder comparar el aporte neto con otras configuraciones (Fig. 4.8).

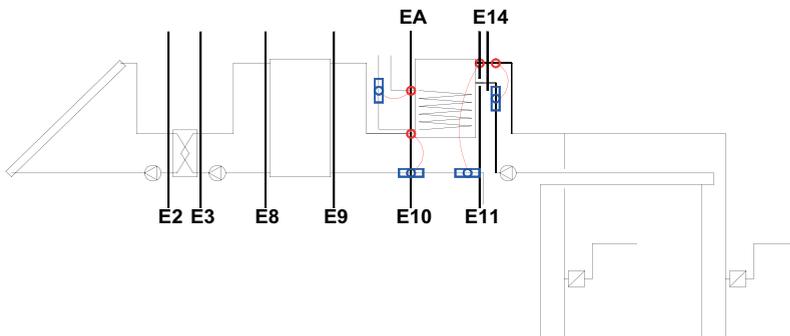


Figura 4.8.



B) Solar centralizado con apoyo distribuido

El circuito de reparto corresponde al circuito de alimentación y su correspondiente recirculación (si dispone) por la que circulará el agua precalentada producida por la instalación solar y, por tanto, las temperaturas de funcionamiento son las de este circuito.

Los tiempos de funcionamiento de la recirculación del circuito de alimentación dependerán de la estrategia del sistema de control.

En esta configuración, la energía térmica medida correspondería a la E9 (Fig. 4.9), a la que habría que deducir las pérdidas del circuito de alimentación con su recirculación. Estas pérdidas podrían medirse o calcularse.

Para la medida de las pérdidas del circuito de reparto, con todos los circuitos de consumo cerrados, sería necesario:

- Calentar el acumulador solar hasta la máxima temperatura que pueda alcanzar (2 o 3 días sin consumo).
- Hacer funcionar continuamente la bomba de recirculación del circuito de recirculación (RCD).
- Medir el consumo de energía en la recirculación E13 (Fig. 4.9) y registrar las temperaturas de entrada TCE13 y ambiente.
- Deducir el valor de las pérdidas térmicas del circuito (en W/K).

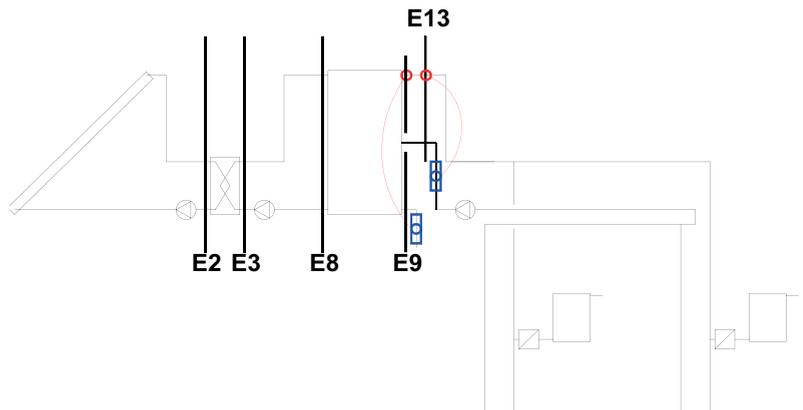


Figura 4.9.

C) Intercambio distribuido

El circuito de reparto corresponde al circuito de descarga de la instalación centralizada. Las operaciones de carga del acumulador y de descarga a los intercambiadores están separadas. Pueden existir diversas opciones para el funcionamiento del circuito de descarga.

En este caso, la energía medida sería la E5 (Fig. 4.10) a la que habría que deducir las pérdidas del circuito de reparto en las mismas condiciones establecidas anteriormente con la condición adicional de introducir la estrategia de funcionamiento de dicho circuito.

Con todos los circuitos de consumo cerrados, sería necesario medir, de forma similar a la anterior, las pérdidas del circuito de reparto.

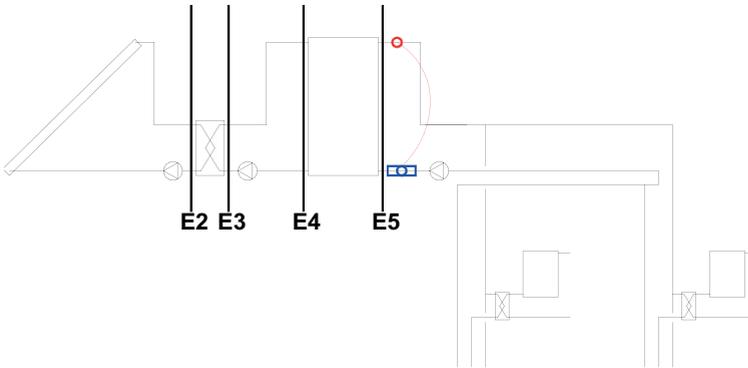


Figura 4.10

D) Acumulación distribuida

El circuito de reparto corresponde al circuito de carga de los interacumuladores. El funcionamiento de este circuito normalmente está asociado al del primario de la instalación solar, y la estrategia de funcionamiento habitualmente utilizada es que se establezca la circulación del fluido siempre que haya potencia solar suficiente y se mantenga una diferencia de temperaturas entre la entrada y la salida del intercambiador de carga.

Las temperaturas de este circuito corresponden a las de un circuito de carga y los tiempos de funcionamiento son los de la instalación solar.

En este caso, la energía medida sería la E3 (Fig. 4.11), a la que habría que deducir las pérdidas del circuito de reparto en las mismas con-





diciones establecidas anteriormente, con la condición adicional de introducir la estrategia de funcionamiento de dicho circuito.

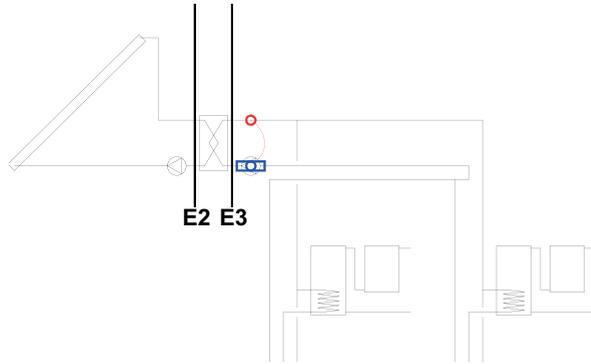


Figura 4.11

4.2. DIMENSIONADO DE COMPONENTES Y SUBSISTEMAS

4.2.1. CONDICIONES DE DISEÑO DEL CIRCUITO PRIMARIO

4.2.1.1. Potencia del sistema de captación

En una instalación de energía solar la potencia térmica es variable y proporcional a la irradiancia solar y al rendimiento de la transformación.

La potencia térmica del sistema de captación se calcula como:

$$POT = \eta \cdot A \cdot G_{REF}$$

Siendo:

POT: potencia térmica en W

η : rendimiento del sistema de captación

A: área de apertura del sistema de captación en m^2

G_{REF} : irradiancia solar de referencia igual a 1.000 W/m^2

Se define la potencia térmica máxima, $POT_{MÁX}$, como la potencia que corresponde a $\eta = \eta_o$ y corresponde a la que teóricamente suministraría un sistema de captación sin pérdidas térmicas.

Se define la potencia térmica nominal, POT_{NOM} , como la potencia que corresponde a $\eta = 0,7$. Este valor corresponde al que internacionalmente se ha definido como factor de transformación.

Se define la potencia térmica real, POT , como la potencia que corresponde al rendimiento del captador η teniendo en cuenta las condiciones reales de funcionamiento.

Para el dimensionado de los distintos componentes de la instalación solar se seleccionan unas determinadas condiciones de diseño (potencia, caudales, temperaturas, etc.) y se analizan el comportamiento y las prestaciones para las distintas condiciones de funcionamiento.

El dimensionado de cada uno de los componentes no se puede plantear de forma aislada, sino como una parte que contribuye al objetivo global de optimizar la instalación completa.

En esta Guía se utilizará como referencia la potencia nominal de la instalación.

4.2.1.2. Caudales y saltos de temperaturas del circuito primario

La potencia térmica suministrada por el sistema de captación se destinará a aumentar la temperatura del fluido de trabajo que circula por el sistema de captación, según la expresión siguiente:

$$POT_{PRI} = m_{PRI} \cdot c_p \cdot (T_S - T_E)$$

La potencia térmica proporcionada por el sistema de captación variará desde 0 a la máxima $POT_{MÁX}$, por lo que es importante señalar que en el funcionamiento del circuito primario el régimen de caudal o el salto de temperaturas siempre serán variables.

Desde el punto de vista de transferencia de calor en el circuito primario, las instalaciones se puede clasificar en instalaciones de caudal constante e instalaciones de caudal variable.

Las instalaciones de caudal constante pueden ser:

- Instalaciones de alto caudal: son aquellas en las que la capacidad calorífica de evacuación de calor del circuito primario es constante y superior a 35 W/K.m^2 . Para la potencia nominal de la instalación se produce un salto de temperatura inferior a 20 K . La limitación superior del caudal vendrá impuesta por la condición de obtener un efecto útil con la temperatura de salida y normalmente no debería superar los 70 W/K.m^2 .





Guía sobre Energía Solar Térmica

— Instalaciones de bajo caudal: son aquellas en las que la capacidad calorífica de evacuación de calor del circuito primario es constante e inferior a 35 W/K.m^2 . Para la potencia nominal de la instalación se produce un salto de temperatura superior a 20 K . La limitación inferior del caudal vendrá impuesto por las condiciones de funcionamiento del conjunto de la instalación y normalmente no debería ser inferior a 14 W/K.m^2 .

Las instalaciones de caudal variable son aquellas capaces de modificar el caudal de evacuación de calor para mantener y ajustar, independientemente de la potencia de captación, o bien el salto de temperatura constante o bien la temperatura de salida constante.

4.2.1.3. Caudales de diseño del circuito primario

La memoria de diseño especificará el caudal y el salto de temperaturas de diseño del circuito primario que se seleccionará de acuerdo con los criterios y rangos del apartado anterior.

El caudal de diseño de las baterías se seleccionará, dentro de los rangos anteriores, de entre los valores de caudales recomendados por el fabricante para cada uno de los tamaños de batería.

Si se utiliza la referencia de caudal específico por m^2 se multiplicará por el área del captador y por el número de captadores de la batería.

El caudal de diseño del circuito primario se determina en función del caudal de las baterías y del tipo de conexionado.

La selección del régimen y los valores de caudal se realizará teniendo en cuenta el modelo del captador seleccionado y, en cualquiera de los casos, se atenderá a las especificaciones del fabricante.

4.2.2. INTERCAMBIADORES DE CALOR

El dimensionado del intercambiador de calor externo quedará definido por, al menos, los siguientes parámetros: la potencia nominal, los caudales de diseño, los valores de las temperaturas nominales de entrada y salida, y la efectividad del intercambiador.

La efectividad (ϵ) del intercambiador de calor se define como:

siendo:

$$\epsilon = \frac{Q_{\text{real}}}{Q_{\text{max}}} = \frac{T_{\text{fs}} - T_{\text{fe}}}{T_{\text{ce}} - T_{\text{fe}}}$$

T_{is} : temperatura a la salida del intercambiador del lado del secundario (o del circuito de fluido frío).

T_{ie} : temperatura a la entrada al intercambiador del lado del secundario.

T_{ce} : temperatura a la entrada al intercambiador del lado del primario (o del circuito de fluido caliente).

Para las condiciones de diseño, debe definirse la efectividad del intercambiador y, en cualquier caso, debe ser superior a 0,7.

4.2.2.1. Intercambiador solar o de calentamiento

El valor mínimo de la potencia de diseño del intercambiador solar, PIS, se define en función de la potencia nominal del sistema de captación según la expresión siguiente:

$$POT_{IS} \geq 0,75 \cdot POT_{NOM}$$

Los caudales de diseño de los circuitos del lado del primario y del lado del secundario no diferirán en más de un 10%. En ningún caso el caudal del circuito del lado del secundario será superior al del circuito del lado del primario.

Los intercambiadores solares se dimensionarán de forma que con una temperatura de entrada del fluido del circuito del lado del primario de 50 °C, la temperatura de salida del fluido del circuito del lado del secundario será superior a 45 °C.

La pérdida de carga de diseño en los intercambiadores de calor externos no será superior a 2 m.c.a., tanto en el circuito del lado del primario como en el circuito del lado del secundario.

4.2.2.2. Intercambiador de consumo o de enfriamiento

Para el cálculo del intercambiador de consumo se utilizará el caudal de consumo, $Q_{ACS}(T_P)$, correspondiente a la temperatura de preparación, T_P , y se obtendrá de los parámetros funcionales del edificio utilizando la siguiente expresión:

$$Q_{ACS}(T_P) = 0,7 \cdot Q_{MÁX}$$

siendo $Q_{MÁX}$ el caudal máximo simultáneo del circuito de consumo de agua caliente sanitaria correspondiente a la temperatura de preparación del sistema de apoyo.

En el caso de viviendas, para temperatura de preparación de 45 °C, se utilizarán los valores de caudal de consumo $Q_{ACS}(45)$ extraídos de la tabla siguiente:





Consumo nominal por vivienda	[l/min]	[l/h]
1 dormitorio	10	600
2 dormitorios	11	660
3 dormitorios	12	720
4 dormitorios	13	780
5 dormitorios	14	840
6 dormitorios	15	900

El caudal del circuito primario del intercambiador será igual o superior al caudal nominal de consumo. El régimen de funcionamiento de la bomba debería adaptarse al de consumo para reducir la mezcla en el acumulador y reducir la temperatura de retorno al mismo.

La potencia de diseño del intercambiador de consumo, POT_{IC} , será, como mínimo, la necesaria para elevar la temperatura del caudal de consumo desde 15 °C hasta 45 °C:

$$POT_{IC} \geq Q_{ACS}(45) \cdot \rho \cdot C_p \cdot (45 - 15)$$

Los intercambiadores de consumo se dimensionarán de forma que con una temperatura de entrada del fluido del circuito del lado del primario de 50 °C la temperatura de salida del fluido del circuito del lado del secundario sea superior a 45 °C.

Para el dimensionado de un intercambiador para otra temperatura de preparación, la temperatura de salida del fluido del circuito del lado del secundario será igual que la de preparación y se mantendrá una efectividad del intercambiador superior a 0,85.

La pérdida de carga en el intercambiador de calor en el lado de primario se tendrá en cuenta en el cálculo de la bomba circuladora y en su efecto sobre el equilibrado del circuito de distribución. En el lado del secundario se analizará su efecto sobre las condiciones de servicio verificando que no sea una limitación a la prestación del servicio (una pérdida de carga excesiva puede reducir el caudal de consumo). Se puede solucionar con un *by-pass*.

4.2.2.3. Intercambiador de descarga

El intercambiador de descarga es el situado entre el sistema de acumulación de inercia y el sistema de acumulación de consumo.

La potencia del intercambiador de descarga, POT_{ID} , se calculará utilizando la siguiente expresión:

$$POT_{ID} = POT_{IS} + (POT_{IC} - POT_{IS}) * VA_{CON} / VA_{TOT}$$

Donde:

P_{IS} : potencia del intercambiador solar (según 4.2.2.3.1)

P_{IC} : potencia del intercambiador de consumo (según 4.2.2.3.2)

VA_{CON} : volumen de acumulación solar de consumo

VA_{TOT} : volumen de acumulación solar total (volúmenes de inercia y consumo)

Los caudales de diseño de los circuitos del lado del primario y del lado del secundario no diferirán en más de un 10%. En ningún caso el caudal del circuito del lado del secundario será superior al del circuito del lado del primario.

Los intercambiadores solares se dimensionarán de forma que con una temperatura de entrada del fluido del circuito del lado del primario de 50 °C, la temperatura de salida del fluido del circuito del lado del secundario será superior a 45 °C.

La pérdida de carga de diseño en los intercambiadores de calor externos no será superior a 2 m.c.a., tanto en el circuito del lado del primario como en el circuito del lado del secundario.

4.2.2.4. Intercambiador incorporado en el acumulador solar

El dimensionado del intercambiador de calor incorporado al acumulador quedará definido por, al menos, los siguientes parámetros: la potencia nominal, el caudal de diseño, los valores de las temperaturas y la superficie útil de intercambio.

Se considera como superficie útil de intercambio la parte de la superficie del intercambiador situada en la mitad inferior del acumulador.

La relación entre el área útil de intercambio y el área de captadores no será inferior a 0,2.

4.2.3. CIRCUITOS HIDRÁULICOS

A lo largo de esta Guía se han definido diferentes circuitos hidráulicos que pueden formar parte de una instalación de energía solar térmica.





Guía sobre Energía Solar Térmica

ca. Todos ellos se estudiarán a efectos de dimensionado hidráulico, pero hay dos a los que se les prestará especial atención:

- Circuito primario solar: entre el sistema de captación y el sistema de intercambio solar o entre el sistema de captación y el sistema de acumulación de inercia.
- Circuito de descarga: entre el sistema de acumulación de inercia y el sistema de intercambio de consumo.

4.2.3.1. Caudales

A. Circuito primario solar

El circuito primario solar está compuesto por una red de tuberías que permiten que el fluido de trabajo circule por cada una de las baterías del campo de captadores.

El caudal nominal de las baterías se calcula según se estableció en el apartado 4.2.4.2.1.

El caudal nominal en cada tramo del circuito se obtiene sumando los caudales nominales de las baterías alimentadas por dicho tramo.

El caudal nominal del circuito, que servirá posteriormente para dimensionar la bomba de circulación, será el que corresponda a la suma total de baterías del campo de captadores.

B. Circuito de descarga

El circuito de descarga está compuesto por una red de tuberías que permiten que el fluido de trabajo circule por el intercambiador o por los intercambiadores de descarga.

El caudal nominal de los intercambiadores de consumo se obtendrá según lo indicado en el apartado 4.2.2.3.2.

El caudal nominal en cada tramo del circuito se obtiene sumando los caudales nominales de los intercambiadores alimentados por dicho tramo.

Los valores obtenidos en el punto anterior se pueden reducir utilizando un coeficiente de simultaneidad si se diseña un circuito de distribución de caudal variable con válvulas de 2 vías a la salida de cada inter-

cambiador. El factor de simultaneidad se puede obtener utilizando la siguiente expresión:

$$\phi = \frac{1}{\sqrt{N-1}} + 0,17$$

4.2.3.2. Dimensionado de tuberías

Dado un caudal nominal, el diámetro de la tubería se seleccionará de manera que se cumplan las dos condiciones siguientes:

- La velocidad de circulación del fluido será inferior a 2 m/s cuando la tubería discurra por locales habitados e inferior a 3 m/s cuando el trazado sea al exterior o por locales no habitados.
- La pérdida de carga unitaria en tuberías nunca sea superior a 40 mm de columna de agua (4 mbar) por metro lineal de tubería.

4.2.3.3. Pérdidas de carga de circuitos

Los circuitos hidráulicos de las instalaciones de energía solar pueden estar compuestos por más de un anillo de circulación.

El diseño de cada circuito debería proporcionar esquemas hidráulicos equilibrados. Es decir, el fluido de trabajo debería sufrir una pérdida de carga parecida por cualquiera de los anillos por los que circule.

Se calculará la pérdida de carga por cada uno de los anillos que componen cada circuito. Se comprobará que las diferencias de pérdidas de carga relativas entre el más favorable y el menos favorable no superan el 5%. Si no fuera así, el equilibrado del circuito no se considerará adecuado y se debería rediseñar.

La pérdida de carga del anillo más desfavorable se utilizará posteriormente para el dimensionado de la bomba de circulación.





4.2.3.4. Dimensionado de bombas de circulación

La bomba se seleccionará de forma que el caudal y la pérdida de carga de diseño se encuentren dentro de la zona de rendimiento óptimo especificado por el fabricante.

El caudal nominal será igual al caudal de diseño de cada circuito.

La presión de la bomba debería compensar la pérdida de carga del circuito correspondiente.

La potencia eléctrica de las bombas no debería exceder los valores dados en la tabla siguiente:

Sistemas pequeños ($< 20 \text{ m}^2$): 50 W o 2% de la mayor potencia calorífica que pueda suministrar el grupo de captadores (el mayor de los dos).

Sistemas grandes ($\geq 20 \text{ m}^2$): 1% de la mayor potencia calorífica que puede suministrar el grupo de captadores.

La limitación de la potencia eléctrica de las bombas indicadas anteriormente se refiere a la suma de las potencias de bombas asociadas al circuito primario y al de carga o secundario cuando la instalación dispone de intercambiador independiente.

La limitación anterior no será de aplicación a las bombas asociadas a los circuitos de descarga o recirculación en los edificios multivivienda. No obstante, deberá tenerse especial precaución con la potencia de estas bombas en relación con la potencia térmica transferida.

No se consideran incluidas en la limitación anterior, aquellas bombas que se usen como parte del sistema de protección antiheladas cuando éste sea mediante drenaje automático con recuperación del fluido.

4.2.3.5. Valvulería y accesorios hidráulicos

El diámetro mínimo del ramal de conexión del vaso de expansión al circuito primario se calculará mediante la siguiente expresión:

$$D = 15 + 1,5 \cdot \sqrt{PC_{\max}}$$

Siendo:

D: diámetro nominal del ramal en mm

PC_{max} : potencia térmica máxima en kW

La válvula de seguridad del circuito primario se calculará según la norma UNE 9-100-86.

4.2.4. PÉRDIDAS TÉRMICAS

4.2.4.1. Procedimientos de cálculo de pérdidas térmicas

La diferencia entre la temperatura del fluido de cada uno de los sistemas o que circula por cada uno de los circuitos y la temperatura ambiente origina unas pérdidas térmicas que deberían ser evaluadas.

La evaluación de las pérdidas térmicas de la instalación se realizará conforme al método de cálculo de prestaciones que se utilice:

- Si es un método simplificado, se realizará una estimación de las pérdidas térmicas no incluidas en el cálculo para evaluar las prestaciones netas de todas las instalaciones.
- Si es un método de simulación, debería verificarse que están incorporadas la evaluación de todas las pérdidas térmicas. En el caso que no estén incluidas todas las pérdidas térmicas se realizarán las estimaciones adicionales que sean necesarias.

Para los cálculos simplificados, se asumirán las siguientes hipótesis de partida:

- Se realizarán estimaciones medias diarias mensuales y se resumirá en la opción de definir una estimación diaria media anual.
- La temperatura interior del fluido será la temperatura nominal de funcionamiento del sistema o circuito correspondiente.
- Como temperatura ambiente se tomará la temperatura media ambiente anual (o considerar una temperatura fija de 10 °C para la estimación del valor medio anual) en los tramos exteriores del circuito y 20 °C en los tramos interiores.





Guía sobre Energía Solar Térmica

- La conductividad térmica de referencia del aislamiento será 0,040 W/(m·K).
- Se considerará una velocidad del aire nula.

Se estimarán las horas de funcionamiento de cada uno de los circuitos. Por defecto, podrán considerarse los siguientes valores medios diarios anuales:

CIRCUITO	PRI	CAR	DES	SEC	CON	DIS	REC
HF (horas)	6	6	6	6	12	24	24

4.2.4.2. Pérdidas térmicas en tuberías

Todos los circuitos se distribuirán en dos ramales que comprenderán, cada uno, las tuberías que discurren por el exterior y por el interior.

Para cada ramal, exterior e interior, de cada circuito se calculará el coeficiente global de pérdidas, CGP_{CIR} , determinado en función de la longitud, el diámetro y el espesor de aislamiento de todas las tuberías que incorpora:

DN	Pérdidas térmicas (W/mK) según espesor de aislamiento k_i						Longitud L_i	$L_i * k_i$
	0 mm	10 mm	20 mm	30 mm	40 mm	50 mm		
mm							m	W/K
10								
15								
20								
25								
32								
40								
50								
65								
80								
100								

El coeficiente global de pérdidas térmicas, CGP , para cada uno de los ramales (exterior e interior) de los circuitos se determina por la suma de los valores de la última columna de la tabla anterior:

$$CGP = \sum L_i * k_i \text{ (en W/K)}$$

Las pérdidas térmicas de cada circuito quedan caracterizadas por:



- El coeficiente global de pérdidas, CGP, de los ramales que discurren por el exterior y el interior.
- Su temperatura nominal de referencia establecida en el apartado 4.2.4.2.1.
- Las temperaturas exteriores e interiores de cálculo.
- Las horas de funcionamiento de cada circuito determinadas por los valores medios.

El cálculo se realiza determinando las pérdidas de cada ramal, la diferencia de temperaturas y la potencia media de pérdidas del circuito (en W).

A partir de las horas de funcionamiento se calculan las pérdidas térmicas en cada uno de los ramales de los circuitos. A partir de estos valores se pueden obtener:

- Las pérdidas térmicas de cada circuito sumando pérdidas de los 2 ramales al exterior y al interior.
- Las pérdidas térmicas asociadas a la instalación solar y asociadas a la demanda.
- Las pérdidas térmicas totales.

A continuación se indica un formato de hoja para el cálculo de las pérdidas térmicas:

CIRCUITO	PRI		CAR		DES		SEC		CON		DIS		REC	
	int	ext												
Ramal														
CGP (W/K)														
T _{NOM} (°C)														
T _{AMB} (°C)														
T _{NOM} - T _{AMB} (K)														
POT (W)														
HF (horas)														
PT (kWh)														

La determinación de las pérdidas térmicas también se puede realizar en base a valores medios mensuales utilizando los datos de temperaturas medias ambientes exteriores.



4.2.4.2.1. Temperaturas nominales de funcionamiento

Las temperaturas nominales de cada uno de los circuitos representan las temperaturas medias de funcionamiento y se utilizan, fundamentalmente, para calcular las pérdidas térmicas en cada uno de ellos.

Se determinan a partir de la temperatura de funcionamiento de la instalación solar, así como de la temperatura del sistema de preparación y del circuito de distribución de agua caliente.

Un programa de cálculo de simulación normalmente proporcionará las temperaturas medias de funcionamiento o directamente permitirá determinar las pérdidas térmicas.

Cuando sea necesario, se estimarán de acuerdo con los siguientes criterios:

- La temperatura del circuito de recirculación será 5 K inferior a la de distribución.
- La temperatura del acumulador solar se determinará en función de la fracción solar, FS, y las temperaturas del agua fría y de preparación:

$$T_{AF} + FS * (T_P - T_{AF})$$

- Se aumentará 5 K por cada acumulador o intercambiador hasta el sistema de captación.

Por defecto, las temperaturas nominales serán las establecidas en la siguiente tabla, definidas para temperaturas de preparación y distribución de 45 y 60 °C, y un valor de FS de 0,66:

CIRCUITO	PRI	CAR	DES	SEC	CON	DIS	REC
T _{NOM} (T _P = 45°C)	50	45	40	35	45	45	40
T _{NOM} (T _P = 60°C)	60	55	50	45	60	60	55

4.2.4.3. Pérdidas térmicas en accesorios

Las pérdidas térmicas de accesorios aislados con los espesores de aislamiento equivalentes a las tuberías donde se incorporan pueden considerarse incluidos en los cálculos anteriores.

Sin embargo, pueden ser importantes las pérdidas térmicas que pueden producir los accesorios o componentes no aislados de cualquiera de los circuitos.

Se calcularán dichas pérdidas calculando la superficie de pérdidas o estimando dichas pérdidas como tramos de tubería equivalente no aislada.

4.2.4.4. Pérdidas térmicas en acumuladores

Las pérdidas térmicas de los acumuladores se extraerán de la información facilitada por el fabricante o se calcularán con los criterios anteriormente referidos.

A todos los efectos, las pérdidas térmicas en acumuladores se computarán en base a funcionamiento continuo (24 horas diarias) a la temperatura nominal del sistema o circuito correspondiente.

4.2.5. SISTEMAS DE EXPANSIÓN Y SEGURIDAD

4.2.5.1. Criterios de dimensionado

El criterio de diseño y dimensionado de los circuitos con seguridad intrínseca exige que no se contemple la apertura de las válvulas de seguridad.

El dimensionado del sistema de expansión de cada circuito se realizará conforme al rango de presiones y temperaturas máximas y mínimas previstas.

Ello implica que, previamente al dimensionado, debería decidirse si el circuito correspondiente formará vapor o no. Para ello, se habrán determinado para cada circuito, y una vez definido el tipo de fluido, la presión de vaporización del fluido caloportador a la temperatura máxima de trabajo y se compara con la presión (mínima o máxima) del circuito.

En caso de que el diseño impida la formación de vapor, se dimensionará según la norma UNE 100155. Normalmente, el sistema de expansión de los restantes circuitos (carga, descarga, secundario, etc.) se dimensionará en base a dicha norma.





Guía sobre Energía Solar Térmica

Los vasos de expansión cerrados se dimensionarán de forma que la presión mínima en frío en el punto más alto del circuito esté comprendida entre 0,5 y 1,5 bar y la presión máxima en caliente en cualquier punto del circuito no supere la presión máxima de trabajo del circuito.

En este documento, se utiliza el procedimiento para vasos de expansión cerrados puesto que incorpora la posible formación de vapor en la instalación solar térmica.

Para cada uno de los circuitos de la instalación se definirán las condiciones extremas de funcionamiento.

El sistema de expansión de cada circuito se diseñará de forma que el volumen útil de dilatación sea capaz de absorber la expansión térmica de todo el volumen de líquido contenido en el circuito primario, así como, en su caso, la posible formación de vapor en el circuito primario correspondiente al fluido contenido en los captadores solares y aquellas tuberías que queden por encima de la cota inferior de los captadores solares.

El procedimiento establecido a continuación sirve para cada uno de los circuitos.

4.2.5.2. Cálculo del volumen del sistema de expansión

El volumen nominal del sistema de expansión, VE_{NOM} , será la suma del volumen útil, VE_{UTI} , o volumen de líquido máximo que debe contener, y el volumen de gas, VE_{GAS} , que debe contener. Se puede calcular por la siguiente expresión:

$$VE_{NOM} = VE_{UTI} + VE_{GAS} = VE_{UTI} * CP = (VE_{RES} + VE_{DIL} + VE_{VAP}) * CP$$

El coeficiente de presión, CP, es un factor que se calcula según la UNE 100155.

El coeficiente de presión nunca será inferior a 2, ya que experimentalmente se ha contrastado que en el caso de que el volumen de líquido máximo sea superior al 50% del volumen total del vaso de expansión, se corre el peligro de fracturar la membrana. Esta fractura pudiera verse principalmente condicionada por las grandes oscilaciones a las que se vería sometida la membrana al producirse los efectos de contracción-expansión para valores superiores al 50%.

El volumen de reserva VE_{RES} compensa la contracción del fluido a temperaturas muy bajas y eventuales pérdidas de fluido. Se calculará como el 3% del volumen total pero en ningún caso será inferior a 3 litros.

El volumen de dilatación, $VEDIL$, será igual al volumen total del circuito (VC_{TOT}) por el coeficiente de expansión térmica del fluido CET .

El volumen total del circuito, VC_{TOT} , se obtiene sumando la cantidad de fluido contenido en cada uno de los componentes del circuito hidráulico.

El coeficiente de expansión térmica, CET , se obtiene de la UNE 10155.

El volumen de vapor se obtiene sumando el contenido líquido de los captadores de acuerdo con los datos suministrados con el fabricante y de la parte del circuito solar que está situado por encima de la parte más baja del campo de captadores más un 10%.

El sistema de expansión quedará definido por los siguientes parámetros:

- Presión nominal.
- Presión de precarga.
- Volumen nominal.
- Número de unidades.

Dado que el llenado de la instalación no se realiza en las condiciones extremas, debería verificarse que el vaso tiene el volumen inicial de llenado como la presión de carga inicial del lado gas del vaso de expansión.

4.2.6. SISTEMA DE APOYO

El cálculo del sistema de apoyo no es uno de los objetivos de esta Guía.

El sistema de energía de apoyo se calculará de forma que sea capaz de cubrir toda la demanda sin aporte de energía solar.

El cálculo del volumen de acumulación secundario y/o de la potencia del sistema de energía de apoyo se realizará de acuerdo con la reglamentación vigente.



5

PRUEBAS Y MANTENIMIENTOS



5.1. PRUEBAS, PUESTA EN MARCHA Y RECEPCIÓN

La ejecución de la instalación termina con la entrega de la instalación al promotor o usuario para iniciar el periodo de uso, así como el de mantenimiento.

La entrega se realiza en el proceso de recepción que intercala un periodo de tiempo transitorio (desde la provisional a la definitiva) donde, aunque la propiedad sea del promotor, se realizan comprobaciones, modificaciones y funcionamiento normal de la instalación.

Para realizar la recepción de la instalación deberían estar realizadas, además del montaje completo, las pruebas y ajustes especificados, así como la puesta en marcha.

El instalador se responsabilizará de la ejecución de las pruebas funcionales, del buen funcionamiento de la instalación y del estado de la misma hasta su entrega a la propiedad.

El instalador, salvo orden expresa, entregará la instalación llena y en funcionamiento.

La Memoria de Diseño contemplará la relación de las pruebas a realizar.

En el documento de Control de Ejecución (CE) se recogerán las pruebas parciales, finales y funcionales realizadas, la fecha en las que tuvieron lugar, los resultados obtenidos y el grado de cumplimiento de las expectativas.



Guía sobre Energía Solar Térmica

Al objeto de la recepción de la instalación, se entenderá que el funcionamiento de la misma es correcto cuando la instalación satisfaga, como mínimo, las pruebas parciales incluidas en el presente capítulo.

5.1.1. Pruebas parciales

Todas las pruebas estarán precedidas de una comprobación de los materiales al momento de su recepción a obra.

Durante la ejecución de obra, todos los tramos de tubería, uniones o elementos que vayan a quedar ocultos, deberían ser expuestos para su inspección y debería quedar expresamente aprobado su montaje antes de quedar ocultos.

Adicionalmente, se inspeccionarán los soportes de tubería utilizados, los diámetros, trazados y pendientes de tuberías, la continuidad de los aislamientos, etc.

5.1.1.1. Pruebas de equipos

Los materiales y componentes deberían llegar a obra con Certificación de Origen Industrial, que acredite el cumplimiento de la normativa en vigor. Su recepción se realizará comprobando el cumplimiento de las especificaciones de proyecto y sus características aparentes.

Se registrarán los datos de funcionamiento para que puedan ser comparados con los de proyecto.

5.1.1.2. Pruebas de estanquidad de redes hidráulicas

Todas las redes de circulación de fluidos portadores deberían ser probadas hidrostáticamente, a fin de asegurar su estanquidad, antes de quedar ocultas por obras de albañilería, material de relleno o por el material aislante.

Son aceptables las pruebas realizadas de acuerdo a la UNE 100151, en función del tipo de fluido transportado.

El procedimiento a seguir para las pruebas de estanquidad hidráulica, en función del tipo de fluido transportado y con el fin de detectar fallos de continuidad en las tuberías de circulación de fluidos portadores, comprenderá las fases que se relacionan a continuación.

A) Preparación y limpieza de redes de tuberías

Antes de realizar la prueba de estanquidad y de efectuar el llenado definitivo, las redes de distribución de agua deberían ser limpiadas internamente para eliminar los residuos del montaje.

Las pruebas de estanquidad requerirán el cierre de todos los terminales abiertos. Debería comprobarse que los aparatos y accesorios que queden incluidos en la sección de la red que se pretende probar puedan soportar la presión a la que se les va a someter. De no ser así, tales aparatos y accesorios deberían quedar excluidos, cerrando válvulas o sustituyéndolos por tapones.

Para ello, una vez completada la instalación, la limpieza podrá efectuarse llenándola y vaciándola el número de veces que sea necesario, con agua o con una solución acuosa de un producto detergente, con dispersantes compatibles con los materiales empleados en el circuito, cuya concentración será establecida por el fabricante.

El uso de productos detergentes no está permitido para redes de tuberías destinadas a la distribución de agua para usos sanitarios.

Tras el llenado, se pondrán en funcionamiento las bombas y se dejará circular el agua durante el tiempo que indique el fabricante del compuesto dispersante. Posteriormente, se vaciará totalmente la red y se enjuagará con agua procedente del dispositivo de alimentación.

En el caso de redes cerradas, destinadas a la circulación de fluidos con temperatura de funcionamiento menor que 100 °C, se medirá el pH del agua del circuito. Si el pH resultara menor que 7,5 se repetirá la operación de limpieza y enjuague tantas veces como sea necesario. A continuación se pondrá en funcionamiento la instalación con sus aparatos de tratamiento.





B) Prueba preliminar de estanquidad

Esta prueba se efectuará a baja presión, para detectar fallos importantes de continuidad de la red y evitar los daños que podría provocar la prueba de resistencia mecánica. Se empleará el mismo fluido transportado o, generalmente, agua a la presión de llenado.

La prueba preliminar tendrá la duración necesaria para verificar la estanquidad de todas las uniones.

C) Prueba de resistencia mecánica

Esta prueba se efectuará a continuación de la prueba preliminar: una vez llenada la red con el fluido de prueba, se someterá a las uniones a un esfuerzo por la aplicación de la presión de prueba. En el caso de circuitos cerrados de agua refrigerada o de agua caliente hasta una temperatura máxima de servicio de 100 °C, la presión de prueba será equivalente a una vez y media la presión máxima efectiva de trabajo a la temperatura de servicio, con un mínimo de 10 bar; para circuitos de agua caliente sanitaria, la presión de prueba será equivalente a 1,5 la presión máxima de servicio.

El circuito de consumo deberá soportar la presión máxima requerida por las regulaciones nacionales/europeas de agua potable para instalaciones de agua de consumo abiertas o cerradas.

En caso de sistemas de consumo abiertos con conexión a red, se tendrá en cuenta la máxima presión de la misma para verificar que todos los componentes del circuito de consumo soportan dicha presión.

Para los circuitos primarios de las instalaciones de energía solar, se aplicará una vez y media la presión máxima de trabajo del circuito primario, con un mínimo de 3 bar, comprobándose el funcionamiento de las líneas de seguridad.

En todos los casos, los equipos, aparatos y accesorios que no soporten dichas presiones quedarán excluidos de la prueba.

La prueba hidráulica de resistencia mecánica tendrá la duración necesaria para verificar visualmente la estanquidad de todas y cada una de las uniones.

D) Reparación de fugas

La reparación de las fugas detectadas se realizará desmontando la junta, accesorio o sección donde se haya originado la fuga y sustituyendo la parte defectuosa o averiada con material nuevo.

Una vez reparadas las anomalías, se volverá a comenzar desde la prueba preliminar. El proceso se repetirá tantas veces como sea necesario, hasta que la red sea estanca.

5.1.1.3. Pruebas de libre dilatación

Una vez que las pruebas anteriores de las redes de tuberías hayan resultado satisfactorias y se haya comprobado hidrostáticamente el ajuste de los elementos de seguridad, las instalaciones equipadas con generadores de calor se llevarán hasta la temperatura de tarado de los elementos de seguridad, habiendo anulado previamente la actuación de los aparatos de regulación automática.

En el caso de los circuitos primarios de las instalaciones solares se llevarán a la temperatura de estancamiento.

Durante el enfriamiento de la instalación y al finalizar el mismo, se comprobará visualmente que no hayan tenido lugar deformaciones apreciables en ningún elemento o tramo de tubería y que el sistema de expansión haya funcionado correctamente.

5.1.2. Pruebas finales

Las pruebas finales permitirán garantizar que la instalación reúne las condiciones de calidad, fiabilidad y seguridad exigidas en proyecto.

Son aceptables, a efectos de esta Guía, las pruebas finales que se realicen siguiendo las instrucciones indicadas en la norma UNE-EN 12599:01 en lo que respecta a los controles y mediciones funcionales.

Las pruebas de libre dilatación y las pruebas finales de la instalación solar se realizarán en un día soleado y sin demanda.

En la instalación solar se llevará a cabo una prueba de seguridad en condiciones de estancamiento del circuito primario, a realizar con





Guía sobre Energía Solar Térmica

éste lleno y la bomba de circulación parada, cuando el nivel de radiación sobre la apertura del captador sea superior al 80% del valor de irradiancia que defina como máxima el proyectista, durante al menos una hora.

5.1.3. Ajustes y equilibrado

La instalación solar debería ser ajustada a los valores de proyecto dentro de los márgenes admisibles de tolerancia.

Se realizarán de acuerdo con lo establecido en la norma UNE 100010 (partes 1, 2 y 3) "Climatización. Pruebas de ajuste y equilibrado", que habrá que particularizar para las características específicas de cada sistema o instalación.

5.1.3.1. Sistemas de distribución de agua

Se comprobará que el fluido anticongelante contenido en los circuitos expuestos a heladas cumple con los requisitos especificados en el proyecto.

Cada bomba, de la que se debería conocer la curva característica, debería ser ajustada al caudal de diseño, como paso previo al ajuste de los caudales en circuitos.

De cada circuito hidráulico se deberían conocer el caudal nominal y la presión, así como los caudales nominales de cada uno de los ramales.

Los distintos ramales, o los dispositivos de equilibrado de los mismos, serán equilibrados al caudal de diseño. Se debería comprobar el correcto equilibrado hidráulico de los diferentes ramales mediante el procedimiento previsto en el proyecto.

En circuitos hidráulicos equipados con válvulas de control de presión diferencial, se debería ajustar el valor del punto de control del mecanismo al rango de variación de la caída de presión del circuito controlado.

De cada intercambiador de calor se deberían conocer la potencia, temperatura y caudales de diseño, debiéndose ajustar los caudales de diseño que lo atraviesan.

Cuando exista más de un grupo de captadores solares en el circuito primario del subsistema de energía solar, se debería probar el correcto equilibrado hidráulico de los diferentes ramales de la instalación mediante el procedimiento previsto en el proyecto.

Se comprobará el mecanismo del subsistema de energía solar en condiciones de estancamiento, así como el retorno a las condiciones de operación nominal sin intervención del usuario con los requisitos especificados en el proyecto.

5.1.3.2. Control automático

Se ajustarán todos los parámetros del sistema de control automático a los valores de diseño especificados en el proyecto y se comprobará el funcionamiento de todos los componentes que configuran el sistema de control.

Se establecerán los criterios de seguimiento basados en la propia estructura del sistema, en base a los niveles del proceso siguientes: nivel de unidades de campo, nivel de proceso, nivel de comunicaciones, nivel de gestión y telegestión.

Todos los niveles de proceso serán verificados para constatar su adaptación a la aplicación, de acuerdo con la base de datos especificada en el proyecto. Son válidos a estos efectos los protocolos establecidos en la norma UNE-EN-ISO 16484-3.

Cuando la instalación disponga de un sistema de control, mando y gestión o telegestión basado en la tecnología de la información, su mantenimiento y la actualización de las versiones de los programas deberían ser realizados por personal cualificado o por el mismo suministrador de los programas.

5.1.4. Pruebas funcionales

5.1.4.1. Trabajos previos

Verificación de la presión de llenado del lado aire de los vasos de expansión.

Comprobación del funcionamiento de los sistemas de llenado y vaciado de la instalación.





Guía sobre Energía Solar Térmica

Se realizará una prueba hidrostática completa de la instalación. Se hará de manera independiente para cada uno de los circuitos conforme a la presión máxima de trabajo de cada uno. Para realizar esta prueba no podrán estar conectadas las válvulas de seguridad ni los vasos de expansión.

Se comprobará que las válvulas de seguridad funcionan adecuadamente y que las tuberías de los escapes y descarga de las mismas están en conexión con la atmósfera y no están obstruidas. La prueba se realizará incrementando hasta un valor de 1,1 veces el de tarado y comprobando que se produce la apertura de la válvula.

Se comprobará la correcta actuación de las válvulas de corte, llenado, vaciado y purga de la instalación realizando las maniobras de apertura y cierre con el esfuerzo adecuado.

Se comprobará que alimentando eléctricamente las bombas del circuito, entran en funcionamiento y el incremento de presión indicado con los manómetros se corresponde en la curva con el caudal del diseño del circuito.

Se comprobará el accionamiento de las válvulas de regulación, verificando que realizan completamente las maniobras de apertura y cierre, y en el sentido adecuado al modificar los puntos de consigna de los lazos de control correspondientes.

Se comprobará la actuación del sistema de control, arrancando y parando las bombas.

5.1.4.2. Puesta en marcha y pruebas funcionales

Las pruebas funcionales permitirán comprobar que las condiciones y los parámetros de funcionamiento cumplen las especificaciones de proyecto.

Se podrán emplear los procedimientos y criterios descritos en la norma UNE EN 12977-2 Sistemas solares térmicos y componentes. Instalaciones a medida. Parte 2: Métodos de ensayo.

Se comprobará el comportamiento global de la instalación realizando una prueba de funcionamiento diario, consistente en verificar, que en un día claro, las bombas arrancan por la mañana, en un tiempo prudencial, y paran al atardecer.

Se realizará el llenado de circuitos y la purga del aire de la instalación. La operación de llenado y purga deberían completarse con el funcionamiento de bombas que permitan arrastrar las bolsas y burbujas de aire de toda la instalación.

Se pondrán en funcionamiento las bombas de circulación de agua, verificando y anotando los parámetros de funcionamiento: caudales, presión y consumo eléctrico.

Se verificará que al circular el agua se produce el calentamiento de los circuitos.

Se comprobará que al producirse el calentamiento de los fluidos de los circuitos, el incremento de presión de los circuitos es el adecuado.

Se verificarán los caudales de agua de cada circuito y se realizará comprobación del equilibrado hidráulico de la instalación, realizando los ajustes necesarios para conseguir los valores definidos en el proyecto.

Se realizarán medidas de temperatura del fluido en los puntos previstos de la instalación. Se comprobará el funcionamiento automático del sistema de control verificando tanto las funciones de calentamiento como las de protección de temperatura y presiones.

Se comprobará el arranque automático y sin intervención del usuario del conjunto de la instalación solar después de que se haya superado la situación de estancamiento, verificando expresamente que no se ha perdido líquido de los circuitos y las bombas mueven el caudal de diseño.

Se medirán los niveles de ruido producidos por bombas y fluidos en movimiento.

Todas las pruebas, controles y actuaciones realizadas durante las pruebas, ajustes y puesta en marcha deberían quedar adecuadamente registradas en el registro previsto, con los resultados obtenidos, e incorporado al resto de la documentación de la instalación.

5.1.4.3. Comprobaciones finales

Las pruebas funcionales permitirán comprobar que las condiciones y los parámetros de funcionamiento satisfacen los requisitos de proyecto:





Guía sobre Energía Solar Térmica

- Comprobación del funcionamiento de la instalación en distintos regímenes de funcionamiento dentro del rango: sin consumo o con consumo doble del previsto en proyecto.
- Comprobación de la eficiencia energética del sistema de captación.
- Comprobación de los intercambiadores de calor y demás equipos en los que se efectúe una transferencia de energía térmica.
- Comprobación del rendimiento y la aportación energética de la instalación solar.
- Comprobación del funcionamiento de los elementos de regulación y control.
- Comprobación de las temperaturas y los saltos térmicos de todos los circuitos y ramales.
- Comprobación que los consumos energéticos se hallan dentro de los márgenes previstos en el proyecto o memoria técnica.
- Comprobación del funcionamiento y del consumo de los motores eléctricos en las condiciones reales de trabajo.

5.1.5. Recepción

5.1.5.1. Recepción provisional

El objeto de la recepción es comprobar que la instalación está de acuerdo con los servicios contratados y que se ajusta, por separado cada uno de sus elementos y globalmente, a lo especificado en el proyecto.

El instalador se responsabilizará de la ejecución de las pruebas parciales, finales y funcionales, del buen funcionamiento de la instalación y del estado de la misma en el momento de su entrega a la propiedad.

El instalador, salvo orden expresa, entregará la instalación llena y en funcionamiento.

Es condición previa para realizar los ensayos de recepción definitiva que la instalación se encuentre totalmente terminada de acuerdo con el proyecto y con las modificaciones que por escrito hayan sido acordadas.

También es necesario que hayan sido previamente corregidas todas las anomalías denunciadas a lo largo de la ejecución de la obra y que la instalación haya sido equilibrada, puesta a punto, limpiada e, incluso, convenientemente rotulada.

Debería comprobarse la existencia de la acometida definitiva de energía eléctrica al edificio o de acometida provisional con características equivalentes a la definitiva.

Una vez realizadas las pruebas funcionales con resultados satisfactorios, se procederá al acto de Recepción Provisional de la instalación por parte de la propiedad, con lo que se da por finalizado el montaje de la instalación.

El acto de recepción provisional quedará formalizado por un acta donde figuren todos los intervinientes y en la que se formalice la entrega conforme de la documentación referida.

La documentación disponible y entregada debería ser, al menos, la siguiente:

- Una memoria descriptiva de la instalación, en la que se incluyen las bases de proyecto y los criterios adoptados para su desarrollo.
- Una copia reproducible de los planos definitivos, comprendiendo, como mínimo, los esquemas de principio de todas las instalaciones, los planos de sala de máquinas y los planos de plantas donde se debería indicar el recorrido de las conducciones y la situación de las unidades terminales.
- Una relación de todos los materiales y equipos empleados, indicando fabricante, marca, modelo y características de funcionamiento.
- Las hojas recopilativas de los resultados de las pruebas parciales y finales.
- Un manual de instrucciones de funcionamiento de los equipos principales de la instalación.





5.1.5.2. Recepción definitiva

Desde al acta de recepción provisional, la propiedad o terceros podrán reclamar la subsanación de cuantas anomalías o defectos se detecten en el funcionamiento de la instalación.

Cualquier incidencia en el funcionamiento deberá ser notificada formalmente.

Si durante el periodo deben realizarse pruebas adicionales para la verificación del correcto funcionamiento de la instalación, se añadirán los resultados a las hojas recopilativas entregadas.

Transcurrido el plazo estipulado desde el acta de recepción, la Recepción Provisional se transformará en Recepción Definitiva.

A partir de la recepción definitiva entrará en vigor la garantía.

5.2. MANTENIMIENTO Y USO

5.2.1. Manual de instrucciones

El Manual de Instrucciones (MI) o manual de mantenimiento y uso recogerá todas aquellas descripciones, instrucciones y recomendaciones necesarias para asegurar el correcto uso y funcionamiento de la instalación y que, a lo largo de su vida útil, se realice con la máxima eficiencia energética, garantizando la seguridad, la durabilidad y la protección del medio ambiente, así como las exigencias establecidas en el proyecto.

El MI, que será entregado al titular y forma parte del suministro de la instalación, incluirá la definición de los siguientes contenidos:

- Proyecto o Memoria Técnica de la instalación incluyendo Memoria de Diseño actualizada con las modificaciones o adaptaciones realizadas durante el montaje de la instalación.
- Características de funcionamiento.
- Recomendaciones de uso e instrucciones de seguridad.

- Programa de vigilancia y mantenimiento.
- Condiciones de la garantía.

5.2.2. Características de funcionamiento

Características de funcionamiento. El MI debe incluir un esquema de principio (o funcional) que permita la explicación del modo de funcionamiento del equipo:

- Proceso de calentamiento del agua del acumulador: circulación del fluido.
- Proceso de extracción o consumo de agua caliente.
- Funcionamiento del sistema de energía auxiliar.

Valores nominales. Estarán establecidos los valores nominales de las distintas variables que pueden intervenir y/o visualizarse durante la operación normal de la instalación: temperaturas de agua, presiones de circuitos, etc.

Límites operacionales. Se definirán los límites operacionales de estas variables que definen los rangos de funcionamiento normal de las mismas.

Límites funcionales. Se definirán los valores límites de parámetros funcionales, del conjunto y de los componentes principales: presión máxima de trabajo, temperatura máxima admisible, etc.

Se concretarán las características constructivas o funcionales que establecen dichos valores límites: resistencia de materiales, de recubrimientos, etc., así como las medidas adoptadas en el diseño para no sobrepasar los límites funcionales.

Prestaciones. Se aportará la información necesaria para conocer las prestaciones de la instalación. Se entiende como tal la cantidad de energía solar que aporta a un consumo determinado y con unas condiciones climáticas definidas.

Al menos, se incluirán las prestaciones previstas para varios tipos de cargas de consumo. Se indicará el procedimiento seguido para obtener los resultados.





5.2.3. Recomendaciones de uso e instrucciones de seguridad

5.2.3.1. Recomendaciones de uso

Formando parte del Manual de Instrucciones o de forma independiente, el instalador entregará al titular de la instalación un manual de uso. El manual de uso debería contener como mínimo:

1. Recomendaciones generales sobre un consumo racional del agua.
2. Recomendaciones generales para un correcto funcionamiento de la instalación. Debería incluir:
 - Recomendar uso diario de la instalación.
 - Distinción de la parte solar de la parte de apoyo.
 - Precauciones a tomar frente a bajo consumo.
 - Precauciones frente a altas temperaturas.
3. Recomendaciones sobre el sistema de energía de apoyo. Debería incluir:
 - Exposición de motivos por los que se incorpora un sistema de apoyo indicando que la fracción solar no es del 100% por causas climáticas (menor radiación) o de aumento de consumo sobre el previsto inicialmente.
 - Descripción del tipo de conexión con el sistema de apoyo (serie/paralelo/by-pass).
 - Indicar la prohibición de uso de sistema de apoyo en el acumulador solar.
4. Descripción de los aspectos generales sobre el consumo de agua caliente sanitaria:
 - El consumo debería llevar implícito el uso racional de agua y no el despilfarro, ahorrando tanto agua como energía auxiliar.
 - Recomendaciones respecto a las formas de suministro que ahorran energía (temperaturas de preparación y aislamiento de tuberías).
5. Funcionamiento de instalaciones de energía solar. Deberían describirse aquellos aspectos funcionales que permitan al usuario obtener el máximo provecho de la instalación solar, aportar los criterios de mejor utilización y los resultados que pueden obtenerse:
 - Distinguir la parte solar y la auxiliar de la instalación.
 - Hacer hincapié en el plan de vigilancia y en el mantenimiento preventivo.

6. Recomendaciones o advertencias. Hay una serie de aspectos que ha de conocer el usuario:
 - Precauciones a tomar en épocas que no se consuma.
 - Prevención y solución de temperaturas elevadas.
 - Baja temperatura del agua caliente sanitaria: causas y soluciones.
7. Sistema de energía auxiliar. Descripción de los criterios funcionales por los que se incorpora un sistema de energía auxiliar a la instalación solar:
 - Diferencia entre el consumo de agua caliente de diseño y el real (conlleva un aumento del consumo de energía auxiliar).
 - Disponibilidad de energía solar: la cobertura no es del 100% por causas climáticas (menor radiación) o por aumento del consumo sobre el previsto.
 - Conexión serie / paralelo / by-pass.
8. En las instalaciones de potencia nominal superior a 14 kW se realizará un seguimiento periódico del consumo de agua caliente sanitaria y de la contribución solar, midiendo y registrando los valores.

5.2.3.2. Instrucciones de manejo y maniobra

Las instrucciones de manejo y maniobra serán adecuadas a las características técnicas de la instalación concreta y deberían servir para efectuar la puesta en marcha y parada de la instalación, de forma total o parcial, y para conseguir cualquier programa de funcionamiento y servicio previsto.

5.2.3.3. Instrucciones de seguridad

Las instrucciones de seguridad serán adecuadas a las características técnicas de la instalación concreta y su objetivo será reducir a límites aceptables el riesgo de que los usuarios u operarios sufran daños inmediatos durante el uso de la instalación.

5.2.4. Programa de vigilancia y mantenimiento

Se definen dos escalones de actuación para englobar todas las operaciones necesarias durante la vida útil de la instalación con el fin de asegurar el funcionamiento, aumentar la fiabilidad y prolongar la duración de la misma:





- Vigilancia
- Mantenimiento preventivo

5.2.4.1. Plan de vigilancia

El plan de vigilancia se refiere básicamente a las operaciones que permiten asegurar que los valores operacionales de la instalación sean correctos.

Es un plan de observación simple de los parámetros funcionales principales, para verificar el correcto funcionamiento de la instalación.

Puede ser llevado a cabo por el usuario.

5.2.4.2. Programa de mantenimiento preventivo

El plan de mantenimiento ha de incluir todas las operaciones de mantenimiento necesarias para que el sistema funcione correctamente durante su vida útil.

El mantenimiento preventivo implicará operaciones de inspección visual, verificación de actuaciones y otros, que aplicados a la instalación deberían permitir mantener dentro de límites aceptables las condiciones de funcionamiento, prestaciones, protección y durabilidad de la instalación.

El mantenimiento preventivo implicará, como mínimo, una revisión anual de la instalación para instalaciones con área de apertura de captación inferior a 20 m² y una revisión cada seis meses para instalaciones superiores a 20 m².

A continuación se definen las operaciones de mantenimiento preventivo que deben realizarse, la periodicidad mínima establecida (en meses) y observaciones en relación con las prevenciones a observar.

Equipo	Frecuencia (meses)	Descripción
Captadores	6	IV diferencias sobre original
		IV diferencias entre captadores
Cristales	6	IV condensaciones y suciedad
Juntas	6	IV agrietamientos, deformaciones
Absorbedor	6	IV corrosión, deformaciones
Carcasa	6	IV deformación, oscilaciones, ventanas de respiración
Conexiones	6	IV aparición de fugas
Estructura	6	IV degradación, indicios de corrosión, y apriete de tornillos
Captadores*	12	Tapado parcial del campo de captadores
Captadores*	12	Destapado parcial del campo de captadores

Equipo	Frecuencia (meses)	Descripción
Captadores*	12	Vaciado parcial del campo de captadores
Captadores*	12	Llenado parcial del campo de captadores

* Operaciones a realizar en el caso de optar por las medidas b) o c) del apartado 2.1.

⁽¹⁾ IV: inspección visual

Equipo	Frecuencia (meses)	Descripción
Fluido refrigerante	12	Comprobar su densidad y pH
Estanqueidad	24	Efectuar prueba de presión
Aislamiento al exterior	6	IV degradación protección uniones y ausencia de humedad
Aislamiento al interior	12	IV uniones y ausencia humedad
Purgador automático	12	CF y limpieza
Purgador manual	6	Vaciar el aire del botellín
Bomba	12	Estanqueidad
Vaso de expansión cerrado	6	Comprobación de la presión
Vaso de expansión abierto	6	Comprobación del nivel
Sistema de llenado	6	CF actuación
Válvula de corte	12	CF actuación (abrir y cerrar) para evitar agarrotamiento
Válvula de seguridad	12	CF actuación

⁽¹⁾ IV: inspección visual

⁽²⁾ CF: control de funcionamiento

Equipo	Frecuencia (meses)	Descripción
Depósito	12	Presencia de lodos en fondo
Ánodos sacrificio	12	Comprobación del desgaste
Ánodos de corriente impresa	12	Comprobación del buen funcionamiento
Aislamiento	12	Comprobar que no hay humedad

⁽¹⁾ CF: control de funcionamiento

Equipo	Frecuencia (meses)	Descripción
Intercambiador de placas	12	CF eficiencia y prestaciones
	12	Limpieza
Intercambiador de serpentín	12	CF eficiencia y prestaciones
	12	Limpieza

⁽¹⁾ CF: control de funcionamiento





Equipo	Frecuencia (meses)	Descripción
Cuadro eléctrico	12	Comprobar que está siempre bien cerrado para que no enre polvo
Control diferencial	12	CF actuación
Termostato	12	CF actuación
Verificación del sistema de medida	12	CF actuación

⁽¹⁾ CF: control de funcionamiento

Equipo	Frecuencia (meses)	Descripción
Sistema auxiliar	12	CF actuación
Sondas de temperatura	12	CF actuación

⁽¹⁾ CF: control de funcionamiento

5.2.5. Garantías

Frente al cliente final, la empresa instaladora será la encargada de gestionar la garantía de todos los componentes de la instalación (captadores solares, acumuladores, etc.) por el periodo, como mínimo de 2 años, que se haya convenido con el fabricante correspondiente. Una vez finalizada la garantía legal, la garantía comercial cubrirá todos los aspectos contemplados dentro de la garantía legal exceptuando los costes relacionados con la mano de obra y gastos de envío en la reparación y sustitución del componente.

La empresa instaladora garantizará los trabajos de instalación y el resto de elementos de la instalación por un periodo mínimo de 2 años, salvo que la legislación vigente que le sea de aplicación establezca un periodo mínimo superior.

Cuando el usuario detecte un defecto de funcionamiento, lo comunicará al instalador, de forma que el instalador atenderá el aviso en los plazos convenidos que, por defecto, serán:

- Menos de 2 días laborables, si la avería interrumpe el suministro de agua caliente.
- Menos de 5 días laborables, si la avería no interrumpe el suministro de agua caliente.

El instalador realizará las reparaciones o sustituciones de piezas a la mayor brevedad posible una vez recibido el aviso de avería.

Las averías serán reparadas preferentemente en su lugar de ubicación.

5.2.6. Inspección

Este apartado establece las exigencias técnicas y procedimientos a seguir en las inspecciones a efectuar en las instalaciones de energía solar térmica.

La inspección comprenderá:

- La evaluación de la contribución solar mínima en la producción de agua caliente sanitaria.
- El registro oficial de las operaciones de mantenimiento y comprobación del cumplimiento y la adecuación del Manual de Uso y Mantenimiento a la instalación existente.
- Elaboración de un dictamen con el fin de asesorar al titular de la instalación, proponiéndole mejoras o modificaciones de su instalación, para aumentar la eficiencia energética.

La inspección de la instalación se realizará de acuerdo con lo establecido en el RITE.



6

INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA DE USO RESIDENCIAL

6.1. INTRODUCCIÓN

La mayoría de titulares de viviendas y edificios (salvo los de nueva construcción que, como es conocido, es obligatorio) se plantean la instalación de energía solar térmica en función de sus expectativas de rentabilidad, ya sea económica o "social", es decir, si a través de una instalación de este tipo puede ahorrar dinero en su factura energética o incluso aun manteniendo los mismos costes poder aumentar el confort. En definitiva, obtener más por menos, gracias al ahorro directo que nos proporciona el Sol.

6.2. TIPO DE INSTALACIÓN

El caso que se describe en este capítulo es el de una instalación de energía solar térmica para ACS en reforma integral de edificio de viviendas, cuya empresa instaladora ha sido Saveffi Solutions.



Foto 6.1. Instalación realizada (I).





Foto 6.2. Instalación realizada (II).

6.3. EMPLAZAMIENTO

El edificio de viviendas cuya instalación de energía solar térmica se va a analizar se ubica en el término municipal de Coslada (Madrid).

6.4. PROPIEDAD DEL EDIFICIO Y PROMOTORES DE LA REFORMA

La propiedad del edificio es Hermanos Barral.

6.5. BREVE DESCRIPCIÓN

Se trata de un edificio existente compuesto por 8 viviendas y 4 alturas. Al haberse practicado una reforma integral que incluía también fachada y cerramientos, se ha tenido que cumplir con el actual CTE y, por lo tanto, se ha instalado solar térmica en cubierta para agua caliente sanitaria.

La instalación de solar térmica consta de 8 captadores y 1.500 l de acumulación solar para agua caliente sanitaria, tratándose de una instalación general con captadores y sistema de acumulación solar en común, pero con intercambiador de calor individual. En esta configuración, el precalentamiento del agua de red que va directa a cada una de las calderas individuales se realiza mediante un intercambiador de placas situado en cada vivienda.

En los costes de la instalación, como es típico en los edificios de viviendas, han influido parámetros como el tamaño de la instalación,

la tecnología utilizada, la configuración de la instalación y muy especialmente el hecho de que se tratara ya de un edificio construido.

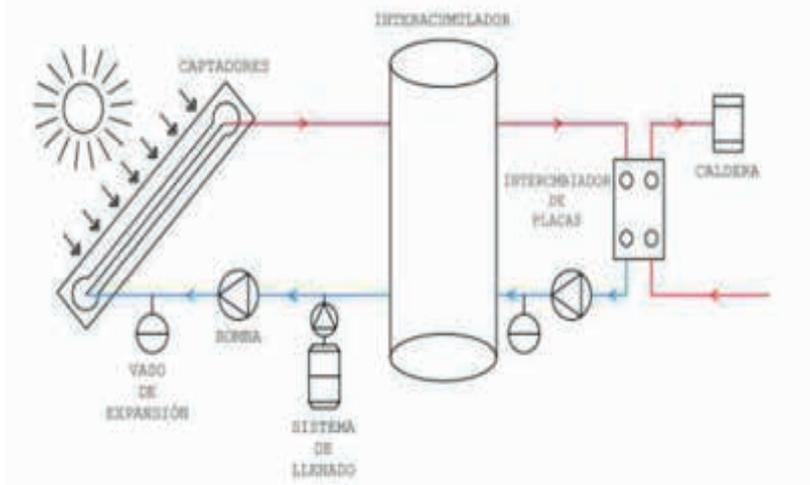


Figura 6.1. Esquema de la configuración de la instalación solar térmica ACS realizada.

6.6. ESQUEMA DE PRINCIPIO DE LA INSTALACIÓN

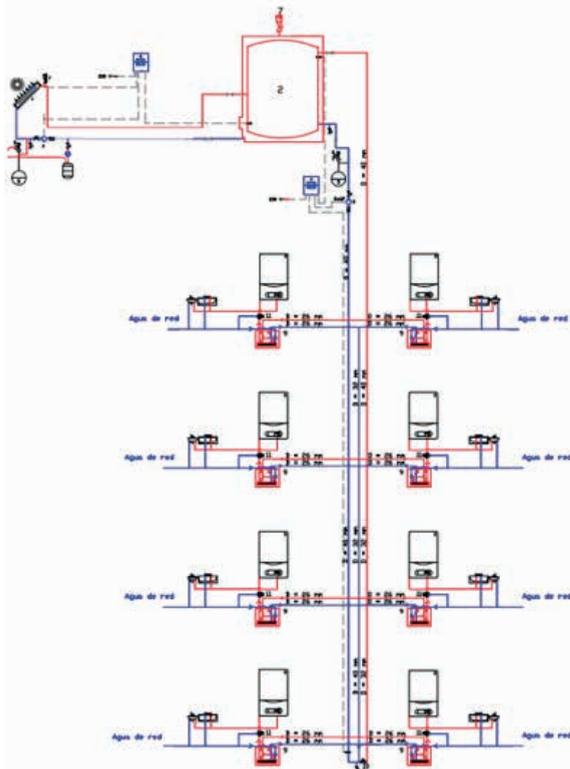


Figura 6.2. Esquema de principio de la instalación.



6.7. FUNCIONAMIENTO DE LA INSTALACIÓN

La instalación solar térmica que se describe consta de las siguientes partes diferenciadas:

- Sistema de captación.
- Sistema de acumulación e intercambio.
- Circuito hidráulico.
- Sistema de energía convencional.
- Sistema eléctrico y de control.

El sistema consta de dos circuitos estancos, primario y secundario, por los cuales circulan dos fluidos que en ningún momento se llegan a mezclar. Ambos circuitos se unen en el acumulador solar, tal y como se aprecia en la Fig. 6.1.

La carga de energía del acumulador se va a realizar por el circuito primario, también denominado solar, y la descarga de energía del acumulador se va a realizar por el circuito secundario hacia los intercambiadores de placas que hay en cada vivienda, precalentando de forma indirecta el agua de entrada a cada caldera individual.

De esta forma, el sistema usa un sistema de transferencia de calor indirecta, el agua que circula por los circuitos primario y secundario no es el destinado al consumo.

Todas las tuberías del circuito primario y secundario dispondrán de la pendiente mínima del 1% para facilitar el purgado de las mismas, evitando también la formación de sifones.

A. Circuito primario

La instalación consta de un campo comunitario de captadores solares situados en la cubierta del edificio destinada a tal efecto y cuya inclinación es de 25° sobre la horizontal.

Los captadores están orientados al sur, siendo esa la orientación óptima, con la misma inclinación que la cubierta y agrupados en dos baterías de cuatro captadores cada una, conectados entre sí en paralelo. Tanto la entrada como la salida del fluido se realiza por cada uno de los extremos opuestos, garantizando de esta forma el equilibrio hidráulico de cada batería.

En los alrededores del edificio no existen elementos que puedan crear sombras y que repercutan en la energía captada por los paneles. El circuito primario utiliza como fluido de trabajo una mezcla de agua con anticongelante que aumenta el punto de ebullición y, a la vez, hace disminuir el punto de congelación protegiendo el sistema contra heladas.

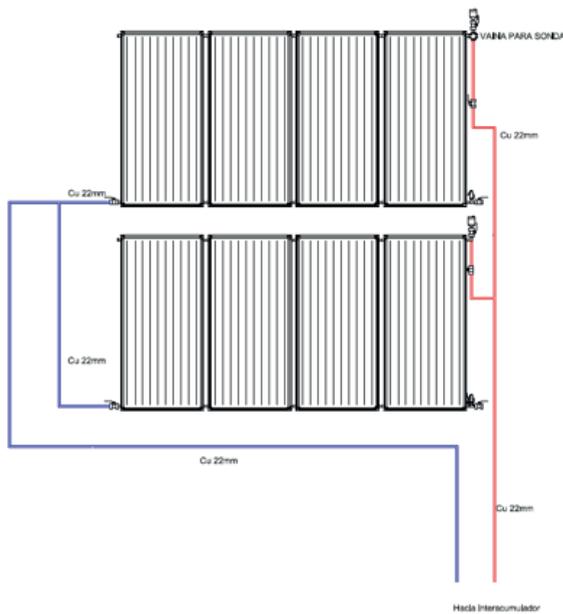


Figura 6.3. Configuración de los captadores térmicos.

Ese fluido caloportador que circula por el circuito primario es el encargado de transferir la energía térmica obtenida en los captadores a través de la radiación solar al circuito secundario por medio del serpentín dispuesto en el interacumulador.

La circulación forzada del circuito se produce por una bomba que se ubica cerca del interacumulador y que está posicionada en la parte más fría del circuito, lo cual es muy importante para protegerla de sobretemperaturas de los captadores. Dicho grupo de bombeo actúa mediante un control diferencial térmico que compara la temperatura a la salida de los captadores con la de la parte baja del interacumulador.





Guía sobre Energía Solar Térmica

Además de dicha bomba, se coloca un vaso de expansión encargado de absorber la dilatación de volumen sufrida por el fluido debido a los cambios de temperatura sufridos.

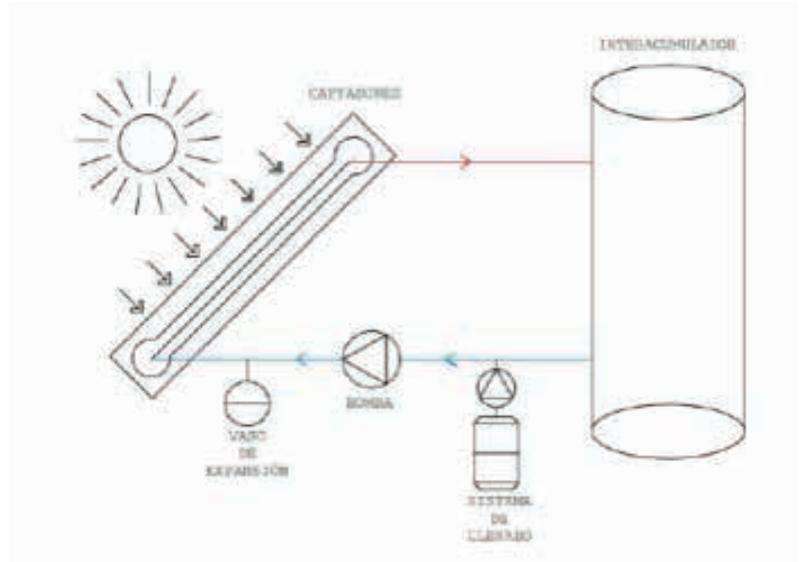


Figura 6.4. Circuito primario.

Las tuberías que trasladan el líquido caloportador van directas al interacumulador de 1.500 litros situado debajo de la cubierta. Todo el circuito hidráulico del primario se ha realizado en tuberías de cobre de 22 mm de diámetro. Las válvulas de corte y las de regulación, purgadores y otros accesorios son de cobre, latón o bronce, no admitiendo componentes de acero galvanizado.

Se dispone de un sistema de llenado independiente para evitar que el sistema se llene con otro fluido que no sea el apropiado.

B. Circuito secundario

El circuito secundario es el encargado de descargar de energía el interacumulador y transportar dicho calor hasta los intercambiadores individuales que se van a encontrar en cada vivienda.

El fluido que circula por el circuito secundario entra en el interacumulador solar. El agua absorbe la energía del serpentín del mismo y es desplazada hacia el intercambiador de placas, donde el proce-

so de intercambio de energía se repite. Una vez cedida la energía es reconducida hasta el interacumulador mediante un sistema de retorno invertido. De esta manera se garantiza el equilibrado del circuito secundario.

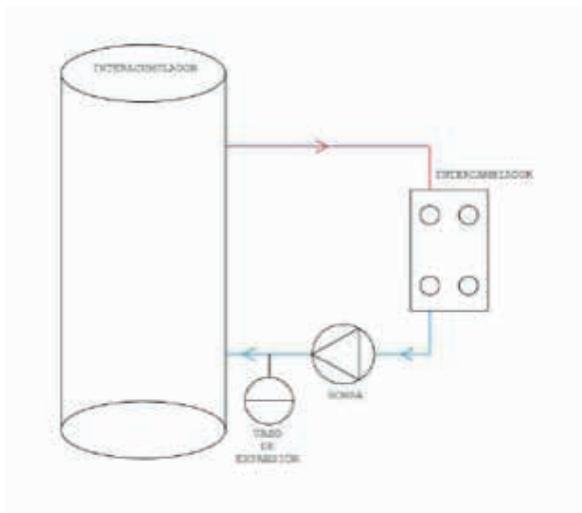


Figura 6.5. Circuito secundario.

6.8. NORMATIVA DE REFERENCIA PARA EL DISEÑO DE LA INSTALACIÓN

La normativa de referencia utilizada para el diseño de esta instalación es la siguiente:

- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias.
- Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios y sus Instrucciones Técnicas Complementarias (RITE).
- Código Técnico de la Edificación, Documento Básico HE, Ahorro de Energía (CTE).
- Reglamento de Aparatos a Presión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias.
- Reglamento de instalaciones de gas en locales destinados a usos domésticos, colectivos o comerciales.





Guía sobre Energía Solar Térmica

- Normas UNE de Energía Solar Térmica.
- Normas UNE de Instalaciones Térmicas en los edificios incluidas en el RITE.
- Pliego de Condiciones Técnicas del IDAE (Instituto para la Diversificación y el Ahorro de la Energía).

Para el diseño y desarrollo de esta instalación se han tenido en cuenta los diferentes datos proporcionados por la propiedad, obteniendo un dimensionado adecuado a las necesidades energéticas de esta rehabilitación.

6.9. DISEÑO Y CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN. CUMPLIMIENTO DEL CTE

6.9.1. Resumen del sistema solar planteado

Tabla 6.1. Sistema solar planteado.

Número de plantas del edificio	4
Número de viviendas	8
Número de habitaciones por vivienda	8
Nº de captadores	8
Superficie solar de los captadores [m ²]	2,32
Superficie total [m ²]	18,56
Volumen de acumulación [l]	1.500
Volumen de acumulación [l/m ²]	80,8
Necesidades energéticas totales [Te]	19.169,57
Producción solar [Te]	12.370,22
Cobertura solar [%]	64,53
Rendimiento de la instalación [%]	41
Inclinación adoptada [°]	35

6.9.2. Método de cálculo

El método de cálculo se establecerá especificando, al menos en base mensual, los valores medios diarios de la demanda de energía y de la contribución solar. De esta forma, el método de cálculo incluirá las prestaciones globales anuales en base a:

- La demanda de energía térmica.
- La energía solar térmica aportada.
- Las fracciones solares mensuales y anual.
- El rendimiento medio anual.

Se comprobará si la energía teórica producida en algún mes es superior a la demanda correspondiente y que dé lugar a condiciones de sobrecalentamiento, y se tomarán las medidas de protección necesarias para la instalación.

En este sentido, para dimensionar la instalación de energía solar térmica se ha usado el método de las curvas f (F-Chart), que permite realizar el cálculo de la cobertura de un sistema solar, es decir, de su contribución a la aportación de calor total necesario para cubrir las cargas térmicas, y de su rendimiento medio en un largo período de tiempo, ya que es bastante exacto para largas estimaciones.

6.9.3. Cálculo de la demanda

El edificio consta de cuatro plantas con dos viviendas por planta de cuatro dormitorios cada una. Según se encuentra establecido en el Código Técnico de la Edificación (CTE), dentro del apartado HE 4, la ocupación en un edificio de viviendas multifamiliares se estima en función de la Tabla 6.2.

Tabla 6.2. Ocupación en edificio de viviendas multifamiliares.

Número de dormitorio	1	2	3	4	5	6	7	más de 7
Número de personas	1,5	3	4	6	7	8	9	Nº de dormitorios

Por tanto, el número total de ocupantes en el edificio será de 48 personas.

Para valorar las demandas se usarán las recomendaciones del CTE establecidas en su tabla 3.1 de la sección HE 4, con una referencia de demanda de agua a 60 °C. Tal y como aparece en la Tabla 6.3, se establece que el consumo en edificios de viviendas multifamiliares es de 22 litros de ACS por persona y día.





Tabla 6.3. Demanda de referencia a 60 °C.

Criterio de demanda	Litros ACS/día a 60°C	
Viviendas unifamiliares	30	por persona
Vivienda multifamiliares	22	por persona
Hospitales y clínicas	55	por persona
Hotel ****	70	por cama
Hotel ***	55	por cama
Hotel/Hostal **	40	por cama
Camping	40	por emplazamiento
Hostal/Pensión *	35	por cama
Residencia (ancianos, estudiantes, etc)	55	por cama
Vestuarios/Duchas colectivas	15	por servicio
Escuelas	3	por alumno
Cuarteles	20	por persona
Fábricas y talleres	15	por persona
Administrativos	3	por persona
Gimnasios	20 a 25	por usuario
Lavanderías	3 a 5	por kilo de ropa
Restaurantes	5 a 10	por comida
Cafeterías	1	por almuerzo

A partir de estos datos, se calcula un consumo de agua total del edificio de 1.056 litros al día.

Para realizar el cálculo de la demanda energética, se van a considerar los datos climatológicos y energéticos que se indican en la Tabla 6.4 y 6.5 en función de la ubicación del edificio objeto de estudio.

Tabla 6.4. Datos climatológicos, geográficos y energéticos.

Provincia	Madrid
Latitud	40,4
Tªmínima histórica [°C]	-16
Humedad relativa media	42
Velocidad media del viento	10
Zona climática	IV

Tabla 6.5. Temperaturas, radiación y factor k para cada mes de un año típico.

	Tª. media ambiente	Tª. media ambiente diurna	Tª. media del agua de red	Radiación horizontal	Factor k	Radiación horizontal
	°C	°C	°C	MJ/m ² /día	25°	kJ/m ² /día
Enero	4,9	6	6	6,7	1,47	6.700
Febrero	6,5	8	7	10,6	1,35	10.600
Marzo	10	11	9	13,6	1,2	13.600
Abril	13	13	11	18,8	1,06	18.800
Mayo	15,7	18	12	20,9	0,96	20.900
Junio	20,6	23	13	23,5	0,92	23.500
Julio	24,2	28	14	26	0,96	26.000
Agosto	23,6	26	13	23,1	1,08	23.100
Septiembre	19,8	21	12	16,9	1,26	16.900
Octubre	14	15	11	11,4	1,48	11.400
Noviembre	8,9	11	9	7,5	1,62	7.500
Diciembre	5,6	7	6	5,9	1,59	5.900
Anual	13,9	15,58	10,25	15,41	1,47	15.408,33

El factor de corrección k es el cociente entre la energía incidente durante un día sobre una superficie inclinada un ángulo α orientada al sur y otra horizontal. A partir de los datos anteriores, se puede calcular la energía necesaria en calentar el ACS del edificio.

Tabla 6.6. Necesidades energéticas totales del edificio.

	Consumo mensual de agua [m ³]:	Incremento de temperatura [°C]:	Energía necesaria [Termias]:
Enero	32,736	54	1.767,744
Febrero	29,568	53	1.567,104
Marzo	32,736	51	1.669,536
Abril	31,68	49	1.552,32
Mayo	32,736	48	1.571,328
Junio	31,68	47	1.488,96
Julio	32,736	46	1.505,856
Agosto	32,736	47	1.538,592
Septiembre	31,68	48	1.520,64





	Consumo mensual de agua [m³]:	Incremento de temperatura [°C]:	Energía necesaria [Termias]:
Octubre	32,736	49	1.604,064
Noviembre	31,68	51	1.615,68
Diciembre	32,736	54	1.767,744
Anual	385,44	49,75	19.169,568

6.9.4. Cálculo de la instalación

A continuación se resumen los datos calculados en el apartado anterior y que van a permitir definir la instalación de captadores solares térmicos para ACS:

- Municipio: Coslada (Madrid)
- Zona Climática: IV
- Demanda diaria de ACS: 1.056 l/día
- Azimut: 0°
- Inclinación: 25°

La fracción solar está definida como la fracción entre los valores anuales de la energía solar aportada exigida y la demanda energética anual obtenida a partir de los valores mensuales. Se debe tener en cuenta la contribución solar mínima en función de la zona climática donde se encuentre la instalación.

Figura 6.6. Zonas climáticas en las que se divide el territorio nacional.



Para el apoyo de energía auxiliar necesario en periodos donde la energía solar no sea capaz de conseguir la temperatura de consumo, las viviendas emplearán calderas de gas individuales.

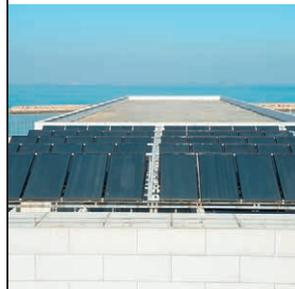


Tabla 6.7. Contribución solar mínima en %. Caso general.

Demanda total de ACS del edificio (l/d)	Zona climática				
	I	II	III	IV	V
50-5.000	30	30	50	60	70
5.000-6.000	30	30	55	65	70
6.000-7.000	30	35	61	70	70
7.000-8.000	30	45	63	70	70
8.000-9.000	30	52	65	70	70
9.000-10.000	30	55	70	70	70
10.000-12.500	30	65	70	70	70
12.500-15.000	30	70	70	70	70
15.000-17.500	35	70	70	70	70
17.500-20.000	45	70	70	70	70
>20.000	52	70	70	70	70

Según lo señalado en la sección HE 4 y en función de las tablas anteriores, la contribución solar mínima será del 60%.

Además, se deben tener en cuenta dos requisitos del CTE en la sección HE 4:

- En ningún mes se podrá superar el 110% de la demanda de ACS.
- No se podrá superar el 100% de la demanda de ACS en tres meses consecutivos.

Tabla 6.8. Resumen de la instalación solar planteada.

Nº de captadores	8
Superficie solar de los captadores [m ²]	2,32
Superficie total [m ²]	18,56
Orientación	Sur
Inclinación captadores	25°
Volumen de acumulación [l]	1.500



Guía sobre Energía Solar Térmica

En la Tabla 6.9 se muestran los resultados obtenidos con el método F-Chart de la instalación planteada.

Tabla 6.9. Ahorros generados por la instalación de solar térmica. Cobertura solar.

Meses	Energía necesaria [Termias]	Ahorros [Termias]	Ahorros [%]
Enero	1.768	567	32,10
Febrero	1.567	785	50,12
Marzo	1.670	1.005	60,20
Abril	1.552	1.168	75,23
Mayo	1.571	1.242	79,01
Junio	1.489	1.291	86,70
Julio	1.506	1.470	97,61
Agosto	1.539	1.451	94,30
Septiembre	1.521	1.213	79,80
Octubre	1.604	981	61,16
Noviembre	1.616	671	41,52
Diciembre	1767,7	526	29,75
Anual	19.169,57	12.370,22	64,53

Como se observa en la Tabla 6.9, el ahorro con la instalación de energía solar térmica descrita supera el 60%, por lo que se cumple el CTE.

En la Fig. 6.7 se representan los resultados obtenidos.



Figura 6.7. Representación de ahorros en función de la instalación de energía solar térmica diseñada.

6.9.5. Pérdidas por orientación

Tal y como se exige en el CTE, las pérdidas debidas a la inclinación, orientación y sombras de los captadores deben ser menores del 30%.

Tabla 6.10. Pérdidas por orientación, inclinación y sombras permitidas por el CTE.

Caso	Orientación e inclinación	Sombras	Total
General	10%	10%	15%
Superposición	20%	15%	30%
Integración arquitectónica	40%	20%	50%

Para ver las pérdidas provocadas por la inclinación y orientación, se emplea el gráfico que proporciona el CTE mostrado en la Fig. 6.8.

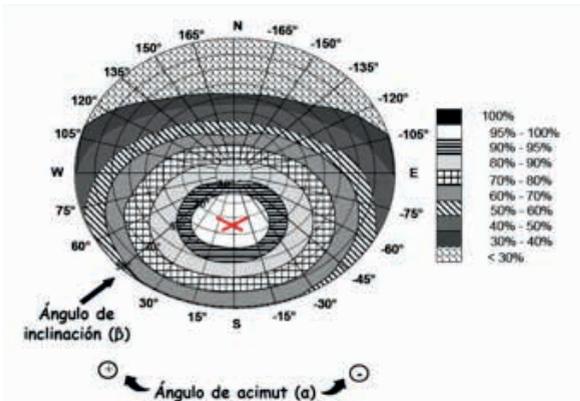


Figura 6.8. Gráfico de pérdidas por inclinación y orientación (CTE HE4).

Para comprobarlo, se debe ver el punto donde coinciden la curva de inclinación (25°) y la de la orientación o acimut (orientación Sur). La cruz del gráfico marca el punto donde se cruzan que, como se puede observar, está situada en la zona entre el 95% y el 100% de aprovechamiento de energía irradiada por el Sol.

En cuanto a las pérdidas por sombras, debido a que no hay ningún objeto que provoque sombras sobre los captadores solares térmicos por la configuración del edificio, las pérdidas de rendimiento por este motivo son nulas.

Se puede afirmar, por tanto, que las pérdidas de los captadores son inferiores al 5% y que nos encontramos dentro de los límites establecidos por el CTE.



7

ENERGÍA SOLAR TÉRMICA EN EL SECTOR TERCIARIO

7.1. INTRODUCCIÓN

En este capítulo se abordarán las instalaciones de energía solar térmica de los edificios del sector servicios, y se hará desde un punto de vista puramente técnico.

La energía solar térmica se utiliza en este tipo de instalaciones, sobre todo, para la producción de agua caliente sanitaria. De todos los edificios de este sector, son principalmente los hosteleros, las residencias de ancianos y los hospitales los que tienen mayores necesidades de agua caliente. Nos centraremos en este tipo de edificios.

Hay que tener en cuenta que en estas instalaciones, con gran demanda de agua caliente, se van a tener grandes campos de captación y volúmenes de acumulación de grandes dimensiones.



Foto 7.1

En el sector de la hotelería y el turismo también son importantes las instalaciones dedicadas al calentamiento de piscinas.





Guía sobre Energía Solar Térmica

Es importante recordar que, desde el punto de vista normativo, la última edición del CTE HE4 establece el uso obligatorio de energía solar para la producción de ACS en edificios de nueva construcción, pero también en los casos de:

- Cambio de uso de un edificio con demanda de ACS superior a 50 l/día.
- Ampliación de la instalación de ACS con una demanda inicial de 5.000 l/día y que pase a tener un incremento superior al 50%.
- Renovación de la instalación térmica de piscinas cubiertas o de piscinas descubiertas que se cubran.

Estos tres casos citados son muy habituales en las reformas y renovaciones de edificios de este sector, por lo que deberán ser tenidas en cuenta.

A lo largo de este capítulo se abordarán cuatro aspectos técnicos que desde un punto de vista práctico afectan al buen funcionamiento de estas instalaciones.

7.2. DEMANDA CARACTERÍSTICA DE LOS EDIFICIOS DEL SECTOR TERCIARIO

El CTE HE4 establece para los edificios una demanda diferente según sea su utilización.

Se puede observar en la Tabla 7.1 cómo los consumos más elevados se tienen en hoteles, hospitales y residencias de ancianos.

Tabla 7.1. Demanda a 60 °C (CTE HE4).

Criterio de demanda	Litros/día•unidad	unidad
Vivienda	28	Por persona
Hospitales y clínicas	55	Por persona
Ambulatorio y centro de salud	41	Por persona
Hotel *****	69	Por persona
Hotel ****	55	Por persona
Hotel ***	41	Por persona
Hotel/hostal **	34	Por persona

Criterio de demanda	Litros/día•unidad	unidad
Camping	21	Por persona
Hotel/pensión *	28	Por persona
Residencia	41	Por persona
Centro penitenciario	28	Por persona
Albergue	24	Por persona
Vestuarios/Duchas colectivas	21	Por persona
Escuela sin ducha	4	Por persona
Escuela con ducha	21	Por persona
Cuarteles	28	Por persona
Fábricas y talleres	21	Por persona
Oficinas	2	Por persona
Gimnasios	21	Por persona
Restaurantes	8	Por persona
Cafeterías	1	Por persona

Es importante remarcar que, en esta última edición del CTE HE4, se ha eliminado la posibilidad de establecer en los hoteles un perfil de demanda anual con ocupaciones parciales en las temporadas bajas de turismo. Se debe calcular la demanda siempre sobre la máxima ocupación de edificio.

En este momento ya se introduce uno de los puntos más importantes de este capítulo. Las instalaciones de estos edificios del sector servicios, por lo general, serán instalaciones de grandes dimensiones, por lo que debe ser muy importante diseñarlas con total seguridad. Deben ser resistentes a situaciones extremas de sobret temperatura o de congelación. En general, deben estar dotadas de una seguridad intrínseca a la propia instalación, como más adelante se explicará.

En las instalaciones con mayor demanda de ACS, como los hoteles y las residencias de ancianos, el tamaño del campo de captación será importante. Se tendrá que prestar especial atención, durante el diseño y la ejecución de la instalación al equilibrado hidráulico de los paneles solares.

Las instalaciones, tal y como se indica en el CTE HE4, no deben en ningún caso superar más del 110% de la demanda en un mes o más del 100% durante tres meses. Se debe ajustar la curva de cobertura solar para que en los meses centrales (julio y agosto) se cubra el 100% de la demanda. En este punto es de vital importancia seleccionar correctamente la inclinación de los colectores solares.



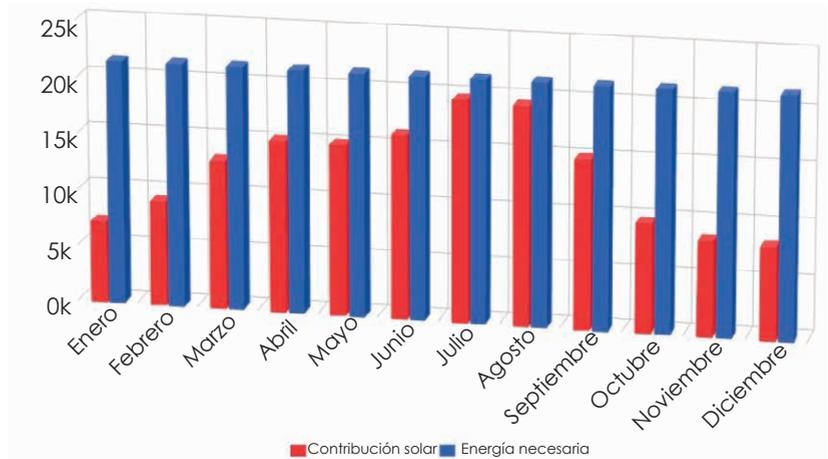


Figura 7.1

En las instalaciones con poca demanda, como en el caso de los edificios de oficinas, se tendrá que tener especial precaución con las sobretemperaturas. Pese a ser instalaciones pequeñas, es posible que la demanda real sea incluso inferior a la prevista, de forma que la instalación esté en muchas ocasiones en situación de sobretemperatura.

En el caso de las piscinas, se debe tener en cuenta la producción de energía solar durante los meses de verano. Si no se quiere instalar sistemas de disipación de calor, se tendrá que disipar todo el calor en la piscina, lo que puede provocar temperaturas de agua por encima de las requeridas.

7.3. ESQUEMAS HIDRÁULICOS EN INSTALACIONES SOLARES DEL SECTOR TERCIARIO

Las instalaciones de energía solar de este sector son casi siempre grandes instalaciones, para apoyo a la producción de ACS o para el calentamiento de piscina.

En el caso de las instalaciones para el apoyo a la producción de agua caliente, las instalaciones son centralizadas con un esquema típico de precalentamiento de agua caliente. Existen muchas variaciones de este mismo esquema, aunque el principio siempre es el mismo y es el que se refleja en el esquema de la Fig. 7.2.

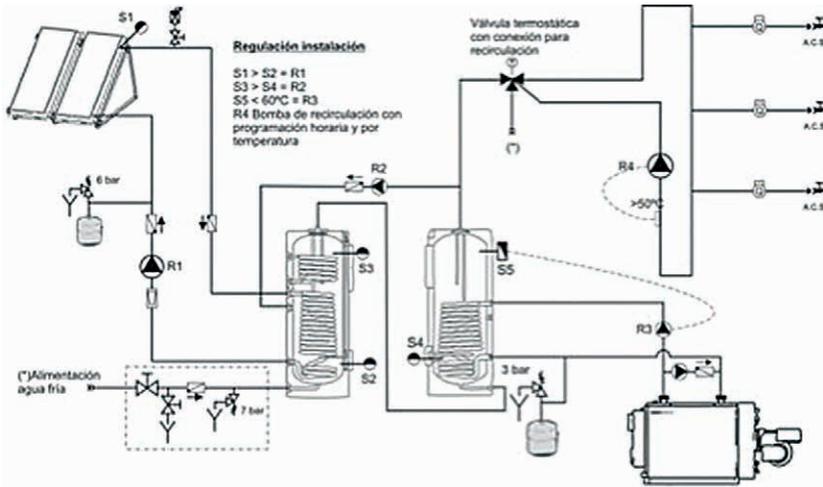


Figura 7.2

Se tiene una primera acumulación de agua que se precalentará con la energía solar. La salida de agua caliente de este depósito de solar será la entrada del siguiente acumulador. Este acumulador está calentado por el sistema convencional de generación de calor (calderas) y siempre asegurará el servicio de agua caliente.

En los depósitos de agua caliente de los edificios del sector servicio es obligatorio la aplicación de tratamientos antilegionelosis. El RD 865/2003 para el control de la legionelosis establece que los tratamientos deben realizarse en los últimos acumuladores antes de los puntos de servicio. Es decir, en este caso, el tratamiento no se haría en los depósitos de energía solar, sino en los acumuladores de servicio calentados con las calderas.

Para el calentamiento de piscinas el aporte de energía solar se hace a través de un intercambiador de calor que separa el circuito primario de los captadores, del circuito de la piscina (Fig. 7.3).

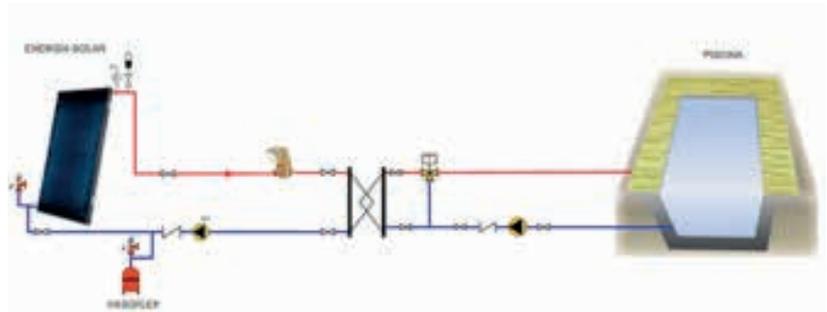


Figura 7.3

7.4. SEGURIDAD INTRÍNSECA EN LAS INSTALACIONES

Además de trabajar para garantizar una óptima instalación y mantenimiento, es muy importante que en la fase de diseño, el proyectista tenga en cuenta en todo momento la seguridad del funcionamiento de la instalación.

Según las normas EN 12975 y ENV 12977, el sistema deberá estar diseñado de tal forma que con altas radiaciones solares prolongadas sin consumo de agua caliente no se produzca ninguna situación en la cual el usuario tenga que realizar alguna acción especial para llevar al sistema a su forma natural de operación. Los sistemas diseñados en base a este concepto se denominan de **Seguridad Intrínseca**.

Todos los sistemas que poseen esta seguridad intrínseca se pueden catalogar en tres tipos, principalmente:

- Sistemas en los que el vaso de expansión absorba todo el aumento de volumen producido por la aparición de vapor en el campo de captación (**Vasos de expansión sobredimensionados**).
- Sistemas que trabajen con presiones superiores a la presión de vapor del fluido a la temperatura de trabajo (**Sistemas sobrepresionados**).
- Sistemas de drenaje automático que permiten mantener los captadores vacíos en condiciones extremas de trabajo (**Sistemas Drain Back**).

En definitiva, esto se traduce en dos tipos de sistemas básicamente, ya que los sistemas sobrepresionados también suelen incorporar vasos de expansión sobredimensionados.



7.4.1. Dimensionamiento de los vasos de expansión

Si se quiere que el vaso de expansión de la instalación proporcione esta seguridad intrínseca, se debe dimensionar bajo la suposición de la formación de vapor en los paneles. Si el vaso absorbe la dilatación de la instalación en una situación de estancamiento, no abrirá la válvula de seguridad y no habrá pérdida de fluido. Para calcular el volumen útil de un vaso de expansión se utiliza la siguiente expresión:

$$V_{\text{util}} = V_{\text{dilatación}} + V_{\text{reserva}} + V_{\text{vapor}}$$

El volumen de dilatación de la instalación y el de reserva se calculan de manera habitual en función del volumen total de la instalación:

$$V_{\text{dilatación}} = V_{\text{total inst.}} \cdot 0,085$$

Para calcular el volumen del vapor producido se supondrá que ocupará completamente el volumen de los paneles solares, más una parte de las tuberías más cercanas a éstos. Se suele calcular el volumen de los paneles solares más un 10% adicional:

$$V_{\text{vapor}} = V_{\text{captadores}} \cdot 1,1$$

El sobredimensionado del vaso de expansión es útil en caso de una situación extrema, como es la de estancamiento de la instalación, pero para que el sistema sea realmente seguro se necesita evitar estas situaciones de riesgo. Es fundamental evitar la formación de vapor. Por esta razón, esta forma de dimensionar los vasos de expansión acompaña a los sistemas que trabajan con altas presiones para evitar la aparición de vapor, es decir, los sistemas sobrepresionados que se explican en el siguiente apartado.

7.4.2. Sistemas sobrepresionados

Para evitar la formación de vapor una de las técnicas más sencillas es aumentar la presión de trabajo.

En un fluido formado por agua y un 40% de anticongelante con 4 bar de presión, no aparece vapor hasta casi los 150 °C. Es decir, existe un margen de trabajo muy importante.

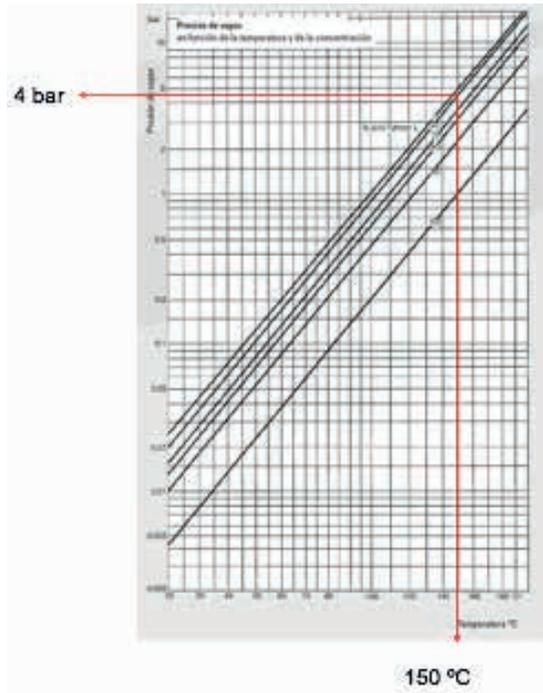


Figura 7.4

Aun así, para mantener el sistema por debajo de esa temperatura es necesario algún sistema de disipación. Los más usuales son los siguientes:

A) *Disipación a piscinas*

La disipación en piscinas es siempre una buena opción, ya que, además de proteger la instalación, supone un beneficio para el usuario. Es importante que el mecanismo de control gestione correctamente este sistema, se debe hacer una carga por etapas con prioridad al sistema principal, es decir, al de ACS. Siempre que el depósito de ACS esté por debajo de su temperatura de consigna, el control debe verificar si existe radiación solar suficiente como para calentarlo. La disipación en la piscina debe realizarse sólo cuando la demanda de ACS esté cubierta o cuando la radiación solar sea insuficiente para esta aplicación.

A la hora de diseñar un sistema con disipación a piscina, es imprescindible conocer el tipo de tratamiento que se le va a dar al agua. De ello dependerá la selección del material del intercambiador de este circuito. Para piscinas con tratamiento por cloro, el intercambiador debe ser de acero inoxidable AISI 316. En cambio, si el tratamiento es mediante agua salada, el intercambiador deberá ser de titanio.

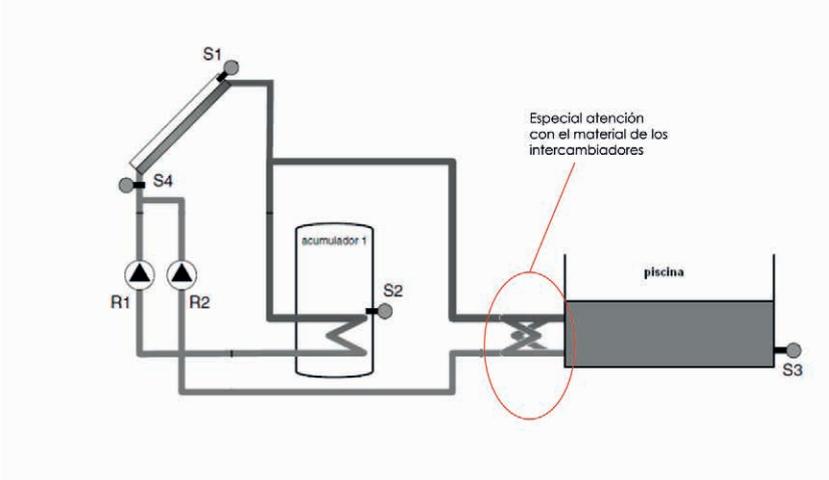


Figura 7.5



B) Disipación con aerotermos

Desde el punto de vista técnico, la disipación con aerotermos es una solución válida. Aunque no es demasiado "estética", ya que se añaden elementos a la instalación que incrementan el coste y son susceptibles de tener averías. A la hora de seleccionar el equipo más adecuado se debe tener en cuenta que es un equipo instalado en el exterior, por lo que los disipadores deben estar preparados para ello.



Foto 7.2

C) Refrigeración nocturna

La refrigeración nocturna es el más económico de los sistemas de protección contra el exceso de temperatura, ya que es un sistema de disipación en el que se utilizan los propios paneles solares para contrarrestar el excedente de energía, de manera que no es necesario



Guía sobre Energía Solar Térmica

incorporar más elementos en la instalación. A pesar de que se trata de uno de los sistemas mencionados por el CTE HE4, es también uno de los menos conocidos.

El mecanismo nocturno de refrigeración es una protección creada por el sistema de control de la instalación. Consta de varias etapas:

- a) Durante el día, cuando se dispone de radiación solar, el sistema cargará el depósito acumulador hasta la temperatura de consigna (60 °C). A partir de este momento, el sistema apagará la bomba y dejará que los paneles solares aumenten su temperatura. Los paneles alcanzarán unos 120 °C, temperatura a la cual todavía no hay vapor si en los paneles tiene en ese momento unos 4 bar de presión y un 40% de anticongelante. A partir de esta temperatura, el sistema encenderá la bomba para hacer descender la temperatura unos pocos grados, y se volverá a apagar. Los paneles tardarán en volver a alcanzar los 120 °C, ya que a estas altas temperaturas el rendimiento de los paneles solares es bajo. De esta manera, manteniendo los paneles en torno a 110 °C – 120 °C, el sistema se “frenará” absorbiendo la menor radiación posible. Sin embargo, en ese momento el depósito acumulador ganará temperatura poco a poco, superando la temperatura de consigna. Si el dimensionamiento del acumulador ha sido generoso, digamos con una relación V/A de unos 75 l/m² (el CTE establece $50 < V/A < 180$), entonces la temperatura del acumulador con este funcionamiento no ascenderá más de unos 4 o 5 °C cada hora. Hecho que permitirá llegar hasta la noche sin haber superado los 90 °C.
- b) Por la noche, cuando no hay radiación solar, los paneles se enfrían. Si el sistema detecta que el acumulador está por encima de la temperatura de consigna, volverá a encender la bomba. En esta ocasión, los paneles actuarán como disipadores, enfriando el acumulador hasta la temperatura de consigna (60 °C).

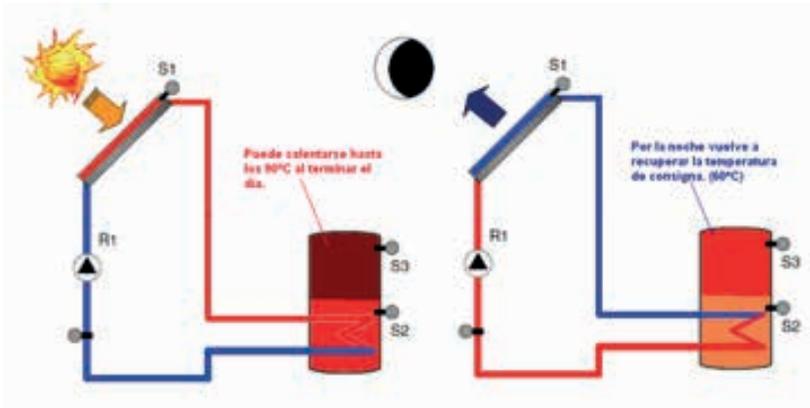


Figura 7.6

7.4.3. Sistemas Drain Back

El último de los sistemas denominado de seguridad intrínseca es el sistema de vaciado automático o Drain Back. Se trata de sistemas en los que el circuito primario no está lleno de fluido térmico en su totalidad. Se llena sólo parcialmente, de forma que los paneles solares quedan llenos de aire.

Cuando la instalación está parada, los paneles no tienen agua, por lo que en principio no deben producirse problemas de aparición de vapor o de congelación. Cuando se pone en marcha la bomba, ésta debe empujar la burbuja de aire hasta el depósito pulmón, donde se quedará almacenada, permitiendo la circulación del fluido por el resto del circuito.

Una vez la bomba se detenga, la bolsa de aire deberá ascender por sus propios medios de nuevo hasta los colectores. Hace tiempo, estos sistemas sólo eran para instalaciones domésticas de pequeñas dimensiones. Hoy en día, existen ya sistemas Drain Back para instalaciones medianas.

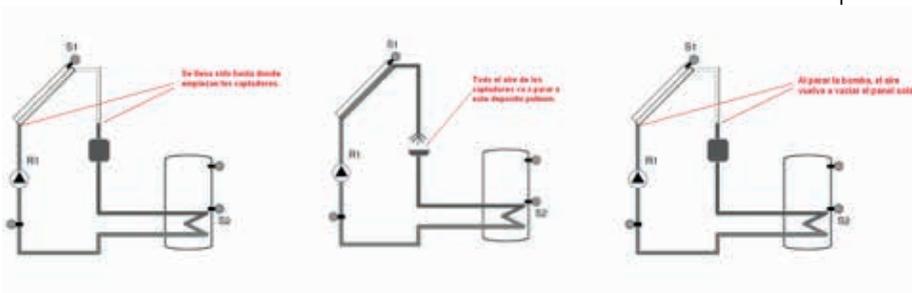


Figura 7.7



7.5. DETALLES DE LA INSTALACIÓN

En las grandes instalaciones de energía solar los detalles son muy importantes. En muchas ocasiones no se tienen en cuenta pequeños detalles que hacen malograr las instalaciones.

7.5.1. Purgadores

En grandes campos de captación se tendrán muchas baterías de colectores solares distribuidas por la cubierta del edificio. Se trata del punto más alto de la instalación, con numerosos puntos de acumulación de aire.



Foto 7.3

Purgar una instalación durante la puesta en marcha puede ser una tarea muy complicada. Por eso, es muy recomendable el uso de purgadores automáticos en cada batería. Los purgadores automáticos sólo servirán para la puesta en marcha, por lo que se deben cerrar una vez se termine.

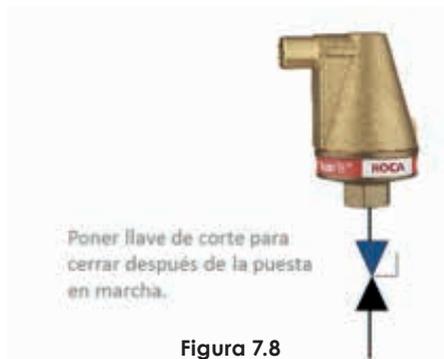


Figura 7.8

7.5.2. Equilibrado hidráulico de las baterías de colectores

Una de las cosas más difíciles de lograr es el correcto equilibrado de las baterías de colectores solares.

Todos los colectores del campo de captación deben calentarse al mismo ritmo, deben tener la misma temperatura. La única manera de conseguir esto es haciendo que por cada colector solar pase el mismo caudal.

En el caso de tener todas las baterías de colectores iguales (mismo número de colectores), se puede usar el retorno invertido (conexión Tichelmann) para equilibrar (Fig. 7.9).

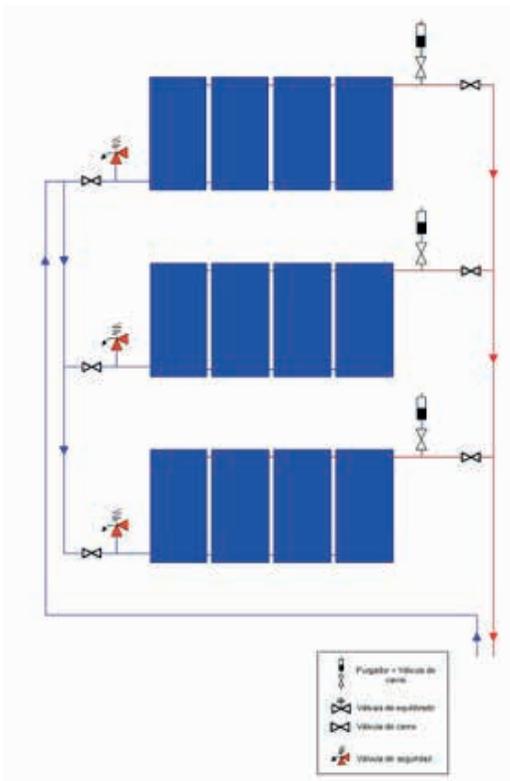


Figura 7.9

En el caso de baterías de colectores con diferente número de colectores, será necesaria la instalación de válvulas de equilibrado que aseguren el caudal correcto en cada batería (Foto 7.4).





Foto 7.4

7.5.3. Regulación de la instalación

Para controlar correctamente un sistema solar, no sólo se debe saber cuándo hace falta calentar el depósito, además se debe saber si hay energía disponible en los paneles solares. Para poder hacer este tipo de regulación uno de los sistemas más utilizados es el **control diferencial**.

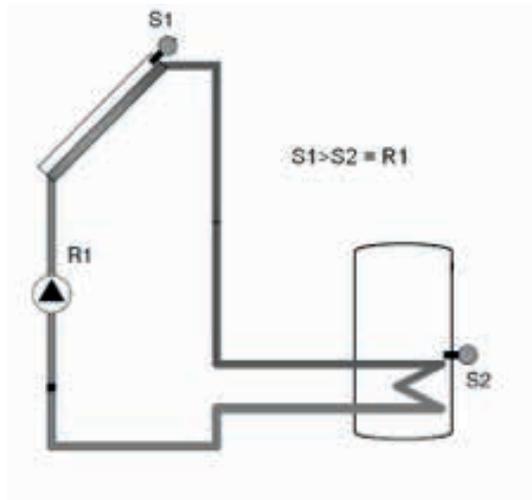


Figura 7.10

En este caso, se utilizan dos sensores de temperatura, uno en los paneles solares y otro en la parte más fría del depósito acumulador, es decir, en la parte más baja del mismo.



Cuando la temperatura de los paneles sea mayor que la que se tiene en la parte de abajo del depósito, eso significa que en los paneles solares hay suficiente energía como para calentar el depósito. Normalmente se encenderá la bomba cuando los paneles solares están unos 7 K por encima de la temperatura del depósito y se desconectará cuando esta diferencia se reduzca por debajo de los 3 o 4 K.

Con este tipo de regulación se puede controlar todo tipo de instalaciones grandes o pequeñas. En las instalaciones más grandes con muchos paneles solares dispuestos en baterías, es difícil decidir la ubicación de la sonda que controlará el sistema. Si la instalación no está perfectamente equilibrada, o si se tienen colectores en serie, no todos los colectores tendrán la misma temperatura. En estos casos, se deberá buscar siempre el colector más caliente de toda la instalación. De otra manera, se corre cierto riesgo de aparición de vapor en dichos colectores.

En grandes instalaciones es útil recurrir a un sistema de regulación basado en el control por radiación. En este caso, se medirá la irradiancia sobre los captadores y sólo se encenderá la bomba a partir de cierto umbral de radiación.

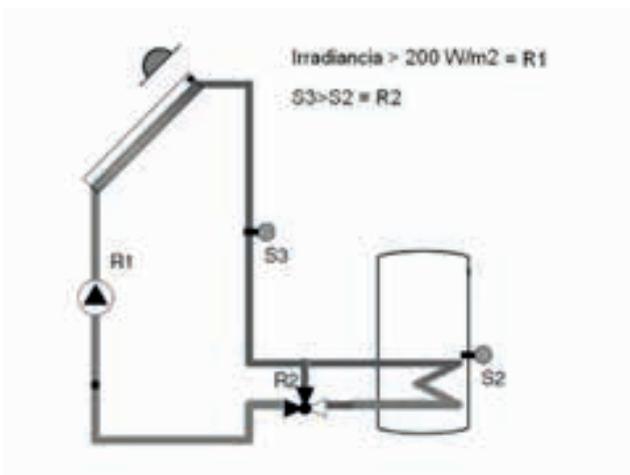


Figura 7.11

Es importante que el sensor de radiación tenga la misma orientación e inclinación que los captadores solares. Los umbrales de radiación que habitualmente se utilizan son entre 150 a 200 W/m².

8

SOLAR TÉRMICA PARA PROCESOS DE CALOR INDUSTRIALES

8.1. INTRODUCCIÓN

El potencial de la generación térmica solar en procesos de calor es enorme. En Europa, alrededor del 27% del total de la demanda de energía final es calor consumido en la industria. Aproximadamente un 30% de la demanda ocurre a temperaturas por debajo de 100 °C y cerca del 27% a temperaturas entre 100 °C y 400 °C.

Una parte importante de este calor puede ser generado por plantas solares térmicas. Los sectores más prometedores son los de alimentación y bebidas, textil, metal, tratamiento de superficies, papel e industria química, aunque, debido a las diferentes tecnologías solares comerciales, puede evaluarse su aplicación en prácticamente cualquier tipo de industria con un consumo de energía térmica (calor) mínimo.



Foto 8.1. Instalación solar térmica aplicada a proceso industrial.

En este capítulo se describe la forma de evaluar los proyectos solares térmicos industriales, pudiendo resultar de gran interés para empresas solares, instaladores, diseñadores especializados e investigadores.





Guía sobre Energía Solar Térmica

Se incluye información fundamental con las bases para planificar la incorporación e integración de la energía solar térmica para cuatro aplicaciones industriales específicas seleccionadas, con objeto de ofrecer datos concretos de procesos.

8.2. APLICACIONES PRIORITARIAS

Los sectores industriales con mayores posibilidades son la industria química, la fabricación de materiales de transporte y el de alimentación y bebidas, aunque otros, como textil, metal, tratamiento de superficies o papel, también podrían incorporar un sistema solar térmico.

En este apartado se analiza la integración de la energía solar en procesos básicos mayoritarios, aplicables en un elevado número de industrias con demanda de calor. Estos fundamentos de planificación se han elaborado para cuatro aplicaciones industriales prioritarias:

- Calentamiento de agua fresca para procesos abiertos de lavado /limpieza.
- (Pre-) Calentamiento de agua de aporte adicional para redes abiertas (o parciales) de vapor de proceso.
- Calentamiento de baños industriales.
- Secado convectivo con aire ambiente caliente en sistemas abiertos.



Foto 8.2. Proceso de lavado con aporte solar térmico

Este apartado ofrece una orientación práctica y suministra información técnica sobre cómo la energía solar térmica puede ser integrada en cada una de las aplicaciones industriales consideradas. El principal objetivo es vincular los campos del sector industrial con la ingeniería solar térmica, no proporcionar extensos principios de planificación. Se explica detalladamente con varios pasos el enfoque de la planificación estructurada. En las referencias citadas puede encontrarse más información sobre problemas de diseño específicos.

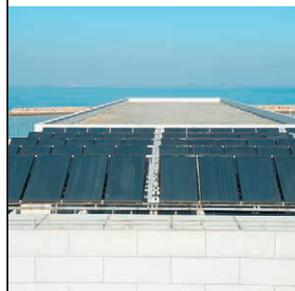
Es importante tener en cuenta que los sistemas conceptuales recomendados y los ahorros de energía simulados están optimizados para los ejemplos específicos. Esto significa que los resultados mostrados deben ser adaptados individualmente tomando las variaciones de los sistemas de procesos industriales, así como deben considerarse la gestión de procesos individuales y los perfiles de carga resultantes.

8.3. INFORMACIÓN PRELIMINAR

8.3.1. Análisis de las instalaciones y las condiciones de contorno

Normalmente, una visita técnica a la planta es el primer paso para comprobar si la solar térmica puede tenerse en cuenta. En esta primera etapa es conveniente contar con el apoyo de un técnico cualificado o un ingeniero de planta que conozca el proceso y las instalaciones, para elaborar un análisis estimativo inicial.

Como primera etapa, es recomendable completar una serie de datos básicos para una primera estimación del interés en utilizar la solar térmica. Es recomendable utilizar un formato predefinido, donde se incluyan aspectos que favorezcan la instalación (OK) y aspectos que puedan ser desfavorables (KO), y que se puede denominar "Checklist para Procesos Industriales". Cuanto mayor sea el número de criterios OK y menor el de KO, existirá mayor interés por ambas partes, usuario y empresa solar, en desarrollar el proyecto.





La "checklist"

Información General			
Nombre de la empresa			
Sector / Productos			
Datos de contacto			

Criterio K.O.	Si	No	Comentarios
¿Necesita calor para los procesos a temperaturas inferiores a 60 °C?	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
¿Dispone de espacio para la instalación de los colectores solares, al menos 100 m ² ?	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
Este espacio, ¿está orientado hacia el sur y está libre de sombras? (en lugar de orientación sur, puede también ser superficie plana)	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	

Criterio O.K.	Si	No	Comentarios
	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	

Figura 8.1. Datos preliminares OK y KO.

Entre los criterios KO se podría incluir la necesidad de agua caliente a temperaturas superiores a 60 °C, el no disponer de espacio en cubierta o suelo para un número mínimo de captadores o disponer de una cubierta muy desviada de la orientación sur. Entre los criterios OK, se encontrarían el tener la mayor demanda de calor en procesos coincidiendo con meses de mayor radiación solar, estar produciendo al menos 5 de los 7 días de la semana, tener planificada una ampliación o renovación en los procesos, el deseo de un precio estable para la energía o políticas en favor de la reducción de emisiones y la sostenibilidad.

Si la evaluación de la checklist es positiva, entonces se recomendaría aplicar los siguientes pasos:

- a) Realizar un croquis de las instalaciones con las características básicas, como las dimensiones disponibles de techo sin sombra y sus áreas accesibles con la orientación y pendiente, la accesibilidad de la grúa (por lo general necesaria), información sobre las estructuras (si está disponible), etc.
- b) Cálculo aproximado del área accesible y sin sombra del tejado para el campo del colector, área para el tanque de almacenamiento (y otras instalaciones), así como la distancia desde el

acumulador al campo colector y el potencial de apoyo al proceso. Indicar estas magnitudes en el croquis.

- c) Analizar si existe algún requerimiento legal o restricción acerca de la instalación de una planta solar térmica. Puede ser de ayuda consultar con el administrador o gerente de la planta este punto, ya que normalmente conocen estos aspectos.
- d) Análisis de las características principales de cada proceso consumidor de calor para conocer la viabilidad técnica inicial, al menos energía demandada en el proceso específico, temperaturas y frecuencia de uso de los sistemas de calor. Posteriormente será preciso conocer con mayor detalle los procesos preliminarmente viables.

8.3.2. Análisis del proceso y recuperación de calor

Es importante además clasificar si el proceso de la planta seleccionado (si son varios, se analizan de forma individualizada y posteriormente se suman) consume energía térmica en un proceso abierto o cerrado, así como en continuo o discontinuo. Debe prestarse especial atención a los procesos abiertos sin recuperación de calor que funcionan de manera continua, ya que son los de mayor potencial de integración de energía solar térmica.

La evaluación de la generación y distribución actual de calor consta de las siguientes etapas:

- 1) Recopilar los datos disponibles sobre la carga térmica de la planta. Los más importantes son:
 - a. Los niveles de temperatura de los procesos que consumen energía térmica.
 - b. Las temperaturas de retorno de los fluidos de la red de distribución, generalmente disponibles.
 - c. El tipo de sistema de producción de calor o características de los equipos en la sala de calderas (número de calderas, potencia, antigüedad, etc.).
 - d. La fuente de energía usada (por ejemplo, gas, gasóleo o electricidad).





Guía sobre Energía Solar Térmica

- e. El precio de la energía.
- f. Una estimación aproximada de la eficiencia del sistema de calentamiento en los distintos puntos de consumo¹.
- g. Perfil de carga térmica del proceso (frecuencia de uso), al menos sobre una base estacional.

Es posible que la industria haya realizado una auditoría energética con anterioridad, que puede ofrecernos una buena base para los cálculos energéticos, aunque debe contrastarse la información para atender a la situación actual².

- 2) Analizar todos los procesos térmicos con el fin de examinar la viabilidad de acoplamiento con la energía solar térmica. Los esquemas de proceso son muy útiles para comprender los flujos de masa y energía. Deben conocerse las principales temperaturas de entrada y salida, y toda la carga térmica de la planta debe ser dividida entre los procesos, estudiar si las demandas de calor de cada proceso son altas o bajas, y constantes o variables, así como prestar especial atención a las temperaturas más bajas (por ejemplo, agua fresca que ha sido calentada para procesos de limpieza).

8.4. APLICACIONES PRIORITARIAS: CONCEPTOS DE LOS SISTEMAS, PERFILES DE CARGA Y DISEÑO DE SISTEMAS DE ENERGÍA SOLAR TÉRMICA

8.4.1. Calentamiento de agua de red para lavado/limpieza

El proceso considerado para la generación del agua caliente consiste en un sistema sin recuperación de calor, debido a que el agua de limpieza está contaminada y enfriada por el proceso de lavado/limpieza. El agua de la red (15 °C) se calienta hasta 60 °C para su posterior uso.

(1) En este punto hay que considerar la eficiencia estacional, no la del sistema generador. Por ejemplo, una caldera de gasóleo en buenas condiciones puede tener una eficiencia del 85% en combustión, pero su eficiencia media en el punto de consumo en funcionamiento normal será aproximadamente de un 60-70%. Para una caldera de gas estos valores serán del 70-80% en los casos más favorables.

(2) Se recomienda consultar la "Guía de auditoría energética en la Industria" de la Comunidad de Madrid, publicada por la Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid (www.fenercom.com)



Foto 8.3. Sistema de lavado industrial de depósitos (59-60°C)



En las plantas con demanda de agua de limpieza variable y ratios de caudal muy elevados, el sistema de apoyo está normalmente equipado con un acumulador convencional calentado por una o varias calderas.

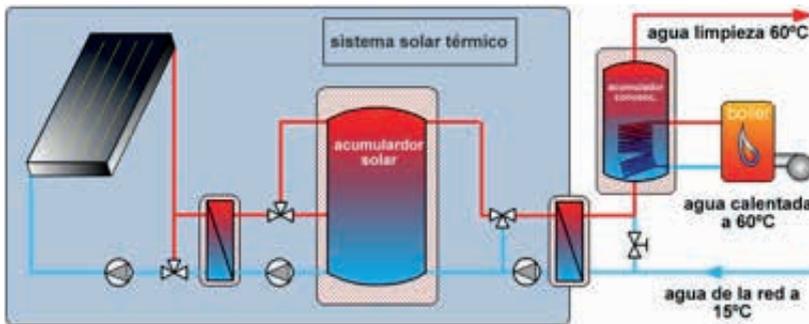


Figura 8.2. Concepto de sistema con intercambiador de agua de red y caldera en serie (ilustración simplificada del sistema convencional de preparación de agua caliente).

En este tipo de esquemas, el sistema solar puede ser integrado con facilidad vía intercambiador de calor adicional (como en la Fig. 8.2), o bien existir un único acumulador del cual se consume el agua caliente necesaria. El agua de red es (pre-)calentada por el sistema solar antes de que entre en el acumulador y, posteriormente, se eleva su temperatura hasta la necesaria en el proceso de limpieza o lavado (normalmente entre 45 y 60 °C). El by-pass mostrado para el agua fría en el lado de descarga del acumulador solar evita la existencia de altas temperaturas en el circuito de agua fría del acumulador (por ejemplo, si se alcanzan temperaturas mayores de 90 °C).



Cuando el acumulador solar se carga energéticamente, se controla la altura de entrada del flujo mediante una o más válvulas de tres vías, de modo que la estratificación se mantenga lo mejor posible. El volumen de almacenamiento puede formarse con almacenamientos en cascada o mediante lanzas de estratificación, si es posible.

El perfil que se representa en la Fig. 8.3 es válido para una gran empresa (tres turnos), donde se trabaja siete días a la semana y durante todo el año. Así, la parte de lavado es parte del proceso de producción en sí mismo y la demanda es muy constante.

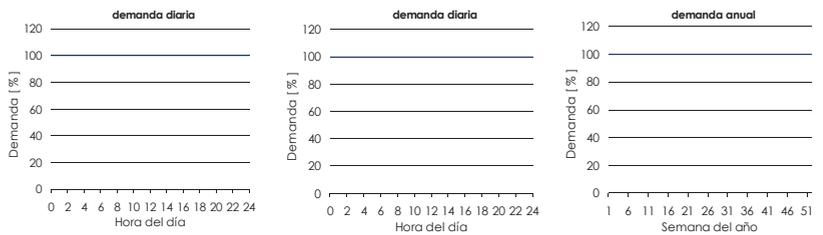


Figura 8.3. Perfil de carga continuo en un proceso de limpieza que forma parte de la producción en una gran empresa.

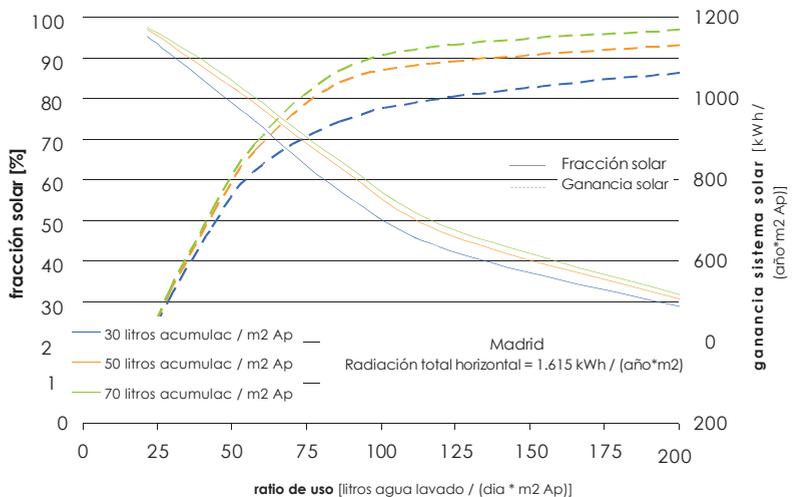


Figura 8.4. Diagrama de diseño de sistema solar para perfil de carga continuo, calentamiento de 15 °C a 60 °C, colector solar plano, almacenamiento estratificado y ángulo de inclinación del colector de 40°.

Comparado con el nomograma del perfil discontinuo, pueden observarse ganancias solares y fracción solar significativamente mayores, ya que no se pierde energía en períodos no laborables como son

las vacaciones de verano (tres semanas). No obstante, es importante no elegir fracciones solares demasiado elevadas para evitar el estancamiento en verano. También debe considerarse que, en el caso de perfil de carga continuo, no parece recomendable instalar más de 50 l de volumen de almacenamiento por m², ya que los beneficios adicionales son escasos.

8.4.2. Pre-calentamiento de agua para generación de vapor

El apoyo al proceso de generación de vapor es económico únicamente cuando una parte significativa del vapor se usa en el proceso directamente (la red de vapor es un sistema abierto o parcialmente abierto). El calentamiento de la parte adicional del agua desmineralizada mediante energía solar es económicamente atractivo, debido a que tanto el retorno del condensado como el agua de alimentación se encuentran a elevadas temperaturas.



Foto 8.4. Sistema de vapor industrial (180 °C) semi-abierto.

En las redes de vapor parcialmente abiertas, el agua desmineralizada se mezcla normalmente con el condensado de retorno y tiene que ser venteado antes de poder entrar a la caldera de vapor. Esta desgasificación se realiza normalmente de forma térmica (el agua de alimentación tiene que ser calentada hasta 90 °C para liberar el gas) usando vapor de proceso de la caldera. Por tanto, es una buena solución precalentar el agua adicional descalcificada antes de mezclarla con el condensado y antes de ventear la mezcla. De este modo, se consume menos vapor para la desgasificación, y puesto que éste es compatible con diferentes procesos de la fábrica, el sis-





tema solar puede cubrir una parte significativa de la demanda total de calor simplemente instalando un intercambiador de calor en el sistema existente.

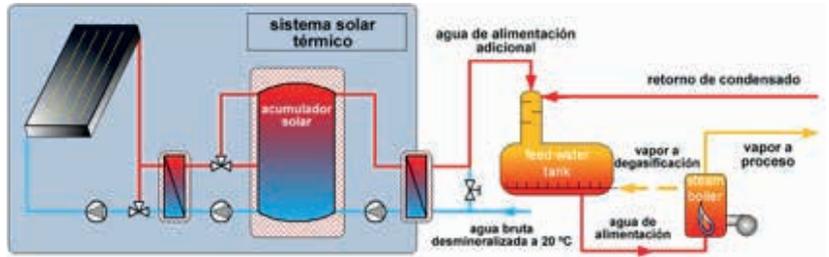


Figura 8.5. Concepto de sistema de intercambiador de agua de red y caldera en serie.

El concepto de sistema solar recomendado es similar al indicado para el lavado/limpieza. El intercambiador de calor protege al acumulador solar del riesgo de corrosión y no se realiza un by-pass en el lado solar, puesto que la temperatura máxima de acumulación es de 90 °C. No se emplea almacenamiento adicional, como consecuencia de que el caudal del agua de alimentación normalmente no varía.

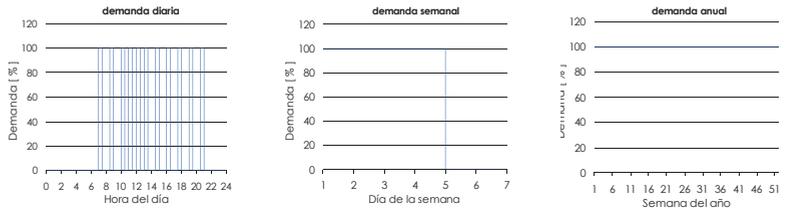


Figura 8.6. Perfil de consumo de agua bruta en un sistema parcialmente abierto de una lavandería (dos turnos, sin vacaciones). El nivel de llenado del tanque de alimentación permite la entrada de agua bruta en intervalos de 30 minutos, por lo que el caudal es constante.

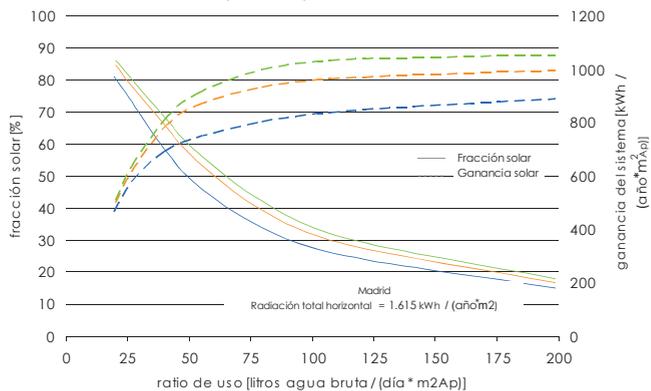


Figura 8.7. Diseño de nomograma para un sistema solar utilizado para precalentamiento de agua bruta para el concepto y perfil de demanda indicados: colector plano y almacenamiento estratificado.

Las ganancias solares alcanzables son algo más pequeñas que las de los sistemas que suministran aplicaciones de lavado/limpieza. Esto se debe a la mayor temperatura mínima disponible de 20 °C (frente a 15 °C para lavado/limpieza), ya que el agua está calentándose cuando se desmineraliza. También, las fracciones solares alcanzables son menores, ya que el agua debe ser calentada hasta 90 °C (la carga térmica es siempre referida a la elevación de temperatura que el sistema solar puede proporcionar, en este caso de 20 a 90 °C).

Los intervalos del caudal de agua a calentamiento, anexados a un control de nivel del tanque de alimentación, no deberían afectar significativamente a la eficiencia del sistema solar, debido a que los aportes solares solamente deben ser almacenados para intervalos de una hora cada día.

El nomograma de la Fig. 8.7 muestra claramente que el ratio de utilización no debe ser superior a 75, ya que las ganancias del sistema solar para volúmenes de acumulador razonables no se incrementan por encima de este valor y la fracción solar se vuelve muy baja.

En algunos casos, la temperatura mínima disponible para el agua bruta desmineralizada puede elevarse hasta 60 °C después de aplicar medidas de recuperación de calor, por lo que la eficiencia del sistema solar disminuiría significativamente. Este factor debe ser analizado específicamente en cada industria.

8.4.3. Calentamiento de baños industriales

En el caso de calentamiento de baños industriales, las ganancias solares son normalmente menores que para el calentamiento de agua fresca. De nuevo, esto depende de la temperatura mínima disponible y es más crítico cuando los baños no se rellenan nunca o en muy limitadas ocasiones.



Foto 8.5. Baño industrial en una fábrica de quesos (40 °C).





Guía sobre Energía Solar Térmica

El calentamiento del baño industrial dispone de un intercambiador de calor para el propio baño, normalmente en su interior (parte lateral o inferior), para mantener la temperatura deseada con un margen de variación generalmente bajo. Esta precisión en la temperatura se favorece con los sistemas solares térmicos, ya que el depósito acumulador actúa como tanque de inercia por su tamaño, evitando picos o valles en la temperatura.

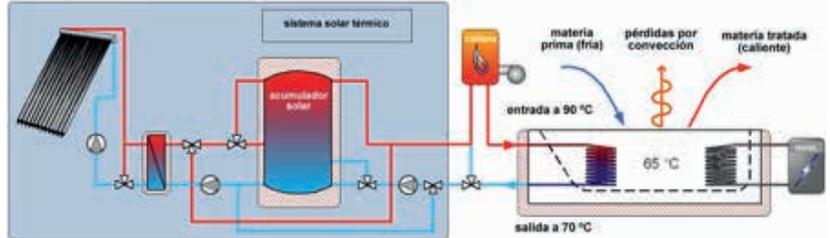


Figura 8.8. Concepto de sistema para el calentamiento de un baño industrial. (Uso directo de calor solar con resistencia eléctrica o sistema solar con caldera auxiliar).

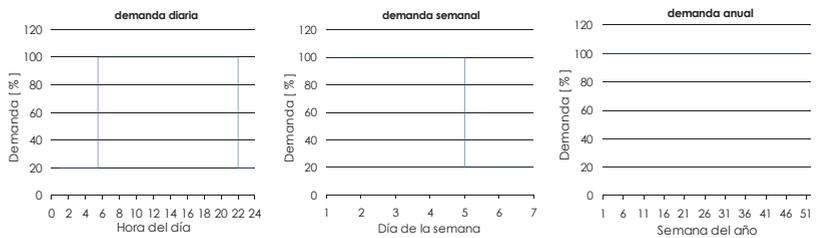


Figura 8.9. Demanda continua de calor de un baño industrial en una PYME.

El perfil de carga de la Fig. 8.9 muestra que, en este caso, se trabaja en dos turnos y no durante los fines de semana. La demanda del 20% durante la noche y los fines de semana es la pérdida de calor conductiva del baño, que se cubre y se calienta continuamente para mantener la temperatura a 65 °C. Durante el periodo de trabajo, existen pérdidas de calor convectivas y las partes tratadas también eliminan algo de calor. En este ejemplo, el baño nunca se rellena.

Existen pequeñas diferencias del sistema solar comparado con el sistema de calentamiento de agua fresca del caso anterior. Puesto que la energía producida por el sistema solar es normalmente significativamente menor que la demanda térmica (el cambiador de calor tiene que tener una entrada a 90 °C) existe la posibilidad de realizar un by-pass en el acumulador para reducir las pérdidas por almacenamiento y evitar que la temperatura del fluido mezclado descienda. Esta acción es importante porque la temperatura mínima disponible es de 70 °C en todo el sistema.

Cuando se descarga el acumulador, el flujo de retorno del baño puede ser mezclado en varias alturas del acumulador mediante una válvula.



vula de tres vías para asegurar la buena estratificación cuando el fondo del acumulador esté por debajo de 70 °C. La caldera se conecta en serie, teniendo que preverse, dependiendo del tipo, un by-pass para situaciones en las que no trabaje.

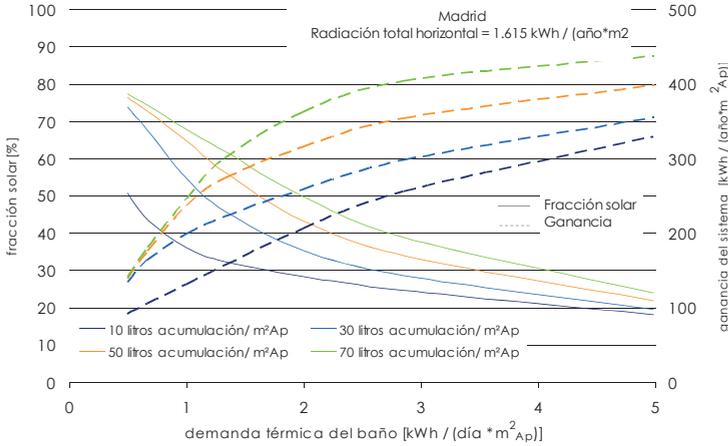


Figura 8.10. Diagrama de diseño de sistema solar para el concepto y perfil indicados: colector de tubos de vacío, almacenamiento estratificado, entrada al cambiador de calor 90 °C y salida 70 °C (baño a 65 °C).

De estas simulaciones se desprende claramente que las temperaturas de retorno de 70 °C (como temperatura mínima disponible) reduce notablemente la energía que puede transferir el sistema solar al proceso. Esta conclusión no se aplica a todos los casos de calentamiento de cubas o depósitos, ya que depende de la frecuencia con la que tenga que inyectarse agua de alimentación o del enfriamiento del proceso.

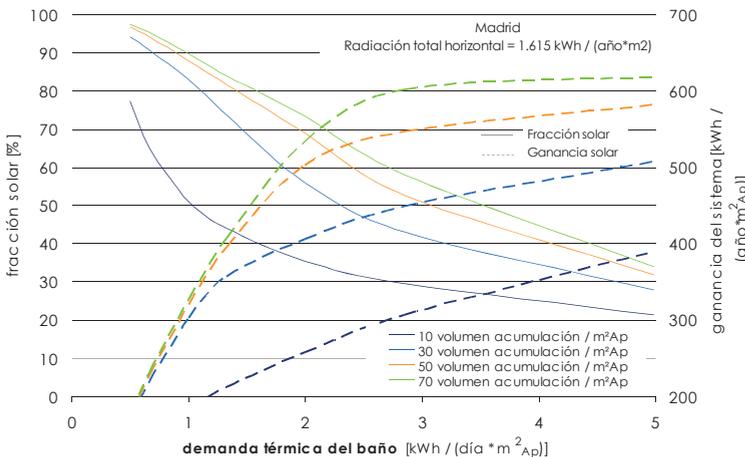


Figura 8.11. Diagrama de diseño de sistema solar para el concepto y perfil indicados: colector plano, inclinación 35°, almacenamiento estratificado, entrada al cambiador de calor 70 °C y salida 50 °C (baño a 45 °C).



Guía sobre Energía Solar Térmica

En el caso de temperaturas de proceso de $45\text{ }^{\circ}\text{C}$, el colector plano se presenta como una buena solución frente al colector de vacío, ya que en esta temperatura tanto su fracción solar como la ganancia del sistema son adecuadas. El colector de vacío también podría ser una solución técnicamente correcta, pero su mayor coste no justificaría la ligera mejora de la eficiencia.

8.4.4. Secado convectivo con aire caliente

Se va a considerar un proceso abierto de secado, como es el caso del secado lento de la madera. En este ejemplo, no hay recuperación de calor del aire húmedo. Normalmente, el aire ambiente se calienta a $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ mediante un intercambiador aire/agua. El sistema de colectores solares por aire se instala para (pre)calentar el aire ambiente. El ventilador instalado en el lado caliente de los colectores se sitúa en esta posición para que, en caso de fugas de aire, se use la totalidad del fluido y no se pierda eficiencia.

Si la temperatura del aire caliente es demasiado alta para el proceso, el aire frío del ambiente se mezcla con la corriente de fluido caliente y el caudal másico, y la eficiencia en los colectores se reduce ligeramente. En días soleados, se realiza un bypass en el cambiador de apoyo. Cuando la temperatura de los colectores de aire es demasiado baja, una parte del caudal de aire es calentado adicionalmente por el intercambiador de calor de aire/agua.



Figura 8.12. Concepto de sistema de un proceso abierto de secado. El sistema de colector abierto de aire es apoyado por una caldera en serie.

Comparados con colectores solares por agua (glicolada), la eficiencia del colector por aire disminuye cuando el fluido másico disminuye.

Por ejemplo, un colector puede tener una eficiencia del 70% para $100 \text{ kg}_{\text{Air}} / \text{h} \cdot \text{m}^2_{\text{AP}}$, mientras que disminuye hasta un 45% de eficiencia para $20 \text{ kg}_{\text{Air}} / \text{h} \cdot \text{m}^2_{\text{AP}}$, considerando que la temperatura de entrada al colector es la temperatura ambiente. Por otro lado, la caída de presión en el colector es de cinco a seis veces superior en caudal másico alto que en bajo caudal.

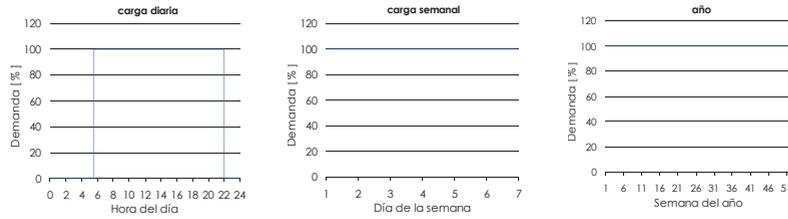


Figura 8.13. Perfil de carga para secado convectivo. Es una aplicación razonable puesto que el aire caliente se precisa cuando el día está soleado.

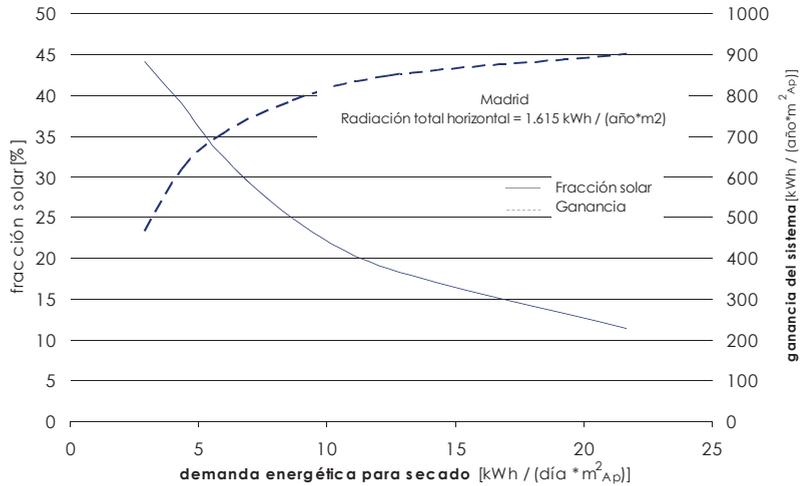
En cualquier proceso donde se precise calentar el aire ambiente, el ventilador convencional genera el caudal másico. Cuando no hay sol, el ventilador del primario no se activa y el aire ambiente se calienta directamente mediante el intercambiador de calor. Cuando la temperatura obtenida del colector solar (o la radiación solar, dependiendo del control) llega a un valor, el ventilador solar comienza a funcionar y genera un caudal máximo de $100 \text{ kg}_{\text{Air}} / \text{h} \cdot \text{m}^2_{\text{AP}}$. Para este caudal másico, el salto de temperatura proporcionado por el sistema solar es bajo, pero la eficiencia es alta.

Dependiendo de la irradiación solar, la diferencia sobre la temperatura residual hasta los $40 \text{ }^\circ\text{C}$ se genera mediante el intercambiador de calor. Cuando el nivel de temperatura después del ventilador convencional excede los $40 \text{ }^\circ\text{C}$, la velocidad del ventilador del primario disminuye gracias al sistema de control. El caudal másico a través del campo de colectores disminuye y una cantidad mayor de aire ambiente se mezcla con el aire caliente. De este modo, puede mantenerse la temperatura de $40 \text{ }^\circ\text{C}$, debido a que la eficiencia de los colectores por aire disminuye para menores caudales másicos. En este caso, el consumo eléctrico del ventilador del primario se reduce debido a la menor caída de presión en el campo solar. Con un sistema de colectores solares adecuadamente gestionado para un determinado proceso de secado, el intercambiador aire/agua puede disponer de by-pass en los días más soleados para reducir las pérdidas de presión en el sistema.





Figura 8.14. Diseño de sistema solar para secado convectivo válido para el caso de este ejemplo. No existe almacenamiento, rango de caudal másico de $20 \text{ kg} / (\text{h} \cdot \text{m}^2_{\text{Ap}})$ a $100 \text{ kg} / (\text{h} \cdot \text{m}^2_{\text{Ap}})$.



Estas curvas están representadas para una demanda energética (y de caudal másico) constante. En las simulaciones, únicamente varía el tamaño del campo de colectores, así como la demanda específica.

Para demandas específicas elevadas (campo de colectores pequeño), el colector habitualmente puede funcionar a elevados caudales másicos, con alta eficiencia, debido a que no suele alcanzarse la temperatura de $40 \text{ }^\circ\text{C}$. Para reducir el esfuerzo de la instalación, una de las líneas de colectores suele conectarse en serie. Por otro lado, la fracción solar es muy baja y el sistema de calentamiento de respaldo se mantiene en funcionamiento, generalmente de forma poco eficiente. Para campos de colectores grandes, las ganancias específicas del sistema disminuyen, a causa de que el caudal másico que los atraviesa debe disminuirse en los días más soleados, provocando una disminución de la eficiencia. Con este sistema y perfil de carga, la fracción solar normal para España sería del 25% al 35%, mientras que en países centroeuropeos es razonable un 15 o 20%.

8.5. EVALUACIÓN ECONÓMICA Y SERVICIOS ENERGÉTICOS

8.5.1. Análisis económico y financiación pública

Los análisis económicos de las instalaciones solares industriales van a depender fundamentalmente de cuatro factores:

- Los costes de inversión unitarios, que se reducen para instalaciones de mayor tamaño por la economía de escala, lo que favorece a las grandes instalaciones industriales.
- La eficiencia del sistema a lo largo de su vida útil, que dependerá de los componentes elegidos, el diseño de la instalación, la ejecución de la propia instalación y su adecuada operación y mantenimiento.
- El coste de la energía convencional sustituida, junto con la eficiencia en su generación y distribución hasta el punto de sustitución (el punto donde el sistema solar cede su energía).
- Las posibles ayudas públicas directas (subvenciones) y financiaciones existentes.

Otro aspecto a considerar para conocer la viabilidad económica de una instalación solar es la disponibilidad de suministros energéticos. Normalmente, en grandes poblaciones o núcleos cercanos a las redes de gas existe suministro de dicho combustible, mientras que en poblaciones menores o en determinados polígonos industriales puede no existir. El gas natural para industrias tiene un coste normalmente bajo comparado con otras fuentes de energía convencionales. Los estudios económicos pueden ser más favorables si la energía sustituida es gasóleo, propano o electricidad.

Las inversiones en instalaciones solares con colectores planos se sitúan normalmente en el rango de 500 a 800 €/m² para instalaciones industriales, en función del tamaño de la instalación, equipos y componentes elegidos, y calidad y garantías de los suministradores e instaladores. En este coste se incluye la integración en los procesos industriales existentes.

Al realizar una inversión en una instalación renovable, es conveniente solicitar varios presupuestos a empresas solares especializadas, ya





Guía sobre Energía Solar Térmica

que podrán ofrecer un servicio de asistencia técnica, resolviendo cualquier contratiempo en el menor tiempo posible.

Es importante también tener en cuenta las posibles ayudas públicas existentes en cada momento, tanto gestionadas por entidades nacionales, como regionales o municipales.

8.5.2. ¿Qué son los servicios energéticos?

Los servicios energéticos es un tipo de contratación público-privada, donde una empresa proveedora de servicios energéticos (ESE), de carácter privado, se compromete a realizar una inversión en sistemas solares térmicos que permitan reducir el gasto energético. La ESE, bajo un contrato detallado, se compromete a entregar una cantidad de energía solar térmica en forma de calor, que puede medirse con un contador análogamente al suministro eléctrico, y facturarse considerando la energía real aportada.

Existen dos modalidades de contrato. En primer lugar, puede realizarse un contrato de suministro, donde la ESE realiza una instalación asumiendo los costes de inversión, operación y mantenimiento de las instalaciones durante la duración del contrato, con objeto de suministrar una cantidad de energía determinada. Por su parte, el cliente se compromete a unos pagos por la energía suministrada a partir de la instalación solar térmica.

Otro tipo de contrato, normalmente ligado a medidas de eficiencia energética, es el contrato basado en ahorros garantizados. En este caso, el objetivo es reducir significativamente el consumo energético aportando además una cantidad de energía con solar térmica. En este caso, el cliente, una vez verificados los ahorros, realiza los pagos mensuales por los servicios prestados.

8.6. CASOS DE ÉXITO

8.6.1. Industria del sector alimentación

A continuación se presenta una instalación de energía solar térmica para agua caliente industrial en una fábrica de productos cárnicos en Extremadura.

Con los datos de la demanda de calor, se ha seleccionado una instalación de 175 kW, que incluye 120 captadores solares térmicos de 2,1 m² (252 m²) y dos acumuladores que suman un total de 30.000 l de ACI, un intercambiador de calor, 4 bombas circuladoras, trazado hidráulico con componentes necesarios, y sistema de regulación y control.



Foto 8.6. Campo de colectores solares (252 m²) en sector alimentación.



Foto 8.7. Sistema de acumulación del agua caliente industrial.

El sistema de acumulación solar de Agua Caliente Industrial está ubicado junto a la sala de calderas para facilitar el aporte de energía convencional en los momentos de mayor demanda o menor radiación solar. Estos acumuladores están diseñados para soportar altas temperaturas debido a la dimensión de la instalación. Disponen de aislamiento térmico para evitar la pérdida de calor.

La reducción de consumo de energía convencional es de 300.000 kWh anuales. El coste de inversión asociado estimado para esta insta-





Guía sobre Energía Solar Térmica

lación puesta en funcionamiento es de 150.000 €, con un ahorro anual de 26.000 € debido a la reducción del consumo de combustible. La reducción de emisiones asociada ha sido de más de 100 t/año.

8.6.2. Industria del sector químico

En este caso, la instalación tiene como objetivo el calentamiento de agua de lavado mediante energía solar para la limpieza de los depósitos de una instalación de un industria química en Castilla y León.



Foto 8.8. Campo de colectores solares (525 m²) en industria química.

La demanda total resultante se encuentra aproximadamente en el entorno de los 1.500 MWh/año, pero existe la limitación de la fracción que es viable aportar con solar térmica para no sobredimensionar la instalación, así como la disponibilidad de cubierta para la instalación de los colectores.

El estudio de demanda y producción solar indica que la superficie adecuada es de 525 m², con una potencia de 367 kW, que genera 432 MWh/año, un 30% aproximadamente de la demanda.

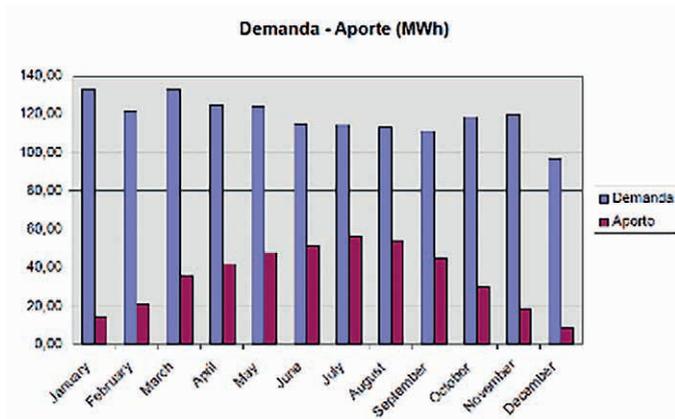


Figura 8.15. Demanda energética y aporte solar mensual (MWh).

Solar Térmica para Procesos de Calor Industriales

La instalación consta de 250 captadores solares de alto rendimiento, depósitos de acumulación de un total de 20.000 l, 3 bombas circulatorias Grundfos, vaso de expansión del primario, conductos de cobre, aislamientos para los conductos y sistema para regulación y control.

El coste de inversión asociado a esta instalación es de 278.000 €, con un ahorro estimado de 37.200 €/año. La reducción de emisiones asociada es de 185 tCO₂/año.



9

CASO DE ÉXITO: INSTALACIÓN DEPORTIVA EN MÓSTOLES

9.1. INTRODUCCIÓN

La energía solar térmica es una solución ampliamente utilizada en instalaciones de agua caliente sanitaria tanto para viviendas unifamiliares como en instalaciones de tipo centralizado (como gimnasios y centros deportivos, por ejemplo).

En la actualidad las instalaciones solares tienen una cierta percepción negativa en comparación con otras tecnologías como pueden ser, por ejemplo, la aerotermia o la biomasa. Las razones que pueden explicar los problemas en este tipo de instalaciones son el insuficiente mantenimiento de los sistemas de energía solar o el incorrecto dimensionamiento de los elementos de disipación del excedente de energía (aerotermo, por ejemplo). La dificultad en ciertas instalaciones para encajar arquitectónicamente las placas necesarias para cubrir la cobertura indicada en el CTE también supone una dificultad (resuelta con el uso de tubos de vacío por su mejor integración arquitectónica).

Aún con los puntos antes comentados, no hay que olvidar que la energía solar es una fuente de tipo renovable y gratuito que puede llegar a producir, en función de la zona climática considerada, hasta el 70% de la demanda anual de ACS. Esto, además del ahorro energético y económico asociado, también implica una reducción en las emisiones de gases de efecto invernadero que ayudan a la consecución de los objetivos medioambientales firmados en su día (Kyoto, 20/20/20, etc.).

El consumo energético destinado a la producción de ACS en una instalación deportiva puede suponer hasta el 25% del total consumido. Es evidente, por tanto, que el empleo de energía solar térmica





Guía de Energía Solar Térmica

ca es una solución muy eficiente para reducir significativamente la factura energética de las instalaciones para uso deportivo (gimnasios, polideportivos, etc.).

Para resolver los problemas que se plantean en las instalaciones solares (básicamente la rotura de captadores por sobretemperatura o congelación), se pueden plantear sistemas de energía solar térmica por auto-vaciado, o Drain Back, como alternativa a los sistemas de tipo forzado.

El sistema Drain Back vacía de líquido caloportador el campo de captación cuando no hay demanda o en caso de encontrarse éste en riesgo de sobretemperatura o de congelación (parando la bomba y ubicando por gravedad el líquido en el vaso de drenaje y llenando de aire el campo de captadores), volviéndolo a llenar de forma automática cuando la situación vuelve a la normalidad (activando la bomba de carga y reubicando el aire en el vaso de drenaje y el líquido en el campo de captadores).

Este sistema hace que la instalación sea más fiable frente a posibles averías y evita instalar equipos auxiliares para disipar calor (con el consiguiente ahorro energético añadido). De igual forma, reduce y simplifica las tareas de mantenimiento del campo de captación solar.

Esta solución puede utilizarse perfectamente en instalaciones de tipo centralizado de gran tamaño, simplemente dimensionando adecuadamente el sistema de drenaje y el grupo de bombeo (teniendo en cuenta que para instalaciones de más de 50 m² el CTE obliga al uso de dos grupos de bombeo).

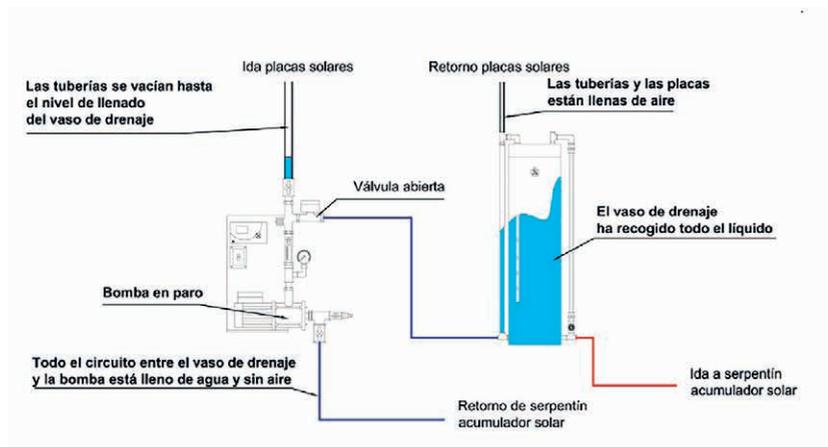


Figura 1. Sistema Drain Back en ciclo de reposo con la bomba de carga parada.

9.2. EJEMPLO DE INSTALACIÓN

Como ejemplo de uso de las tecnologías de autovaciado aplicadas a instalaciones de tipo centralizado, se plantea la instalación solar térmica para producción de ACS y calentamiento de piscinas para una instalación deportiva en Móstoles. Esta instalación, gestionada mediante un contrato de explotación según la fórmula ESE, es hasta el momento la de mayor superficie de captación realizada con soluciones de autovaciado Drain Back de ACV.

En esta instalación, se plantearon 135 captadores solares térmicos de meandro HELIOPLAN DB 2.5 (con una superficie de captación total de unos 338 m²), dos acumuladores solares LCA de 3.000 litros y un kit Drain Back terciario con doble bomba y tres vasos de drenaje de 85 litros adaptados al gran tamaño de la instalación.



Figura 2. Instalación deportiva en Móstoles resuelta con sistemas Drain Back (340 m² de superficie de captación).

La instalación se destina a dos usos, para producción de ACS (mediante 48 captadores con una superficie total de 120 m² y un intercambiador de placas de 45 kW) y para calentamiento de piscinas (mediante 87 captadores con una superficie de 218 m² y un intercambiador de placas de 120 kW). Las siguientes tablas resumen las demandas y aportaciones para cada uso a partir de la superficie de captación instalada:

Parámetros ACS	Unidades	Valor
Demanda bruta anual	kWh/año	210.451
Aportación solar anual	kWh/año	134.814
Fracción solar	%	64,08 %





Guía de Energía Solar Térmica

Parámetros Piscina	Unidades	Valor
Demanda bruta anual	kWh/año	214.147
Aportación solar anual	kWh/año	185.231
Fracción solar	%	91,17 %

La instalación solar está gobernada por una centralita de regulación que lee las temperaturas de las sondas ubicadas en el campo solar y en la parte fría de la acumulación. Si existe más temperatura en el campo de captación que en la acumulación, la centralita pone en marcha la bomba de circulación, la cual se encarga de mover el líquido del circuito primario desde el sistema de interacumulación a las placas solares, logrando arrastrar la energía captada por las mismas hacia la acumulación solar, donde se almacena.

Cuando el sistema interacumulador de ACS alcance la temperatura de las placas, la centralita desviará la energía solar hacia el sistema de calentamiento de las piscinas.

En caso de que las piscinas también alcancen su temperatura máxima de funcionamiento, la centralita parará la bomba de circulación del sistema solar y el sistema se drenará de manera automática gracias al sistema Drain Back, quedando la instalación protegida ante problemas de sobretemperatura.

Esta situación se revertirá en el momento que se produzca consumo de ACS, o las piscinas pierdan temperatura, volviendo a la situación de funcionamiento normal.

En el momento que en el campo de captación solar disminuya la temperatura por debajo de la de la acumulación, la centralita de regulación también detendrá la bomba de circulación solar y la instalación se quedará completamente vacía, igual que en el caso anterior, quedando a la espera de disponer de mayor temperatura en las placas o de que descienda la temperatura de acumulación debido al consumo de ACS o al enfriamiento de las piscinas.

En la actualidad (después de un año desde su instalación), el sistema está funcionando perfectamente sin presentar ningún problema de fiabilidad en los meses de máxima radiación solar (que coinciden con los de menos consumo) y, además, consiguiendo unos ahorros energéticos adicionales por la no necesidad de aerotermos de disipación (la filosofía del sistema es no producir energía si no es necesaria en lugar de lanzar a la atmósfera el excedente, tal como ocurre con los sistemas de tipo forzado).



Figura 3. Kit Drain Back instalado (doble bomba y 3 vasos de drenaje de 85 litros).

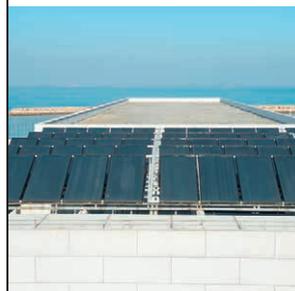
En cuanto a los requisitos de instalación, siempre para asegurar el vaciado completo de la instalación en los momentos en que no hay consumo y el grupo de bombeo está en reposo, se requiere el uso de captadores solares de meandro, así como mantener una pendiente mínima para las tuberías horizontales de las baterías y que no existan sifones en el circuito.

Por otro lado, este tipo de sistemas no requieren del uso de purgadores, válvulas de seguridad, vasos de expansión o de sistemas de disipación, con el consiguiente ahorro en material y mano de obra asociado.

9.3. CONCLUSIONES

Esta solución, tradicionalmente sólo utilizada en instalaciones de tipo individual, en la actualidad puede emplearse en instalaciones de tipo centralizado de mayor tamaño, como es el ejemplo mostrado en el presente caso. Su uso es muy adecuado en instalaciones de tipo deportivo, ya que en esta tipología de obra con unos elevados consumos de ACS, es básico para reducir la factura energética de la instalación el uso de un sistema de aporte de energía solar térmica que, además, sea fiable y robusto ante los posibles problemas de sobret temperatura. Las tecnologías de autovaciado Drain Back son la solución ideal para satisfacer estas necesidades y requisitos de funcionamiento.

Se plantea, por tanto, una tecnología óptima para maximizar los ahorros energéticos en cualquier tipología de instalación (como pueden ser las de uso deportivo), reduciendo significativamente los problemas de fiabilidad que pueden existir con los sistemas forzados, así como simplificando y reduciendo los costes tanto de instalación como de mantenimiento.



10

CASO DE ÉXITO: INDUSTRIA CÁRNICA



10.1. INTRODUCCIÓN

La situación energética mundial se caracteriza por las reservas de gas natural y petróleo mineral finitos, aumentando al mismo tiempo el consumo y el aumento de los precios drásticamente. Además, el aumento de las emisiones de CO₂ sube la temperatura de la atmósfera, dando lugar a un cambio climático.

Esta situación obliga a manejar la energía responsablemente. Se necesita una mayor eficiencia en los sistemas y un aumento en el uso de las energías renovables. El sector de la calefacción es el consumidor más importante de la energía, por lo tanto, una de las principales contribuciones al ahorro y la reducción de CO₂ podrá realizarse mediante el uso de innovadoras y eficientes tecnologías de calefacción.

La amplia gama de productos del mercado incluye soluciones de sistema para todos los tipos de energía, que mantienen el uso de los recursos para un suministro de calor fiable y conveniente, y proteger el medio ambiente a través de una reducción de las emisiones de CO₂. Ya sea con una caldera de condensación o una bomba de calor o cualquier otro sistema, el suplemento ideal para cada fuente de calor es un sistema de energía solar térmica para la producción de ACS y apoyo a la calefacción.

La integración de los sistemas solares térmicos requiere un conocimiento previo de los componentes para lograr el rendimiento óptimo, manteniendo los costes bajo control.

Las industrias son uno de los pilares en la utilización del Sol por el gran consumo de energía que realizan para el desarrollo de sus actividades diarias. Estas industrias son cada vez más exigentes con los niveles de calidad y de servicios superiores, y entre las nuevas muestras de calidad que valoran



Guía sobre Energía Solar Térmica

destaca el compromiso con la protección del medio ambiente. La utilización del Sol para reducir los consumos de combustible en las instalaciones representa, desde este punto de vista, no sólo una buena oportunidad de reducir la factura energética con rentabilidades atractivas, sino que, además, sirve de muestra del compromiso de esta tipología de instalaciones con la protección del medio ambiente. Cuando se combinan las aplicaciones solares con otras medidas de ahorro energético (sustitución de generadores convencionales de calor, aislamiento, etc.), se consiguen unas rentabilidades especialmente interesantes.

10.2. AHORRO ENERGÉTICO

Si se consigue reducir la energía requerida en el "proceso" (concesionario) para obtener la misma cantidad y calidad de producto (vender coches), se estará en presencia de ahorro energético.



Figura 10.1. Condiciones para la obtención de ahorro energético.

A veces, el ahorro se produce cambiando la clase de energía, puesto que no todas tienen el mismo coste, pero el cambio de energía implica siempre una inversión, por lo que se tendrá que determinar si los beneficios justifican la inversión.

10.3. EVALUACIÓN DE UNA INVERSIÓN

Para evaluar una inversión, se necesitan, fundamentalmente, tres premisas:

1. Que exista ahorro energético:
 - Si es el único objetivo, no estaremos frente a una buena decisión.
 - Por sí mismo, el ahorro energético no justifica una inversión.

2. Que sea rentable:

- Análisis bajo criterios simples (sin tener en cuenta, por ejemplo, la tasa de actualización del capital).
- Análisis más exacto (teniendo en cuenta la vida de la instalación, la actualización del capital, costes de mantenimiento, etc.).

3. Que las condiciones socio-coyunturales lo hagan o no aconsejable:

- Medio ambiente, legislación, prestigio de la empresa, imagen verde, etc.

Una buena decisión debería cumplir estas tres premisas, aunque esta Guía se centra principalmente en que exista ahorro energético con la implantación de sistemas solares térmicos.

10.4. SOLUCIONES ENERGÉTICAS EFICIENTES

Un sistema de energía solar puede proporcionar aproximadamente el 60% de la energía requerida al año para el calentamiento de agua caliente sanitaria. Estos sistemas, además, pueden también proporcionar calefacción central y, así, reducir los costes de energía aún más. Tales sistemas pueden ahorrar hasta un 35% de los costes anuales para agua caliente sanitaria y calefacción central gracias al uso de energías renovables.

La energía solar térmica puede ser un socio muy fiable, ya que se cuenta con tecnologías cada vez más eficientes y duraderas, gracias a la madurez que estos sistemas han alcanzado a lo largo de los años.

10.5. FUNCIONAMIENTO DE LAS INSTALACIONES SOLARES TÉRMICAS

La diferencia más obvia con las instalaciones térmicas convencionales es la fuente de energía primaria utilizada para generar calor, es decir, el “combustible” que se utiliza es la insolación.





Guía sobre Energía Solar Térmica

Por un lado, esta fuente de energía es inagotable, su disponibilidad real es ilimitada.

En particular, durante la temporada de calefacción, cuando se necesita más calor, existe menor cantidad la energía solar disponible y viceversa. Además, el Sol no se puede iniciar y detener según varía la demanda. Estas condiciones generales requieren un enfoque diferente frente al diseño de los sistemas que tienen disponible el aporte de calor bajo demanda. Con unas pocas excepciones, por lo tanto, los sistemas de energía solar deben ser complementados por una segunda fuente de calor, es decir, que están diseñados y operados como sistemas duales. La Fig. 10.2 muestra un sencillo esquema de funcionamiento.

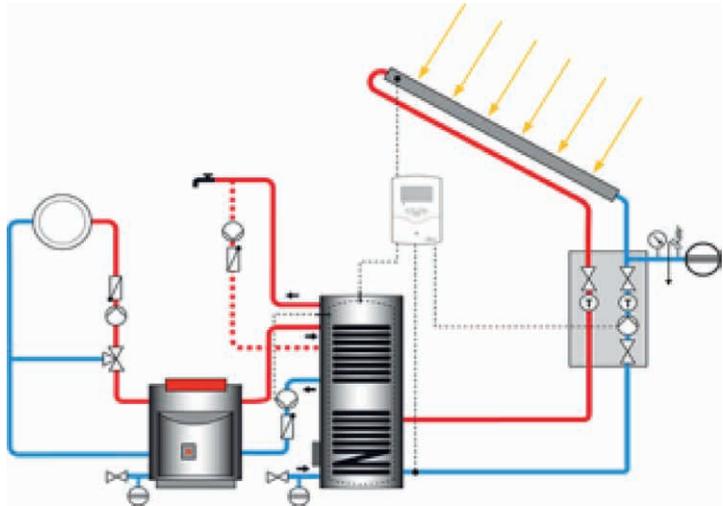


Figura 10.2. Esquema de funcionamiento de una instalación solar térmica.

Aquí, la caldera proporciona una determinada cantidad de agua caliente en cualquier momento. El sistema colector está integrado en el sistema de generación de agua caliente sanitaria, de modo que toda la energía solar disponible que se genera a partir de la insolación, es utilizada por el usuario con el mínimo combustible posible consumido por la caldera. Incluso este ejemplo simplificado muestra que la operación más exitosa de un sistema solar térmico no sólo está sujeta al colector, sino que es igualmente importante la interacción de todos los componentes utilizados. Para planificar con éxito el efecto de un colector solar, como parte de una estrategia global sistema, se han de tener en cuenta los factores señalados en la Fig. 10.3.

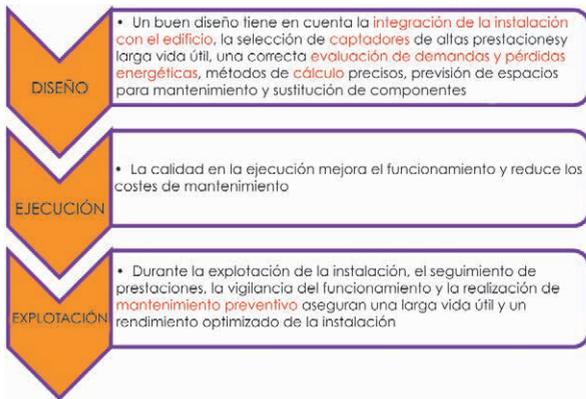


Figura 10.3. Planificación de las instalaciones solares.

La falta de calidad puede dar lugar a reclamaciones y sanciones, provocando la pérdida de imagen de los agentes implicados.

10.6. COLECTORES SOLARES

La eficiencia de un colector se describe como la proporción de la insolación que incide sobre el área de apertura del colector y que es convertida en energía útil.

La eficiencia depende, entre otras cosas, de las características internas del colector, siendo el método de cálculo el mismo para todos los tipos de colectores. Toda la energía que incide sobre el colector solar no puede considerarse como energía útil, de manera que, al mismo tiempo que se produce el calentamiento del fluido de trabajo, una parte de esta energía se pierde por conducción, convección y radiación, generándose un balance energético entre la energía incidente (en forma de radiación solar) y las pérdidas térmicas, obteniendo como resultado una potencia útil del colector solar.

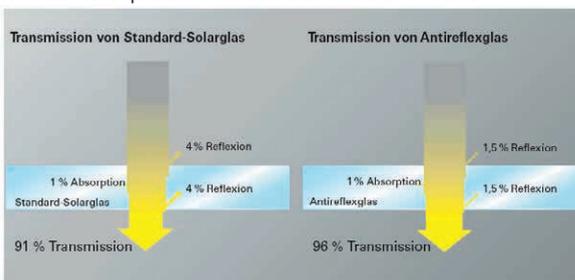


Figura 10.4. Tratamientos especiales del vidrio solar.



Guía sobre Energía Solar Térmica

Estas pérdidas de calor crecen con la temperatura del fluido de trabajo, hasta que llega un momento de equilibrio en el que se cumple que la energía captada es igual a las pérdidas, alcanzándose en ese momento la temperatura de estancamiento del colector. En la mayoría de los colectores, esta temperatura de estancamiento o de equilibrio se alcanza a unos 150 - 200 °C. Con todo ello, y teniendo en cuenta la ecuación de la curva que define el rendimiento de un colector solar, se deduce que interesa hacer trabajar el colector a la temperatura más baja posible, siempre que ésta sea suficiente para la utilización específica en cada caso.

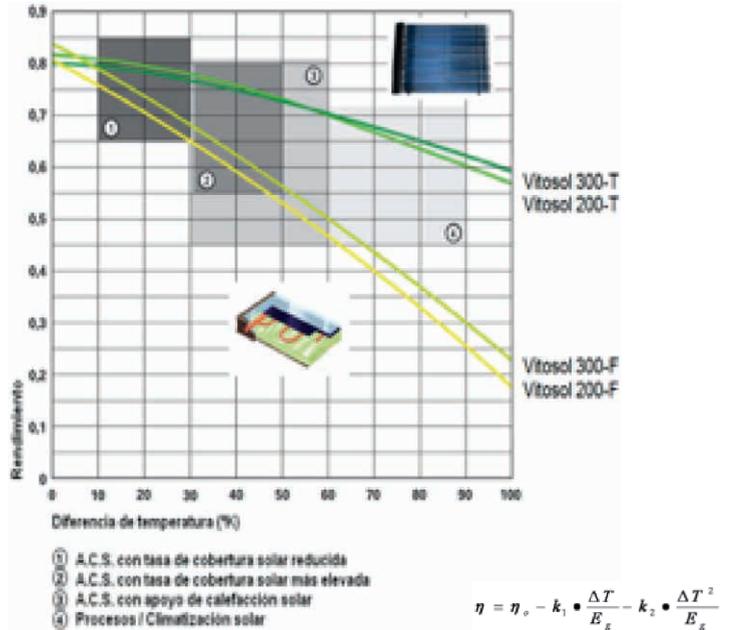


Figura 10.5. Curva de rendimiento.

Los colectores solares son el subsistema principal de cualquier sistema de utilización de la energía solar: absorbe la luz solar y la transforma en calor. Los criterios básicos para su selección son:

- Productividad energética a la temperatura de trabajo y coste.
- Durabilidad y calidad.
- Posibilidades de integración arquitectónica.
- Fabricación y reciclado no contaminante.

Dependiendo de la aplicación, el tipo de colector solar que hay que utilizar varía. Para aplicaciones que requieren un fluido a baja temperatura (<100 °C), los sistemas con colectores planos son los más utilizados, seguidos por los tubos de vacío.

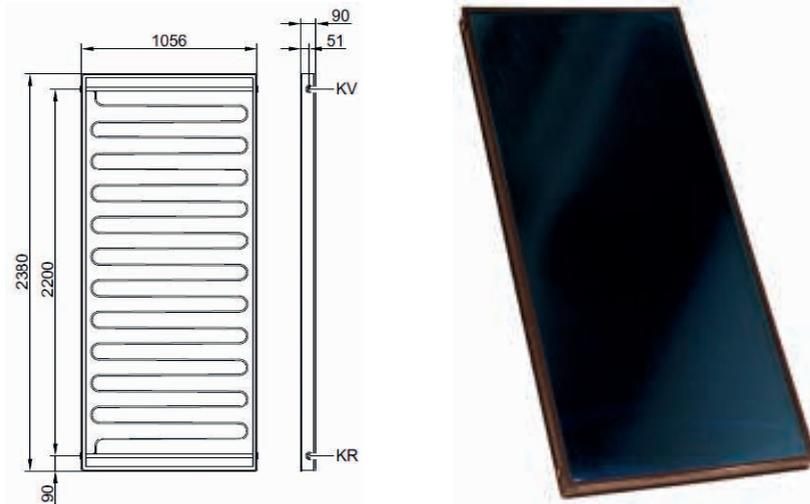


Figura 10.6. Colector solar plano con absorbedor de serpentín.

Los colectores de tubos de vacío se distinguen de los colectores planos por sus menores pérdidas térmicas -mayor rendimiento- al encerrarse el absorbente solar en una cápsula de vidrio de la que se extrae el aire y por sus mayores posibilidades de integración arquitectónica.

La diferencia de productividad energética entre los diferentes tipos de colectores planos viene dada por las diferencias en las propiedades ópticas de los recubrimientos de sus absorbentes y por las características y espesores de los aislamientos térmicos. Las diferencias en durabilidad y calidad surgen de los materiales empleados y, en especial, de la junta de estanqueidad que une la cubierta de vidrio del colector con el marco y de la resistencia del material de aislamiento térmico al apelmazamiento por las condensaciones internas del colector.



Foto 10.1. Posibilidades de montaje. Colectores planos.

Desde el punto de vista de la integración arquitectónica, una ventaja que tienen los colectores de vacío de absorbente plano es que permiten una mayor flexibilidad de montaje. Así, los tubos de vacío con absorbente plano se pueden instalar en una superficie horizontal o vertical y girar los tubos para que su absorbente esté a la inclinación adecuada.

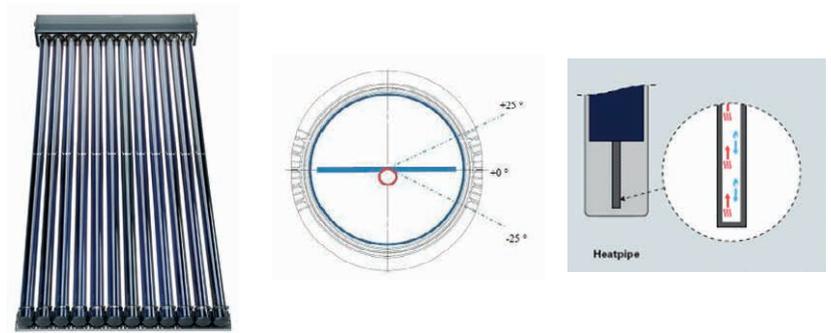


Figura 10.7. Colectores de tubo de vacío (tipo heat pipe).

Hoy en día, la tecnología de tubo de vacío ha evolucionado de tal manera que ya se cuenta con sistemas de tipo heat pipe que se puede montar en horizontal. Las ventajas a destacar son:

- “Dry conexión” permite sustituir un tubo por otro sin vaciar la instalación.
- Baja presión interior de los tubos debido al bajo contenido de líquido y al vaciado rápido.



Foto 10.2. Posibilidades de montaje. Colectores de vacío (heat pipe).



Desde el punto de vista de la seguridad funcional y de ahorro de energía, se tiende a buscar una alta cobertura solar de las demandas, pero sin renunciar a una alta fiabilidad y durabilidad de los sistemas, teniendo en cuenta que las tasas de cobertura elevadas que permiten obtener grandes ahorros de energía requiere generalmente un número elevado de colectores.

Las grandes superficies de colectores, sin embargo, pueden conllevar, especialmente en verano, tiempos de estancamiento excesivos en los que se forma vapor, ya que la energía solar generada no se puede aprovechar. Tradicionalmente se han diseñado distintos sistemas de disipación de los excedentes energéticos en el mercado solar térmico, como sistemas de vaciado, tapado de colectores, aerorefrigeradores, etc, siempre dependientes de correctos dimensionados y ejecución de dichos sistemas. Hoy en día, ya existen sistemas en el mercado que actúan sobre el tratamiento selectivo del absorbedor del colector solar y que permiten la regulación automática de la temperatura sin cambiar y/o añadir ningún sistema adicional de disipación a los sistemas convencionales solares.

Esta regulación automática de temperatura, que autolimita la absorción de energía en el campo solar, evita el sobrecalentamiento y la formación de vapor de forma fiable, sin necesidad de dispositivos de disipación adicionales ni vaciados, reduciendo la temperatura en períodos de inactividad.

Un colector solar genera calor siempre que la luz del Sol incide en el absorbedor, aunque no se necesite ese calor. Esto puede ocurrir, por



Guía sobre Energía Solar Térmica

ejemplo, en verano, cuando los procesos se detienen en periodos vacacionales, reduciéndose así la demanda. También si la acumulación de ACS o el depósito de compensación de agua de calefacción no necesitan el calor generado por los colectores solares porque ya están totalmente cargados de energía solar. En ese momento, la bomba de circulación del circuito primario solar se para y la instalación solar entra en estancamiento. Si sigue produciéndose irradiación solar, las temperaturas del colector aumentan y termina formándose vapor del medio portador de calor, lo que ocasiona una fatiga térmica elevada de los componentes de la instalación, como juntas, bombas, válvulas y, sobre todo, el medio portador de calor.

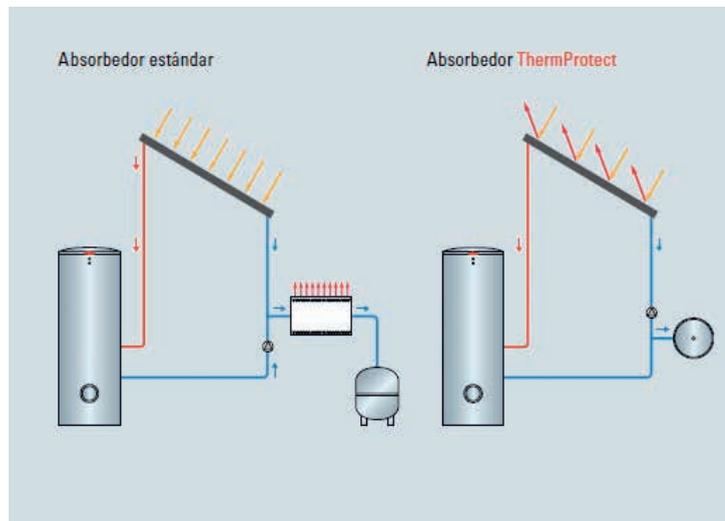


Figura 10.8. Regulación automática de la temperatura.

10.7. INSTALACIONES SOLARES TÉRMICAS EN PROCESOS INDUSTRIALES

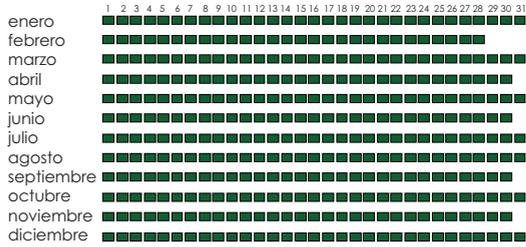
El fin de este ejemplo es mostrar el potencial que algunas aplicaciones de la energía solar en distintos procesos industriales tiene para mejorar el medio ambiente aprovechando la energía solar, de una manera económica y con garantía de mantener sus niveles de confort.

Se puede plantear como solución energética en un proceso industrial con la instalación de energía solar térmica tal y como se describe en el apartado siguiente.

10.7.1. Ejemplo de una instalación solar térmica en una industria cárnica



Perfil de ocupación para consumo de ACS



Perfil mensual de consumo de ACS

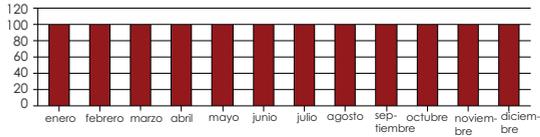


Figura 10.9. Distribución de consumos.

Tabla 10.1. Definición del sistema solar térmico.

Datos de entrada para la simulación de la instalación solar en Industrias Cárnicas Los Norteños	
Localidad	Madrid
	A.C.S
	Producción de A.C.S. con acumulador de precalentamiento de A.C.S
Definición de la Demanda de A.C.S	
Demanda de consumo (l/día)	25000
Temperatura de referencia (°C)	60
Tª considerada a efectos de cálculo (°C)	60
Consumo medio diario a la Tª de cálculo (l/día)	25000
Datos de temperatura agua de red (Febrero y Agosto)	UNE 94002
Temperatura de agua de red en Febrero (°C)	8
Temperatura de agua de red en Agosto	19
Volumen acumulación disponibilidad de A.C.S (litro)	12500
Potencia generador energía auxiliar (Kw)	439
Sistema de apoyo	centralizado
Temperatura deseada para preperación de ACS (°C)	60
¿Existe recirculación?	NO
Longitud simple tubería recirculación	-
Horarios recirculación	-
Temperatura de mezcla	Sin mezcla
Perfil de consumo	CTE 100



Guía sobre Energía Solar Térmica

Demanda horaria pico ACS/demanda horaria media	100
Datos del Sistema de Aprovechamiento Solar	
Datos de radiación solar	UNE 94003
Datos de temperatura ambiente	UNE 94003
Método de cálculo	Tª Sol
Circuito Primario	
Nº de colectores	200
Modelo del colector	Vitosol 200 F SVE
Tipo de montaje del colector	Sobre cubierta plana
Área del colector (m ²)	2,33
Superficie total de captación (m ²)	466
Nº de baterías en el campo de colectores	--
Nº de series en batería de colectores	1
Caudal de diseño del colector (l/h ² m ²)	25
Fluido caloportador	TYFOCOR ÑS
Caudal total circuito primario (l/h)	11650
Orientación de lo colectores (º Sur: O+; E-)	45
Inclinación de los colectores solares (º)	40
Corrector anual por sombras (%)	100
Diámetro exterior de las tuberías de distribución (mm)	según norma
Diámetro exterior de tuberías en baterías de colectores (mm)	según norma
Longitud simple de tuberías exterior (m)	10
Conductividad térmica del aislamiento interior (W/m ² K)	0,045
Espesor de aislamiento exterior (mm)	según norma
Longitud simple de tuberías interior(m)	30
Conductividad térmica del aislamiento interior (W/m ² K)	0,045
Espesor del aislamiento interior (mm)	según norma
Longitud simple de tuberías entre colectores (mm/colector)	1000
Conducividad térmica del aislamiento entre colectores (mm)	0,045
Espesor del aislamiento entre colectores (mm)	según norma
Diferencia logarítmica de temperatura Intercambiador (ºC)	---
Circuito Secundario	
Volumen acumulación solar (litro)	30000
Nº de acumuladores	--
Espesor aislamiento acumulador solar (mm)	100
Conductividad térmica del aislamiento del acumulador (W/m ² K)	0,045
¿Existe válvula de mezcla a la salida del acumulador solar?	NO
Temperatura de mezcla a la salida del acumulador solar (ºC)	-
Diferencia logarítmica de temperatura Intercambiador (ºC)	--

Según la distribución de consumo considerada, resulta un consumo medio diario de 25.000 litros/día a 60 °C. El consumo total resultantes es de 9.125.000 litros a 60 °C.



Como se puede observar en la Tabla 10.2, el consumo de energía estimado para cubrir las necesidades de agua caliente sanitaria es de 503.792 kWh/año (columna "Consumo Energía para ACS"). Para el cálculo de este valor se parte de las temperaturas de agua de red y de consumo, y de los litros de ACS consumidos (columna "Consumo de ACS a 60 °C"). Se toman también en consideración las pérdidas térmicas asociadas a la demanda de ACS.

En una instalación convencional, el consumo de energía necesario para satisfacer la demanda de ACS se suministra a través del generador de energía auxiliar. Mediante el sistema solar se ahorra la energía expresada en la columna "Energía Solar aportada al ACS", donde puede observarse que en esta instalación asciende a un total de 354.124 kWh/año.

Esta energía deja de ser aportada por el generador auxiliar, siendo suministrada por el sistema solar.

Expresado en porcentaje, el ahorro anual de energía gracias al sistema solar es del 70,3%. Este dato se muestra detallado mes a mes en la columna "Fracción Solar del consumo Energía para ACS". Este porcentaje expresa la relación entre la energía solar útil aportada y el consumo energético necesario para satisfacer la demanda de ACS.

La energía solar que llega a los colectores se muestra en la columna "Radiación disponible", dato que depende de la localización, así como de la orientación, inclinación y superficie total de colectores solares. Para su cálculo se parte de datos de radiación contrastados.

Tabla 10.2. Balance energético.

Mes	Consumo de ACS a 60 °C	Tª agua fría	Demanda de ACS	Pérdidas Térmicas Demanda de ACS	Consumo Energía para ACS	Radiación disponible	Tª amb.	Energía Solar Producid.	Pérdidas Térmicas Produc. Solar	Energía Solar aportada al ACS	Fracción Solar de la Demanda de ACS	Fracción Solar del Consumo Energía para ACS	Eficacia del Campo Solar	Eficacia del Sistema Solar
	Litros	°C	kWh	kWh	kWh	kWh	°C	kWh	kWh	kWh	%	%	%	%
ene	775000	8,6	46234	716	46950	37801	6,2	20087	415	19672	42,5	41,9	53,1	52,0
feb	700000	8,1	42215	846	43061	43423	7,3	23626	1148	22478	53,2	52,2	54,4	51,8
mar	775000	8,9	45989	1051	47040	59597	9,9	31793	1264	30529	66,4	64,9	53,3	51,2
abr	750000	11,0	42708	744	43452	66313	12,1	33033	1530	31503	73,8	72,5	49,8	47,5
may	775000	13,7	41654	1015	42669	79124	16,1	39105	3178	35927	86,3	84,2	49,4	45,4
jun	750000	16,4	37963	990	38953	82202	20,5	39866	2881	37005	97,5	95,0	48,5	45,0
jul	775000	18,3	37510	1444	38954	95509	24,4	42646	3848	38798	103,4	99,6	44,7	40,6
ago	775000	18,9	36959	1221	38180	89756	24,0	40973	3213	37760	102,2	98,9	45,6	42,1
sep	750000	18,1	36523	642	37165	72008	20,3	34823	1709	33114	90,7	89,1	48,4	46,0
oct	775000	16,0	39633	753	40386	57495	14,7	30121	962	29159	73,6	72,2	52,4	50,7
nov	750000	13,2	40759	788	41547	40561	9,2	21033	301	20732	50,9	49,9	51,9	51,1
dic	775000	10,5	44527	908	45435	34046	6,5	18016	569	17447	39,2	38,4	52,9	51,2
Anual	9125000	13,5	492674	11118	503792	757835	14,3	375122	20998	354124	71,9	70,3	52,9	46,7
Área de captación (m2): A =		466		Volumen acumulación solar (litros): V =		39000								
Modelo captador: Vitosol 200 F SVE				Volumen solar específico (l/m2): V/A =		64,4								
Nº de captadores:		200												
Orientación (°Sur; O+; E):		45		Aporte solar anual específico (kWh/m2):		759,92								
Inclinación (°):		40		Ahorro de emisiones de CO ₂ (kg/año):		83240								

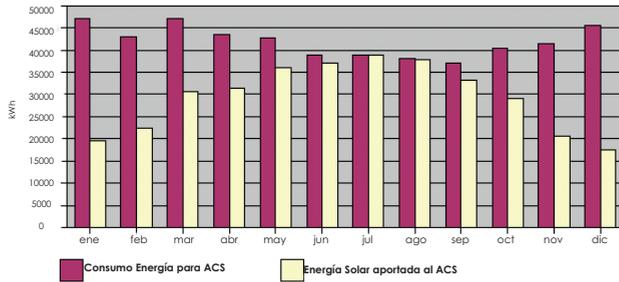


Figura 10.10. Balance energético de la instalación solar.

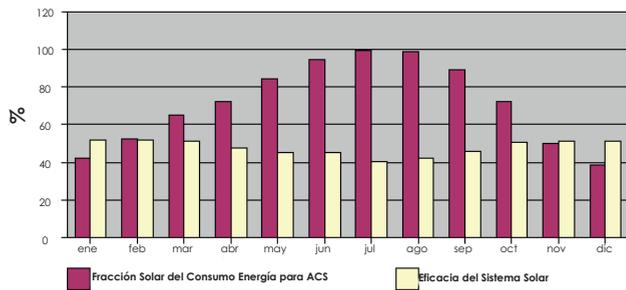


Figura 10.11. Eficacia y cobertura de la instalación solar.

La instalación de un sistema solar, además de ahorro energético, producirá una gran reducción de las emisiones producidas al entorno. En la Tabla 10.3 se presenta el cálculo de los kg de CO₂ que se dejarán de emitir gracias al sistema solar.

Tabla 10.3. Equivalencias de ahorro energético y de reducción de emisiones.

Combustible	Factor de emisión de CO ₂ * (kg/GJ)	CO ₂ evitados kg/año
Gas Natural	55,5	83240
Ahorro energético anual - Energía (kWh/año)	354124 kWh/año	
Ahorro de emisiones - kg de CO ₂ en 20 años *	1664800 kgCO ₂	
Reducción Emisiones en millones de km equivalentes de coches nuevos (CO ₂ evitado en 20 años) **	13,87 Millones de km	
Número de árboles equivalentes (CO ₂ acumulado en 20 años) ***	30269 árboles	
Hectáreas de bosques equivalentes (CO ₂ acumulado en 20 años) ***	7,21 hectáreas	

*EMEP/CORINAIR Atmospheric Emission Inventory Guidebook (SNAP-97)

** Comisión Europea. Objetivo 2005

*** ECCM Edinburgh Centre for Carbon Management

GENERA ENERGÍA SÓLO CUANDO HAY DEMANDA:

SISTEMAS DRAIN BACK DE ACV



ACV España, s.a.

C/De La Teixidora 76 - Pol. Ind. Les Hortes
08302 Mataró - Spain
T +34 93 759 54 51 - F +34 93 759 34 98
spain.info@acv.com - www.acv.com

EXCELLENCE
IN HOT WATER



38°

NUEVA GAMA DE COLECTORES
TÉRMICOS SOLARES SLIM

Mediterráneo SLIM

El panel más fácil de instalar
del mercado

La combinación de los nuevos soportes
Plug&Play y el panel Mediterráneo SLIM
lo convierte en el sistema más rápido de
montar.



El más ligero
del mercado



El de menor
espesor



El más fácil
de instalar



Vitosol 200-FM con **ThermProtect**

Autolimitación por temperatura

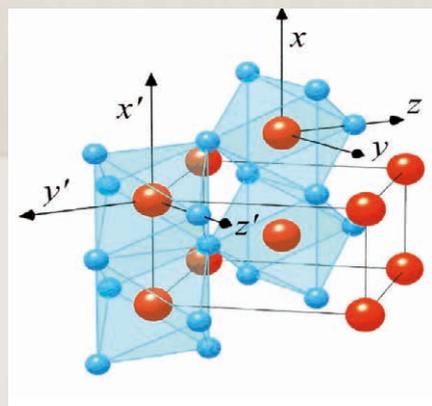
Planificación simplificada, fiabilidad asegurada



La nueva generación de sistemas solares ha sido desarrollada y patentada por Viessmann

- Autolimitación reversible de la captación solar gracias al innovador recubrimiento del absorbedor
- Sin sobrecalentamiento ni formación de vapor
- Instalaciones solares independientes de cortes de luz y seguras por sí mismas
- Sin aerotermos ni vaciado de la instalación
- Reducción de costes de mantenimiento
- Mayor vida útil de las instalaciones

www.viessmann.es



Transición estructural reversible e ilimitada. A partir de los 75 °C, cambia la estructura cristalina de la superficie del absorbedor, aumentando su emisividad

Sistemas de calefacción ◀
Sistemas industriales
Sistemas de refrigeración

VIESSMANN

climate of innovation

