



PONTIFICIA UNIVERSIDAD
CATOLICA
DE VALPARAISO



Energía Solar

Parte II: Sistemas de baja y media temperatura





TEMARIO

- COLECTOR SOLAR
- PROCESO DE TRANSFORMACIÓN Y PÉRDIDAS DE CALOR
- TIPOS DE COLECTOR SOLAR
 - COLECTORES PARA TEMPERADO DE PISCINAS
 - COLECTORES PLANOS
 - COLECTORES DE TUBO AL VACÍO
 - COLECTOR-ACUMULADOR
- SISTEMAS DE CALENTAMIENTO SOLAR
- DAÑOS EN COLECTORES
- GRANDES INSTALACIONES DE AGUA CALIENTE SOLAR



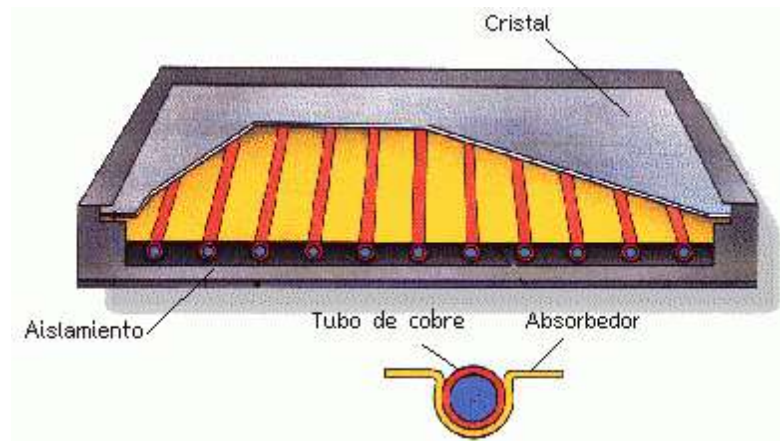
USOS PRINCIPALES DE SISTEMAS DE BAJA TEMPERATURA ($< 100^{\circ}\text{C}$)

- Calentamiento de piscinas
- Calentamiento de agua para uso domésticos
- Calefacción domestica
- Deshidratado Solar
- Desalinización de agua de mar
- Precalentamiento de fluidos de proceso
 - Minería
 - Industria de conservas



COLECTOR SOLAR

Es un dispositivo que transforma la energía solar en calor, usando un fluido para ser usado como medio de transferencia o como uso final. Básicamente, un colector solar consta de un sistema de captura de la energía (superficie absorbente o selectiva), un sistema de aislación para minimizar las pérdidas y un sistema de circulación, por donde circula el fluido de transferencia.



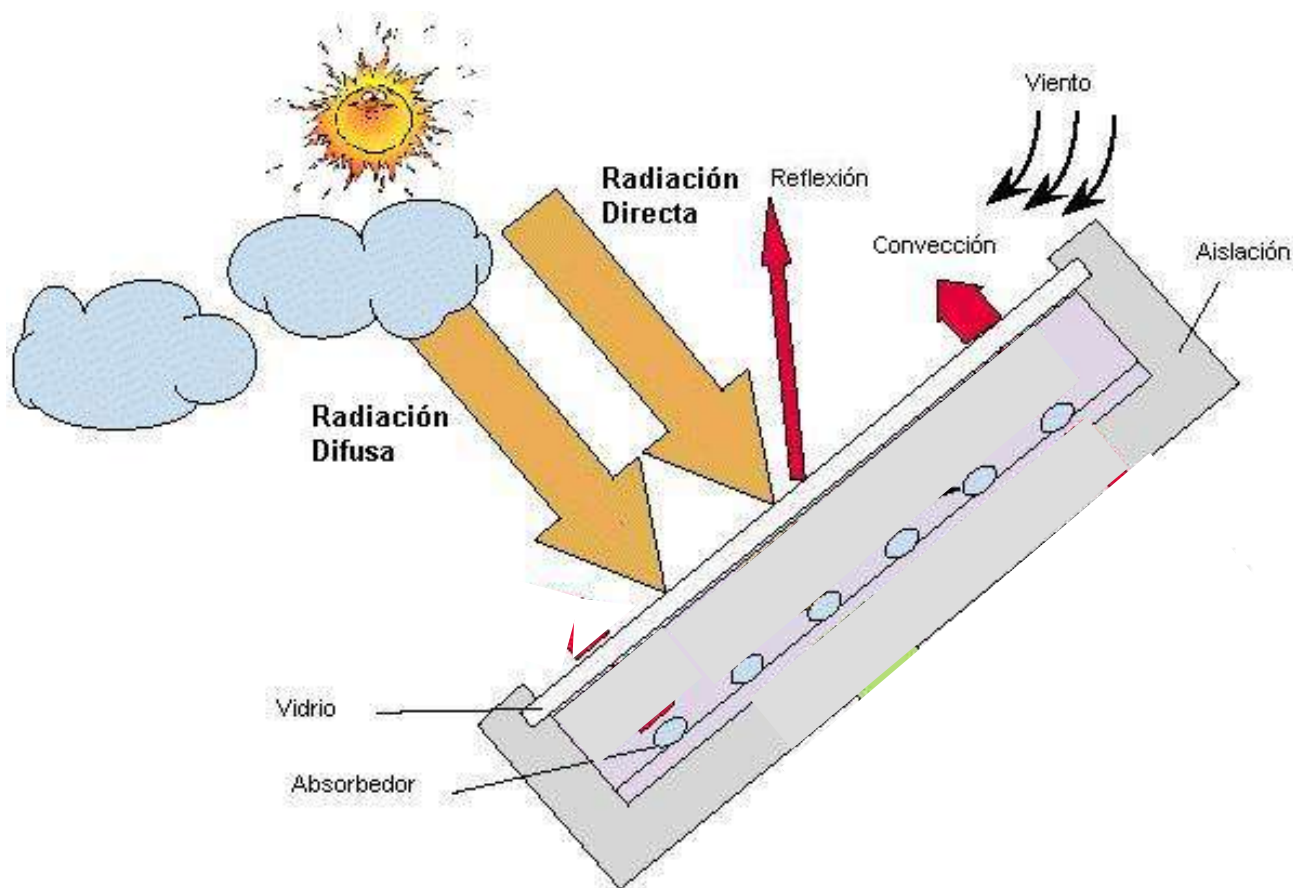
PROCESO DE TRANSFORMACIÓN Y PÉRDIDAS DE CALOR

La radiación, tanto la directa como la difusa, atraviesan la cubierta de vidrio o poilocarbonato

PÉRDIDAS:

Se producen pérdidas por reflexión en el vidrio o cubierta, al no ser éste 100% transparente.

A su vez el vidrio se calienta, produciéndose pérdidas por convección hacia el aire exterior



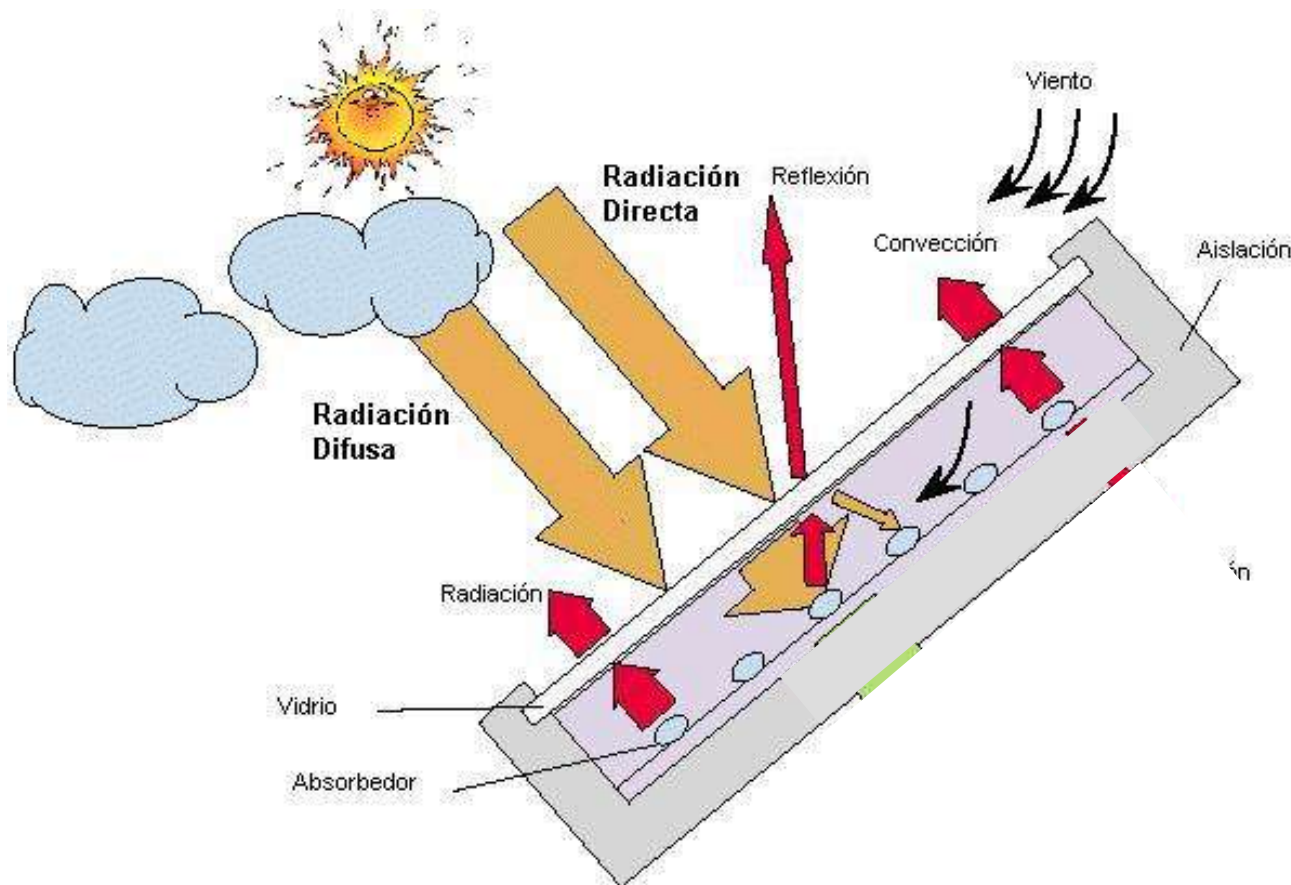
PROCESO DE TRANSFORMACIÓN Y PÉRDIDAS DE CALOR

La radiación que atraviesa el vidrio, impacta la superficie absorbente o selectiva. Ésta se calienta y transfiere ese calor a los tubos por donde circula el fluido.

PÉRDIDAS:

Por radiación debido a la temperatura del material absorbente (cuerpo caliente), aunque parte de ésta se refleja a su vez en el vidrio, volviendo a producir calentamiento (efecto invernadero).

El material absorbente calienta el aire que está entre éste y el vidrio, produciéndose circulación del aire y pérdidas por convección hacia el vidrio.

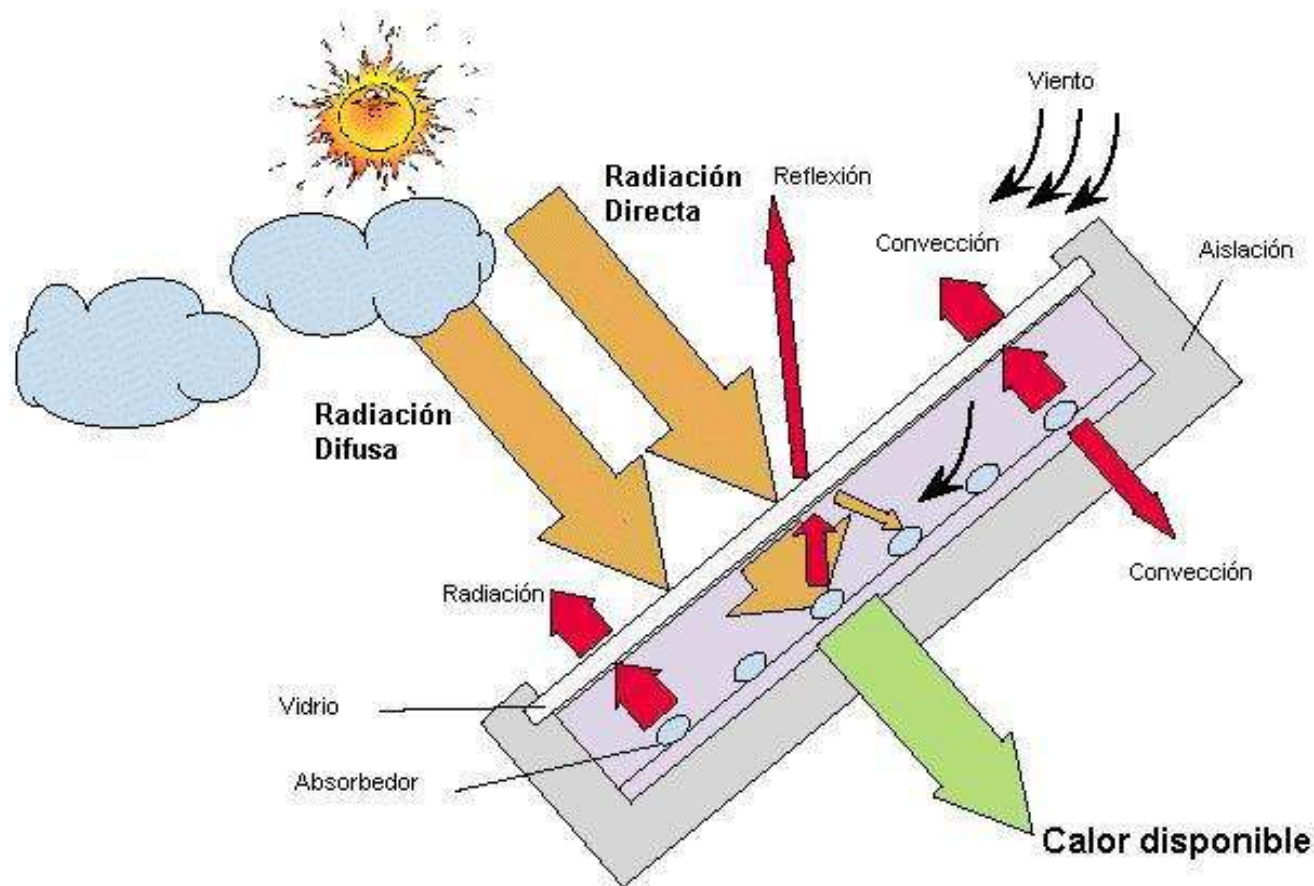


PROCESO DE TRANSFORMACIÓN Y PÉRDIDAS DE CALOR

El fluido que circula por los tubos se calienta en forma creciente, entre la entrada y salida del colector.

PÉRDIDAS:

La alta temperatura de los tubos y el fluido caliente hace que se produzcan pérdidas por conducción desde los tubos hacia la cubierta posterior, y de ésta hacia el aire exterior por convección



TIPOS DE COLECTOR SOLAR

Según el uso a que esté destinado y el rango de temperaturas deseado en el fluido de transferencia, se usan comúnmente tres tipos de colector solar:

COLECTORES PARA TEMPERADO DE PISCINAS

Son colectores solares sin cubierta, adecuados para bajas temperaturas, y de bajo costo relativo



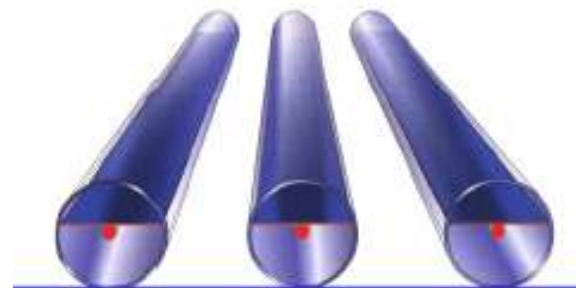
COLECTORES SOLARES PLANOS

Son el tipo más utilizado para agua caliente doméstica o sanitaria, con cubierta transparente y aislación, adecuados para temperaturas del fluido medias (30 a 60 °C)



COLECTORES DE TUBO AL VACÍO:

Utilizados para agua caliente sanitaria y de apoyo a procesos industriales, de mayor costo, adecuados para altas temperaturas del fluido (hasta 90 °C)



COLECTORES PARA TEMPERADO DE PISCINAS

Son fabricados comúnmente en plástico, con tratamiento antienviejecimiento por rayos UV, en tamaños modulares.

Debido a la baja temperatura del fluido (entre 26 y 30 °C) con relación a la temperatura ambiente, las pérdidas por convección son mínimas, lo que permite que no tengan cubierta y aislación, minimizando de esta forma el costo.

La construcción de plástico permite que sean livianos y fáciles de transportar y de instalar en techos.



COLECTORES PARA TEMPERADO DE PISCINAS

Los sistemas solares de temperado de piscinas se usan principalmente en instalaciones domiciliarias, y en grandes piscinas (clubes, piscinas olímpicas, centros de recreación, etc.)

La superficie requerida es proporcional a la superficie de la piscina (espejo de agua), ya que las pérdidas de calor del agua de la piscina son principalmente por evaporación y convección en el espejo de agua. Usualmente, la superficie de colectores es de entre un 60% y 80% de la superficie de la piscina.



Inclinación óptima ??



COLECTORES SOLARES PLANOS

Son fabricados usualmente con una parrilla o serpentín de tubos de cobre, por donde circula el fluido (agua o fluido térmico). Adosados a los tubos se colocan aletas de cobre pintadas en una de sus caras con pintura selectiva o antireflectante, las que actúan como superficie absorbente de la radiación solar. El cobre facilita la transferencia de calor entre las aletas y los tubos.

Para reducir las pérdidas de calor, la parte posterior de la parrilla se llena con material aislante, y en la cara expuesta al sol se coloca una superficie transparente, usualmente vidrio o policarbonato.

El conjunto se monta en una estructura soportante de perfiles de aluminio.



COLECTORES SOLARES DE TUBO AL VACÍO

Con el fin de minimizar las pérdidas por convección entre la superficie colectora y la cubierta, así como las pérdidas por transmisión desde los tubos, se utilizan tubos de vidrio al vacío (no hay convección si no hay aire), en cuyo interior se instala el elemento absorbente y los tubos por donde circula el fluido.

Una serie de tubos al vacío en diferentes cantidades constituye un colector solar de tubos al vacío, lo que hace que sean muy modulares, adaptables a todo tipo de configuraciones y necesidades



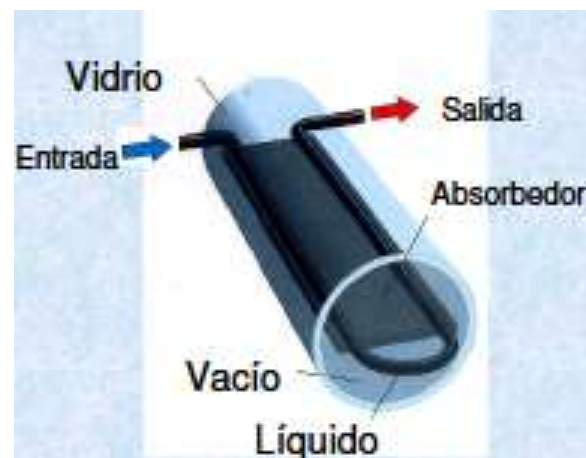
COLECTORES SOLARES DE TUBO AL VACÍO

Se distinguen dos tipos de colector solar de tubos de vacío, según su principio de funcionamiento:

- Con cañería en "U" (U-pipe)
- Mediante evaporación – condensación de fluido de transferencia (heat pipe)

COLECTORES DE TUBO AL VACÍO CON CAÑERÍA EN U

En este caso el fluido circula a través de una cañería inserta dentro del tubo de vidrio al vacío, y adosada a un elemento absorbente, generalmente una delgada placa de cobre pintada con un recubrimiento selectivo, tal como sucede con los tubos de un colector plano. El tubo al vacío permite que las pérdidas por convección y conducción sean mínimas, en tanto que el vidrio de los tubos se fabrica de un material antirreflejante, para minimizar las pérdidas por reflexión



COLECTORES SOLARES DE TUBO AL VACÍO CON CAÑERÍA DE CALOR (HEAT PIPE)

La radiación es captada por el elemento absorbente, aletas de cobre con recubrimiento selectivo, a las que va adosada una cañería sellada en cuyo interior se encuentra un fluido de transferencia. El fluido de transferencia se evapora a 25°C , en la parte superior del tubo, subiendo por él hasta la cámara de condensación que está inserta en otro tubo por donde circula el fluido a calentar. La transferencia de calor se produce por el cambio de fase (muy eficiente), luego de condensarse, el fluido desciende por la parte inferior de la cañería, repitiéndose el proceso.



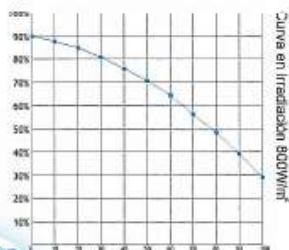
CAPTADOR SOLAR TÉRMICO GOMON GM

Dynasolar presenta el captador solar GOMON GM, un concepto revolucionario de los captadores de tubo de vacío Heat Pipe. Los captadores GM se diferencian por su rendimiento, diseño y calidad en su conjunto.



CARACTERÍSTICAS DEL CAPTADOR SOLAR GM

- Instalación sencilla. Materiales ligeros y poco aparatosos.
- Los tubos pueden girar sobre sí mismos. Optimiza el grado de orientación para una mayor captación solar en instalaciones con ubicaciones complicadas.
- Conexión en seco del tubo Heat Pipe al Intercambiador del circuito primario. No hace falta parar o vaciar el circuito para reponer un tubo.
- Se ha tenido en cuenta un diseño adecuado para conseguir una mayor integración arquitectónica.
- Captadores de alto rendimiento. Los colectores GM están compuestos con los tubos de vacío DST (GM-70-1900), la última generación en tubos Heat Pipe.
- Los captadores GM van dirigidos a aplicaciones térmicas: ACS, calefacción por suelo radiante, climatización de piscinas y todo tipo de aplicaciones industriales de alta temperatura.
- Se requiere de menos espacio de instalación. Al ser equipos de alto rendimiento y calidad se requiere de menos unidades para alcanzar la energía necesaria traduciéndose en menos espacio de instalación.
- Trabajan con radiación difusa. Las pérdidas térmicas en el captador son inexistentes gracias a que el absorbente selectivo se encuentra en condición de vacío. Son operativos durante más horas a lo largo del día obteniendo un ahorro mayor.
- Se han empleado materiales de primera calidad en cada uno de sus componentes. Todos los captadores suministrados vienen con su estructura.



Los colectores y captadores están hechos de aleación de aluminio y presentados en diferentes colores.

Número de referencia	Modelo	Número de tubos	Longitud de tubo en mm	Diámetro del tubo
369605	GOMON GM-10	10	1900	70 mm
369630	GOMON GM-15	15	1900	70 mm
372471	GOMON GM-20	20	1900	70 mm

Garantía 5 años

Tubo SCHENER DST



La diversidad de tubos de vacío es amplia, diferenciados con respecto a otros sistemas de absorción de irradiación solar por tres factores en común: mayor rendimiento, pérdidas térmicas mínimas y absorción de radiación difusa. Entre los tubos de vacío los que se diferencian con respecto al resto son los que emplean el sistema Heat Pipe. Solo se debe a que transportan la energía calorífica mediante una conexión en seco. El sistema del tubo Heat Pipe es independiente al circuito primario o al acumulador si se trata de sistemas compactos termotánques. Al entrar un tubo no existe fuga del fluido de transferencia o ACS ya que los orificios de conexión están cerrados. Estos orificios consisten en fundas calo portadoras donde se encaja la pipa de los tubos.

Los tubos SCHENER DST son el resultado exitoso en mejorar la tecnología Heat Pipe. A la vaina calo portadora de cobre se le ha añadido las aletas recubiertas de titanio para mejorar su eficiencia en el rendimiento energético. Se ha mejorado la condición de vacío gracias a las pastillas de Getter. El Getter absorbe por adsorción los residuos de partículas de aire que puedan existir dentro del tubo DST. En caso de haber una fuga por la que pueda entrar aire el Getter reacciona explotando y dejando el interior del tubo de color blanco. De esta manera se podrá verificar si un tubo funciona correctamente.

Una de las características más importantes que diferencia al tubo DST con respecto al resto es el sistema de cierre superior. Schener ha patentado la mejor solución para resolver los problemas de dilatación y contracción. Se ha fabricado el cristal borosilicato endurecido con el Invar utilizado como tapa de cierre. El Invar es una aleación de hierro, carbono y algo de cromo cuya característica funcional es su mínimo índice de dilatación.

Los tubos DST es la evolución encaminada a perfeccionar las prestaciones que ofrece la tecnología Heat Pipe así como garantizar una durabilidad alargada gracias a los materiales en los componentes empleados.

La temperatura de calentamiento de 250°C en la pipa sin repercusión en el sobrecalentamiento ya que transfiere el calor al circuito de cobre cuya resistencia térmica es superior.

El cristal borosilicato endurecido tiene un grosor de 2,5 mm soportando impactos de bolas de granito de 3cm de diámetro.

Los tubos DST pueden girar 360° sobre sí mismos y conectados al sistema de reparción negativamente en la transferencia de calor, así se puede orientar la lámina del Heat Pipe del tubo DST a las condiciones del lugar no permitiendo instalar el sistema encandilado hacia el sur.

Coefficiente de absorción	> 0,94
Temperatura máxima del intercambiador	> 300°C
Coefficiente de emisión	< 0,08 a una temperatura de 300°C
Temperatura máxima del sistema	> 300°C
Vacío	< 10 ⁻⁵ Pa
Grosor del vidrio del tubo	2,5 mm
Materiales del tubo	vidrio de borosilicato endurecido
Dimensiones	Ø 70 mm x 1900 mm
Acumulador absorbente	1900
Área	0,196 m ²
Pérdida de calor del absorbente	< 0,0001 W/m ²
Resistencia al aire	30 m/s
Resistencia al granizo	Ø 30 mm
Dimensiones del intercambiador	Ø 14 mm x 1900
Vida útil mínima	5 años
Garantía	5 años

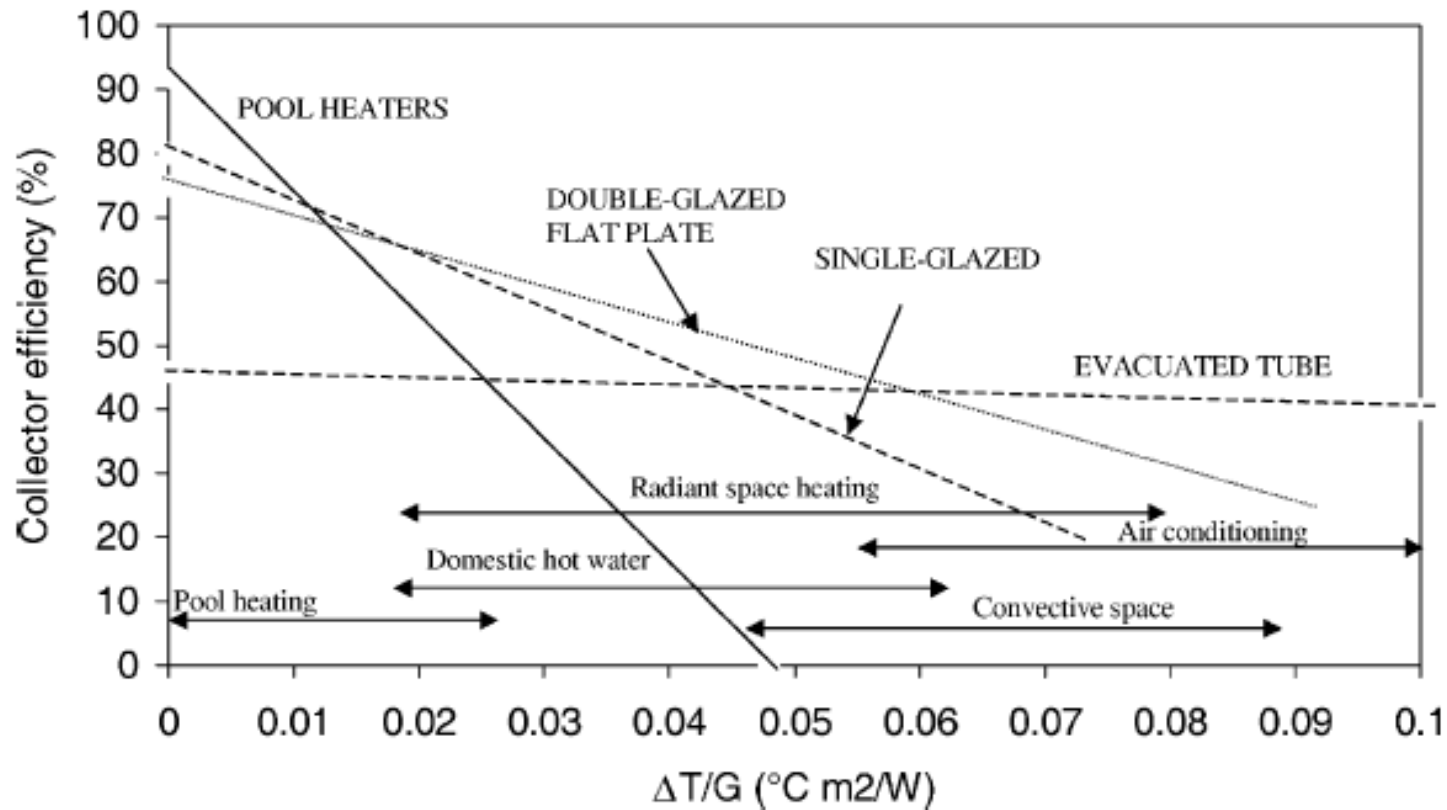
Número	Modelo	Longitud de tubo en mm	Ø tubo en mm
170298	Tubo DST-70-1900-1	1900	70



1 966 100 320 • 607 628 459 • schener@schener.net



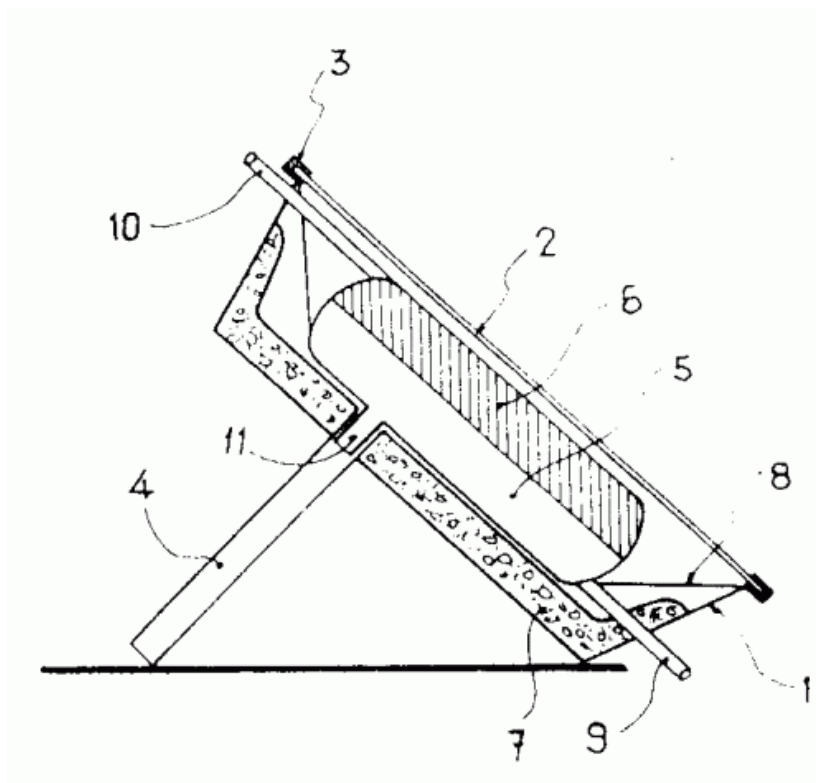
EFICIENCIA DE DIVERSOS TIPOS DE COLECTOR SOLAR, EN FUNCIÓN DE LA DIFERENCIA ENTRE LA TEMPERATURA DEL FLUÍDO Y LA TEMPERATURA AMBIENTE (ΔT)



EL COLECTOR – ACUMULADOR

Una alternativa a los paneles solares tradicionales es el colector-acumulador. Aún cuando es muy simple y barato de construir, su uso no se ha masificado, debido fundamentalmente a su baja eficiencia y a las limitaciones de uso como acumulador. Es adecuado solamente cuando el agua caliente se va a utilizar a fines del día, no permitiendo la acumulación de agua caliente durante la noche.

- 1 CARCASA
- 2 CUBIERTA TRANSPARENTE
- 3 SOPORTE DE CUBIERTA
- 4 SOPORTE DE CUBIERTA
- 5 DEPÓSITO O ESTANQUE
- 6 CAPA ABSORBENTE
- 7 AISLACIÓN TERMICA
- 8 SUPERFICIE REFLECTORA
- 9 ENTRADA DE AGUA FRÍA
- 10 SALIDA DE AGUA CALIENTE
- 11 DRENAJE



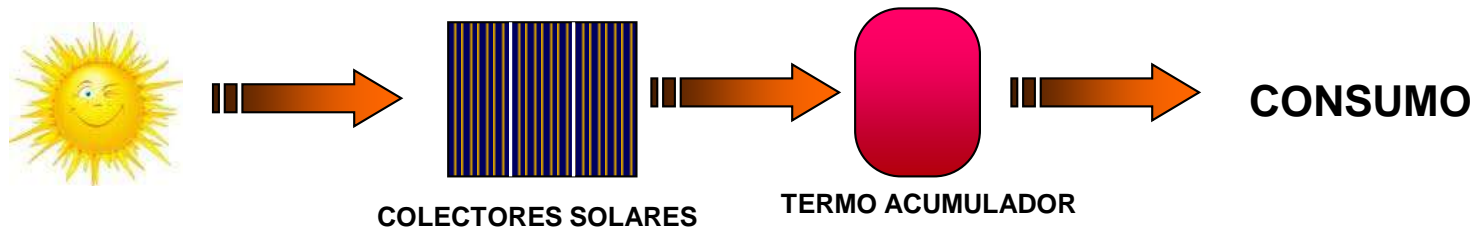
EL COLECTOR – ACUMULADOR



SISTEMA DE CALENTAMIENTO SOLAR

Un sistema de calentamiento solar se compone de uno o más colectores solares y un termo de almacenamiento. Complementan el sistema en algunos casos una bomba de impulsión, intercambiador de calor, válvulas e instrumentos de medición y control.

La incorporación de un termo acumulador, permite independizar el período de uso del agua caliente de los períodos de radiación incidente.

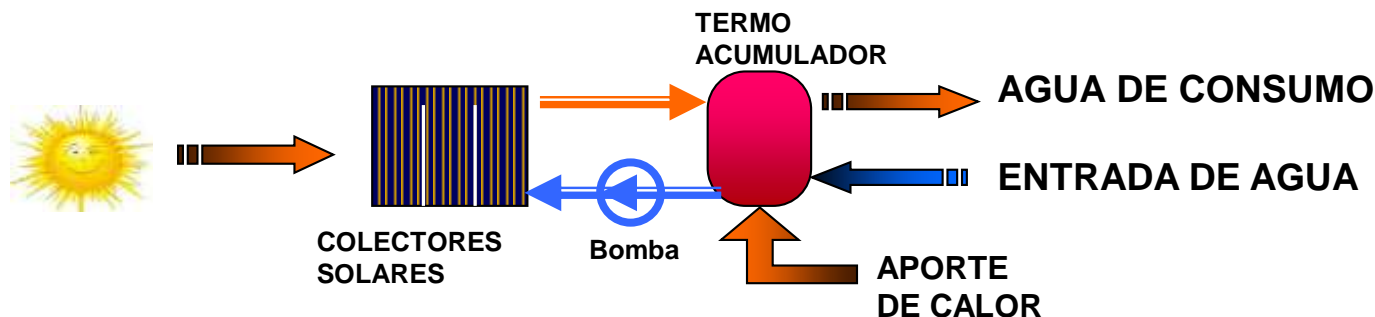


SISTEMA DE CALENTAMIENTO SOLAR

Los sistemas solares de calentamiento de agua se dividen en los siguientes tipos:

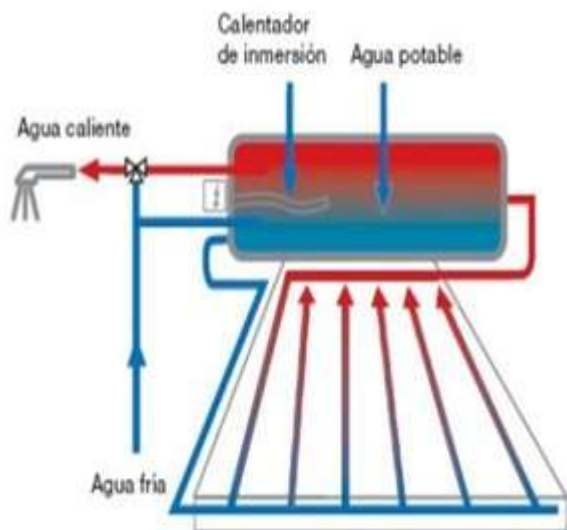
- a) Según la forma de circulación del fluido:
 - a) Circulación por termosifón, o en forma natural por diferencia de temperaturas
 - b) Circulación forzada, por medio de una bomba
- b) Según el fluido circulante:
 - a) Sistema directo, calentamiento directo del agua de consumo
 - b) Sistema indirecto, calentamiento de un fluido de intercambio

Se utilizan normalmente combinaciones de estos dos tipos de sistema. A su vez, cada uno de estos tipos de sistema pueden ser utilizados solamente con el aporte solar o incorporando un medio de aporte de calor adicional (p.ej. Resistencia eléctrica o quemador de gas) al termo acumulador, de manera de suplir las necesidades de calor en las épocas en que la radiación incidente es insuficiente.

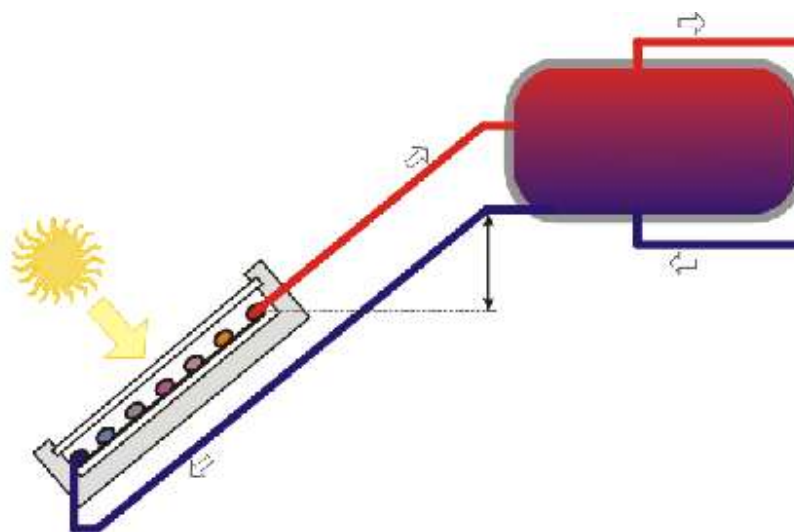


CIRCULACIÓN POR TERMOSIFÓN

Se basa en el principio de que el agua disminuye su densidad al aumentar su temperatura, entonces en un colector solar que esté suficientemente inclinado, el agua se desplaza hacia arriba de los tubos a medida que se va calentando, dando paso a que la parte inferior sea llenada con agua más fría proveniente del termo acumulador. Este proceso continuo de circulación es conocido como termosifón. La fuerza de circulación sin embargo, es relativamente baja, por lo que para que este sistema funcione, es necesario que exista un mínimo de pérdidas de carga en el circuito.



Circulación por termosifón en flujo directo con aporte externo eléctrico



Circulación por termosifón en flujo directo sin aporte externo

CIRCULACIÓN POR TERMOSIFÓN

El mecanismo de circulación natural por termosifón requiere que el termo acumulador se ubique en un nivel superior al extremo superior del colector, y a fin de minimizar las pérdidas de carga, éste debe estar lo más próximo posible al colector, y usar la circulación directa, es decir el agua que circula por el colector es la misma que se acumula en el termo y posteriormente es consumida.

Por este motivo, este sistema se utiliza casi exclusivamente en unidades compactas y de pequeño tamaño, dos o tres colectores, aptas para ser instaladas en soportes de metal (lo más usual), o en el techo de una casa.

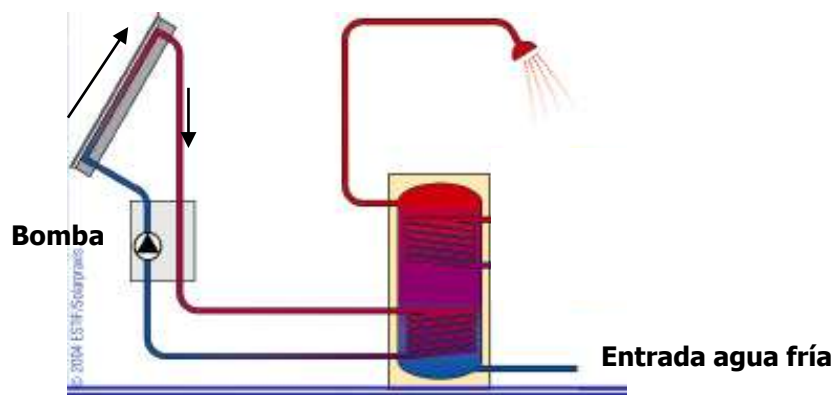
En algunos casos es posible utilizar termosifón con circulación indirecta, es decir empleando un fluido térmico, pero en ese caso no se debe emplear un intercambiador de calor de tubos en el termo, sino de tipo doble cámara.



CIRCULACIÓN FORZADA

En este caso el agua o el fluido de intercambio circulan impulsados por una bomba, accionada eléctricamente. Esta forma de circulación presenta las siguientes ventajas:

- El fluido circula más rápidamente que en el termosifón, lo que permite aumentar los coeficientes de transferencia tubo-fluido, y a su vez disminuye la temperatura del fluido, lo que aumenta la eficiencia global del colector.
- Da mayor flexibilidad para la disposición de los componentes del sistema, al no tener que ubicar el termo a mayor nivel que los colectores, por ejemplo, permite ubicar el termo acumulador a nivel del piso, manteniendo los colectores en el techo, lo que hace más eficiente y económico el sistema.
- Mediante la incorporación de sensores y programadores, se puede optimizar el flujo por el colector, de acuerdo a las condiciones particulares de irradiación. Esto mismo permite incorporar protección contra congelamiento de los tubos en el caso de sistemas directos, haciendo circular parte del fluido del termo antes de que se produzca congelamiento.

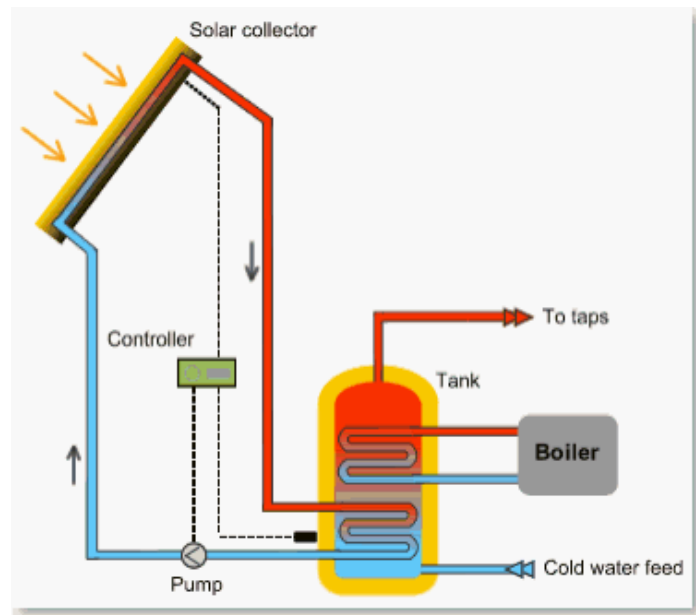


ESQUEMA SISTEMA DE CIRCULACIÓN FORZADA Y FLUJO INDIRECTO

CIRCULACIÓN FORZADA CON FLUJO INDIRECTO Y APOORTE DE CALOR ADICIONAL

En este caso hay un circuito cerrado entre los tubos del colector solar y un intercambiador de calor ubicado dentro del termo acumulador. Por este circuito cerrado y accionado por una bomba, circula un fluido de intercambio, cuya función es llevar el calor absorbido en el colector solar y entregarlo al agua del termo acumulador. Generalmente se utiliza glicol como fluido de intercambio debido a que no se congela con temperaturas bajo cero, lo que evita la rotura de tubos por congelamiento.

Usualmente, el motor de la bomba es accionado por un sistema de control, que mide y compara la temperatura de los tubos del colector y del fluido a la entrada de éste. Si la temperatura del colector es mayor que la del fluido frío, entonces se produce circulación, en caso contrario (en la noche o cuando está nublado), la bomba se detiene y no hay circulación.



Para suplir el aporte de calor necesario en períodos del año en los que la irradiación solar es insuficiente, se incorpora al termo acumulador un sistema de calentamiento externo, como una resistencia eléctrica o un quemador de gas, lo que permite dimensionar más eficientemente el sistema en su conjunto, de manera que el área de colectores no esté muy sobredimensionada para su uso en verano, lo que optimiza el costo de la inversión.

CIRCULACIÓN FORZADA CON FLUJO INDIRECTO

Los sistemas de circulación forzada permiten el diseño de grandes sistemas, en los que los colectores solares van montados en un techo o en un área de soportes en altura, en tanto que el termo acumulador, las bombas y el sistema de control se instalan en una pieza o recinto especialmente habilitado en un lugar de fácil acceso.



DAÑOS EN LOS COLECTORES

ROTURAS DE TUBOS POR CONGELAMIENTO:

Si el agua contenida en los tubos se congela durante la noche, caso que ocurre en zonas altas o en el desierto, el agua aumenta su volumen al transformarse en hielo, produciendo una rotura longitudinal en uno o más tubos. Para evitar este fenómeno, se deben utilizar sistemas de flujo indirecto, o de circulación forzada con control anticongelamiento



DAÑOS POR SOBRETENPERATURA:

Si el agua contenida en los tubos deja de circular, ya sea por obstrucciones en el caso de termosifón o por falla en la bomba en el caso de circulación forzada, el agua se calienta hasta llegar a muy altas temperaturas, produciendo vapor y un aumento de la presión que puede provocar rotura de tubos o daños en la aislación





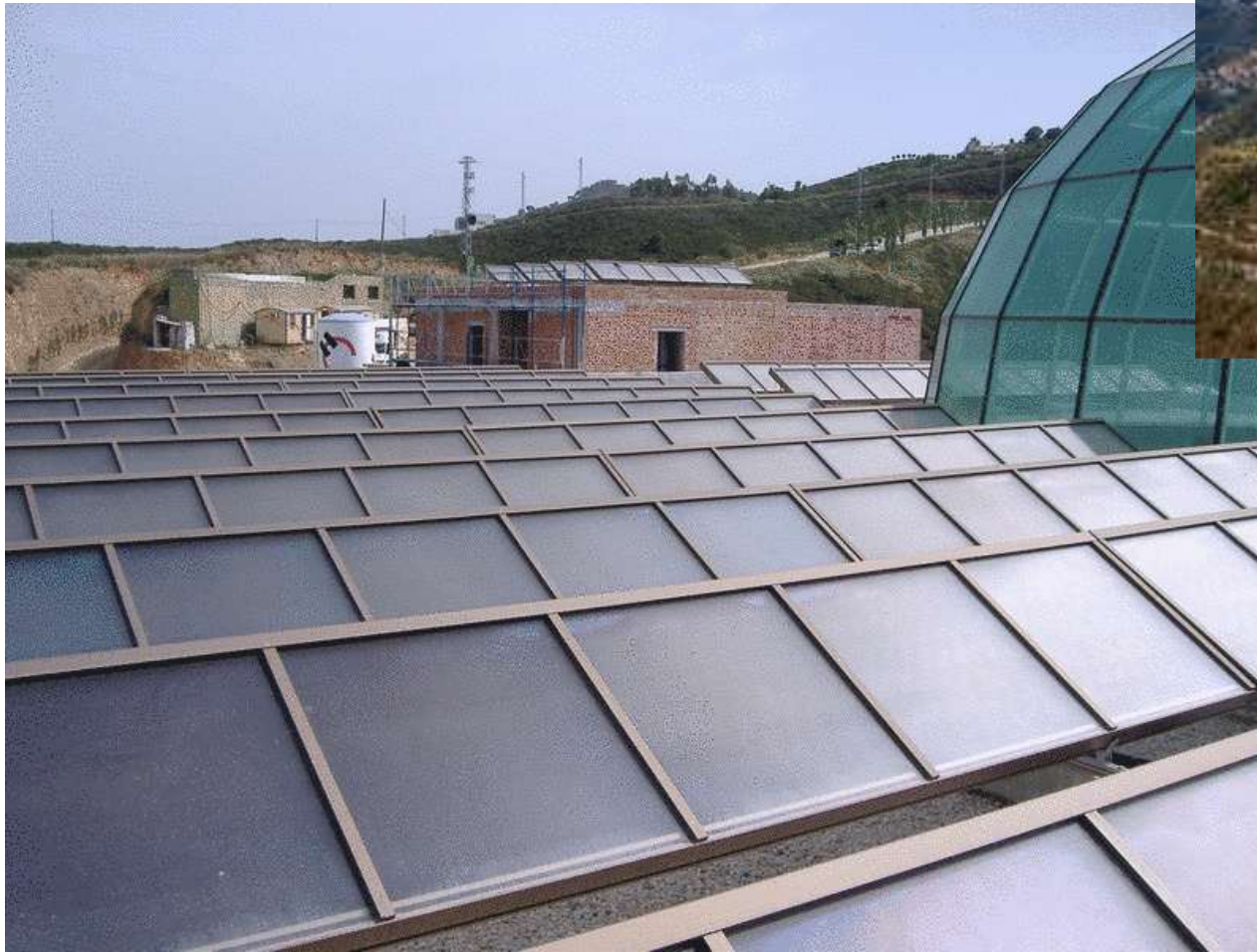
GRANDES SISTEMAS DE CALENTAMIENTO SOLAR DE BAJA TEMPERATURA





HOSPITAL DE LAS NIEVES, Granada

424 m2 de colectores planos, agua caliente sanitaria (ACS)



ECOHOTEL

400 m² de colectores
planos, acumulación
de 12.000 lts



Centro comercial en Madrid
265 m² de colectores planos



CENTRO POLIDEPORTIVO, Granada

400 m², colectores planos, ACS y piscina



NAVARRA, España

27,6 m², colectores planos, ACS y calefacción

FIN DE LA SEGUNDA PARTE