

**COLECTORES DE TUBO DE VACÍO DE ALTO RENDIMIENTO
GENERACIÓN DE A.C.S
EN ESTABLECIMIENTOS DE SERVICIOS
HOTELES URBANOS**



INDICE

- Introducción.
- Tecnología de captación solar.
- Tecnología de acumulación.
- Sistemas hidráulico y de aislamiento.
- Sistema de regulación y control.
- Sistema de adquisición y gestión de datos.
- Características del establecimiento.
- Estudio de costos de implementación por categoría/habitación.
- Hojas de especificaciones y homologación.

INTRODUCCIÓN

Las Ordenanzas Municipales y el nuevo Código Técnico de la Edificación dan carácter de obligatoriedad a la implementación de sistemas de captación solar térmica en hoteles independientemente de su categoría, con las limitaciones y eximentes derivadas de su ubicación, capacidad real de generación de ahorro energético a través de esta vía y de la necesaria preservación de impacto ambiental y de integración arquitectónica.

Los nuevos hoteles urbanos se consideran establecimientos con tipologías muy específicas con respecto a su funcionalidad y características constructuales en lo referente al estudio de eficiencia energética y ante la decisión de implementación de energías renovables y más precisamente, la solar térmica.

Entre ellas podríamos destacar:

- Gran demanda con carácter puntual de volúmenes de ACS para consumo y tratamientos.
- Gran necesidad de climatización, calefacción y refrigeración, general y selectiva por zonas.
- Necesidad de climatización de espacios lúdicos, deportivos y de salud.
- Poca estacionalidad en ocupación y consumo en términos anuales.

Todo ello desde una perspectiva de calidad con tolerancia al fallo cero ya que en ningún momento puede afectarse las exigencias mínimas de confort del usuario.

Por otro lado nos encontramos con diseños y materiales de estructura, fachadas y cubiertas modernos y funcionales.

Normalmente con poca disposición de espacios útiles para la ubicación de m² de colectores solares y sistemas.

Este modelo de prescripción se refiere, en cuanto al cálculo de costos asociado necesariamente en relación a los datos geográficos de ubicación y radiación solar a la ciudad de Barcelona y su Zona Metropolitana.

La apuesta tecnológica por los colectores solares con tubos de vacío se fundamenta en los aspectos siguientes:

- Rendimiento prácticamente constante todo el año.
- Auto control de temperatura. (sistemas Heat Pipe – 130°C)
- Minimización de la superficie de ocupación y ángulo de incidencia.
- Operatividad garantizada ante futura refrigeración solar.
- Integración arquitectónica y minimización del impacto visual.
- Mantenimiento sencillo.
- Excelente relación calidad/precio/prestaciones.

El fabricante escogido es Thermomax Ltd. con fábrica en Bangor (Norte de Irlanda) y distribuido por Lumelco.

Además de ser un fabricante reconocido con los certificados de calidad de gestión en la producción ISO 9000/2000, sus productos, los colectores de vacío SOLAMAX (flujo directo) y MAZDON (heat pipe) tienen el reconocimiento de la marca de calidad europea KEYMARK conforme los requerimientos de CENELEC y verificado por DIN/CERTO en Alemania y SPF en Suiza y por el INTA en España.

TECNOLOGÍA DE CAPTACIÓN SOLAR APLICADA

TUBOS DE VACÍO: ALTO RENDIMIENTO

El vacío contribuye no solamente a la reducción de las pérdidas, sino también a minimizar la influencia de las condiciones climáticas (condensación, humedad, etc.) sobre los materiales empleados, evitando su deterioro y mejorando así la durabilidad y el rendimiento global del sistema.

Su reducido coeficiente de pérdidas los hace especialmente aptos para el aprovechamiento de la radiación solar difusa, manteniendo un rendimiento aceptable, no sólo a mediodía o en días soleados, sino también cuando el Sol está bajo (durante el invierno) o el tiempo es frío y parcialmente nuboso.

Tipos de colectores de vacío

Existen dos tipos de colectores tubulares de vacío, según sea el método empleado para el intercambio de calor entre la placa y el fluido caloportador:

a) Colectores de vacío de flujo directo

En este tipo de colectores, en la placa absorbidora hay insertado un tubo coaxial de intercambio de calor a través del que pasa el medio caloportador, por el principio de contracorriente.

El agua de la red entra por el interior del tubo coaxial y retorna por la cavidad exterior que está en contacto con la placa, elevándose así su temperatura.

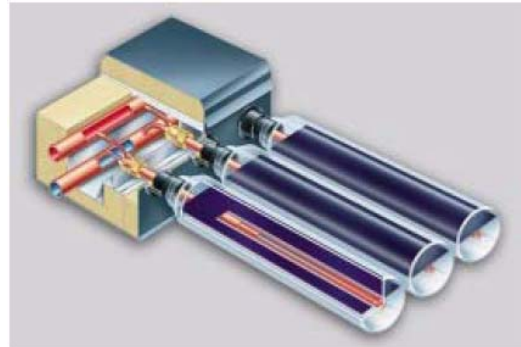


Fig. 1.1. Colector de vacío de flujo directo

Como se aprecia en la figura anterior, los tubos se ensamblan de manera que cada uno de los intercambiadores va conectado a las tuberías de entrada (fría) y salida (caliente).

Los tubos del colector pueden girar libremente, facilitando la orientación óptima del absorbedor hacia el sol ($\pm 25^\circ$).

b) Colectores de vacío con tubo de calor (*heatpipe*)

En este tipo de colectores el intercambio de calor se realiza mediante la utilización de un tubo de calor, que conceptualmente consiste en un tubo hueco cerrado por los dos extremos, sometido a vacío y con una pequeña cantidad de fluido vaporizante (mezcla de alcohol) en su interior.

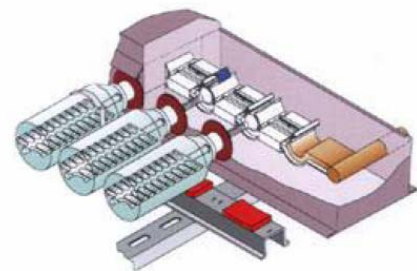


Fig. 1.2. Colector de vacío con tubo de calor

Cuando se calienta la parte del tubo donde se encuentra el fluido, éste se evapora absorbiendo el calor latente de vaporización. Este vapor sube por el tubo hasta alcanzar la parte superior que se encuentra a menor temperatura, produciéndose allí su condensación y la consiguiente liberación de calor latente asociado a este

cambio de estado. El líquido retorna por capilaridad o debido a la acción de la gravedad y el ciclo de evaporación-condensación se repite.

Fabricante seleccionado: THERMOMAX

Los colectores solares de tubo de vacío del fabricante británico, líder europeo en esta tecnología, **Thermomax Ltd.** constituyen el "estado del arte" en colectores de máximo rendimiento y factor de captación y aprovechamiento incluso en días sin sol.

Están constituidos por tubos colectores especialmente diseñados para obtener gran rendimiento en todo tipo de climas.

El resistente vidrio de boro silicato junto con la duradera unión vidrio – metal para mantener el vacío, garantizan una gran seguridad en el funcionamiento y una prolongada vida útil.

La construcción modular asegura un transporte sencillo y unos tiempos de montaje breves.

Los colectores están homologados según EN –12975-2 por *SPF* (Tn°.C456) y por el INTA / GPS 8072.

Modelos disponibles (Thermomax)

El modelo **Solamax** es un colector de flujo directo (líquido caloportador), mientras que el modelo **Mazdon** es del tipo "heat pipe".

El modelo SOLAMAX en sus módulos de 20 o 30 tubos se fija fácilmente tanto horizontal como vertical en cubiertas planas, tejados y fachadas por medio de un soporte de fijación en acero inoxidable.

En el modelo MAZDON en sus módulos de 20/30 tubos tienen que tener una inclinación mínima de 10° y máxima de 70° para su buen funcionamiento.

Por medio del giro radial, (± 25 C), se pueden dirigir los tubos colectores de forma óptima hacia el sol, consiguiendo el mayor grado de aprovechamiento solar.

Características de los colectores de tubo de vacío Thermomax

- Alto rendimiento, incluso en condiciones atmosféricas adversas, debido al aislamiento al vacío.
- Gran eficacia de los tubos colectores de vacío y de los absorbedores con recubrimiento de titanio solar de gran selectividad.
- Facilidad de instalación. Cada tubo puede ser instalado individualmente.
- Mantenimiento mínimo.
- Elevada duración y fiabilidad, gracias a la alta calidad de los materiales usados en el proceso de fabricación.
- Colectores de tubo de vacío con opciones de superficie de captación de 2 y 3 m².

Características diferenciales del sistema de flujo directo SOLAMAX

- El concepto de flujo directo permite la instalación horizontal o vertical, en cualquier ángulo requerido.
- Montaje sin estructura adicional de apoyo de forma vertical y horizontal.

Características principales del sistema *heat pipe* MAZDON

- Auto limitación de la máxima temperatura de funcionamiento hasta 130°, debido a unión seca, actuando como protección contra el sobrecalentamiento.
- Mejor aprovechamiento térmico que incluye el sistema patentado de intercambiador de calor de doble tubería.
- La unión en seco de los tubos colectores permite el montaje y desmontaje sin necesidad de vaciar la instalación solar.
- La instalación requiere un ángulo de inclinación mínimo de 10°.

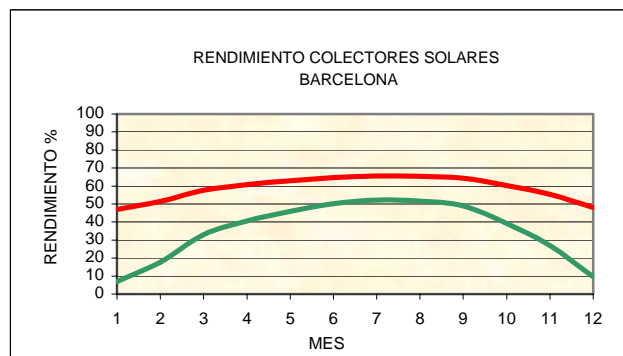
Rendimiento y ventajas de los tubos de vacío vs captadores planos

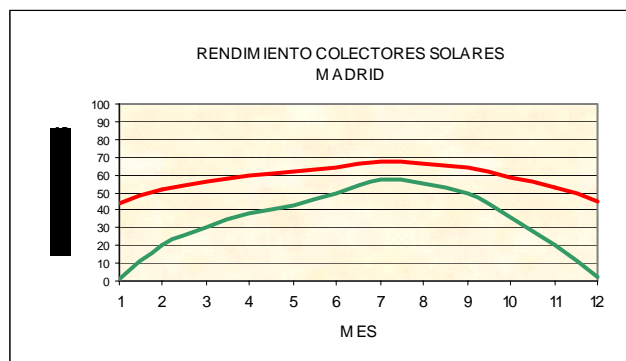
En el siguiente gráfico podemos comparar, en función de la diferencia de la temperatura ambiente y la del colector, la eficiencia de un colector de tubos de vacío Thermomax con la de un colector de placa plana.

Se puede ver el comportamiento de los dos sistemas, con una eficiencia mucho más elevada en períodos en que la temperatura ambiente es baja (invierno).

Principales ventajas de los tubos de vacío vs. captador plano:

- Obtención de más altas temperaturas en un menor tiempo sin peligro de sobrecalentamiento.
- Mayor aprovechamiento de la radiación difusa. Lo que permite que, en los días de nubosidad tenue, el equipo siga calentando.
- Mayor resistencia a los impactos, debido a la curvatura del tubo de vidrio.
- Sencillez en el montaje, lo que permite reducir los gastos de mano de obra en su instalación.
- La baja emisividad del tubo, alta absorción y aislamiento por vacío permiten obtener rendimientos inalcanzables para el sistema tradicional plano.





TECNOLOGÍA DE ACUMULACIÓN

La finalidad del sistema de almacenamiento es adaptar en el tiempo la disponibilidad de energía y la demanda. Acumulando la energía, en forma de agua caliente, cuando ésta esté disponible, para ofrecerla en el momento que sea solicitada.

Podemos clasificar los acumuladores según el material con el que están fabricados:

- De **acero vitrificado**: el tratamiento de vitrificado en depósitos de acero, destinados a la producción y acumulación de ACS, está considerado como una de las mejores soluciones para la protección interna con calidad alimentaria, de las superficies del depósito en contacto con el agua caliente.
- De **acero inoxidable**: mayor resistencia que el acumulador de acero vitrificado, pero su mayor coste junto al hecho de que en sistemas de energía solar térmica a baja temperatura no se alcanzan temperaturas tan elevadas, hacen innecesaria su compra.
- De **acero galvanizado**, no se debe utilizar para temperaturas superiores a 60°C.

A destacar el aislamiento térmico de los acumuladores solares, que minimizan las pérdidas caloríficas del depósito, haciendo incomparable su capacidad de acumulación de agua caliente. Esto significa un "ahorro real" por cada litro de agua que se consume, debiendo cumplir las Normativas y regulaciones vigentes que la CE exige a este efecto.

SISTEMA HIDRÁULICO Y DE AISLAMIENTO

Está formado por las tuberías, bombas, intercambiadores, valvulería, aislantes y todos los demás componentes que sean necesarios para el funcionamiento hidráulico del sistema solar.

SISTEMA DE REGULACIÓN Y CONTROL

En un sistema de energía solar térmica, es básico un buen sistema de regulación de la instalación, consiguiendo una elevada eficiencia del sistema solar.

Elementos como válvulas de tres vías, termostatos térmicos, sondas, centralitas de control, etc., permiten obtener el máximo de energía, optimizando su uso y protegiendo la instalación de amenazas como el sobrecalentamiento o la congelación.

SISTEMA DE ADQUISICIÓN Y GESTIÓN DE DATOS .

Existen varios sistemas de monitorización de datos, operativos para PC con sistema Windows/Linux.

Mediante el programa adecuado, es posible monitorizar en tiempo real las centralitas con los valores que miden sus sondas.

El programa muestra los datos en tiempo real de temperaturas, caudales y aportes energéticos externos. El programa también genera gráficos instantáneos, diarios, semanales, mensuales y anuales de las *KCal* aportadas por el sistema.

Otra funcionalidad del sistema es la interactividad entre el usuario y la centralita a través del sinóptico que proporciona el programa.

CARACTERÍSTICA DEL ESTABLECIMIENTO

Requerimientos de utilidad

Podemos identificar una serie de requerimientos específicos de agua caliente en hoteles:

- Gran demanda de ACS en horas punta. La curva de demanda de ACS presenta unos valores máximos a primera hora de la mañana, y un segundo pico hacia las 8 de la tarde.
- Gran demanda de climatización
 - calefacción
 - refrigeración
- Demanda de agua caliente en zonas lúdico/deportivas (*health centres*)
 - spa / baños de vapor / saunas / hidromasaje
 - piscina.
- Tratamiento industrial
 - lavandería
 - cocina

Requerimientos de integración

Espacio limitado de disponibilidad para superficie colectora: la utilización de colectores de tubo de vacío, debido a su elevado rendimiento, permite reducir la necesidad de superficie de captación hasta casi la mitad de la superficie necesaria con captadores planos.

Ubicación y orientación: son dos parámetros que en muchas ocasiones disminuyen la captación de energía solar, ya que muchos hoteles no disponen de superficie suficiente en el tejado o la cubierta con una buena inclinación y orientación. Se puede solventar mediante el giro radial de los tubos de vacío, ganando unos 25° en orientación o inclinación.

Integración arquitectónica: los colectores pueden instalarse integrados en cubiertas inclinadas, fachadas, etc.

EL BALANCE ENERGÉTICO

La implantación de energías renovables es una de las actuaciones que pueden considerarse en el momento de realizar el balance energético del edificio en busca de su optimización.

Objetivo: Reducción de gasto energético.

ESTUDIO DE COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN POR CATEGORÍA/HABITACIÓN

Los colectores con **tubos de vacío** tienen un rendimiento superior a los colectores planos selectivos, diferencia muy notable durante los meses de invierno. Esto hace que dicha tecnología sea aconsejable para los hoteles que tengan un nivel de ocupación medio durante toda la temporada, ya que los colectores de vacío permitirán una cobertura energética solar elevada a lo largo del año.

Otra ventaja de los colectores de **tubo de vacío** frente a los captadores planos es consecuencia de su mayor rendimiento, que permite una menor superficie de captación necesaria que los colectores planos para obtener una misma cantidad de energía solar térmica. También tienen la posibilidad de un giro radial de los tubos del colector de $\pm 25^\circ$, mejorando así la inclinación u orientación del colector en los casos que no sea posible la óptima colocación de éstos.

Estas son las principales razones por las que en INYGEN hemos apostado por la utilización de los **tubos de vacío THERMOMAX en el sector hotelero**.

Los principales servicios que generalmente requieren de un suministro de energía térmica en un hotel son los siguientes:

- Calefacción
- Lavandería
- Agua caliente sanitaria (ACS)
- Piscina climatizada
- Cocina

En el estudio del coste económico por habitación de una instalación solar se ha calculado el consumo de energía térmica en agua caliente sanitaria (ACS).

Según el CTE, para valorar la demanda de ACS a 60°C, se toman los valores de la siguiente tabla:

• Hoteles de *	: consumo = 35 litros de ACS por cama y día
• Hoteles de **	: consumo = 40 litros de ACS por cama y día
• Hoteles de ***	: consumo = 55 litros de ACS por cama y día.
• Hoteles de ****	: consumo = 70 litros de ACS por cama y día.

El estudio, representado mediante una tabla, contabiliza el coste por habitación de la instalación solar en función de distintos parámetros (costos aproximados).

Este, esta realizado para dos ubicaciones diferentes, Madrid y Barcelona.

Según el CTE, en Madrid que esta en la zona IV, con 7000 litros de acumulación de ACS, le corresponde una fracción solar del 70%.

Según el CTE, en Barcelona que esta en la zona II, con 7000 litros de acumulación de ACS, le corresponde una fracción solar del 45%.

(No se tiene en cuenta las ordenanzas municipales, solo el CTE)

MADRID	HOTEL CAT. **	HOTEL CAT. ***	HOTEL CAT. ****
	40 litros/día por cama	55 litros/día por cama	70 litros/día por cama
25 colectores de tubos de vacio SOLAMAX 3D (81m ² de superficie` + 7000 litros Acs)			
	169 habitaciones / 338 pers.	122 habitaciones / 244 pers.	96 habitaciones / 192 pers.
Ocupacion del Hotel	70%	70%	70%
Coste instalacion solar	94.500,00 €	94.500,00 €	94.500,00 €
Coste por habitacion	559,17 €	774,59 €	984,38 €
Energia necesaria	103.379 kWh.	103.379 kWh	103.379 kWh
Energia captada	77521 kWh.	77521 kWh	77521 kWh
Cobertura solar	75%	75%	75%
Reduccion emision CO ₂	22.420 CO ₂	22.420 CO ₂	22.420 CO ₂

BARCELONA	HOTEL CAT. **	HOTEL CAT. ***	HOTEL CAT. ****
	40 litros/día por cama	55 litros/día por cama	70 litros/día por cama
	18 colectores de tubos de vacío SOLAMAX 3D (58m ² de superficie + 7000 litros Acs)		
	169 habitaciones / 338 pers.	122 habitaciones / 244 pers.	96 habitaciones / 192 pers.
Ocupacion del Hotel	70%	70%	70%
Coste instalacion solar	82.500,00 €	82.500,00 €	82.500,00 €
Coste por habitacion	488,17 €	676,23 €	859,38 €
Energia necesaria	99.222 kWh.	99.222 kWh	99.222 kWh
Energia captada	46.483 kWh.	46.483 kWh	46.483 kWh
Cobertura solar	45%	45%	45%
Reduccion emision CO ₂	13,480 CO ₂	13.480CO ₂	13.480 CO ₂

En caso de colector plano selectivo de alto rendimiento, para Madrid se necesitaran 127 m² (un 56% mas que en tubo de vacío) y para Barcelona 97m² (un 67% mas que en tubo de vacío).

El coste de la instalación engloba todos los elementos que constituyen el circuito primario de la instalación (colectores con soportes y elementos de conexión, tubería, aislante térmico, bombas, valvulería, sistema de regulación y control), así como el intercambiador y los acumuladores solares.

También se han contabilizado los costes de ingeniería, dirección de mano de obra, mano de obra de instalación y certificación.

Dada la imposibilidad de calcular el coste del circuito hidráulico secundario, ya que será muy variable en función de las dimensiones del hotel y de la ubicación de la instalación dentro de él, no se han contabilizado en el coste el sistema de energía convencional de apoyo, la distribución del agua caliente a habitaciones, los componentes del circuito secundario, ni los costes de grúa, en caso que sea necesaria, para subir el material solar de pie de obra a la cubierta o tejado del hotel.

Dentro de cada caso particular calculado según los distintos parámetros antes mencionados, se obtienen los siguientes datos:

- Coste de la instalación solar
- Coste por habitación: simplemente es la división del coste total por el número de habitaciones del hotel correspondiente.

- Energía solar captada anual: las unidades energéticas utilizadas son los kWh. Se han utilizado los datos climatológicos (radiación y temperaturas suministrado por IDAE) correspondientes a Madrid y Barcelona, una inclinación de los colectores de 45° y una orientación sur de 0°. En todos los casos la totalidad de la energía solar captada es utilizada para el calentamiento de ACS (no hay excedentes), a una temperatura de 60°C.
- Cobertura solar anual: es el porcentaje de energía térmica anual necesaria para satisfacer la demanda de ACS que es cubierta con energía solar. Se han realizado los cálculos con una cobertura solar del 75% y 45% valores mínimos exigidos por el CTE.