

## COLECTORES DE TUBO DE VACÍO

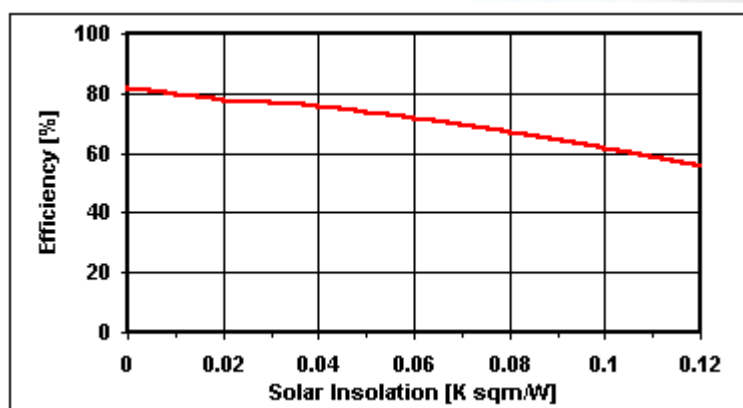
La conversión de la energía radiante del sol en energía térmica lleva asociadas unas pérdidas por radiación, conducción y convección, cuyo efecto es la progresiva disminución del rendimiento a medida que aumenta la diferencia de temperatura entre la placa absorbidora y el ambiente, según se expresa en la ecuación característica del colector.

La cubierta de vidrio (simple o doble), el tratamiento selectivo de la placa y la evacuación del aire en el interior del colector, son técnicas encaminadas a la reducción de las pérdidas en el colector y, en consecuencia, a la mejora de su eficiencia.

En la siguiente tabla se muestran valores típicos de los parámetros característicos eficiencia óptica ( $\eta_0$ ) y coeficiente general de pérdidas ( $U_L$ ), así como el rango normal de temperaturas de trabajo para distintos tipos de colectores:

COLECTOR	RANGO T (°C)	$\eta_0$	$U_L$ (w/°C·m <sup>2</sup> )
Sin cubierta	10-40	0.9	15-25
Cubierta simple	10-60	0.8	7
Cubierta doble	10-80	0.65	5
Superficie selectiva	10-80	0.8	5
<b>Tubos de vacío</b>	<b>10-130</b>	<b>0.70</b>	<b>2</b>

FUENTE: CENSOLAR (CENTRO DE ESTUDIOS DE LA ENERGÍA SOLAR)



Curva característica de un colector de tubo de vacío, en el eje de abcisas  $X=(T_{\text{colector}}-T_{\text{ambiente}})/\text{Irradiación}$

A la vista de lo anterior, se observa que los colectores de vacío encuentran su principal aplicación en los sistemas de temperaturas intermedias (sistemas de acondicionamiento de aire, procesos industriales, etc.) y en lugares fríos con diferencias elevadas entre la temperatura del colector y la del ambiente; donde la mejora sustancial del rendimiento del sistema puede compensar el aumento de coste debido a su utilización.

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 o el tiempo es frío y parcialmente nublado.

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

Mediante la aplicación de un vacío “ligero”, en torno a 0.001 atmósferas, se puede conseguir, esencialmente, la eliminación de las pérdidas por convección; mientras que es necesario un vacío “fuerte”, inferior a  $10^{-6}$  atmósferas (<0.1 Pascal), si se desean eliminar también las pérdidas por conducción.

Debido a la presión atmosférica, que produciría fuerzas muy grandes al aplicarse a toda la superficie de la cubierta, y a los problemas técnicos relacionados con el sellado de la carcasa del colector, la construcción de un colector de vacío con la forma de uno convencional de placa plana, entraña gran dificultad.

Sin embargo, la técnica de vacío utilizada por los fabricantes de tubos fluorescentes, entre otros, se ha desarrollado hasta el punto de hacer rentable la producción en masa y la comercialización de sus equipos. Mediante la aplicación de esta tecnología, ha sido posible la construcción de los colectores solares de vacío que se comercializan en la actualidad y el mantenimiento de su elevado vacío (similar al de las lámparas o los tubos de TV). Debido a sus características geométricas, reciben el nombre de colectores de tubos 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:

- De flujo directo.
- Con tubo de calor (heat pipe)

Además del vacío en los tubos, estos colectores poseen un recubrimiento altamente selectivo de las superficies absorbentes, mejorando todavía más su rendimiento.

## COLECTORES DE VACÍO CON TUBO DE CALOR (HEAT PIPE)

En éste tipo de colectores el intercambio de calor se realiza mediante la utilización de un tubo de calor cuyo funcionamiento se describe a continuación.

### *El tubo de calor:*

El tubo de calor consiste en un tubo hueco cerrado por los dos extremos, sometido a vacío y con una pequeña cantidad de un fluido vaporizante (mezcla de alcohol) en su interior.

Cuando se calienta la parte del tubo donde se encuentra el fluido, éste se evapora absorbiendo el calor latente de vaporización.

Este vapor se desplaza hasta alcanzar la parte del tubo que se encuentra a menor temperatura, produciéndose allí su condensación y la consiguiente liberación del calor latente asociado a este cambio de estado.

El líquido retorna por capilaridad o debido a la acción de la gravedad (caso de los colectores solares) y el ciclo de evaporación-condensación se repite. Los tubos de calor son considerados como los “superconductores” del calor, debido a su muy baja capacidad calorífica y a su excepcional conductividad (miles de veces superior a la del mejor conductor sólido del mismo tamaño).

El uso del tubo de calor está muy extendido en la industria y, basándose en este principio de funcionamiento se fabrican los actuales colectores de vacío con tubo de calor.

### *El colector:*

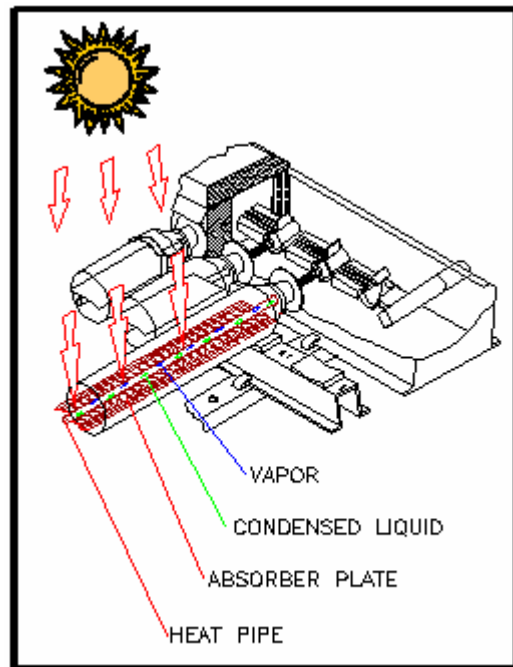
En este tipo de colectores la placa absorbidora de los tubos lleva adosado un tubo de calor. La radiación solar incidente calienta la placa y provoca la evaporación del

fluido, absorbiendo calor y transfiriéndolo a la parte superior.

Allí el vapor se enfría (en un condensador especialmente diseñado) al paso del agua fría de la red, cediéndole su calor latente de condensación. El fluido condensado retorna a su posición original en la parte inferior del tubo de calor, debido a la acción de la gravedad, y el ciclo se repite.

Entre las características principales de los colectores de vacío con tubo de calor, caben destacar las siguientes:

- Unión seca: el intercambio de calor se realiza en seco, es decir, sin contacto directo de los líquidos, lo que los hace particularmente adecuados en áreas con cualidades desfavorables del agua.
- Función diodo: la transferencia de calor se realiza siempre en un solo sentido, desde el absorbedor hacia el agua, y nunca al revés.
- Limitación de la temperatura: el ciclo de evaporación-condensación tiene lugar mientras no se alcance la temperatura crítica del fluido vaporizante, evitando así los riesgos de un aumento incontrolado de la temperatura en el interior de los tubos.



Tubo de vacío Heat Pipe