

Ficha técnica

TUBOSOL



GRUPO2M
ALTERNATIVAS SOSTENIBLES

FICHA TÉCNICA TUBOSOL

▲ La tecnología del tubo de calor “Heat Pipe”

En este tipo de colectores el intercambio de calor se realiza mediante la utilización de un tubo de calor, su morfología y modo de funcionamiento son:

Consiste en dos tubos concéntricos de borosilicato endurecido, entre los cuales se ha hecho el vacío, sobre la superficie exterior del tubo interno, lleva la capa absorbente altamente selectiva que atrapa la radiación incidente dejando escapar solamente un 5% de pérdidas, gracias al excelente aislamiento que le proporciona el vacío, independientemente de la climatología exterior, transfiriendo este calor al tubo de calor que se encuentra en su interior, dentro de ese tubo de cobre se encuentra el fluido vaporizante (mezcla de alcohol y agua destilada), cuando se calienta este 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 debido a la acción de la gravedad y el ciclo de evaporación-condensación se repite.

A los tubos de calor se les suele llamar los “superconductores” del calor, ya que cuentan con una capacidad calorífica muy baja y una conductividad excepcional (miles de veces superior a la del mejor conductor sólido del mismo tamaño). Su uso es muy extendido y se pueden encontrar tubos de calor en procesos industriales, ordenadores de bolsillo, vehículos espaciales, etc.

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

1-Sistema indirecto: El intercambio de calor se realiza, sin contacto directo entre el fluido caloportador y el agua de consumo, lo que los hace particularmente adecuados en áreas con cualidades desfavorables del agua.

2- Función diodo: La transferencia de calor se realiza siempre en un solo sentido, desde el absorbedor hacia el fluido caloportador, y nunca al revés.

3- Limitación de 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.

Estas características eliminan la necesidad de utilizar complejas unidades de control en el sistema y quedando así garantizada la seguridad del mismo.

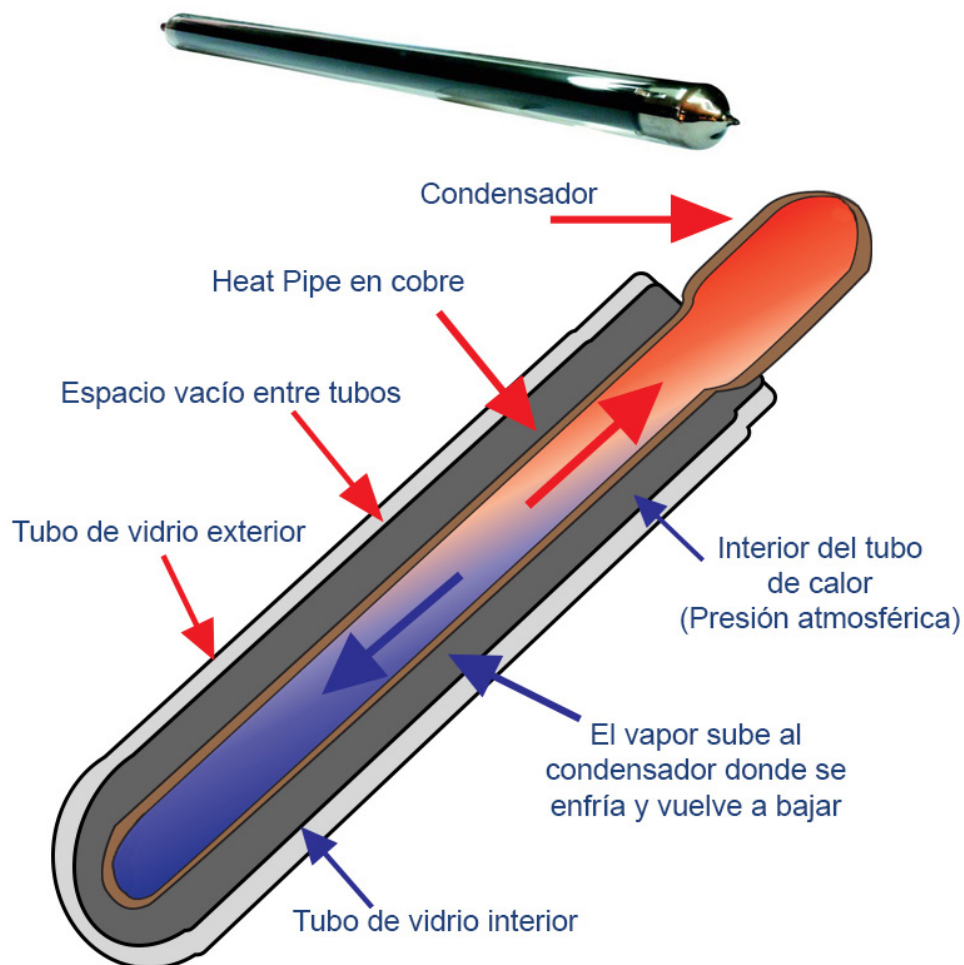
Los captadores térmicos de 2M tienen los siguientes sellos de calidad:



FICHA TÉCNICA TUBOSOL

▲ Datos técnicos de los tubos de vacío “heat pipe”

Longitud (mm)	1800
Diámetro tubo exterior (mm)	58
Diámetro tubo interior (mm)	48
Peso (Kg)	1.53
Grosor del cristal (mm)	1,6
Dilatación térmica (mm)	3.3×10^{-6} K
Material	Vidrio de Borosilicato 3.3
Recubrimiento absorbente	AL- N / AL
Absorción	>92% (AM 1.5)
Pérdida	< 8 % W (80°C)
Presión de vacío	$P < 5 \times 10^{-3}$ Pa
Temperatura de estancamiento	>200°C
Presión máxima de trabajo	10 bar



FICHA TÉCNICA TUBOSOL

▲ Curvas de eficiencia

Los captadores, como cualquier máquina, tienen un rendimiento, que relaciona energía recibida con energía devuelta, siempre menor que la recibida al descontar pérdidas en el proceso de transformación.

Un modelo matemático que se utiliza habitualmente es el descrito en la norma EN12975, y que describe la curva característica del rendimiento de un captador:

$$\eta(x) = \eta_0 - a_1 \cdot (x) - a_2 \cdot G \cdot (x)^2 \quad [X=(T_m - T_a)/G]$$

La magnitud η_0 representa el rendimiento del captador cuando la diferencia entre la temperatura media del fluido (T_m) y la temperatura ambiente (T_a) sea nula, es decir, el captador se halle a temperatura ambiente. Este término se suele denominar rendimiento óptico del captador, no confundiéndolo con el factor óptico, que es el producto $\tau\alpha$. Las pérdidas térmicas del captador se describen por medio de los dos coeficientes de pérdidas térmicas (a_1 y a_2). El término a_1 define una variación lineal, mientras que a_2 denota una variación cuadrática de las pérdidas térmicas. Se trata de una aproximación al modelo físico real: cuanto mayor sean estos coeficientes, menor será el rendimiento, sobre todo a altas temperaturas.

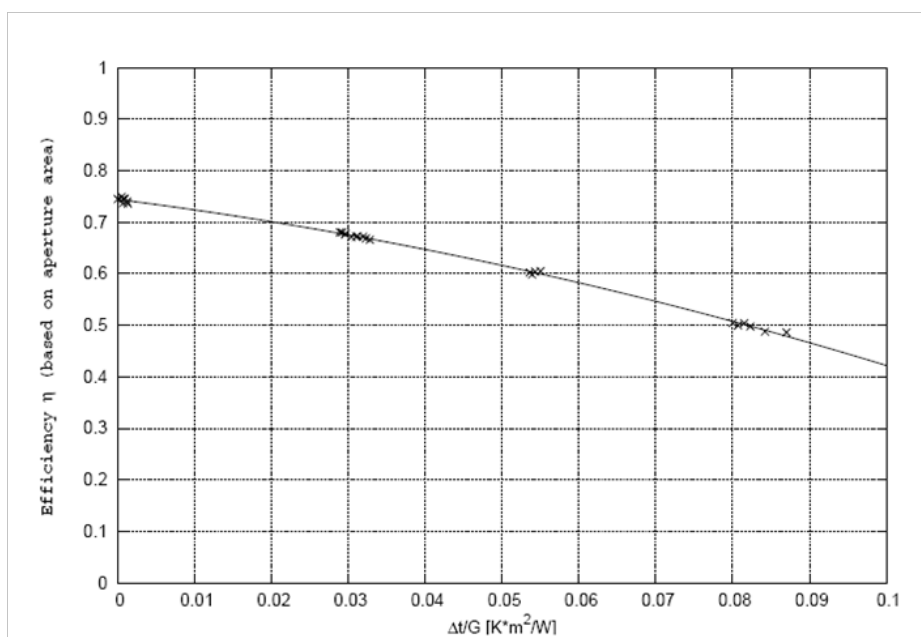
Los colectores solares térmicos de Grupo 2M son acreditados por los laboratorios del SPF (Instituto para la técnica solar) y se caracterizan además por tener la curva de rendimiento muy alta según los estándares Europeos.

Las 3 variables que representan las prestaciones de los colectores son (según el documento nº C762 del SPF):

Rendimiento óptico del captador: $\eta_0 = 0,734$ (0,850 Por área de Absorción)

Coefficiente lineal de pérdidas térmicas: $a_1 = 1.529$ (1,771 Por área de Absorción)W/(m2K)

Coefficiente cuadrático de pérdidas térmicas: $a_2 = 0,0166$ (0,0192 Por área de Absorción)W/(m2K2)



FICHA TÉCNICA TUBOSOL

▲ Factor de ángulo

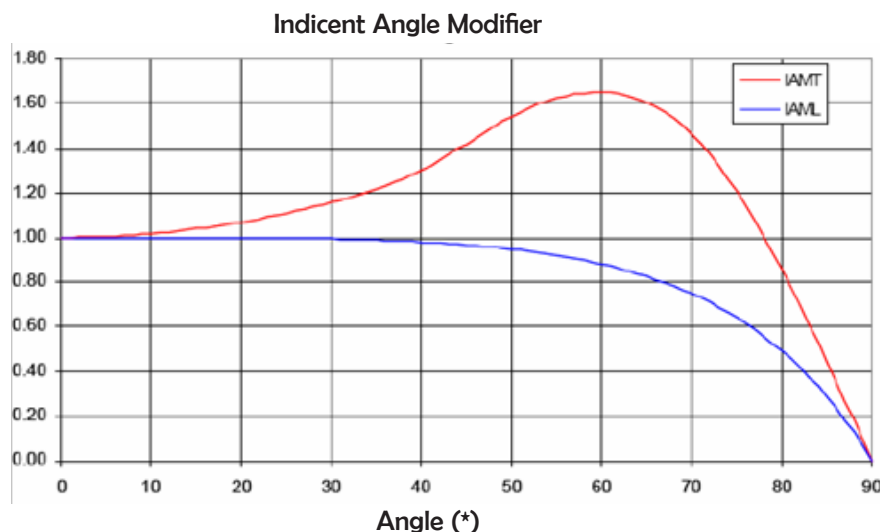
El sol no siempre se encuentra en un plano vertical hacia el colector; el ángulo cambia durante el día y en diferentes épocas del año. Así cambia también la capacidad de transmisión de la cubierta del colector.

Los paneles de tubo de vacío, por ser cilíndricos, reciben la radiación perpendicular durante muchas más horas a lo largo del día de manera que incrementan la energía generada del orden de un 20% sobre la que generaría un captador de absorbedor plano que tuviera la misma curva de rendimiento y área útil.

Como norma general, la curva de rendimiento que se da para todo los captadores es con la radiación incidente en perpendicular, que en realidad solo ocurre en las horas centrales del día y por tanto no es del todo fiable. El parámetro IAM (modificador del ángulo de incidencia) es el que mide como cambia la capacidad de captación del captador con el ángulo con que incide la radiación y hay que multiplicarlo con los coeficientes de ganancia para obtener un valor más realista del rendimiento de los paneles.

IAM es un valor numérico y alcanza su máximo (IAM = 1) cuando el colector es perpendicular a los rayos del sol y por tanto está recibiendo la radiación máxima.

Los colectores experimentarán los niveles de radiación disminuidos (IAM < 1) por la mañana y por la tarde cuando el sol no es perpendicular a la superficie del captador solar.



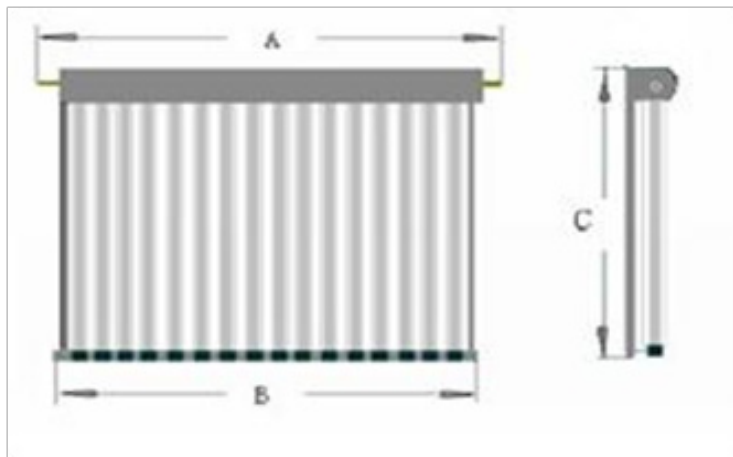
Como se puede ver en el gráfico arriba, el colector TUBOSOL de Grupo 2M tiene una curva que es completamente diferente a los otros colectores planos convencionales (FP) e incluso los paneles con reflectores. Esto es debido al área cilíndrica de los tubos, que continúan absorbiendo los rayos del sol a lo largo del día.

En un ángulo de 40°-50° no hay pérdida de luz y ningún solapamiento entre los tubos. Esto es ideal ya que demuestra que durante este periodo (primeras horas de la mañana y mediados de la tarde) los mínimos niveles solares son aprovechados al máximo por los paneles TUBOSOL.

Por otro lado, en una placa plana, el valor de IAM caerá por debajo de 1 mientras que el ángulo de radiación aumentará (primeras horas de la mañana y mediados de la tarde) de tal forma que la eficacia de conversión solar ocurrirá solamente durante el mediodía.

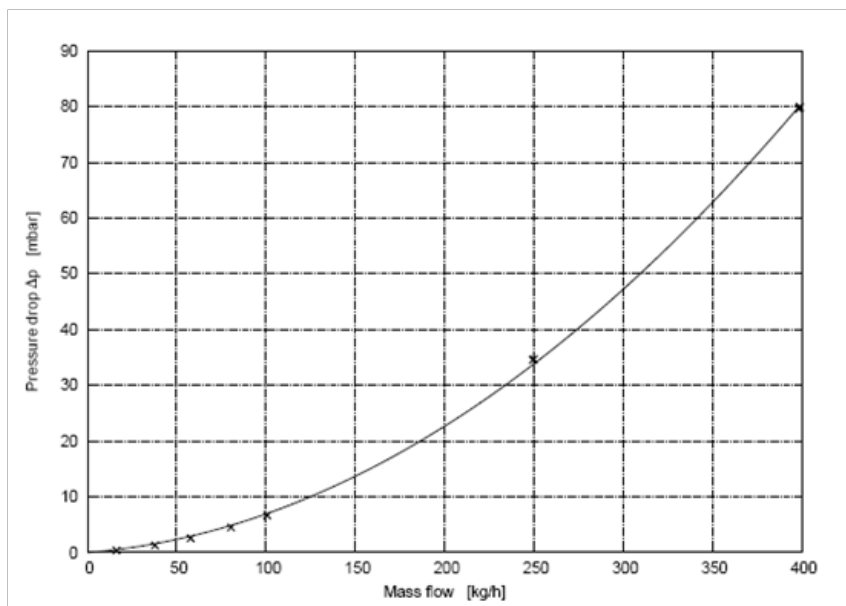
FICHA TÉCNICA TUBOSOL

▲ Instalaciones y referencias



Modelo	Nº de tubos	Altura/ Diámetro de tubos de vacío (mm)	Área absorbente (M2)	Área de apertura (M2)	Área total	Peso (kg)	A (mm)	B (mm)	C (mm)
Am_Tubosol 3000-30R	30	1800/58	4720	2780	4824	105	2442	2304	2010
Am_Tubosol 3000-20R	20	1800/58	3187	1860	3377	73	1698	1560	2010

▲ Curvas de carga y pérdida de presión



$$p = 0.0251825 * x + 0.000440452 * x^2 \quad (X=Kg/h)$$

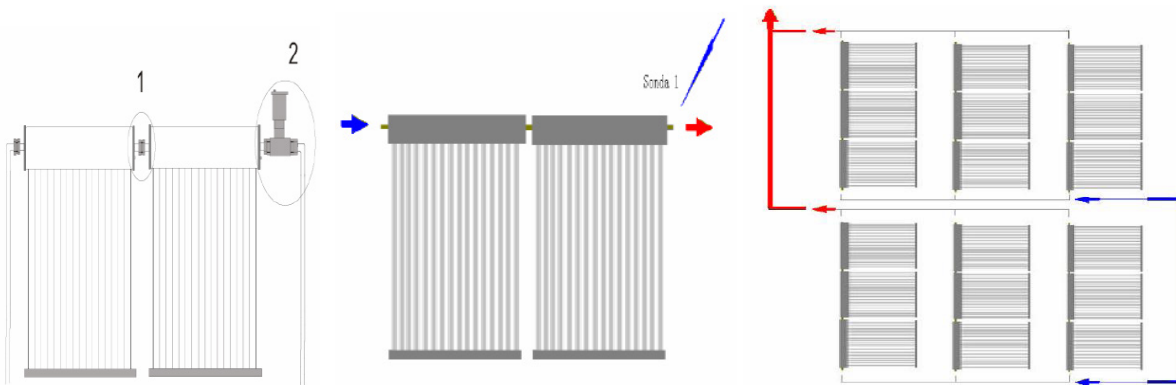
FICHA TÉCNICA TUBOSOL

▲ Condiciones

Máxima presión del líquido	1000 KPa
Presión líquido recomendada	600 KPa
Temperatura máxima funcional	95°C
Temperatura estancamiento	200.3 °C
Inclinación recomendada	15 °- 75°
Caudal recomendado	20 -30 l/m2h
Instalaciones en serie	Se pondrán colocar un máximo de 200 tubos en serie (Ejemplo: 10X2M-Tubosol de 20 tubos)

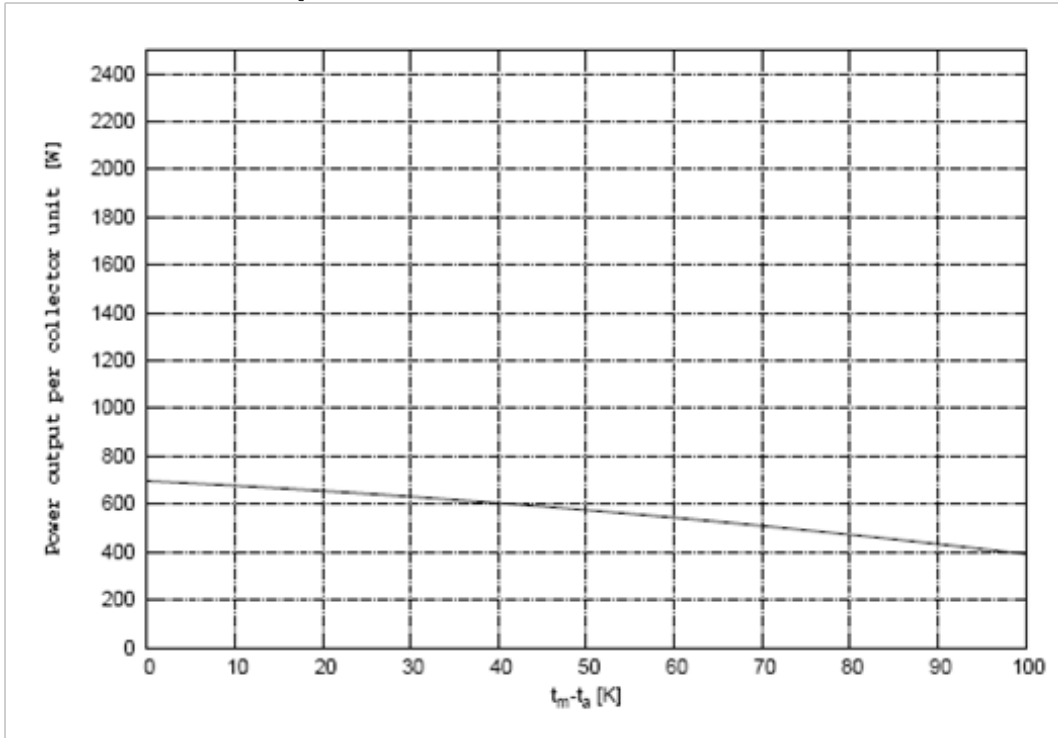
Para las instalaciones en paralelo, el caudal total recomendado se calculará multiplicando el caudal recomendado en serie por el número de grupos en paralelo. Para conocer el diámetro de las tuberías en los grupos en paralelo, es necesario consultar el ÁBACO DE CÁLCULO PARA TUBERÍA LISA.

▲ Esquema de conexiones



FICHA TÉCNICA TUBOSOL

▲ Potencia generada por cada 10 tubos de vacío.



$t_m - t_a$ [K]	400 [W/m ²]	700 [W/m ²]	1000 [W/m ²]
10	259	465	671
30	218	424	630
50	164	371	577

* Ejemplo: Para un Captador de 20 tubos hay que multiplicar el valor 671 W/m² por 2

▲ Distancia recomendada entre los paneles

