

FUENTES ALTERNATIVAS DE ENERGÍA: Aplicaciones Fototérmicas de la Energía Solar

Alfredo Chacón*
alfredochoacon@yahoo.com

1. Introducción

La mayor parte de la energía del mundo se ha obtenido hasta ahora a partir de las reservas fósiles de carbón y petróleo, pero al ser ya previsible su agotamiento es preciso considerar el empleo de otras fuentes.

La historia muestra que desde hace siglos el hombre ha tratado de aprovechar la energía solar; no obstante, sólo hasta la década de 1970 se incrementa la investigación y el desarrollo de distintos sistemas para la captación y aprovechamiento de la energía solar, la cual es abundante, universal y no requiere de transporte, aunque también intermitente y difusa, por lo que su explotación presenta algunas dificultades.

La portadora de la energía solar es la radiación, la cual está formada por rayos luminosos visibles, ultravioleta e infrarrojos; así, el 9% de los rayos solares se encuentra en el intervalo de calor. La intensidad de radiación en la superficie del sol, a 6000°C, está comprendida entre 70.000 y 80.000 KW/m²; a la tierra llegan unos 180 billones de KW, miles de veces más que la cantidad de energía necesaria para nuestra civilización.

Palabras Claves

Energías alternativas
Energía solar
Termosifón
Colectores solares

Las aplicaciones óptimas de la energía solar se derivan de la conversión fototérmica: el calentamiento de agua para consumo doméstico, procesos de secado, destilación de agua, calefacción y enfriamiento de ambientes, así como producción de electricidad.

En este artículo se hace énfasis en las aplicaciones fototérmicas de la energía solar, analizando el colector como medio de captura de la radiación del sol, y describiendo sus aplicaciones en el

* Ingeniero Electrónico Universidad Distrital F.J.C., docente adscrito a la Facultad Tecnológica de la Universidad Distrital.

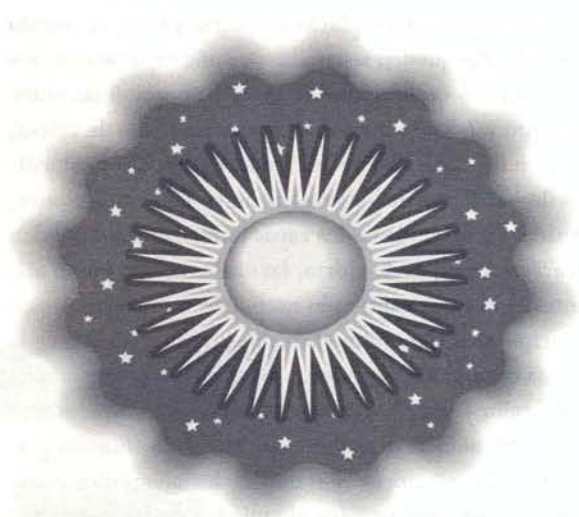
calentamiento de agua mediante los sistemas de termosifón y con bomba de circulación; también se presentan el concentrador heliotérmico y el tubo de calor, se describe la normatividad técnica que en nuestro medio ha expedido el ICONTEC y las perspectivas de investigación tecnológica que ofrece este campo de la física aplicada.

2. La Energía Solar

En el borde exterior de la envoltura de aire de la tierra el flujo de radiación es de $1,394 \text{ KW/m}^2$. A este valor se le denomina *constante solar*. Al atravesar la atmósfera, gran parte de esta radiación queda absorbida, por lo que la superficie terrestre al nivel del mar recibe entre 0.855 y 1.00 KW/m^2 de energía directa por este fenómeno. La duración de la insolación y la intensidad de la radiación dependen de las condiciones del tiempo y de la situación geográfica. Para la sabana de Bogotá, estos datos fueron obtenidos a partir de instrumentos ubicados en la granja Providencia, mediante estudios llevados a cabo por la Universidad Nacional de Colombia¹.

El brillo del sol se denomina *radiación directa*; una parte de ella, al atravesar la atmósfera, incide sobre diversas partículas que flotan en el aire y se dispersa, conformando la *radiación difusa*, la cual se distribuye de forma muy variable por toda la semiesfera celeste y siempre es más débil que la radiación directa. Sin embargo ella también puede aprovecharse termotécnicamente; incluso en días nublados puede alcanzar una potencia de 50 a 100 W/m^2 , sin tener una dirección de propagación determinada sino procediendo de todas las direcciones del espacio.

La suma de las radiaciones directa y difusa constituye la *radiación global*, la cual es uno de los valores más importantes de la observación meteorológica. Conociendo los valores de estos tipos de radiación, para una posición geográfica determinada puede determinarse la orientación óptima de un edificio y el ángulo de inclinación



óptimo de los colectores solares. Para la sabana de Bogotá se ha obtenido que el valor medio anual de radiación solar es de $4.65 \text{ KW/m}^2/\text{diario}$.

Un dato de interés es el número de horas de sol al año, que es dependiente de la situación geográfica y de las condiciones climatológicas. La intensidad de radiación y la duración anual de la insolación determinan la cantidad de energía de que se dispone para una posición geográfica determinada.

3. Colectores Solares

Un cuerpo sometido a los rayos solares puede reflejarlos, dejarlos pasar o absorberlos. Cada cuerpo tiene sus propios coeficientes de reflexión, transmisión y absorción, los cuales expresan su comportamiento frente a los rayos incidentes. Los coeficientes dependen de los parámetros del material, como la estructura molecular, las características de la superficie, el color y otros. Tales coeficientes también son distintos para las diversas longitudes de onda de la radiación incidente; por ejemplo, el agua sometida a los rayos del sol en un depósito o en un tubo de color oscuro se calienta con gran rapidez.

¹ González, B.F. Régimen de Radiación Solar en la Sabana de Bogotá., Universidad Nacional de Colombia, Departamento de Física, Tesis de Magister, Bogotá, 1984

Al disponer de cinco placas de vidrio plano, de modo que cada dos queden separadas por una capa de aire, los rayos solares de longitud de onda comprendidas entre 0.25mm y 2.5 mm pueden atravesar las placas de vidrio, pero en las capas de aire se convierten en rayos caloríficos de 4 a 70 mm de longitud de onda. Estas radiaciones, situadas en la banda de los rayos infrarrojos, no pueden atravesar las capas de vidrio, las cuales actúan como aislantes, y el calor capturado no puede ya escapar. A este principio se le denomina *efecto invernadero*. Si detrás de la última capa de aire se coloca una placa oscura absorbente del calor y se aísla térmicamente el conjunto, el aparato así obtenido se denomina colector heliotérmico plano. Así, los colectores son uno de los elementos constructivos más importantes de muchas de las instalaciones que funcionan con energía solar.

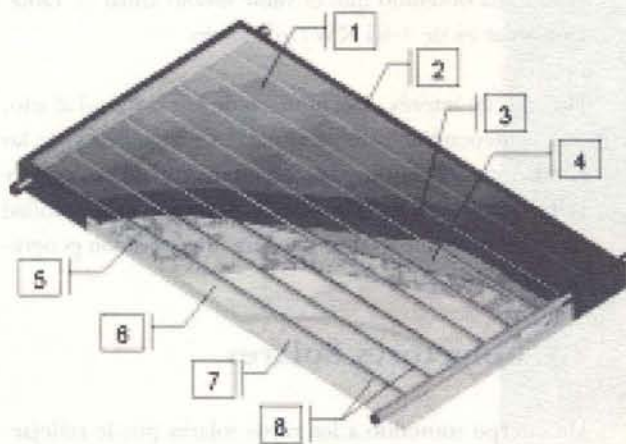


Figura 1. Colector Solar

1. Cristal Triple
2. Marco de aluminio anodizado
3. Pintura negra termoesistente
4. Aletas de cobre
5. Refractante Térmico
6. Aislante de poliuretano
7. Cobertor trasero de zincalum
8. Cañerías de cobre.

En la Figura 1 se presenta la estructura de un colector plano; este puede alcanzar temperaturas relativamente altas que dependen de diversos factores climatológicos y de construcción. De hecho, la energía solar incidente sólo puede aprovecharse en parte; otra se pierde por la reflexión, absorción o por falta de estanquidad de los elementos constructivos. Estas pérdidas del colector pueden ser ópticas o térmicas.

La relación entre la energía de radiación incidente y la energía térmica realmente aprovechada da el rendimiento del colector.

La máxima temperatura que puede alcanzarse con un colector se logra cuando no se le extrae ningún calor útil a través de un medio portador de calor. Esta es la temperatura de funcionamiento en vacío. De acuerdo con la concepción y calidad del colector solar y la intensidad de la radiación incidente se pueden obtener distintos márgenes de temperatura. Por ejemplo, con una radiación incidente de $800 \text{ Kcal/m}^2\cdot\text{h}$ un colector dotado de un solo vidrio puede alcanzar 100°C en vacío; si lleva tres vidrios alcanza 190°C , luego el número de vidrios incrementa la cantidad de energía captada, pero con más de tres vidrios se aumentan las pérdidas por reflexión y absorción.

El rendimiento de un colector puede aumentar por medio de un tratamiento especial de los vidrios planos y de las superficies de absorción (revestimiento selectivo); uno que trabaje con un rendimiento del 50 al 80 % puede considerarse normal. El calor capturado por la superficie absorbente se transporta al acumulador, o directamente al punto de utilización por medio de un transportador de calor; este medio, que refrigera constantemente al colector, puede ser aire, agua o aceite, por lo cual puede hablarse de colectores de aire y de líquido. Los colectores planos pueden transformar en calor tanto la radiación directa como la difusa, luego un colector plano puede calentar agua hasta un buen nivel de temperatura en un día opaco.

4. Especificaciones Técnicas de un Colector Solar Plano

Al hacer la elección de un colector solar para una aplicación específica se debe tener claridad sobre el nivel de temperatura que se desea obtener. Para temperaturas muy elevadas deben considerarse los colectores concentradores; para la producción de agua caliente sanitaria, calefacción de piscinas ó de locales bastan los colectores planos. A nivel industrial se fabrican principalmente colectores planos de medio líquido. Las características generales de calidad (rendimiento, aislamiento térmico, temperatura de funcionamiento en vacío, entre otras) para una colector comercial marca *Soladur* se presentan en la Tabla 1.

TIPO	200	300	400	500
Largo (mm)	2000	3000	4000	5000
Ancho (mm)	1200	1200	1200	1200
Grosor (mm)	5,5	5,5	5,5	5,5
Superficie (m ²)	2,40	3,60	4,80	6,0
Peso en vacío (kg)	6	8	11	13
Peso lleno (kg)	12	17	27	28
Presión de funcionamiento (bar) máx.	1,0	1,0	1,0	1,0
Flujo aprox. l/m ² h	100	100	100	100
Caudal aprox. l/h	240	360	480	600
Temperatura sin circulación aprox. máx. C	80	80	80	80
Resist. a la circulación para 100 l/m ² h en m	0,010	0,015	0,025	0,04

Tabla 1. Especificaciones Técnicas Colector Solar Plano

5. Sistemas de Calentamiento de Agua con Energía Solar

Los dos sistemas de producción de agua caliente más utilizados actualmente se diferencian en el modo de circulación de agua en el colector solar. En ciertas condiciones, el movimiento del agua entre el colector y el depósito puede producirse por el efecto de termosifón o con ayuda de una bomba de impulsión. En las Figuras 2 y 3 se presenta el diagrama esquemático y una fotografía del sistema de circulación por termosifón, el cual parte del principio físico que afirma que a igualdad de volumen el agua caliente es más ligera que el agua fría y que

calentando una cierta cantidad de agua se puede conseguir la circulación del agua de un circuito.

Este principio puede aprovecharse para la producción de agua caliente con la energía solar. Gracias a la incidencia de las radiaciones solares una parte de agua del circuito del colector se calienta, se desplaza hacia arriba, y la parte más fría se mueve hacia abajo, lo cual permite un constante movimiento del agua sin la ayuda de bombas. Para asegurar este tipo de circulación los depósitos de agua deben estar como mínimo 60 cm. más altos que el borde superior del colector. Una instalación para la producción de agua caliente por el principio del termosifón puede trabajar en circuito cerrado o en circuito abierto.

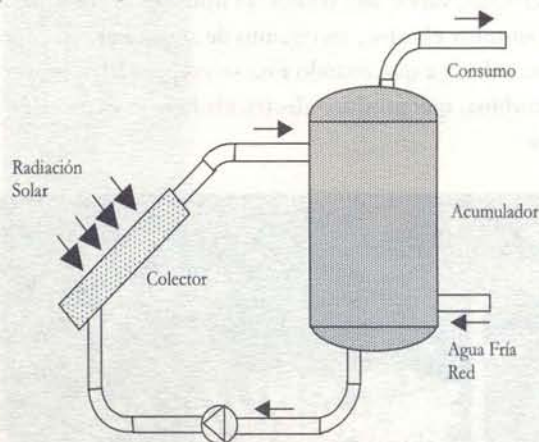


Figura 2. Producción de Agua Caliente con circulación por termosifón



Figura 3. Instalación de Sistema de Producción de Agua Caliente con Circulación por Termosifón

6. Producción de Electricidad con Energía Solar Térmica

Existen dos modos de producir electricidad por energía solar térmica: de *alta* o de *baja concentración*. Los dispositivos de alta concentración son las llamadas *centrales de torre*. En ellas la radiación solar se capta por un campo de heliostatos (espejos que siguen el movimiento solar durante el día gracias a un control por computador). Los espejos son curvos y reflejan la luz del sol concentrándola en un único punto de la torre llamado *foco*; este es en realidad un receptor formado por un conjunto de tubos metálicos o cerámicos por los cuales circula un fluido: agua, vapor, aire o sales. El fluido es el encargado de transmitir el calor; un circuito de agua es el receptor de ese calor, ya que cuando ésta se evapora hace mover una turbina, que produce electricidad gracias a un alternador.

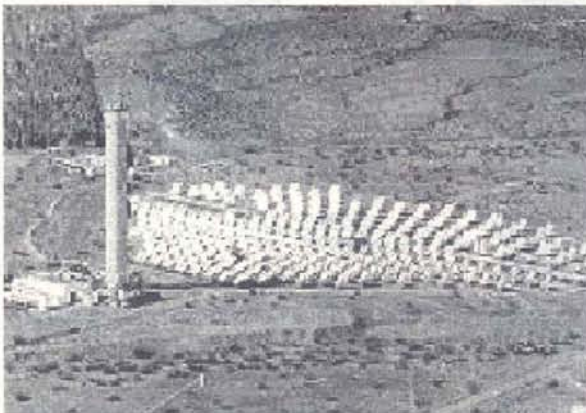


Figura 4. Planta Generadora de Electricidad Mediante Sistemas de Heliostatos y Torre Concentradora

La inversión de este tipo de centrales es muy elevada, pero es de esperar que las investigaciones reduzcan su monto, mediante el desarrollo de heliostatos más baratos, de receptores volumétricos.

Otra variedad de centrales solares térmicas de alta concentración son los llamados *discos parabólicos*; ellos son espejos con forma de parábola que también se mueven con el sol y concentran la energía solar en el foco, siguiendo al disco en el cual está situado el receptor. En la

Figura 4 se muestra un sistema de espejos concentradores para propósitos de generar electricidad.

Los dispositivos de baja concentración son algo diferentes. En este caso se trata de un conjunto de colectores cilindro parabólicos que también se mueven con el sol, concentrando la radiación en un foco por el cual circula un fluido, que se calienta y hace mover una turbina que, por medio de un alternador, produce electricidad. Este tipo de centrales solares térmicas son mucho más eficaces que las de heliostatos y torre concentradora, al ser menos complicadas, requerir una menor inversión (resultado de las menores distancias espejo-foco) y ser más fáciles de operar; también son centrales que ocupan un espacio más pequeño y que presentan ventajas frente a los discos parabólicos.

En ambos casos (alta o baja concentración) generalmente la energía calorífica solar se transforma en energía eléctrica, aunque existe la posibilidad de almacenar calor en tanques de sales fundidas para ser utilizado posteriormente.

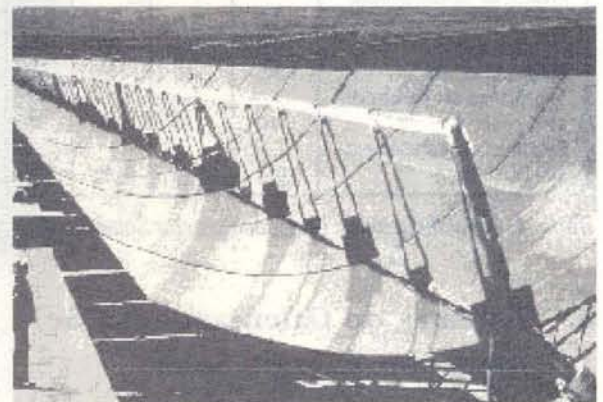


Figura 5. Concentrador Solar para Producción de Electricidad

7. Aplicaciones a Nivel Industrial y Campos de Investigación de la Energía Solar

Una de las aplicaciones industriales más espectaculares de la energía solar térmica son los hornos solares. Se

trata de un conjunto de heliostatos que se mueven con el sol y reflejan las radiaciones en un foco en el cual se pueden alcanzar temperaturas increíbles, del orden de los 3000°C. Estos equipos presentan utilidad en campos tan variados como la medición de la resistencia de materiales (especialmente metálicos y cerámicos), la obtención de fibras de alta dureza, la prueba de reacciones químicas, la simulación de los efectos de una explosión nuclear, y la industria aeroespacial, entre otras aplicaciones. Este tipo de energía solar ha permitido un gran avance en el campo de la termomecánica.

También la llamada *química solar* despierta un interés muy importante a nivel industrial. Muchas reacciones químicas se desarrollan a altas temperaturas (en general, superiores a los 800°C): obtención de hidrógeno, detoxificación de residuos orgánicos tóxicos, etc. Otra interesante aplicación industrial de la energía solar es la desalinización del agua de mar para la obtención de agua potable; normalmente este tipo de plantas utilizan la energía solar para calentar el fluido necesario para desalinizar, cuando hasta ahora para esta operación se utilizaban combustibles fósiles.

8. Panorámica Local

En el campo de las aplicaciones fototérmicas Colombia es líder suramericano en cuanto a fabricación de colectores solares para calentamiento de agua para uso doméstico y para calefacción de piscinas. En Bogotá se encuentran los centros experimentales *Gaviotas* y la granja *Providencia*, entre otros, cuyos gestores han aportado su conocimiento y experiencia para que el ICONTEC adop-

te las normas internacionales relacionadas con colectores solares a nuestro entorno. Así, pueden citarse las siguientes normas técnicas colombianas:

- Norma Técnica NTC 3507: desarrolla la conceptualización de la energía solar y la instalación de sistemas domésticos de agua caliente que funcionan con energía solar; contiene definiciones, requisitos generales, procedimiento de montaje del colector, tanques de almacenamiento, tubería, líquidos por transferencia de calor e intercambio de calor.
- Las normas NTC 2461, NTC 2774 y NTC 1736: establecen especificaciones de los materiales empleados para fabricación de colectores solares, así como métodos de ensayo a los cuales estos deben someterse.

9. Conclusiones

Las aplicaciones fototérmicas de la energía solar se constituyen en una de las áreas en las cuales ha habido un buen nivel de actividades de investigación y desarrollo en nuestro país. Como resultado de esta experiencia específica la normatividad desarrollada por el ICONTEC se constituye en un modelo de *tropicalización* desarrollado en las granjas experimentales *Providencia* y las *Gaviotas*, ubicadas en la sabana de Bogotá.

Un buen número de microempresas desarrollan proyectos para instalación de sistemas de calentamiento de agua para consumo doméstico y calefacción de piscinas; como ejemplo funcionan en Bogotá los montajes de Ciudad Tunal y Ciudad Salitre, entre otros.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- GONZALEZ S. B.F. *Régimen de Radiación Solar en la Sabana de Bogotá*. Universidad Nacional de Colombia, Departamento de Física, Tesis de Magister, Bogotá, 1984
- SABADY. Robert. *Práctica de la Energía Solar*, Ed. CEAC, Barcelona, 1986
- Motor de búsqueda <http://google.com>, octubre de 2001