

Una fuente de energía inagotable y no contaminante: el Sol

Por Andrés ARRIBI LOPEZ (*) y Fernando HERNANDEZ GUARCH (**)

INTRODUCCION

En las sociedades industrializadas, el consumo de energía aumenta de un modo alarmante. Los precios del petróleo no cesan de subir y las disponibilidades de combustibles fósiles (petróleo y carbón) serán cada vez menores. La energía nuclear viene a paliar esas necesidades, pero entraña un grave riesgo para la población y los fallos en una instalación de este tipo suelen tener consecuencias fatales e irreparables. Todas estas formas de energía son además contaminantes del medio ambiente.

Por estas y otras razones, el hombre ha de buscar nuevas fuentes alternativas de energía.

Con el presente trabajo pretendemos divulgar una serie de aplicaciones y tecnologías de la energía solar para que puedan ser fácilmente comprendidas por las mentes a que nos dirigimos, al mismo tiempo que cubrir un hueco que los actuales planes de estudio han olvidado en los programas del B. U. P.

LA ENERGIA SOLAR ES INAGOTABLE Y NO CONTAMINANTE

La energía consumida en USA en 1970 fue igual a la energía del Sol recibida por una superficie equivalente al 0,15 por 100 de la total de este país. Suponiendo que esa energía hubiese sido utilizada con un rendimiento del 10 por 100, USA se habría abastecido de energía cubriendo con colectores solares un 1,5 por 100 de su superficie. Esta energía habría sido, además, no polucionante.

Entre las aplicaciones más importantes de la energía solar tenemos: 1) La calefacción y refrigeración de edificios. 2) La conversión química y biológica de materias orgánicas en combustibles líquidos, sólidos y gaseosos. 3) La generación de electricidad. 4) La obtención de agua potable.

En USA, el 25 por 100 de la energía total consumida (nos referimos al año 1972) lo fue en calefacción, aire acondicionado y agua caliente. La mitad de esta energía podría haber sido solar y a un coste competitivo con los combustibles fósiles, y habría reducido el consumo de los mismos en un 12 por 100 aproximadamente.

El Sol es una esfera gaseosa a muy alta temperatura, de un diámetro de $1,39 \times 10^6$ km. y situada a

una distancia de $1,5 \times 10^8$ km. Gira sobre su eje aproximadamente una vez cada cuatro semanas.

La superficie del Sol se encuentra a una temperatura efectiva de 5.762°K . La temperatura aproximada en el núcleo se calcula entre 8×10^6 y 40×10^6 K, siendo su densidad de unas cien veces la del agua. El Sol es, en efecto, un reactor de fusión continuo, constituido por gases sostenidos por la fuerza de la gravedad.

La energía radiada por el Sol se produce en el interior de la esfera solar, transmitiéndose a la superficie y siendo posteriormente radiada al espacio.

Para muchos fines es suficiente considerar el Sol como un cuerpo negro emitiendo aproximadamente a 5.762°K .

La constante solar es la energía del sol, por unidad de tiempo, recibida sobre la unidad de área de una superficie perpendicular a la dirección de propagación de la radiación extraterrestre, en una distancia promedio anual Tierra-Sol. Las mediciones directas más recientes dan como valor para esa constante 1.353 W/m^2 ($1940 \text{ Cal/cm}^2 \text{ min.}$).

Radiación directa es la radiación solar recibida desde el Sol sin cambio de dirección.

Radiación difusa es la radiación solar recibida desde el Sol después de que la reflexión y la difusión por la atmósfera hayan cambiado su dirección.

ATENUACION DE LA RADIACION DIRECTA

La cantidad de energía radiante recibida en la superficie de la Tierra procedente del Sol, no es constante, debido a: 1) Variaciones en la distancia Tierra-Sol. 2) Variaciones en la difusión debida a las moléculas de aire, vapor de agua y polvo, y 3) Variaciones en la absorción atmosférica por O_2 , O_3 , H_2O y CO_2 .

La radiación normal incidente en la atmósfera terrestre, tiene una distribución espectral indicada en la figura 1.

(*) Profesor agregado de Física y Química del I. B. «Isabel de España», de Las Palmas de Gran Canaria.

(**) Profesor agregado de Matemáticas del I. B. «Tomás Morales» de Las Palmas de G. Canaria.

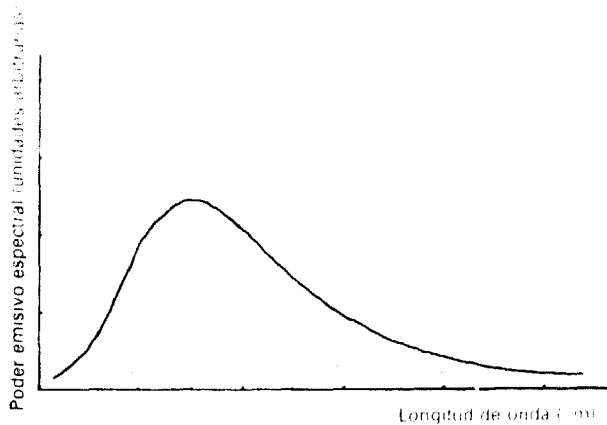


FIGURA 1.—Distribución espectral de la radiación solar normal incidente en la atmósfera terrestre.

Los rayos X y otras radiaciones de onda corta del espectro solar son absorbidos en gran proporción en la ionosfera por el N_2 , O_2 y otros componentes atmosféricos; la mayor parte del ultravioleta queda absorbido por el ozono. Así, desde el punto de vista de aplicaciones terrestres de la energía solar, sólo hace falta considerar la radiación de longitudes de onda entre 0,29 y 2,5 μm . Esta radiación se transmite a través de la atmósfera, sufriendo atenuaciones debidas a la difusión y absorción.

En el ultravioleta, la absorción se debe principalmente al ozono, siendo casi total por debajo de 0,29 μm .

En el infrarrojo, la absorción se debe principalmente al vapor de agua y dióxido de carbono, siendo casi total por encima de 2,3 μm .

Los componentes de la atmósfera esparcen una parte de la radiación solar y algo de esta radiación esparcida llega al suelo. Así, siempre hay algo de radiación difusa aún en momentos de cielos muy claros. Con cielo muy nuboso toda la radiación que llega al suelo será difusa.

DISPONIBILIDAD DE ENERGÍA SOLAR. INSTRUMENTOS PARA MEDIRLA

Para el diseño y aplicaciones solares pueden usarse medidas de la radiación tomadas en la localidad en cuestión o pueden hacerse cálculos aproximados de la radiación solar a partir de datos meteorológicos.

Para llegar a formulaciones útiles y poder conocer la energía disponible en un proceso solar hay que conocer los métodos de medición de la radiación solar, la naturaleza de los datos disponibles y la manipulación de dichos datos.

Hay varias formas de usar los datos sobre radiación solar. Una es utilizar el término medio de energía solar disponible para calcular el rendimiento medio de un proceso. Puede haber así serios errores. Otra es usar datos horarios o diarios del lugar en cuestión, y sobre esta base estimar el rendimiento futuro. Este método se utiliza en general en simulación de procesos. Un tercer método es reducir los datos de radiación por tratamiento estadístico para predecir el rendimiento del proceso.

Las medidas de la radiación solar se refieren a la energía por unidad de tiempo y unidad de área sobre una superficie horizontal. Los instrumentos para estas mediciones convierten la radiación en alguna

otra forma de energía y facilitan una medida del flujo de energía producido por la radiación. La unidad de medida es el langley (1 cal. cm^2).

Los informes meteorológicos utilizan varios términos que son de interés para la comprensión del tema que estamos tratando.

Pirheliómetro es un instrumento que mide la radiación solar directa de una pequeña parte del cielo.

Piranómetro es un instrumento que mide la radiación solar (directa y difusa) de todo el hemisferio.

Los piranómetros más corrientes se basan en la detección de la diferencia de temperaturas entre superficies negras, mediante pares termoelectrónicos, que dan señales de milivoltios que pueden medirse e integrarse sobre un tiempo.

Además de las mediciones de radiación está extendido el uso de instrumentos para registrar la duración del Sol brillante. El más antiguo utiliza una lente esférica que produce una imagen del Sol sobre un papel sensible, que se quema cuando la radiación directa está por encima de un nivel crítico. Las longitudes de las zonas quemadas del papel proporcionan un índice de la duración del Sol.

Existen datos disponibles sobre radiación solar que son útiles a la hora de predecir las zonas de aplicaciones potencialmente mejores, para el aprovechamiento de la energía solar.

CAPTACION DE LA ENERGÍA SOLAR. COLECTORES PLANOS Y CONCENTRADORES

El tipo de aparato que ha de usarse para captar la energía solar depende, en principio, de la aplicación que de ella vaya a hacerse. Los colectores planos se usan para obtener agua caliente y en calefacción de edificios, pero no pueden suministrar temperaturas superiores a 60 °C. Si se desean temperaturas más elevadas hay que utilizar colectores de concentración. Si lo que deseamos es convertir directamente la energía solar en energía eléctrica, necesitaremos células fotovoltaicas, ya sea con concentradores o sin ellos. Para decidir la clase de colector que ha de usarse para cada aplicación específica hay que tener en cuenta, fundamentalmente, los factores económicos.

Un colector plano consiste en una caja paralelepípedica aplastada cuyo fondo es una placa negra y su parte superior un vidrio o plástico transparente a la luz solar, estando aislados el fondo y los laterales de la caja por su parte exterior (véase fig. 2).

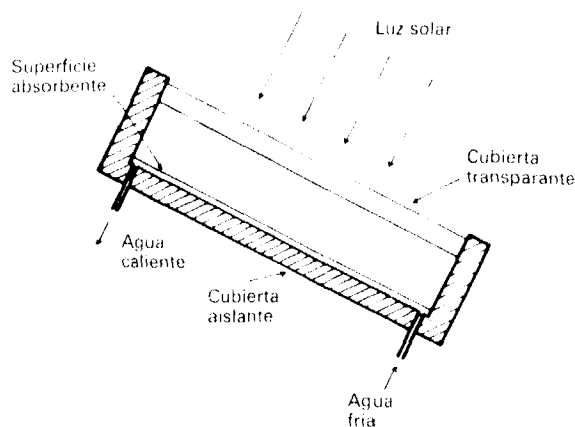


FIGURA 2.—Colector solar plano.

La placa negra se calienta al absorber la radiación solar y emite radiación infrarroja, a la cual es opaca la cubierta del panel solar. De esta forma hay una ganancia de calor que es absorbido por un fluido (agua o aire) que circula en contacto con el fondo negro. Este fenómeno se conoce con el nombre de efecto invernadero y es aplicado y conocido desde los tiempos más remotos de la antigüedad.

En ciertos países de clima templado húmedo o frío (Galicia), las construcciones de galerías proporcionan con este efecto un caldeo general en las casas a que pertenecen, paliando en buena medida el problema de la calefacción doméstica.

Interesa que el aprovechamiento de la radiación solar sea máximo. Para ello los colectores han de orientarse hacia el sur y con una inclinación que depende de la latitud del lugar y de que sea invierno o verano.

Para generar energía eléctrica de un modo eficiente y para secados en la industria y la agricultura, así como en otras aplicaciones en las que se necesitan temperaturas superiores a los 120 °C, hay que usar concentradores solares.

Un método de concentrar la luz del Sol es utilizando una lente. Todos hemos quemado trocitos de papel o madera de esta forma. Sin embargo, para concentrar grandes cantidades de energía solar, harían falta lentes enormes que, por lo mismo, son inviables.

Se emplean, en cambio, sistemas reflectores. Para altas concentraciones se usan espejos en forma de paraboloides, que concentran la energía solar en un foco. Para concentraciones medias se usan espejos parabólicos cilíndricos, que concentran la energía solar en su eje focal. En ambos casos se necesitan importantes estructuras de soporte y servosistemas de seguimiento respecto al Sol.

Evidentemente, con los concentradores solares no pueden obtenerse temperaturas superiores a la del Sol. Pero debido a la atenuación producida por la atmósfera y a otras causas, las temperaturas que se obtienen en los hornos solares son de aproximadamente 3.500 °C.

CALEFACCION DE CASAS Y EDIFICIOS

La creciente demanda de los combustibles fósiles y de otras fuentes convencionales de energía harán que en los próximos años la energía solar tenga un papel preponderante en lo que se refiere a calefacción, aire acondicionado y agua caliente para edificios.

Un sistema solar típico utiliza colectores planos situados sobre el tejado de la casa, usando como fluido agua o un líquido anticongelante si el clima es muy frío en invierno. El agua muy caliente se almacena en un depósito convenientemente aislado y el agua templada sigue recirculando hacia el colector. El agua caliente puede usarse directamente o bien para caldear habitaciones.

Los colectores planos pueden usarse para calentar aire directamente. El inconveniente más grave es el almacenamiento de este aire caliente, que requiere materiales porosos y depósitos de un volumen mucho mayor que en el caso del agua.

En Francia se ha puesto a punto un sistema económicamente atractivo que consiste en pintar de negro y cubrir de vidrio las paredes orientadas al sur. El sol calienta la pared y el aire circula por convección natural a través de dos trampillas situadas en las partes

baja y alta de la habitación. La pared negra sigue radiando calor aun después de ocultarse el sol. En verano, la trampilla superior se cierra, abriéndose otra hacia el exterior, por donde sale el aire de la habitación, que así se mantiene fresca.

La técnica más simple para calentar y enfriar una casa es disponer en su terraza una piscina con cubiertas aislantes. El agua está contenida en bolsas de plástico. En invierno el agua se calienta hasta unos 30° C durante el día. De noche se cubre la piscina para evitar pérdidas. En verano se cubre de día y se abre de noche, enfriándose el agua por radiación hacia el exterior. Con este sistema en Phoenix (Arizona) se mantenían temperaturas de unos 20° C aun cuando las temperaturas ambiente alcanzaran los 42° C. La piscina utilizada tenía 3 × 3,5 m².

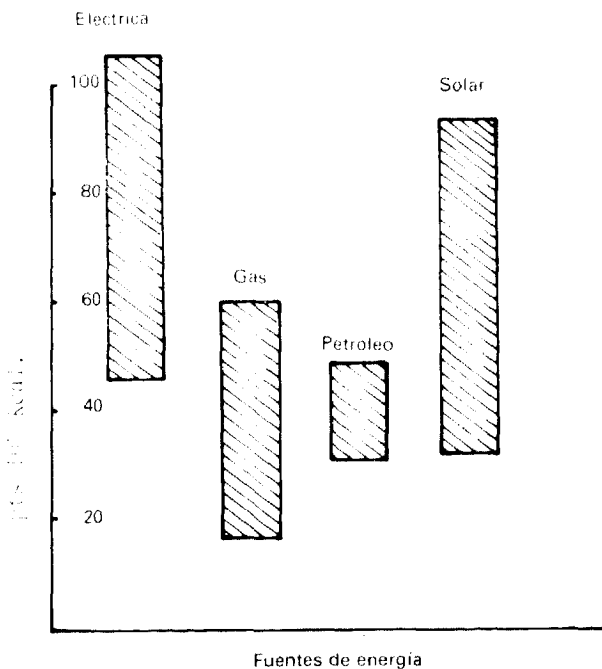


FIGURA 3.—Coste de la energía calorífica obtenida de distintas fuentes de energía.

Como puede apreciarse en la figura 3, es más barato el calor por energía solar que por energía eléctrica y más caro que por gas o petróleo.

Puesto que los precios del gas y del petróleo aumentan de un modo continuo y la tecnología para aprovechamiento de la energía solar avanza cada día, los sistemas solares de calentamiento serán cada vez más competitivos.

En muchos países se está imponiendo el uso de calentadores de agua por energía solar. En Japón hay más de dos millones y medio de calentadores solares de diferentes tipos que suministran agua caliente a unos 54° C en verano y a 27° C en invierno, variando su coste entre 7.000 y 14.000 pesetas aproximadamente. En U. S. A., con unos 6 m² de colectores se puede obtener el 75 por 100 del agua caliente necesaria para un apartamento. También se utilizan calentadores solares que funcionan con gas y electricidad en los períodos en que la insolación es insuficiente. El mismo sistema se usa para precalentar el agua antes de su entrada a un calentador de gas

convencional. De esta manera se reduce el consumo de gas y electricidad para calentar agua.

En Israel se habían instalado más de cien mil calentadores solares en el año 1965; los primeros fueron vendidos con tres años de garantía, que pronto fue elevada a cinco años y más.

La energía solar también se usa para tener aire acondicionado, usando calor solar para accionar un sistema refrigerador de absorción térmica. En los refrigeradores que funcionan con energía eléctrica, un compresor mantiene en circulación un vapor tal como amoníaco, que es licuado una y otra vez, absorbiendo calor de un recipiente aislado en el proceso de evaporación, que de esta forma se enfría. En la refrigeración solar el ciclo es similar, salvo que la presión se produce calentando una disolución concentrada de amoníaco para tener una elevada presión de vapor, en vez de comprimir el vapor mecánicamente.

A principios de 1960, en la Universidad de Florida se construyó y probó un sistema de este tipo para tener aire acondicionado, siendo accionado por agua calentada por calor solar a temperaturas entre 60° C y 100° C.

PRODUCCION DE ENERGIA ELECTRICA

Para convertir la energía solar en electricidad existen varias formas. Actualmente, las que más prometen desde un punto de vista tecnológico, son la conversión fotovoltaica y la conversión térmicosolar. La primera es una conversión directa de la energía solar en electricidad mediante células solares, cuyo principio de funcionamiento es el efecto fotoeléctrico. Sus principales ventajas son su elevada eficacia y su bajo mantenimiento, siendo sus más notables inconvenientes la dificultad de almacenar grandes cantidades de electricidad para uso posterior, y su elevado costo.

Existen compañías que venden pequeños módulos para energía solar que producen 1,5 W con una insolación de 100 MW/cm². La electricidad se almacena en baterías que aseguran un suministro continuo de energía en lugares remotos. Se espera que para 1990, los 14.300 MW que necesitará Arizona sean suministrados cubriendo de células solares una extensión de terreno de 500 km². Para entonces la producción de células solares será masiva y a un precio de unas 15 pts./W (Actualmente cuesta unas cien veces más).

Las dos formas principales de generar energía térmico-solar son el horno solar, en el cual la luz reflejada desde muchos lugares diferentes se concentra sobre un único cambiador de calor, y la granja solar, con gran número de reflectores lineales que enfocan la radiación solar a lo largo de tubos, que de esta forma se calienta.

La figura 4 muestra un ejemplo de horno solar. Un gran número de espejos planos cubren una gran extensión de terreno y cada uno enfoca la luz del sol hacia una caldera montada en la parte alta de una torre que se eleva desde el centro del campo de espejos, para producir vapor a alta temperatura que moverá la turbina. La caldera puede ser de acero y trabajar a 1.000° C.

En Italia se ha construido una planta de 50 KW y en Francia una de 1 MW.

Se ha propuesto una planta de energía térmico-solar de un millón de MW que cubriría unos 33.500

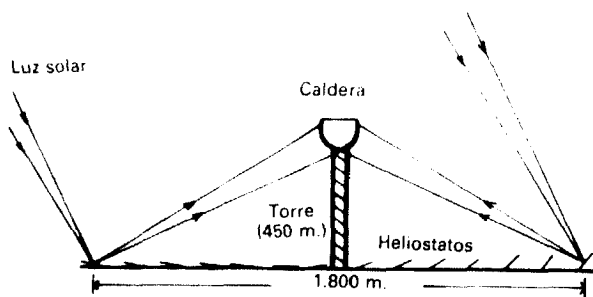


FIGURA 4.—Torre para la generación de energía térmico-solar.

Km² de desierto entre el golfo de California y Nevada. Produciría con el calor desperdiciado 190 millones de metros cúbicos de agua cada día, cantidad suficiente para cubrir las necesidades de 120 millones de personas. Usaría un metal líquido (Na ó NaK) para extraer el calor de la granja solar y almacenarlo en una mezcla eutéctica a temperaturas superiores a los 500° C. La electricidad sería producida por una turbina de vapor de alta presión, y el vapor de baja presión procedente de la turbina sería utilizado para destilar agua. El coste total del calor solar captado por esta planta se ha estimado en unas 0,20 pts. por 1.000 Kcal.

LA CASA SOLAR

Investigadores de la Universidad de Florida han construido y probado calentadores solares de agua, de aire, destiladores, acondicionadores, un refrigerador, varios hornos solares, un digeridor solar de agua de alcantarilla, paneles de células solares, varios tipos de máquinas solares accionadas por aire caliente, bombas solares de agua, un coche eléctrico-solar y una casa solar. La casa solar fue ocupada por un graduado y su esposa y usa energía solar para calefacción, agua caliente, piscina climatizada, electricidad y reciclaje de desechos líquidos con un destilador solar. Un concentrador parabólico acciona una máquina de aire caliente de 1/3 de H.P. que mueve un generador de corriente continua para cargar el automóvil eléctrico-solar y tener así transporte no polucionante.

Esto prueba que es tecnológicamente posible cubrir las necesidades energéticas de una casa usando solamente la luz del sol.

Aunque actualmente estos sistemas son más caros que los convencionales, podrán competir con ellos en un futuro próximo, dado el encarecimiento progresivo de la energía «normal».

HORNOS, SECADORES Y DESTILADORES SOLARES

En Francia se ha construido en 1950 un horno solar de 1 MW a unos 30 Km. de Andorra (fig. 5). El horno se completó en 1970 y su coste fue de unos ciento veinte millones de pesetas. Un horno similar de 70 KW se construyó en Japón. Empezó a funcionar en 1963 y produce temperaturas por encima de 3.400° C, punto de fusión del tungsteno. Incluso con luz solar débil se han fundido ladrillos refractarios. Se estudian en él las propiedades de los materiales a altas temperaturas. Un horno similar más pequeño funde materiales refractarios, en la Unión Soviética,

a temperaturas superiores a los 3.500° C y se usa para producir refractarios de alta pureza.

Los calentadores de aire solares tienen un gran porvenir en operaciones de secado en agricultura. Actualmente, en gran parte del mundo, el secado de frutos y vegetales se hace por exposición directa al sol y en condiciones primitivas. Al no haber protección contra la lluvia, el viento polvoriento y sucio, la infectación de insectos, roedores y otros animales, causan serios daños, a veces irreparables. En un mundo cada vez más hambriento es necesario encontrar formas prácticas y baratas de preservar los alimentos en condiciones sanitarias adecuadas.

En los secadores solares, el material se seca por circulación de aire caliente, que absorbe el vapor y acelera el secado. No hay exposición directa a los rayos solares, evitándose la caramelización y el daño por exceso de calor, al mismo tiempo que se consiguen colores más brillantes y mejor aspecto para los frutos y semillas que se someten a este tipo de secado.

Se han desarrollado varios tipos de secadores solares que suministran alrededor de los 40° C. Todos ellos son mucho más baratos que los calentadores solares de agua.

Para usos industriales, que requieren altas temperaturas (entre 110° C y 140° C) se usan concentradores para calentar el aire, que se almacena de un modo barato en grandes depósitos de rocas porosas.

El uso de destiladores solares para obtener agua potable a partir de agua salada o polucionada es cada vez mayor en todo el mundo. Así, por ejemplo, en la Universidad de Florida se usa un destilador para regenerar agua potable a partir de desechos líquidos domésticos. Los destiladores solares son el medio más barato para desalinizar cantidades menores que 200 m³ de agua salada por día, en zonas con una insolación razonable, y los costes de producción son de unas 70 pts./m³.

Un destilador solar es típicamente como una tienda de campaña con cubierta transparente, de plástico o vidrio, que lleva en su interior un recipiente poco profundo para el agua salada, con un fondo negro, para absorber mejor la radiación solar, que calienta el agua y la evapora, volviendo a condensarse en la parte interior de la cubierta de plástico o vidrio y corriendo hacia los bordes más bajos de la misma, donde es recogida.

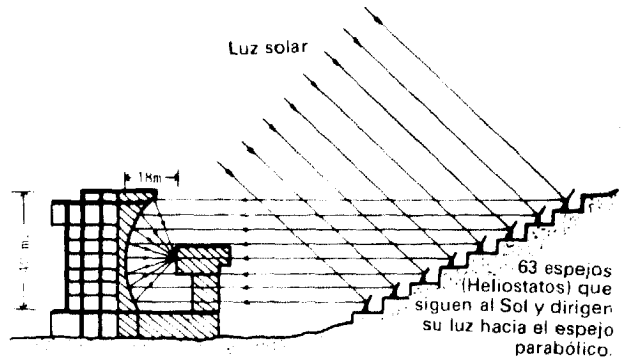
En la Unión Soviética se usan grandes destiladores solares para usos industriales y agrícolas. En 1970 se construyó un destilador en la Granja Colectiva Shafrican, en Bukhere Oblast, en la República Uzbek. El agua en esta zona no era potable, debido a su alto contenido en mineral y azufre. Con una superficie evaporadora de 585 m², el destilador produce unos 2 m³ por día, con una salida máxima de 280 l/h. entre las 2 y las 4 de la tarde, y mínima de 17 l/h. entre las 3 y las 7 de la mañana.

En muchos países se están realizando estudios para mejorar la eficiencia de los destiladores solares, que tienen un futuro muy prometedor, sobre todo en las zonas donde no llueve y el nivel freático no permite la explotación de aguas subterráneas.

EL FUTURO DE LA ENERGIA SOLAR

Muchas de las plantas que cubrieron la tierra durante millones de años, convirtiendo la energía solar en materia viva, quedaron enterradas en las entrañas

de la misma produciendo depósitos de carbón, petróleo y gas natural. En las últimas décadas el hombre ha encontrado diversos usos de estas complejas sustancias químicas, obteniendo de ellas plásticos, fibras textiles, fertilizantes y muchos otros productos de la industria petroquímica. Cada vez proliferan más



Espejo parabólico que concentra la luz solar.

FIGURA 5.—Esquema de un horno solar de 1.000 KW.

y se encuentran nuevos usos para esos productos. El carbón, el gas y el petróleo no son fuentes renovables y ciertamente tendrán un gran valor para las generaciones venideras, como lo tienen para nosotros.

Además de esos usos que contribuyen a lograr el nivel de vida de que hoy disfrutamos, el hombre agota esas fuentes de energía quemando los combustibles fósiles para hacer funcionar sus máquinas y obtener calor. Este consumo es tan increíble que en unas décadas desaparecerán las reservas mundiales de gas natural, más tarde el petróleo y en cien o doscientos años el carbón. Indudablemente, las generaciones venideras nos criticarán por haber consumido sin tasa una energía que a ellos les será preciosa y que no podrán jamás reponer.

El sol es una fuente inagotable de energía no contaminante. El desarrollo de la tecnología en todo el mundo, que hace competitiva esta fuente de energía frente a las convencionales, hará de nuestra era la «Era Solar». Debemos conservar nuestras fuentes de energía fósil y no renovable para las generaciones futuras, y vivir en un mundo de abundante energía solar y sin polución. ¡Ojalá lo consigamos!

REFERENCIAS

- WILLIAMS, J. RICHARD: «Solar Energy, Technology and Applications». Ann. Arbor Science Publishers, Inc. 1975.
THOMASON, H. E.: «Solar Houses and Solar House Models». Edmund Scientific Company, Barrington, N. J. 1972.
FARBER, E. A.: «Solar Energy, Its Conversion and Utilization». «Solar Energy», Vol. 14, 1973.
Solar Energy. The Journal of Solar Energy Science and Technology. Vol. 22, n.º 1 and 2, 1979. P. O. Box 52. Parkville, Victoria, Australia 3052.