

# ORGANIZACION LATINOAMERICANA DE ENERGIA

SECRETARIA PERMANENTE

BOLETIN ENERGETICO No. 9

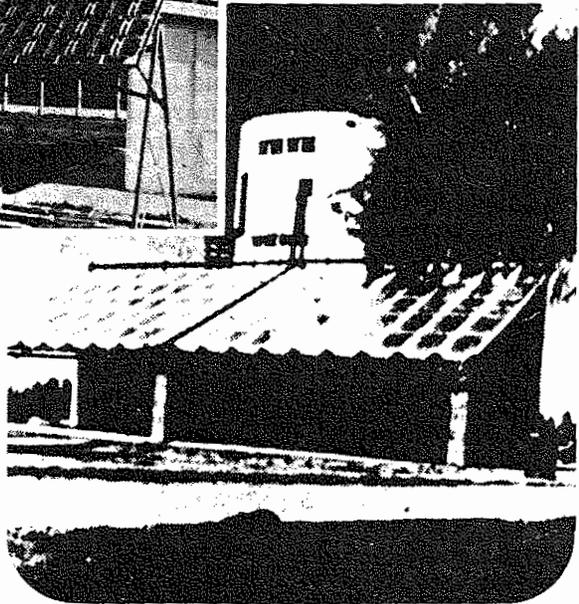
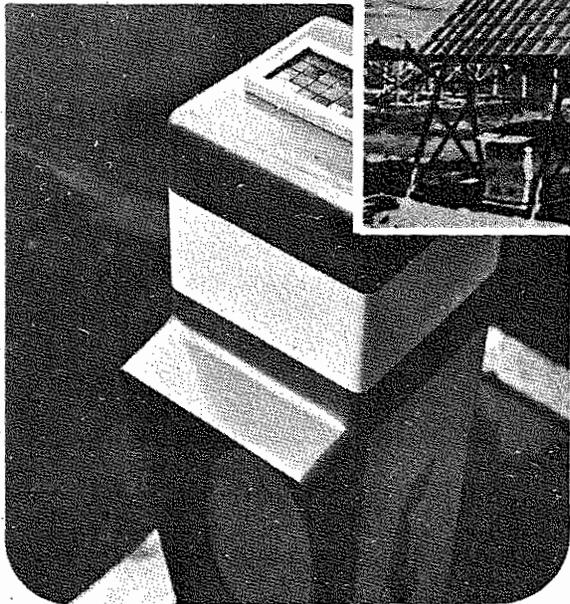
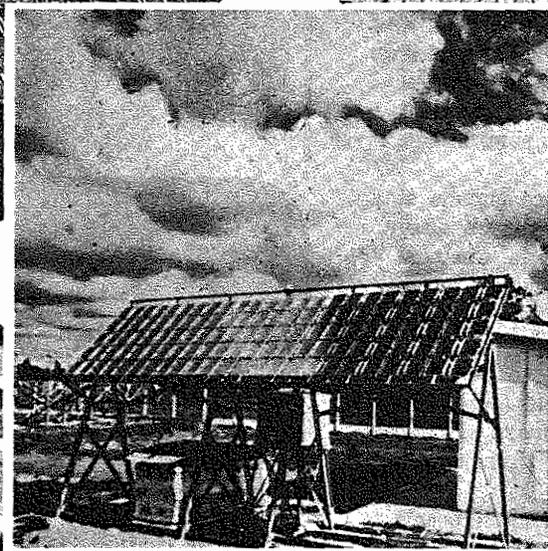
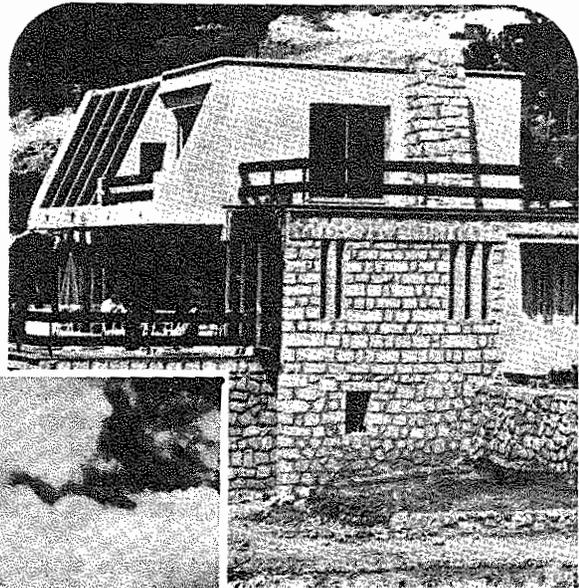
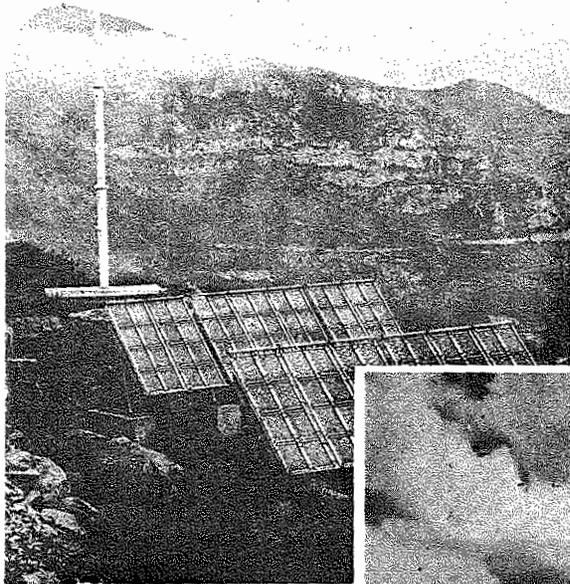
OCTUBRE/DICIEMBRE 1978



DEPARTAMENTO DE INFORMACION Y ESTADISTICA

# Colombia

## La Utilización de la Energía Solar



H. RODRIGUEZ M.

\* Grupo de Energía Solar del  
Departamento de Física de la  
Universidad Nacional:

señores Fis. Julio C. González, M. Sc. Gerardo Gordillo, Fis. Hildebrando Leal, Fis. Fabio Fonzález, Fis. Dimo García y Fis. Carlos Augusto Hernández.

#### COLOMBIA: THE UTILIZATION OF SOLAR ENERGY

This study over solar energy and its technical utilization informs over the developments reached by the research group of the Physical Department of the National University of Colombia in the application of this energy source for some thermic processes, like water heating for domestic use and destilation.

Likewise, shows the work developed in the basic instrumentation for the measuring of the solar radiation and the valuation and use of this data. It concludes with the description of the main activities for the next years.

Informe presentado en el "1er. Simposio sobre Energía Solar y sus Aplicaciones en Colombia", Mayo 18 al 20 de 1978, Bogotá.

#### RESUMEN

Se informa sobre los desarrollos logrados por nuestro grupo de investigación en la aplicación de la energía solar para algunos procesos térmicos como calentamiento de agua para uso doméstico y destilación. Además, se muestra el trabajo desarrollado en la instrumentación básica para la medición de la radiación solar y en la evaluación y empleo de estos datos. Se concluye con una descripción de las actividades centrales en los próximos años.

#### CONTENIDO

##### Introducción

1. Colectores Solares planos
2. Sistemas de calentamiento de agua para uso doméstico
3. Destiladores de agua
4. Piranómetros
5. Análisis de datos de la radiación solar
6. Trabajo futuro
7. Figuras

##### Introducción

Desde la pasada crisis energética mundial de octubre de 1973, el interés por las fuentes de energía diferentes de los combustibles fósiles ha aumentado notablemente. Una de esas fuentes de energía es la energía Solar. El sol emite energía continuamente pero su utilización técnica no es necesariamente simple y carente de problemas, ya que:

1. la densidad de energía sobre la superficie de la tierra es pequeña (ca  $1\text{kWm}^{-2}$ ) comparada con la suministrada por otras fuentes de energía
2. la energía solar utilizable en una localidad dada varía durante el año debido al movimiento de la tierra alrededor del sol y además depende de las variaciones meteorológicas, las cuales están fuera del control del hombre.

Por otro lado la energía solar tiene la ventaja de ser inagotable, gratis y no poluyente, aunque su utilización extensiva pueda tener alguna influencia sobre el clima.

Una utilización óptima de la energía solar incluye simultáneamente un empleo altamente eficiente desde el punto de vista físico y también un costo aceptable de su utilización. Esto significa un esfuerzo en mejorar los equipos que utilicen energía solar considerando el impacto que estas mejoras puedan tener en los costos.

El objeto de la presente comunicación es el de informar acerca de las actividades y logros alcanzados por el Grupo de Energía Solar del Departamento de Física de la Universidad Nacional desde marzo de 1977 (fecha de su formación) hasta la actualidad, así como también, mostrar brevemente algunas

líneas de trabajo en los próximos años.

## 1. Colectores Solares planos

Para procesos térmicos a temperaturas del orden de los 100° C, los colectores solares planos constituyen el método más simple y efectivo de utilización de la energía solar. La Fig. 1 muestra esquemáticamente un colector solar plano. Esencialmente está constituido por un absorbedor en donde la radiación solar se transforma en calor.

Con el fin de transmitir el calor del colector al acumulador se emplea un fluido, ya sea líquido o gaseoso. Para reducir las pérdidas térmicas se suele encerrar el absorbedor en una caja aislada térmicamente. La cara expuesta a la radiación se cubre con un material transparente, ya sea vidrio o plástico, lográndose de esta manera un retardo de las pérdidas por convección. Si además el material es opaco a la radiación infrarroja emitida por la superficie absorbidora se logra entonces un aumento de la temperatura de trabajo del colector. La Fig. 2 muestra el flujo de energía típico en un colector solar.

La potencia  $Q_g$  que se puede extraer de un colector solar está dada por

$$Q_g = Q_a - Q_p \quad (1)$$

en donde  $Q_a$  es la potencia absorbida y  $Q_p$  representa las pérdidas.

$Q_a$  está dada por

$$Q_a = A \cdot S \cdot \tau \cdot \alpha \quad (2)$$

en donde  $A$  es el área efectiva del colector,  $S$  la irradiación total incidente,  $\tau$  la transmitancia de las cubiertas transparentes y  $\alpha$  la absorptancia del absorbedor.

$Q_p$  se puede expresar como

$$Q_p = U_p \cdot (T_c - T_a) \cdot A \quad (3)$$

en donde  $U_p$  representa las pérdidas del colector por unidad de área por  $K$ ,  $T_c$  temperatura media del colector y  $T_a$  la temperatura ambiente.

La eficiencia está dada entonces como

$$\eta = \frac{Q_g}{AS} = \frac{\tau \cdot \alpha \cdot S \cdot (T_c - T_a)}{S \cdot U_p} \quad (4)$$

La Fig. 3 muestra la eficiencia de un colector que emplea agua como fluido de transferencia, asumiendo que  $U_p$  es constante. La Fig. 4 muestra las curvas de eficiencia para varios colectores con diferentes números de placas

de vidrio, con diferentes absorbedores y el quinto además con vacío para reducir las pérdidas por convección.

En esta figura se observa la necesidad de usar absorbedores selectivos cuando se quieren lograr temperaturas más altas que las logradas con los absorbedores negros comunes. Colectores planos con tales absorbedores selectivos son indispensables si estos se quieren emplear en sistemas tales como equipos de aire acondicionado por absorción.

El Grupo de Energía Solar del Departamento de Física de la Universidad Nacional ha desarrollado colectores de los tipos 1 y 2 y el prototipo No. 5 se encuentra entre los tipos 2 y 4. La fotografía 5 muestra este prototipo.

## 2. Sistemas de calentamiento de agua para uso doméstico

La utilización más inmediata de la energía solar es el calentamiento de agua para el uso doméstico. En este caso el sistema se compone de los colectores y del acumulador de calor. El caso más común es que se emplee el agua que va al consumidor tanto como fluido para transferir el calor del colector al acumulador como acumulador de calor sensible. Con el fin de reducir costos del sistema, se suele emplear el sistema de termosifón (Fig. 6) en el cual el agua circula por el colector gracias a la diferencia de presiones que se tiene en la parte más baja del colector como efecto de la diferencia de densidades del agua en las dos columnas producida por el calentamiento del agua en la columna que pasa por el colector. Con el fin de utilizar este efecto es necesario que la parte inferior del tanque de agua esté colocado por encima de la parte superior de los colectores.

En la Universidad Nacional hemos desarrollado varios sistemas, de los cuales el sistema No. 5 se muestra en la Fig. 7. Características de este sistema son:

Tanque:	Capacidad	200 litros
	Aislamiento:	PU, espesor 3 cm
	Resistencia eléctrica:	1.2 kW
	Tanque puede ser sometido a presión de la red del acueducto.	
Colectores:	Área efectiva	1.4 m <sup>2</sup>
	Tubería	cobre
	Dimensiones	0.83 m x 1.83 m x 0.06 m
	2 láminas de vidrio	

La resistencia eléctrica auxiliar tiene por objeto asegurar un suministro permanente de agua

caliente. Claramente el sistema total es presurizado.

### 3. Destiladores de agua

El Grupo de Energía Solar ha fabricado destiladores del sistema tradicional con un rendimiento máximo en Bogotá de  $4 \text{ lts. m}^{-2}\text{-día}^{-1}$ .

Estos destiladores están concebidos para el montaje modular (Fig. 8) y tienen un área de ca  $1.2 \text{ m}^2$ .

### 4. Piranómetros

Dentro de la instrumentación básica desarrollada hasta ahora por nuestro grupo está el piranómetro de termopila. Este instrumento está basado en la medición de la diferencia de temperaturas entre superficies negras y blancas. Mide la radiación total (directa mas difusa) hemisférica y está calibrado debidamente para dar una indicación de la energía por unidad de área y unidad de tiempo (Fig. 9)

La sensibilidad de este instrumento es de ca de  $5 \text{ micro-voltios. W}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$ .

Otro piranómetro construido por nosotros es de tipo Yellett, que tiene como elemento sensible una celda de Si monocristalina. Su respuesta es de  $1 \text{ mA.W}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$ , con una área activa de  $4 \text{ cm}^2$  (Fig. 10).

### 5. Análisis de datos de la radiación solar

Debido a la importancia que tiene para la utilización de la energía solar el análisis de los datos acerca de la cantidad, distribución y calidad de la radiación solar, se han desarrollado programas de computador que, basados en relaciones semiempíricas, permiten calcular el promedio de la radiación solar total diaria a partir de datos tales como radiación solar extraterrestre, duración de las horas de brillo solar diaria, humedad relativa y temperatura máxima. Estas fórmulas semiempíricas necesitan ser intensamente estudiadas con el fin de determinar su confiabilidad lo cual hace indispensable la utilización de instrumentos convenientes y de una recolección de datos tanto meteorológicos como de radiación solar durante varios años.

### 6. Trabajo Futuro

El Grupo de Energía Solar tiene para los próximos años las siguientes tareas:

Utilización de la Energía Solar para procesos térmicos

1. Desarrollar películas selectivas para absorbedores solares. Se utilizarán los siguientes métodos de deposición: deposición electroquímica, deposición al vacío y deposición por pulverización. Como instrumentación básica para determinar las propiedades ópticas de absorción y de emitancia de los absorbedores se está construyendo un sistema calorimétrico al vacío.

La meta es la utilización de colectores solares para sistemas de refrigeración por absorción.

2. Se montará a finales del año un banco de prueba de colectores solares con el fin de determinar la eficiencia de los mismos. El equipo básico para ello ya fue adquirido: dos piranómetros blanco y negro, dos piranómetros espectrales y un pirheliómetro de incidencia normal.

3. Se desarrollará el análisis de sistemas de utilización de la energía solar haciendo especial énfasis en la optimización equipo solar-consumidor. Para ello es necesario la introducción de datos acerca de la radiación solar, características físicas y costos del sistema.

4. Se investigará el uso de acumuladores de calor latente, sus propiedades físico-químicas y su interacción e influencia en los sistemas solares.

Utilización de la Energía Solar para la generación directa de Electricidad.

La tecnología de las películas delgadas se ha desarrollado en nuestro instituto desde comienzos de esta década. Debido a que de las celdas que pueden desarrollarse y fabricarse en Colombia solo tienen opción actualmente las que se pueden hacer mediante la tecnología de las películas delgadas, se está montando en la actualidad un sistema de evaporación de Cds y se dispone de otras dos cámaras para la evaporación del contacto inferior. Paso posterior a las instalaciones experimentales que estamos construyendo, sería el montaje de una planta piloto con una producción de  $5 \text{ m}^2 \text{ día}^{-1}$ , para lo cual se hace necesario el apoyo financiero directo del gobierno.

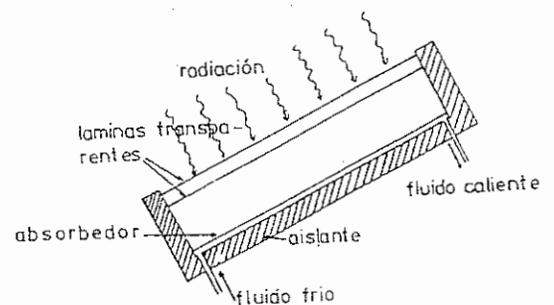


FIG. No. 1  
ESQUEMA DE UN COLECTOR SOLAR PLANO

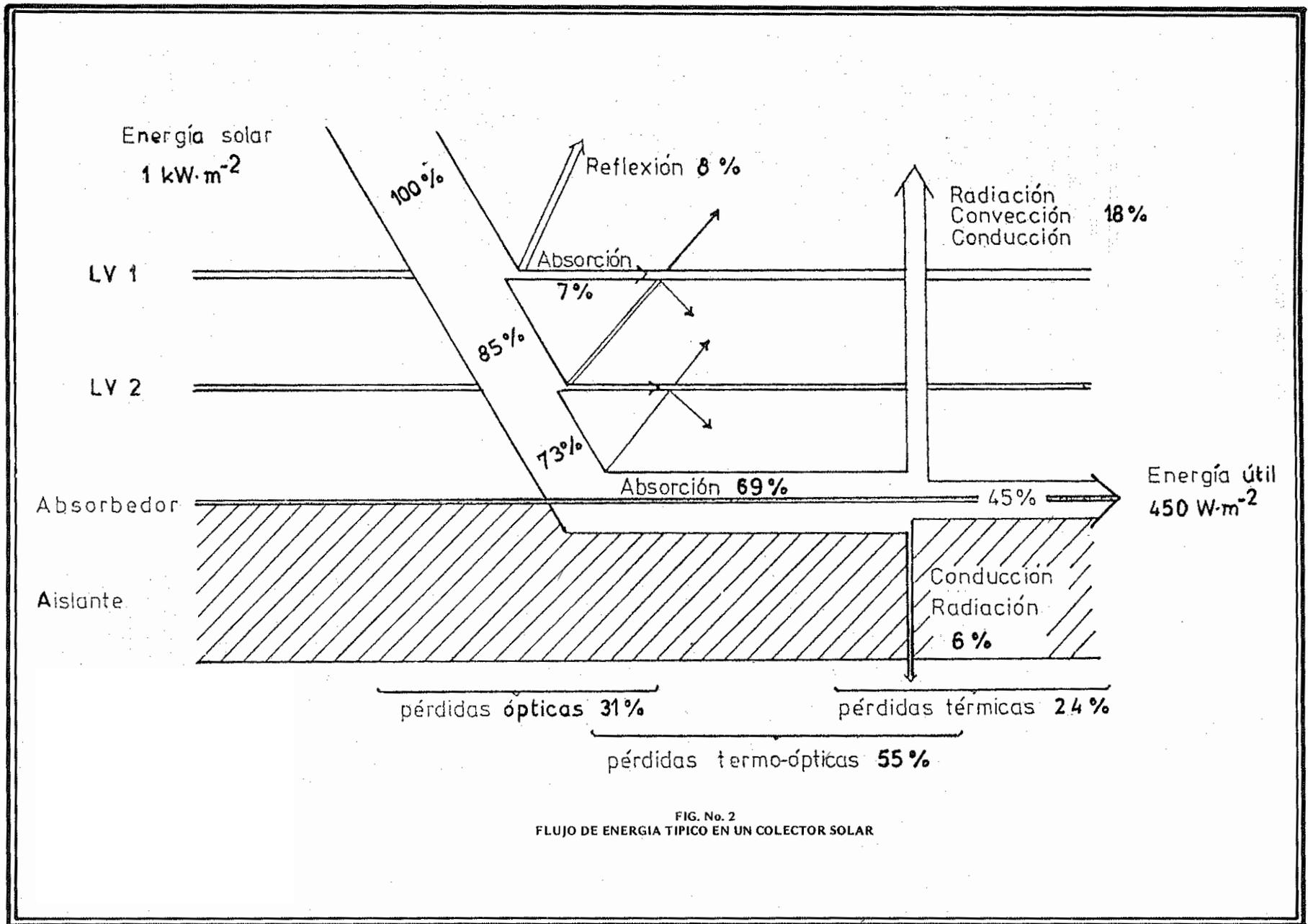
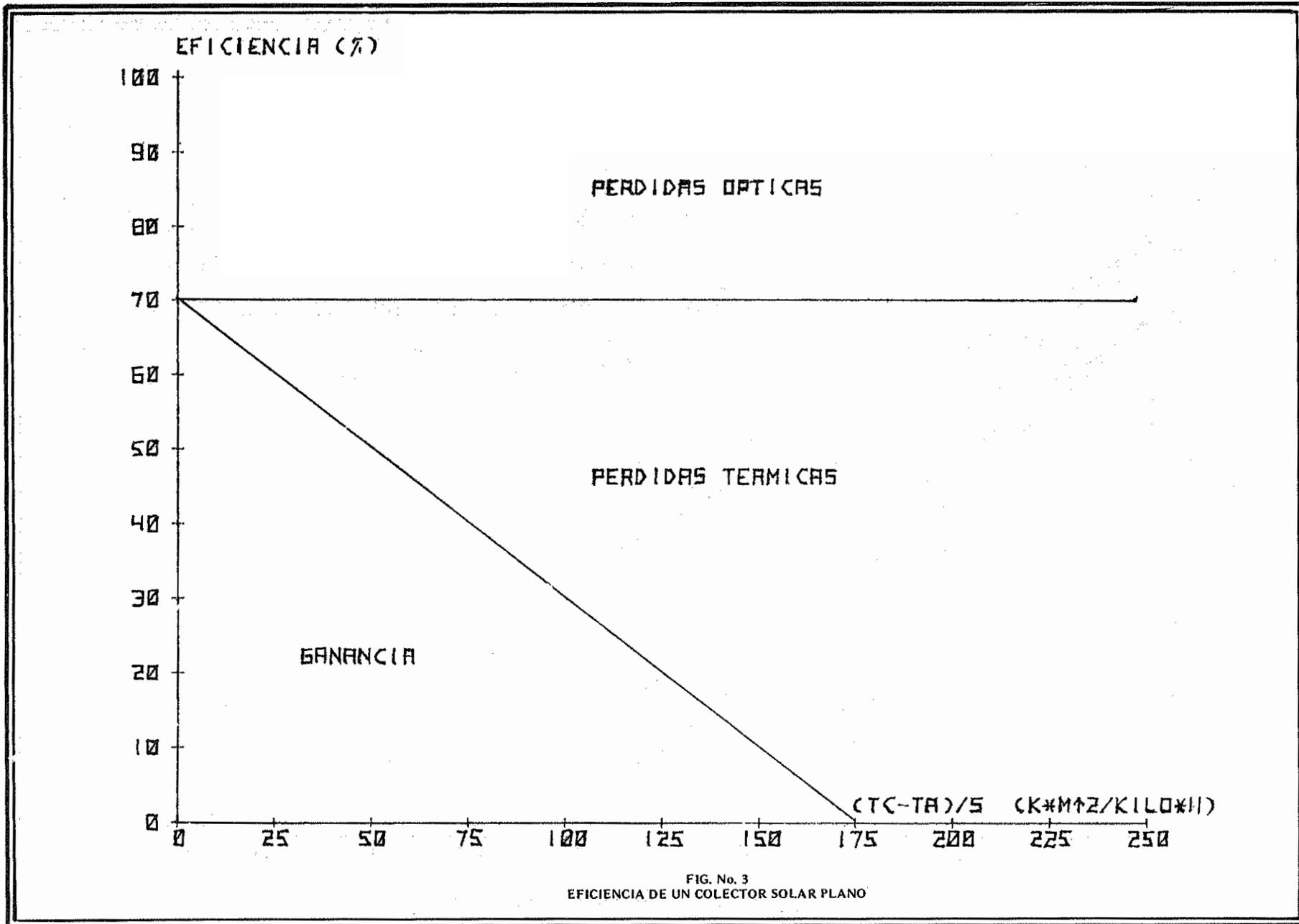


FIG. No. 2  
FLUJO DE ENERGÍA TÍPICO EN UN COLECTOR SOLAR



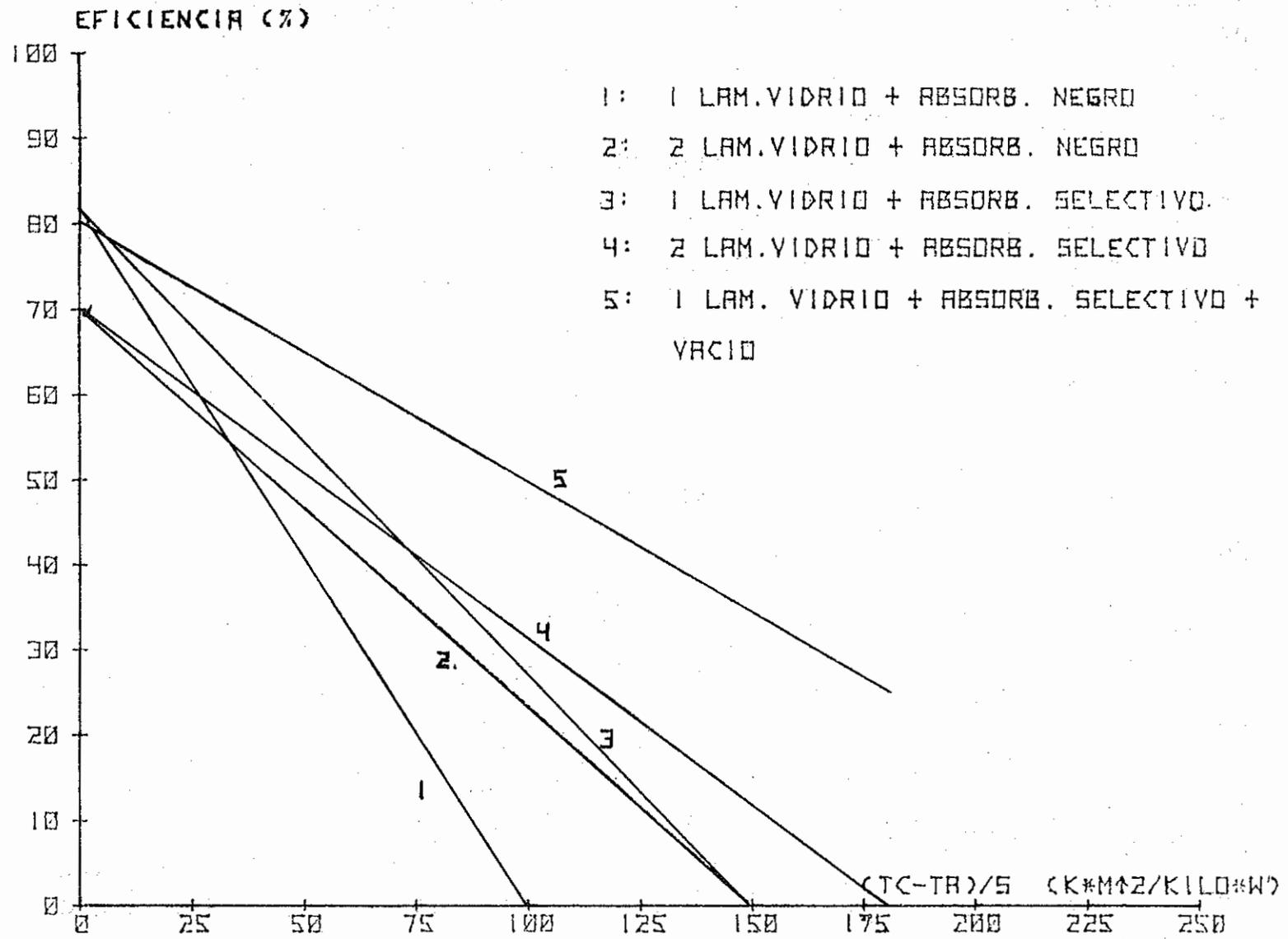
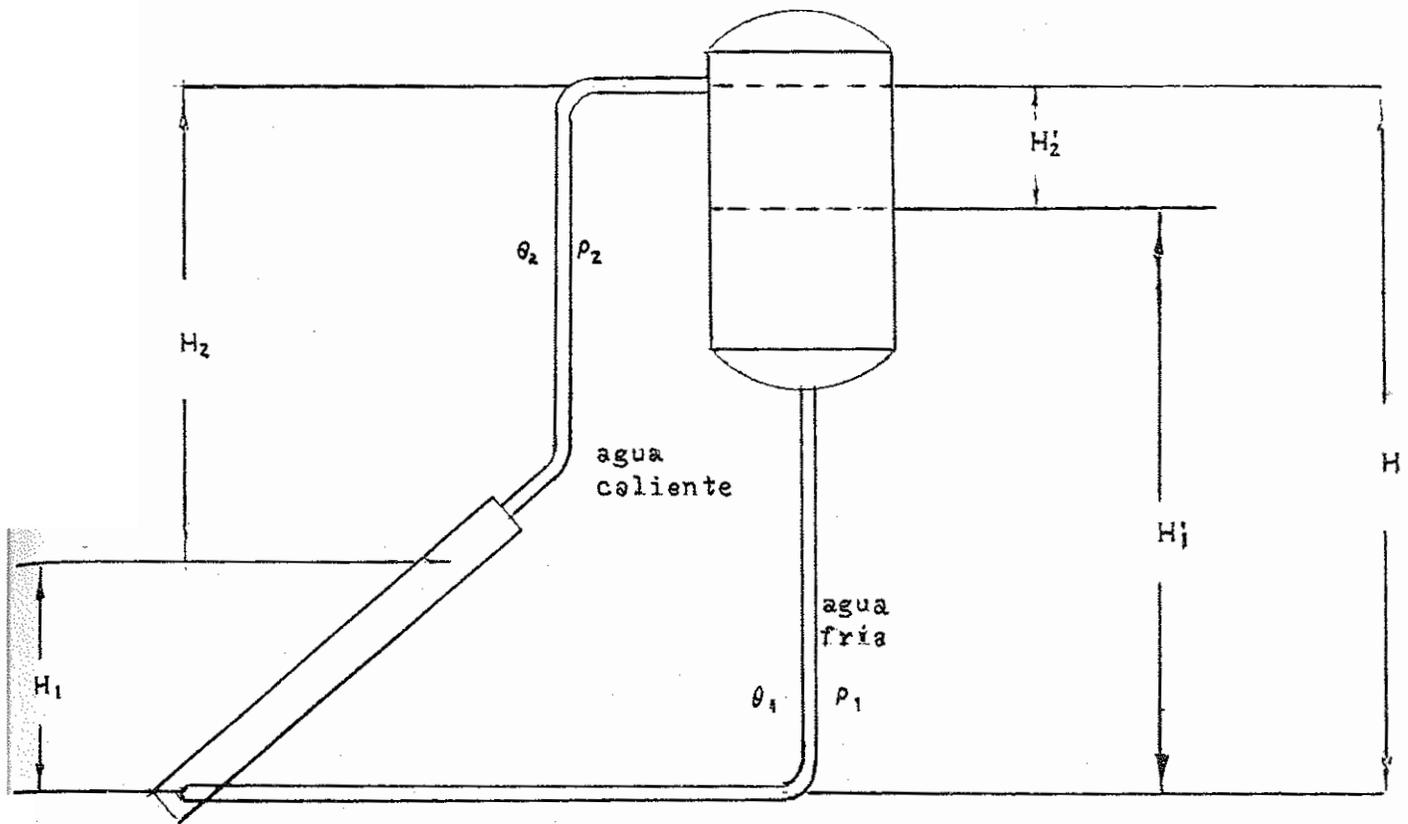


FIG. No. 4  
CURVAS DE EFICIENCIA PARA VARIOS COLECTORES



Sistema de calentamiento de agua para uso doméstico. Circulación por termosifón

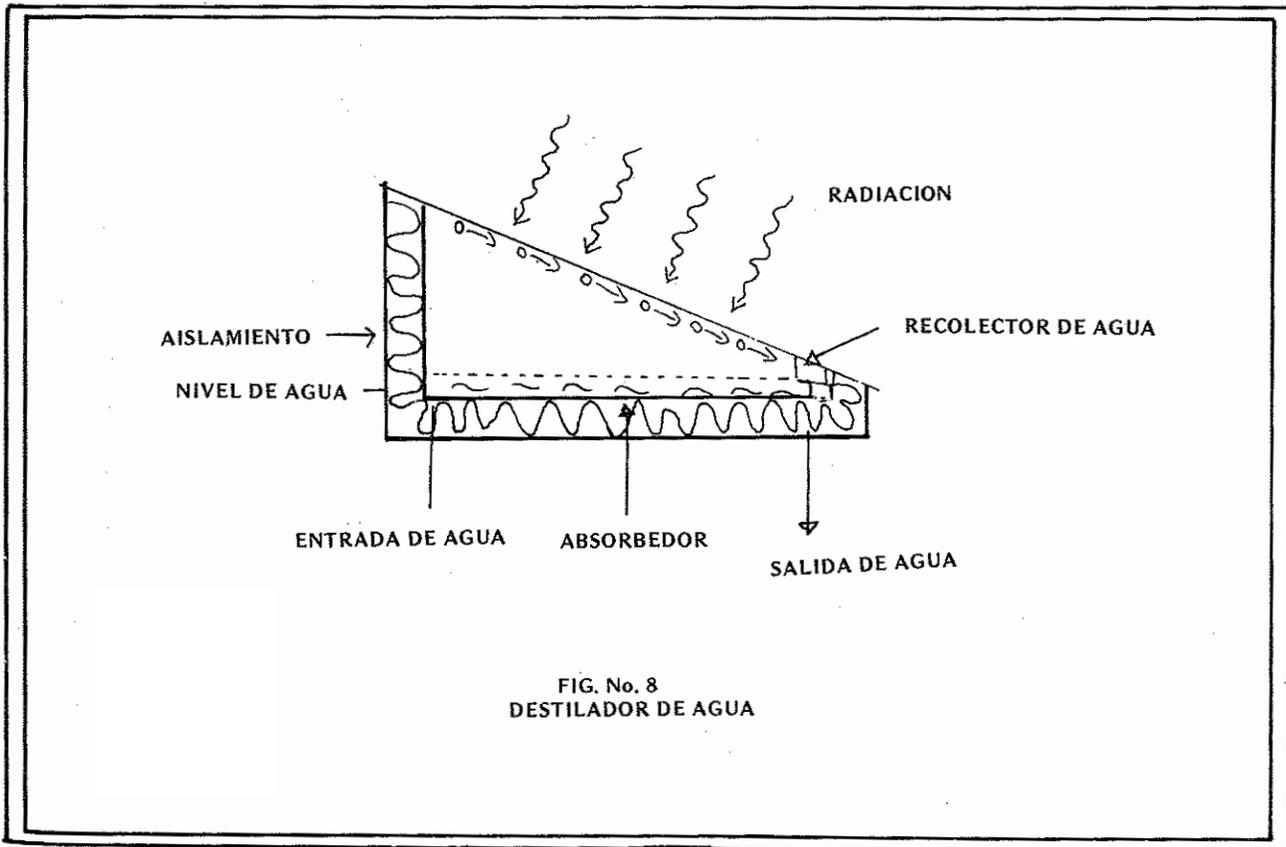


FIG. No. 8  
DESTILADOR DE AGUA