

## PROYECTO: BANCO DE PRUEBA DE COLECTORES SOLARES

Rapallini, Alfredo y Grossi Gallegos, Hugo  
Grupo de Energía Solar  
Comisión Nacional de Estudios Geoheliofísicos

### Resumen

El proyecto banco de prueba de colectores solares tuvo origen en la necesidad de disponer de una herramienta idónea para medir sistemática, normalizada y eficientemente los parámetros térmicos de este tipo de equipos. Preten- diéndose también fijar las pautas necesarias para definir requisitos míni- mos y calidades de equipos comerciales.

Con este objetivo se proyectó y diseñó un equipo que permitiera medir los parámetros tanto en dispositivos que utilicen un líquido como fluido inter- mediario como aire y donde se pudieran controlar caudales, presiones y tem- peraturas de ingreso de fluido al colector.

En la preparación del proyecto se tuvieron muy en cuenta las experiencias realizadas en otros países en el desarrollo de este tipo de equipos, tanto en lo que respecta a sus características constructivas como en lo referente a parámetros más representativos, procesamiento de datos y normas posibles de ensayo.

### Abstract

A solar collector testing facility project was started due to the need of making available a rational tool for performing systematic and efficient standard measurements of thermal parameteres of such collectors.

With this objective in mind, an equipment useful for measuring thermal pa- rameters using both air or liquid as working media was designed. Flows, pressures and the inlet fluid temperature can be conveniently controlled. The starting point of the project was a thorough search in the available literature on the development of this type of facilities.

### Introducción

Cuando este Grupo consideró factible seguir trabajando en el campo de la e- nergía solar, decidió hacerlo en la línea de investigación y desarrollo de colectores planos iniciada años atrás.

Uno de los primeros motivos tenidos en cuenta fue el aprovechar la experien- cia adquirida por parte de los miembros del Grupo, lo cual permitía no co-

menzar de cero.

Otro de los motivos que pesaron fue que el tema de colectores planos que utilizaban aire como fluido intermediario era prioritario en el Plan Solar de la Secretaría de Ciencia y Tecnología (SECYT).

La evaluación de sistemas solares de calentamiento puede ser hecha en forma experimental o por una simulación numérica. Ambas vías son igualmente importantes y se complementan necesariamente. Por un lado, es necesario construir equipos para poder identificar y resolver los problemas prácticos que inevitablemente aparecen. Además, la experiencia sirve como verificación de las simulaciones numéricas y aporta crédito o dudas a determinadas técnicas de modelado.

Por otro lado, la modelación numérica es un medio importante por el cual, a un costo razonable, podemos ensayar diferentes diseños de colectores y simular su comportamiento bajo diferentes condiciones climáticas. Podemos, sin mayores gastos, variar las dimensiones del colector, adicionar otros colectores, etc.

O sea que ambos métodos deben complementarse en todo grupo de investigación. Es por eso que consideramos prioritario para el trabajo del Grupo el contar con una herramienta fundamental, un BANCO DE PRUEBA de colectores solares. Es decir, un equipo que permita determinar las características térmicas de funcionamiento de los colectores, en condiciones reales de operación, ya sea que usen como fluido intermediario agua o aire.

Es por esto que, cuando nos referimos al Banco de Prueba, estamos hablando en realidad de dos equipos: uno para ensayar colectores que utilicen como fluido intermediario agua y otro para los que utilicen aire.

Existen en nuestro país otros grupos que están trabajando en el desarrollo de colectores, razón por la cual es de real necesidad e interés el contar con un sistema que permita determinar los rangos y las condiciones ideales de utilización.

Además de tener en cuenta nuestra experiencia y necesidad y la de los otros grupos del país, no hemos dejado de considerar el comienzo de la comercialización de equipos solares en Argentina, sobre todo calefones, que utilizan colectores planos como receptor, lo que motiva la necesidad de establecer pautas o normas de calidad que permitan no sólo calificar la aptitud del equipo sino también comparar modelos, facilitando de esta manera al usuario la tarea de seleccionar el más adecuado a sus necesidades.

Resumiendo, la decisión de construir el Banco de Prueba de Colectores apunta a tres objetivos:

- a) determinación de parámetros térmicos que, conjuntamente con los adecuados, permitan simular condiciones reales de utilización, fijando de esta manera pautas o criterios de construcción u optimización;
- b) determinación del comportamiento térmico, medio o instantáneo, de colectores propios o de otros grupos que así lo soliciten;
- c) fijación de normas de ensayo que definan, con el máximo detalle, las condiciones en que debe realizarse cada medición, como así también la verificación del cumplimiento de especificaciones.



ciones.

### Ensayo de Colectores

No existe prácticamente discusión en cuanto a las ecuaciones que describen la eficiencia de estos colectores y que fuera estudiada por Hottel, Bliss y Whillier.

La respuesta de un equipo, en estado estacionario, puede ser descripta por cualquiera de las siguientes ecuaciones:

$$\eta = \alpha \tau - U_L (T_p - T_a) / I$$

$$\eta = F' [\alpha \tau - U_L (T_m - T_a) / I]$$

$$\eta = F_R [\alpha \tau - U_L (T_e - T_a) / I]$$

en donde  $\eta = Q_u / A_c I$  es el rendimiento, o sea, la relación existente entre la energía útil por unidad de área del colector y la energía radiante incidente.

Los otros parámetros que allí aparecen corresponden a:

- $\alpha \tau$  : producto de la transmitancia de la/s cubierta/s transparente/s y la absorbancia de la placa colectora;
- $U_L$  : coeficiente total de pérdidas entre la placa absorbadora y el medio ambiente;
- $U_0$  : coeficiente de transferencia de calor entre el fluido y el ambiente;
- $F' = U_0 / U_L$  : factor de eficiencia del colector (puede considerarse como la relación entre la ganancia real de energía útil en un colector y la que resultaría si todo el colector estuviera a la temperatura media del fluido);
- $F_R = F' F''$  : factor de remoción de calor (puede considerarse como la razón entre la ganancia real de energía útil y la que resultaría si todo el colector estuviera a la temperatura de entrada del fluido);
- $F''$  : factor de flujo (tiene en cuenta la no uniformidad de la temperatura en el colector en la dirección de flujo del fluido);
- $T_p$  : temperatura media de la placa colectora;
- $T_a$  : temperatura ambiente;
- $T_m = (T_e + T_s) / 2$  : temperatura media del fluido en el colector;
- $T_e$  : temperatura del fluido a la entrada del colector;
- $T_s$  : temperatura del fluido a la salida del colector;

I : intensidad de la radiación solar.

Las propuestas de análisis difieren fundamentalmente en la forma de procesar la información obtenida durante los ensayos, dependiendo ésta de la finalidad última de la prueba y del sistema de adquisición de datos que se posea.

Dicho de otro modo, la forma de análisis deberá ser necesariamente distinta si lo que se busca es medir características de equipos de producción seriada, prototipos o modelos de laboratorio.

Por otra parte, es indudable que el sistema de adquisición de datos condiciona fuertemente el análisis pues define, desde un punto de vista práctico, la cantidad y tipo de parámetros a medir. O sea que cuanto más elaborado sea mayor cantidad de parámetros se podrá medir y se dispondrá en menor plazo de mejor información.

### Descripción del Sistema

Básicamente el sistema responde al esquema propuesto por Hill y Kusuda en "Method of Testing for Rating Solar Collectors Based on Thermal Performance" (Figura 1). Describiremos sólo el correspondiente a colectores solares que utilizan como fluido intermediario agua dado que, los que utilizan aire, son conceptualmente similares. Las diferencias radican en el tipo de equipos que se usan para medir algunos parámetros o para circular y acondicionar el fluido.

Los elementos constitutivos son:

- Bomba de circulación y sistema de regulación de caudal. Permite efectuar mediciones de los parámetros característicos de funcionamiento bajo diferentes regímenes de circulación del fluido.
- Regulador térmico. Controla la temperatura de entrada del fluido al colector y permite determinar rendimientos a diferentes temperaturas medias de trabajo.
- Tanque expensor. Compensa, cuando se trabaja a circuito cerrado, las variaciones de volumen del fluido al variar su temperatura.
- Intercambiador de calor. Permite, cuando se trabaja a circuito cerrado, enfriar el fluido que sale del colector.

Los elementos que se utilizan para efectuar mediciones son:

- Caudalímetro del tipo con turbina, con salida eléctrica, debiéndose poder medir el caudal con una exactitud mayor o igual  $\pm 1.0\%$ . Para el caso de fluido intermediario aire, la medición de caudal debe realizarse con placa orificio, pudiéndose utilizar, por ejemplo, el equipo descrito en la norma ASHRAE 37-69.
- Medidor de presión diferencial, esto es, un manómetro con una exactitud mayor o igual a 2.5 Pa (0.25 mm c.a.). Este parámetro, si bien no se utiliza en la determinación del rendimiento, es de fundamental importancia para la determinación de la potencia necesaria para circular el



fluido a través del colector.

Medidor de temperaturas. Según los casos, consistirá en termocuplas o termorresistencias. En la medición de temperaturas absolutas deberá lograrse una exactitud mayor o igual a  $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$  y una precisión mejor que  $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ , mientras que para la medición de diferencias de temperaturas las exigencias son una exactitud de  $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$  y una precisión de  $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ .

Medidor de velocidad de viento. Se utilizará cualquier equipo que garantice valores promedios con una exactitud mayor o igual a  $\pm 0.83 \text{ m/seg}$  ( $\pm 3.0 \text{ Km/h}$ ).

Medidor de radiación solar. Se utilizará un piranómetro Clase 1 (según la clasificación de la OMM) orientado del mismo modo que el colector a ensayar, y para cada secuencia de mediciones se determinará la componente difusa y la radiación directa.

Se prevé conectar todos los sensores a un sistema automatizado de lectura y registrar en cinta los datos. De ser posible, se agregará una computadora que actúe no sólo como sistema de adquisición sino que, al mismo tiempo, procese la información y eventualmente actúe como sistema de control del proceso. Por supuesto, un equipo de estas características trabajará conjuntamente para los otros proyectos que se lleven a cabo en nuestro Grupo de trabajo.

### Conclusiones

Dado que este trabajo es la descripción de un proyecto, vale la pena recalcar la idea básica que nos llevó a su desarrollo: contar con una herramienta de trabajo, no sólo útil a los objetivos de nuestro Grupo, sino también a todos aquellos investigadores e industriales que necesiten de ella.

Naturalmente, la concreción del proyecto dependerá de poder contar con los fondos solicitados tanto a la SECYT y a la Comisión Nacional de Estudios Geo-Heliofísicos (CNEGH).

El plazo previsto para su realización es aproximadamente un año para los dos sistemas (aire y agua).

## Bibliografía

- 1) BLISS, R.W.: "The Derivation of Several Plate Efficiency Factors Useful in the Design of Flat Plate Solar Heat Collectors", Solar Energy, Vol.3, N°4, pp 55-64, 1959.
- 2) DUFFIE, J.A. y BECKMAN, W.A.: "Solar Energy Thermal Processes", John Wiley and Sons, New York, 1974.
- 3) HILL, James y KUSUDA, Tamami: "Method of Testing for Rating Solar Collectors Based on Thermal Performance", National Bureau of Standards Interim Report 74-635, Dic. 1974, 59 pag.
- 4) LIOR, N.: "Solar Collector Testing and Standards", Proceedings of the NSF/ASME Workshop on Solar Collectors for Heating and Cooling of Buildings, Nueva York, Nov.21-23/1974, pp.349-358.
- 5) LIOR, N. y SAUNDERS, A.: "Solar Collector Performance Studies", Univ. de Pennsylvania, Nat. Center for Energy Management and Power, Report N°NSF/RANN/SE/GI27976/TR73/1, Philadelphia, Penna, Agosto 1974.
- 6) RAMSEY, James: "Experimental Evaluation of Flat Plate Collector Configuration", Proceedings of the Workshop on Solar Collectors for Heating and Cooling of Buildings, New York, Nov. 21-23, 1974, pp 41-47.
- 7) ROBINSON, N. y STOTTER, A.: "A Proposed Standard Test Code for Determination of the Efficiency of Solar Water Heaters of the Flat Plate Collector Type", Solar Energy Vol.3, N°2, pp 30-33, 1959.
- 8) SIMON, Frederick: "Flat Plate Solar Collector Performance Evaluation with a Solar Simulator as a Basis for Collector Selection and Performance Prediction", 1975 ISES Meeting, Los Angeles, California, NASA Technical Memorandum TMX-71793, 38 pág.
- 9) SIMON, Frederick: "Standardized Solar Simulator Tests of Flat Plate Solar Collectors I-Soltex Collector with Two Transparent Covers", NASA-Lewis Research Center, Report TMX-71738, Mayo 1975, 10 p.
- 10) SMITH, Ch. y WEISS, T.: "Design Application of the Hottel-Bliss-Whillier Equation", Solar Energy, Vol.19, N°2, pp 109-113 1977.

- 11) TABOR, H.: "Radiation, Conduction and Convection Coefficients in Solar Collectors", Bulletin of Research Council of Israel, Vol.6C, 1958, pp 155-176.
- 12) TABOR, H.: "A Note on the Thermosiphon Solar Hot Water Heater", Comptes Bulletin N°17, pp 33-41, Diciembre 1969.
- 13) TABOR, H.: "The Testing of Solar Collectors", 1975 ISES Meeting, Los Angeles, Ca., USA, 24 pág.
- 14) VERNON, Richard W.: "Initial Comparison of Solar Collector Performance Data Obtained Out-of Doors and with a Solar Simulator", 1975 International Solar Energy Society Meeting, Los Angeles, Ca., 1975, 14 pág.
- 15) WHILLIER, A. y RICHARDS, S.J.: "A Standard Test for Solar Water Heaters", Proceedings of the U.N. Conference on New Sources of Energy, Vol.5, pp 111-113, Roma, 1961.
- 16) WHILLIER, A.: "Thermal Performance of Solar Water Heaters", Solar Energy. Vol. 9, N°1, 1965.
- 17) WHILLIER, A.: "Design Factors Influencing Collector Performance", Low Temperature Engineering Application of Solar Energy, ASHRAE, 1975.



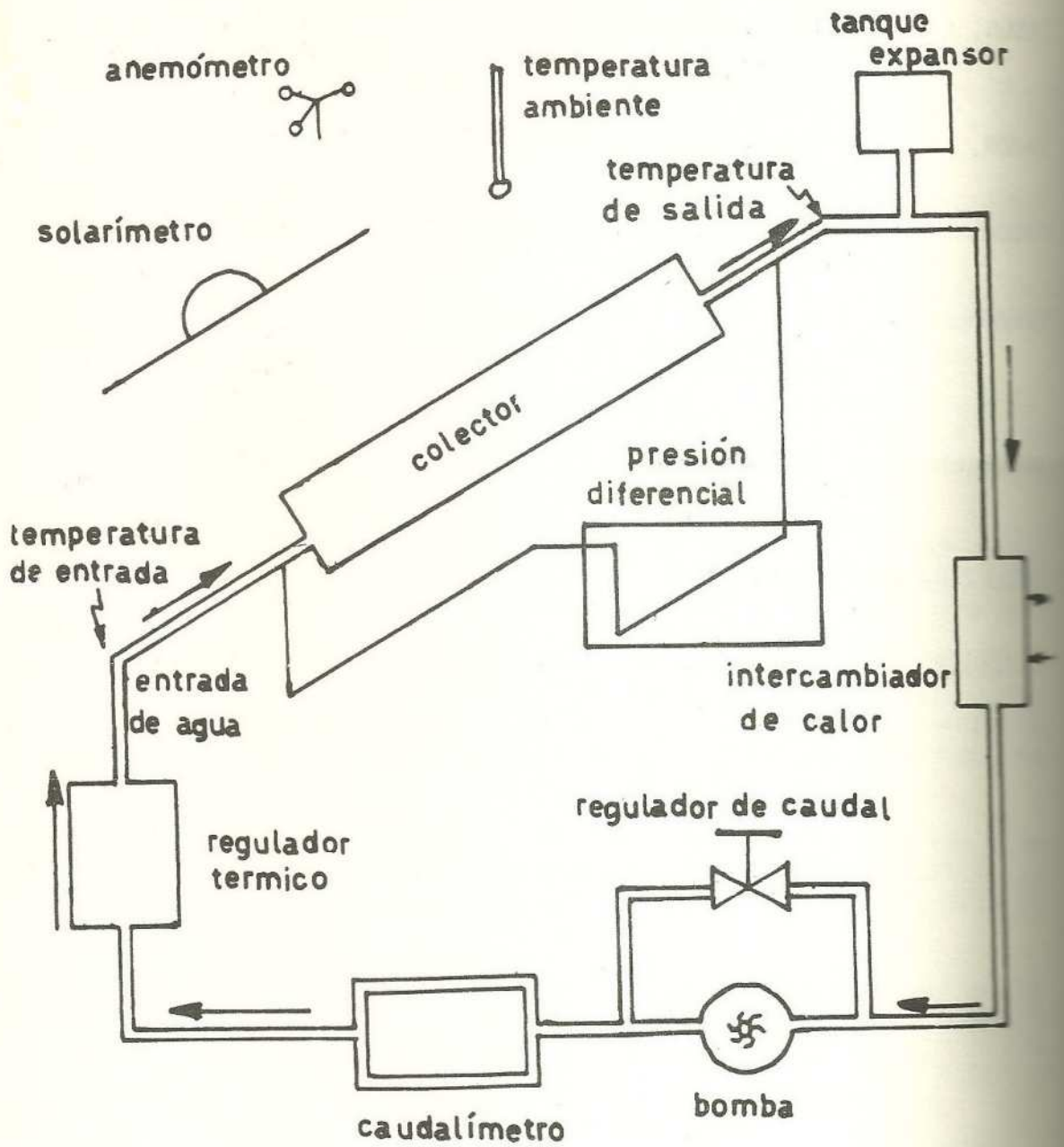


Fig. 1. Esquema del banco de prueba para colectores que utilizan agua como fluido intermediario.