

EXPERIMENTACION DE UN CALENTADOR  
DE AGUA CONSTRUIDO SOBRE TECHOS  
PREFABRICADOS

L. Saravia  
A. Fabris  
J. A. Souto  
R. Gaspar

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SALTA

RESUMEN

Se dan los resultados de la experimentación de un calentador de agua construido sobre techos prefabricados. Se obtiene el valor del coeficiente complejo de pérdidas térmicas, que permite predecir el funcionamiento // del calentador. Se exponen los problemas que presenta este tipo de colector y se discute la posibilidad de mejorar el sistema utilizando un calentador de aire.

## 1.- Introducción

Una firma salteña ha desarrollado un método de construcción de conjuntos habitacionales mediante módulos metálicos prefabricados, que han tenido aceptación en zonas de la provincia caracterizadas por su aislamiento geográfico, como ser la Puna Salteña, donde satisface las necesidades habitacionales de un / complejo de extracción de minerales; o regiones rurales donde se construyen edificios escolares. Dadas las malas condiciones de abastecimiento energético/ para esas zonas, y el hecho de que el calentamiento de la casa sea el problema más acuciante dentro de ese rubro, esta firma ha solicitado la realización de/ un estudio de factibilidad para brindar calefacción mediante Energía Solar.

En (1) se analizan varias aplicaciones para resolver el problema planteado y se estudia la factibilidad del proyecto para un complejo habitacional instalado en la mina Tincalayo, Provincia de Salta, perteneciente a la Empresa Borequímica S. A. Las características geográficas y climáticas del lugar se dan en la Tabla I de la publicación anteriormente mencionada.

En dicho trabajo se llega a la conclusión de que con una radiación media diaria de 450 Ly, 50 mt<sup>2</sup> de superficie disponible para la colección y un rendimiento del 30 % en colección y almacenamiento es posible, en principio la solución del problema planteado.

En este trabajo se dan los resultados de la experimentación de un calentador de agua construido sobre el módulo que oficia de techo en las viviendas. Caracterizado por un coeficiente complejo de pérdida térmica (1) que permite predecir el funcionamiento del calentador. Se exponen los problemas que presenta este tipo de colector y se discuten otras alternativas para lograr el fin // perseguido.

## 2.- Descripción del módulo y sistema de colección ensayado.

Un corte del módulo que oficia de techo puede verse en la Fig. 1. Las características más importantes del módulo se enumeran a continuación:

- A.- El módulo tiene un ancho de 87 cm.
- B.- Cada módulo tiene cuatro canaletas.
- C.- Cada módulo posee un alero en cada extremo de 20 cm. de longitud sin aislación. Se enganchan entre sí mediante pestañas.
- D.- Es autoportante, construida en chapa de hierro, doblada y soldada.
- E.- La aislación tiene un espesor de 5 cm. y es de lana de vidrio.
- F.- Debido al diseño de la vivienda, el módulo debe ubicarse en posición horizontal.
- G.- La longitud total del módulo es de 687 cm. (1).

En la Fig. 2 puede verse el perfil de uno de los canales con sus dimensiones.

Un esquema de la circulación del agua en el canal puede verse en la Fig. 3.

En la Fig. 4 se observan las configuraciones utilizadas para el ensayo. Los vidrios fueron apoyados sobre los laterales del canal, y sellados con goma sintética siliconada.

En ambos casos los vidrios que se encontraban en contacto con la zona húmeda fueron inclinados con el objeto de permitir el deslizamiento de las gotas de agua condensadas que mojan la parte inferior.

Se utilizaron para las medidas dos canales; el primero con una cubierta de vidrio y el otro, vecino al anterior, con dos cubiertas de vidrio.

En cada canal se colocaron 10 (diez) termocuplas cuya ubicación se puede observar en la Fig. 5.

Cada termocupla fué pegada sobre una base de acrílico de 0,5 cm. de espesor y éste a su vez fue fijado sobre el fondo del canal y protegido de la radiación solar directa mediante una cubierta de papel de aluminio. (Fig. 6).

Las termocuplas se conectaron a zócalos que a su vez se enchufaron en una llave selectora de 16 posiciones.

Como punta fría se empleó el otro extremo de la termocupla sumergida dentro de un termo con agua, a la cual se le medía su temperatura.

Con el fin de obtener un caudal lo más constante posible, se construye un pequeño tanque con una capacidad aproximada de 100 litros, con un flotante que mantenía su nivel. El tanque se alimenta por agua de la red.

### 3.- Instrumental utilizado y mediciones realizadas.

La Radiación Solar fué medida con un solarímetro marca Kipp-Zonen, el que entregaba una fuerza electromotriz. Dicha señal fué conectada a un multímetro digital marca Weston modelo 1240 de 3 1/2 dígitos con una precisión de 0,1 mV.

Las fuerzas electromotrices de las termocuplas se amplificaron con un amplificador potenciométrico Health-Sehlnumberger y luego se midieron en el multímetro indicado anteriormente.

La temperatura ambiente y la de referencia se tomaron con termómetros de una precisión de .2°C y el caudal con un caudalímetro marca Bruno Schilling de 0 a 300 ml/min., previamente calibrados.

Se estimó la velocidad del viento y se clasificaron en: vientos fuertes, vientos leves y sin vientos.

### 4.- Resultados Obtenidos.

Todas las mediciones fueron realizadas en días despejados y en horas que van desde las 10 a 16 hs. local y en el mes de diciembre del año 1975.

Se procesaron los datos con el fin de obtener el coeficiente complejo de pérdida térmica que surge de un modelo lineal simplificado propuesto en (1).

En dicho trabajo se obtienen las siguientes relaciones:

$$\eta = \frac{G.C_p (T_f - T_i)}{q.a.l} \quad (1)$$

$$\beta_1 = \frac{U.a.l}{G.C_p} \quad (2) \text{ donde } \epsilon = \frac{a.l}{G.C_p}$$

$$\beta_2 = \frac{G.C_p}{q.a.l} (T_i - T_a) \quad (3)$$

Obteniéndose:

$$\eta = \left( \frac{1}{\beta_1} - \beta_2 \right) (1 - e^{-\beta_1}) \quad (4)$$

En la Ec. (4) todos los parámetros, con excepción de  $\beta_1$  son fácilmente medibles, de manera que resolviendo la ecuación trascendente puede obtenerse  $\beta_1$  y por lo tanto U.

$\eta$  : eficiencia o rendimiento

$\beta_1$  ;  $\beta_2$  parámetros adimensionales

a : ancho del techo correspondiente a cada canaleta

l : largo del módulo

G : gasto o caudal

$C_p$  : calor específico del agua (1 cal/°C gr).

q : radiación incidente por unidad de area (ly/min).

Se empleó la técnica descrita en (1) dividiendo al colector en tramo de un metro de longitud.

Con las mediciones realizadas se calculan fácilmente los valores de  $\eta$  y  $\beta_2$  resolviendo luego la ecuación trascendente (4) se obtiene el valor de  $\beta_1$  para cada valor de  $\epsilon = (a.l/G.C_p)$ , se grafican estos valores para el canal con un vidrio, Fig. 7. El coeficiente complejo obtenido es de  $U = .056 \text{ cal/cm}^2\text{°C min}$  (para incidencias de radiación cercanas a la normal).

En la Fig. 8 se puede ver la distribución típica de las temperaturas sobre el canal.

Con el valor del coeficiente complejo obtenido se muestra en la tabla I las temperaturas máximas obtenibles.

Con el coeficiente complejo obtenido y un gasto dado, elaboramos la / tabla II.

#### 5.- Conclusiones.

Del análisis de los resultados obtenidos surge que la eficiencia del colector a las temperaturas que es necesario alcanzar para resolver el problema / de la acumulación de la energía colectada y para ceder esta energía al medio / ambiente con intercambiadores de un tamaño razonable y de uso común, podemos / estimar en el orden de los 50°C observando la tabla II; suponiendo temperatu- / ras ambiente media durante las horas de colección, de 10°C y una temperatura / de recirculación en la entrada del canal del orden de 20°C, es decir, 10°C ma- / yor que la temperatura ambiente y teniendo en cuenta que la radiación pico en / invierno es del orden de 1 ly/min, para una superficie horizontal, el salto de / temperatura obtenido, para un caudal de 300 gr/min y por canal es de 7°C con u / na eficiencia del 15 %. Si se disminuye el caudal con el objeto de obtener ma- / yores saltos de temperatura, nunca se podría superar la temperatura ambiente en / más de 17° C, lo que implicaría una temperatura de salida del colector de 27° C. / Ello ocurre durante las horas pico de colección, lo que nos indica que este sis- / tema no cumple con los requisitos mínimos para emplearlo en un sistema de radia- / dores convencionales.

Se puede mencionar también los inconvenientes debido a la corrosión ob- / servada en los meses de prueba.

Dado los inconvenientes analizados y teniendo en cuenta los problemas / del congelamiento del líquido, etc., a pesar de que la eficiencia y la tempera- / tura máxima del sistema podría haberse mejorado sustancialmente con otras confi- / guraciones (altura de agua en el canal, cubiertas de vidrio mejor dispuestas, / etc.), se decidió encarar el estudio de los calentadores de aire que aparente- / mente ofrece mejores perspectivas para nuestros propósitos.

#### REFERENCIAS

(1).- Fabris, A., Gaspar, R., Saravia, L. Estudios de un Colector Solar constru- / ido sobre techos prefabricados. Comunicación 1er. Congreso Latinoamericano de E / nergía Solar, Buenos Aires, Argentina (1975).

#### SÍMBOLOS UTILIZADOS

$\eta$  : eficiencia o rendimiento  
 $\theta_1$  y  $\theta_2$  : parámetros adimensionales  
 $a$  : ancho de techo correspondiente a cada canaleta  
 $l$  : largo del módulo o sección de módulo  
 $G$  : gasto o caudal  
 $C_p$  : calor específico del agua (1 cal/° C gr)  
 $I$  : radiación incidente sobre el plano colector por unidad de área y tiempo  
 $T_1$  : temperatura de entrada al canal o sección de canal.  
 $T_2$  : temperatura de salida del canal o sección de canal.  
 $T_a$  : temperatura ambiente

#### TABLAS

TABLA I : Muestra las temperaturas máximas alcanzables sobre la ambiente en / un canal de 6.70 m. de largo en función de la radiación incidente / (una sola cubierta de vidrio).

TABLA II : Para un caudal fijo sobre una canaleta de 300 gr./min. y para dis- / tintas temperaturas de entrada al canal se dan las eficiencias ob- / tenibles para distintas radiaciones incidentes (una sola cubierta / de vidrio.).

TABLA I

Rad	$T_f - T_a$
Ly/min.	°C
0.5	9
1.0	17
1.5	27

TABLA II

$G = 30^\circ$

$T_i - T_a$ °C	$q = .5 \text{ Ly/min}$		$q = 1.0 \text{ Ly/min}$		$q = 1.5 \text{ Ly/min}$	
	$T_f - T_i$ °C	$n$	$T_f - T_i$ °C	$n$	$T_f - T_i$ °C	$n$
0	8	.34	17	.34	25	.34
5	4	.15	12	.25	20	.28
10	-	-	7	.15	16	.22
15	-	-	2	.05	11	.15
20	-	-	-	-	6	.09
25	-	-	-	-	1	.02

Las eficiencias calculadas aquí, se refieren a la superficie total del techo. Si consideramos ahora a la eficiencia referida a la superficie vidriada hay que multiplicar las eficiencias por el factor 1,55.

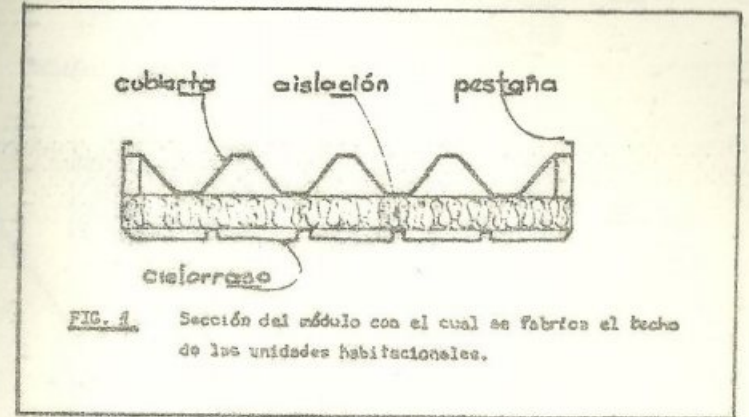


FIG. 1 Sección del módulo con el cual se fabrica el techo de las unidades habitacionales.

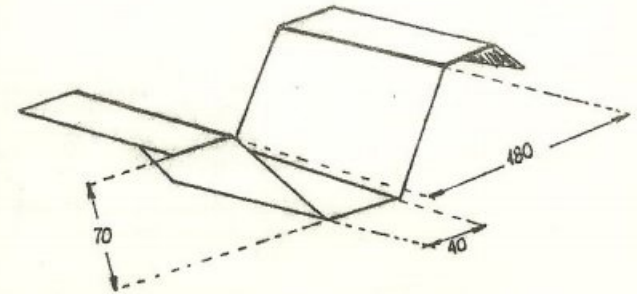


FIG. 2: Perfil del canal

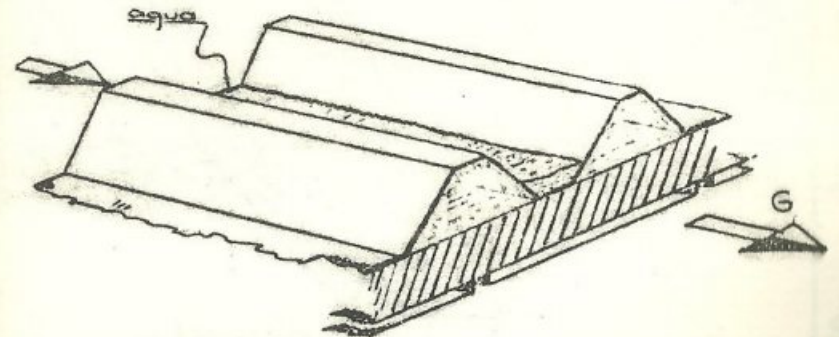


FIG. 3) Muestra la pileta de agua de pequeño espesor formada en cada cancheta del colector. Un gasto  $G$  corre a lo largo de la cancheta.

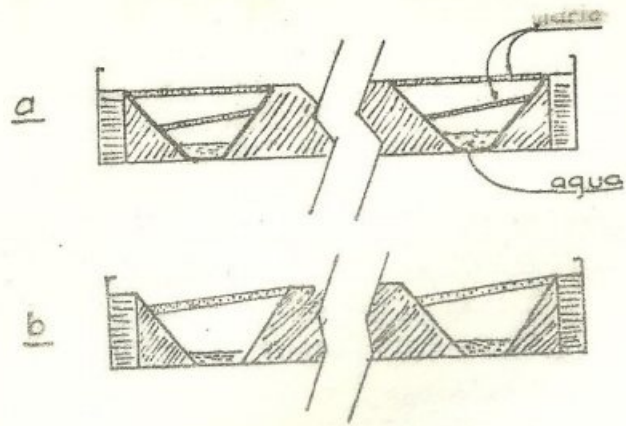


Fig. 4: a) Canal con 2 vidrios.-  
 b) Canal con 1 vidrio.-

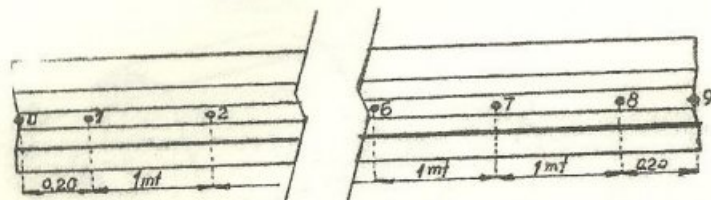


Fig. 5: Muestra la ubicación de los termocuplos en un canal.-

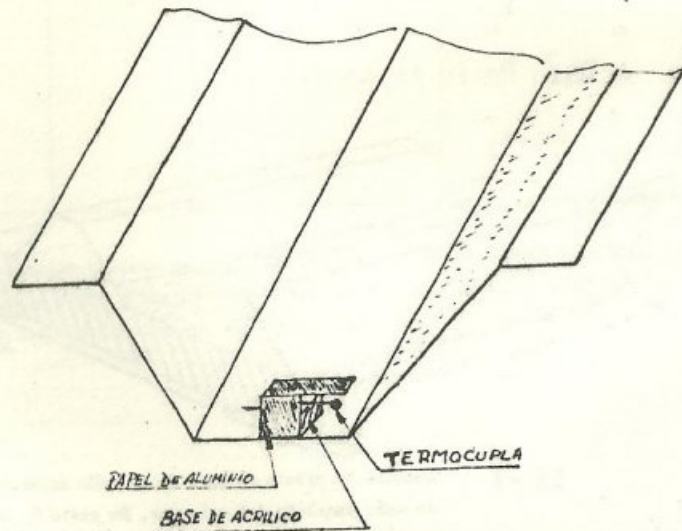
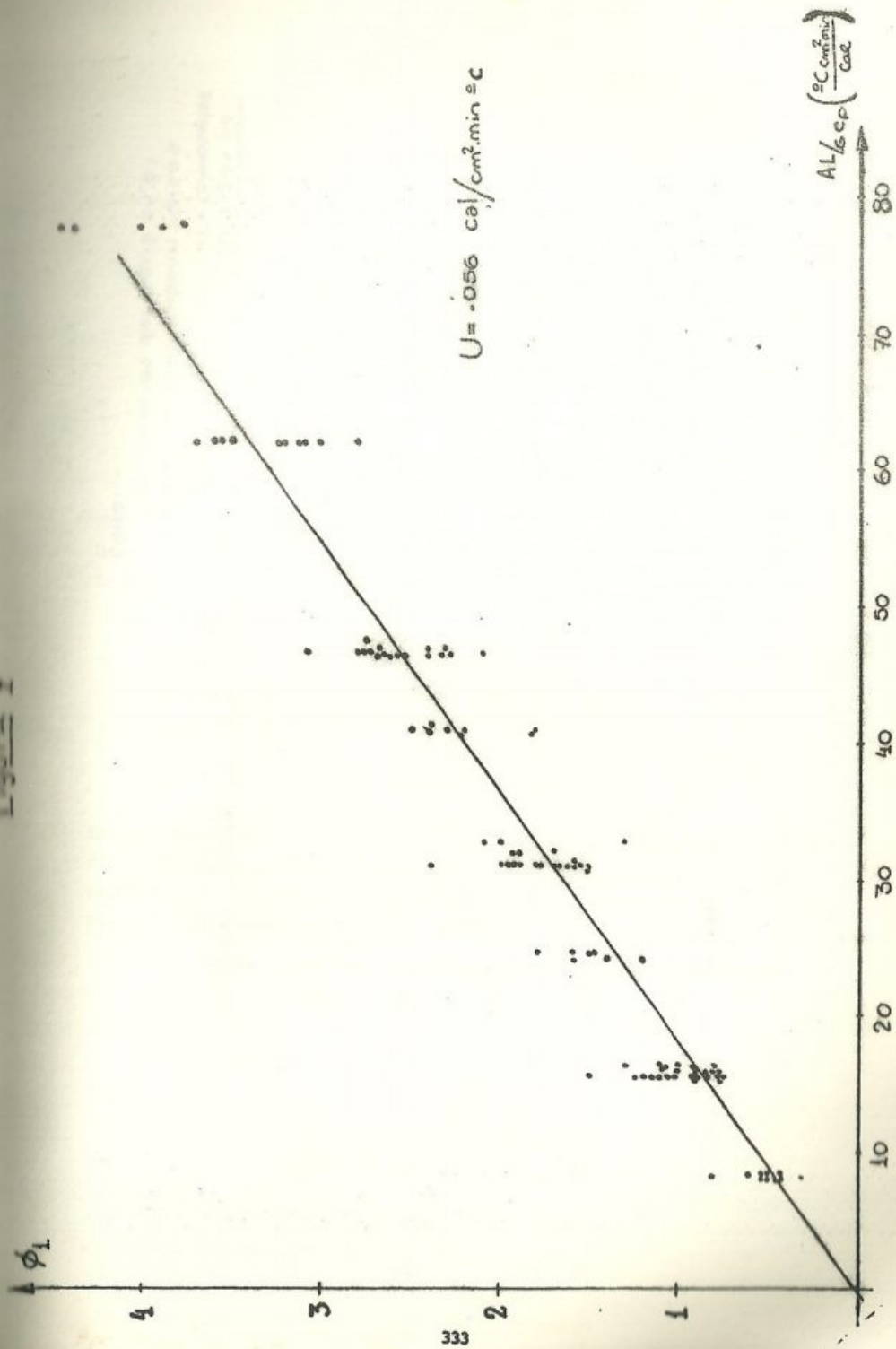


Fig. 6: Muestra una termocuple protegida de la radiación solar directa.-

Figura 7



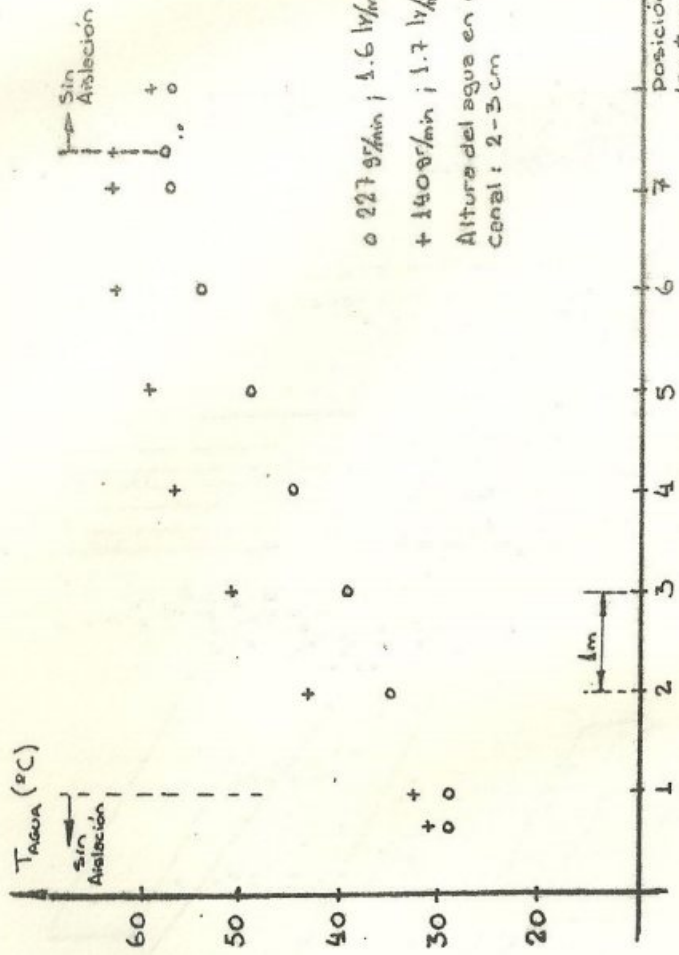


Figure 8: Muestro dos distribuciones típicas de temperaturas del agua en el canal.-