

DISEÑO DE UN PRECALENTADOR DE AIRE SOLAR PASIVO

Alejandro G. Mermet*

Laboratorio de Ambiente Humano y Vivienda
Casilla de Correo 131 - CP 5500, Mendoza
Tel. (061) 241797 - Fax (061) 380370

RESUMEN

El diseño de este precalentador está orientado al uso en escuelas para precalentar el aire de renovación y ventilación de las aulas, para las que se recomiendan altas tasas de renovaciones de aire (8 renovaciones por hora) [1]; en este caso, el calefaccionamiento de los ambientes se debe realizar en forma rápida, por lo que un sistema que difiera la entrega de energía, como muros acumuladores de gran masa térmica, no parece ser una opción efectiva. El presente diseño se basa en superficies colectoras metálicas o muros colectores de muy baja masa térmica y alta conductividad.

Con pruebas sobre modelos experimentales a escala y haciendo uso de la teoría del análisis dimensional, se podrá determinar la magnitud de todos los fenómenos termodinámicos e hidrodinámicos intervinientes, la cantidad de calor arrastrado por el aire circulante, los caudales de aire y el rendimiento térmico del sistema.

DISEÑO DE DISTINTOS SISTEMAS PASIVOS PARA PRECALENTAR AIRE

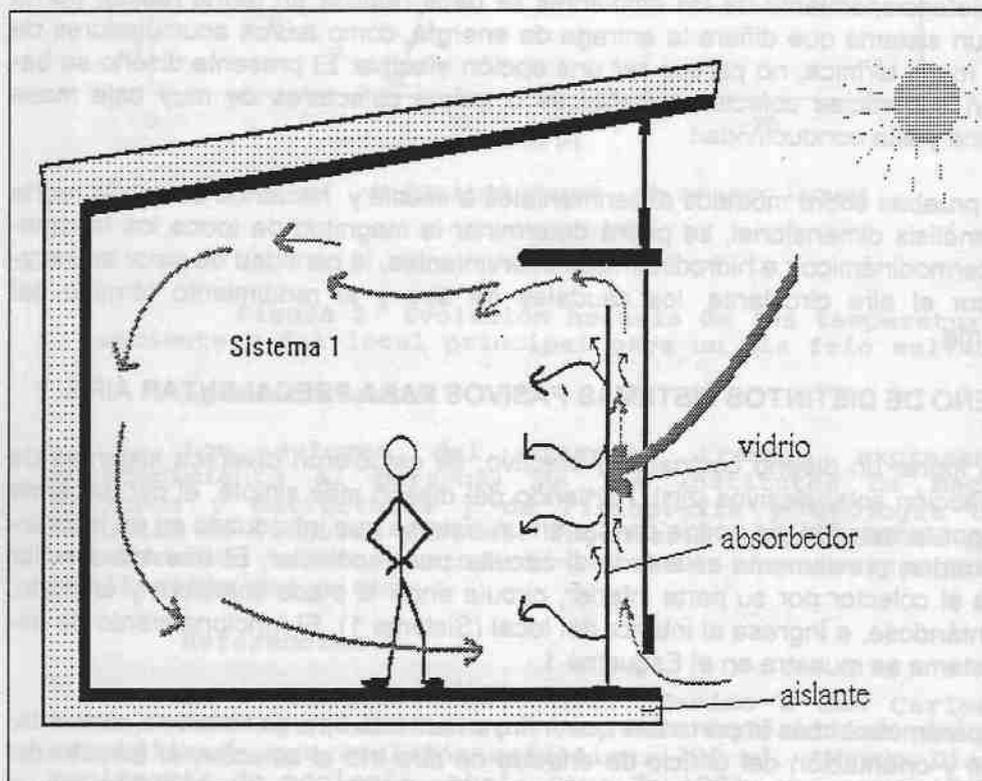
Para lograr un diseño compacto y efectivo, se estudiaron diversos sistemas de calefacción solar pasivos [2][3]. Partiendo del diseño más simple, el del panel de aire por termosifón, se podría pensar en un sistema que introduzca en un local aire exterior, previamente calentado al circular por el colector. El aire frío exterior entra al colector por su parte inferior, circula entre la placa colectora y el vidrio, calentándose, e ingresa al interior del local (Sistema 1). El funcionamiento de este sistema se muestra en el Esquema 1.

Los parámetros más importantes que influyen en este tipo de sistemas, son el tamaño y orientación del orificio de entrada de aire frío al colector, el tamaño del orificio de salida del aire del colector e ingreso al ambiente, la altura a la que se encuentra este orificio y el área de la superficie colectora. Es importante tener en cuenta que el aire exterior no está en reposo, pudiendo variar el caudal de entrada de aire al colector, con la velocidad y dirección del viento.

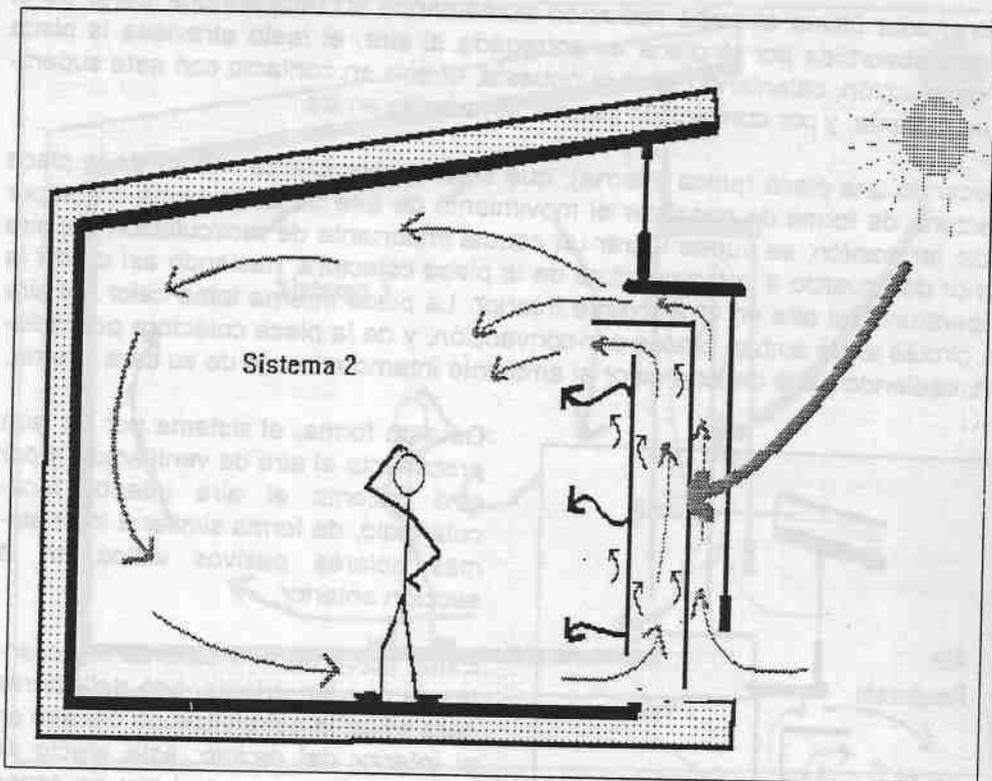
* Becario de Iniciación CONICET

El presente diseño se basa en superficies colectoras metálicas o muros colectores de muy baja masa térmica y alta conductividad, pues está orientado al uso en escuelas, para precalentar el aire de renovación y ventilación de las aulas; en este caso el calefaccionamiento de los ambientes se debe realizar en forma rápida, por lo que un sistema que difiera la entrega de energía, como muros colectores-almacenadores de gran masa térmica, no parece ser una opción efectiva. De este modo, parte de la energía absorbida es cedida al aire que circula sobre la placa colectora, y el resto se transmite por conducción a la cara interior de la placa colectora siendo entregada al ambiente interior por convección y radiación.

Para evitar este efecto, no se descarta la idea de aislar las caras interiores de las superficies colectoras, como en los sistemas de ganancia aislada, para evitar que parte de la energía absorbida se transmita directamente al ambiente interior, provocando un mayor aumento de la temperatura de la placa, que cedería una mayor cantidad de calor por convección al aire a precalentar.



Esquema 1. Modo de funcionamiento del Sistema 1



Esquema 2. Modo de funcionamiento del Sistema 2

Una forma de aislar la cara interior de la placa colectora sería con una cámara de aire, de forma de minimizar el flujo de calor desde la placa colectora hacia el interior del local. Si la masa de aire de esta cámara es libre de moverse hacia el interior del local, fluyendo desde un orificio inferior hacia uno superior, se puede lograr un loop convectivo que arrastra calor hacia el ambiente interior.

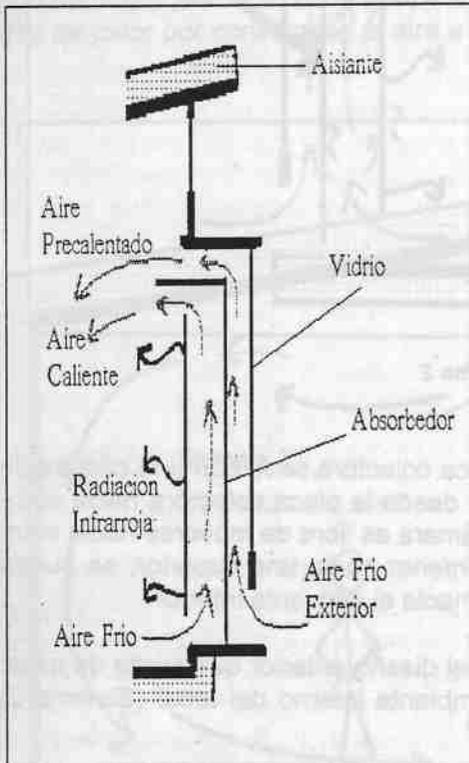
Considerando esto, tenemos una variante del diseño anterior que surge de tratar de optimizar la transferencia de calor al ambiente interno del local (Sistema 2) que se presenta en el Esquema 2.

Puesto que es poco posible lograr grandes saltos de temperatura entre el aire entrante al colector y el aire que sale de éste, cuando los caudales son grandes, el aire precalentado no cubrirá los requerimientos de temperaturas mínimas de confort, por lo que la alternativa es recircular el aire precalentado para elevar su temperatura y elevar la temperatura interior del ambiente usando métodos pasivos o tradicionales.

Una alternativa simple sería la presentada a continuación. El aire ingresa por la parte inferior del colector, es precalentado al circular entre el vidrio y la placa co-

lectora; esta última absorbe radiación aumentando su temperatura; parte de la energía absorbida por la placa es entregada al aire, el resto atraviesa la placa por conducción, calentando la cara opuesta, el aire en contacto con esta superficie se calienta, y por convección natural fluye hacia arriba.

Colocando una placa (placa interna), que separe el ambiente interior de la placa colectora, de forma de canalizar el movimiento de aire de abajo hacia arriba por efecto termosifón, se puede lograr un caudal importante de recirculación del aire interior de acuerdo a la temperatura de la placa colectora, haciendo así crecer la temperatura del aire en el ambiente interior. La placa interna toma calor del aire que circula entre ambas placas por convección, y de la placa colectora por radiación, cediendo parte de este calor al ambiente interno a través de su cara interna.



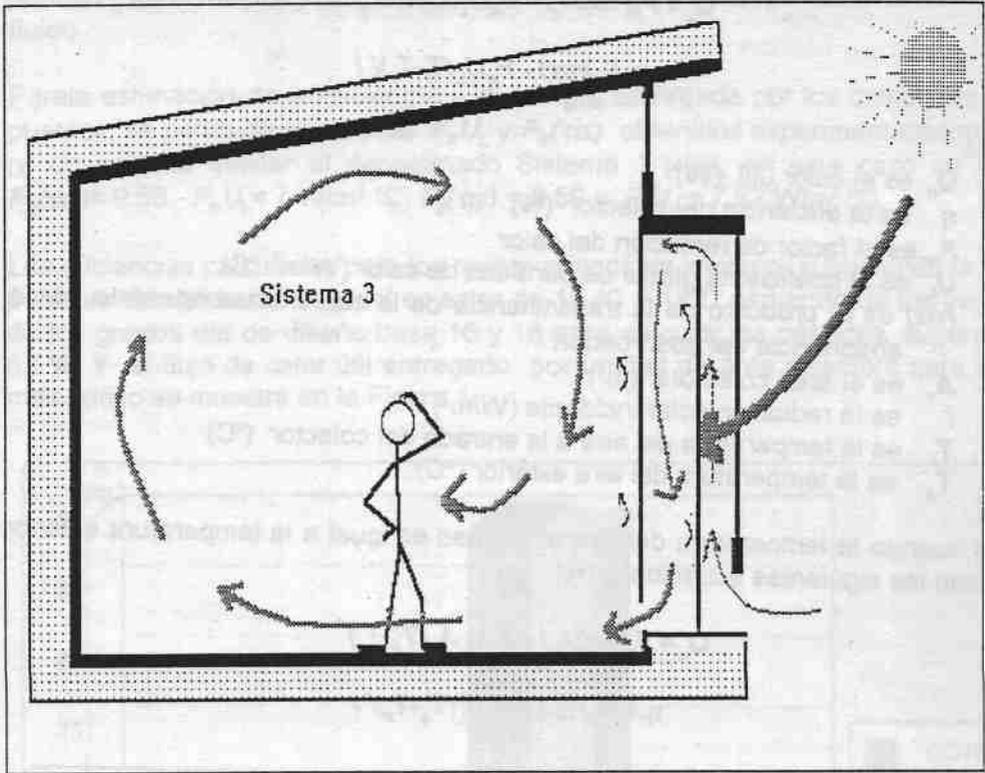
Esquema 3. Detalle de funcionamiento del Sistema 2

De esta forma, el sistema por un lado precalienta el aire de ventilación, y por otro calienta el aire interior recirculándolo, de forma similar a los sistemas solares pasivos vistos en la sección anterior.

Estos flujos de aire caliente ingresantes se pueden orientar con deflectores para evitar la estratificación del aire en el interior del recinto; este efecto se produce al separarse el aire en capas de distinta densidad y temperatura. Estas capas tienden a estacionarse; las capas de aire más caliente se estratifican en la parte superior, creándose un gradiente de temperatura y densidad del aire en el local.

Otra alternativa es recircular el aire precalentado, barriendo la cara interior de la placa colectora, como se ve en el Esquema 4 presentado a continuación (Sistema 3).

El aire exterior que ingresa por la parte inferior, se precalienta al circular entre el vidrio y la placa colectora tomando calor de ésta. Luego, el aire se ve forzado a bajar, empujado por el aire ingresante, tomando calor de la parte interior de la placa colectora, aumentando su temperatura e ingresando al local por un orificio a nivel de suelo.



Esquema 4. Modo de funcionamiento del Sistema 3

Este diseño puede tener pérdidas de carga importantes, debido a los efectos de diferencia de presión y pérdidas de carga por fricción del aire con las paredes de los ductos, reduciendo los caudales de aire hacia el interior del local y disminuyendo la performance térmica del sistema.

En el Esquema 5 se muestra una forma de resolver el diseño de los modelos, colocando una placa pivotante sobre un eje que permite bloquear los orificios superiores, en el Sistema 2, impidiendo la salida directa del aire del precalentador al ambiente, pudiéndose recircular dicho flujo a través de la parte interna del colector, como en el Sistema 3. De este modo, el colector adosado a un muro expuesto al sol funciona alternativamente como Sistema 2 o Sistema 3.

ESTIMACION DE LA EFICIENCIA DE LOS SISTEMAS PROPUESTOS.

Recordando las ecuaciones que calculan el calor útil entregado por un colector plano de aire, y su eficiencia [2] [4], es posible predecir algunos resultados de los sistemas propuestos. Estas ecuaciones en su forma más conocida son:



$$Q_u = F_R(\tau\alpha)A_c I - F_R U_L A_c (T_i - T_a)$$

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

donde:

Q_u es el calor útil (W)

η es la eficiencia del colector (%)

F_R es el factor de remoción del calor

U_L es el coeficiente global de pérdidas de calor ($W/m^2 \text{ } ^\circ C$)

$(\tau\alpha)$ es el producto de la transmitancia de la cubierta transparente por la absorptancia del absorbedor.

A_c es el área colectora (m^2)

I es la radiación solar incidente (W/m^2)

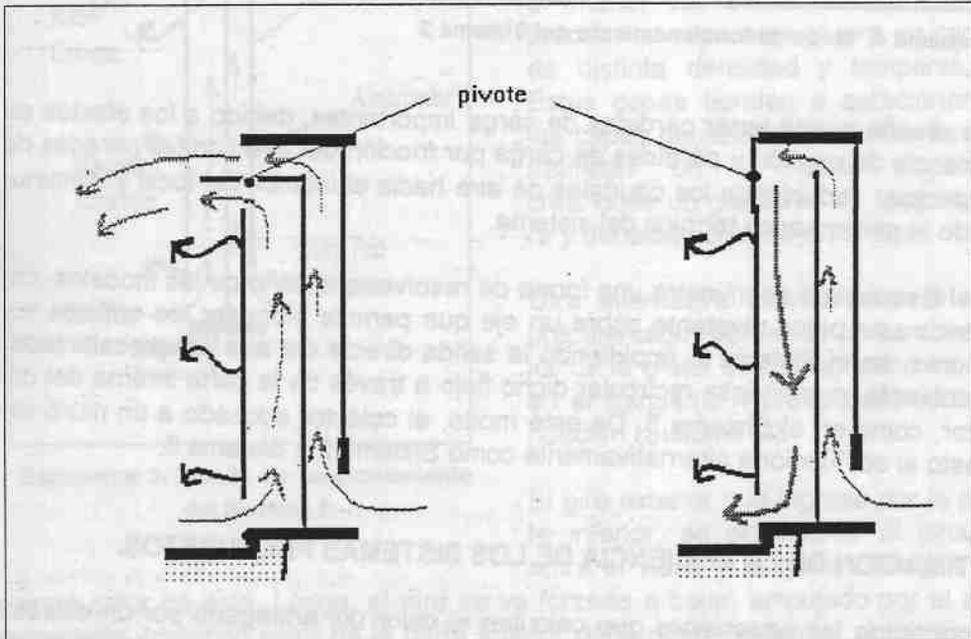
T_i es la temperatura del aire a la entrada del colector ($^\circ C$)

T_a es la temperatura del aire exterior ($^\circ C$)

Pero cuando la temperatura del aire al ingreso es igual a la temperatura exterior se usan las siguientes ecuaciones [10]:

$$Q_u = F_o(\tau\alpha)A_c I - F_o U_L A_c (T_o - T_a)$$

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



Esquema 10.5. Detalle de diseño y funcionamiento de válvula pivotante.

donde F_o es el factor de remoción del calor referido a la temperatura de salida del fluido.

Para la estimación de la eficiencia y la energía entregada por los colectores propuestos, se partió de valores de $F_R U_L$ y $F_R(\tau\alpha)$ obtenidos experimentalmente para un colector similar al denominado Sistema 1 [4][5], en este caso se tomó $F_R(\tau\alpha) = 0,56$, $F_R U_L = 7 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$, $F_o(\tau\alpha) = 0,59$ y $F_o U_L = 7,52 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$.

Las eficiencias calculadas para los meses críticos de invierno, suponiendo la temperatura de salida del aire del colector de $16 \text{ }^\circ\text{C}$ y $18 \text{ }^\circ\text{C}$ partiendo de los valores de los grados día de diseño base 16 y 18 para calcular las pérdidas, superan el 52 %. Y el flujo de calor útil entregado por unidad de área colectora para cada mes crítico se muestra en la Figura 1.

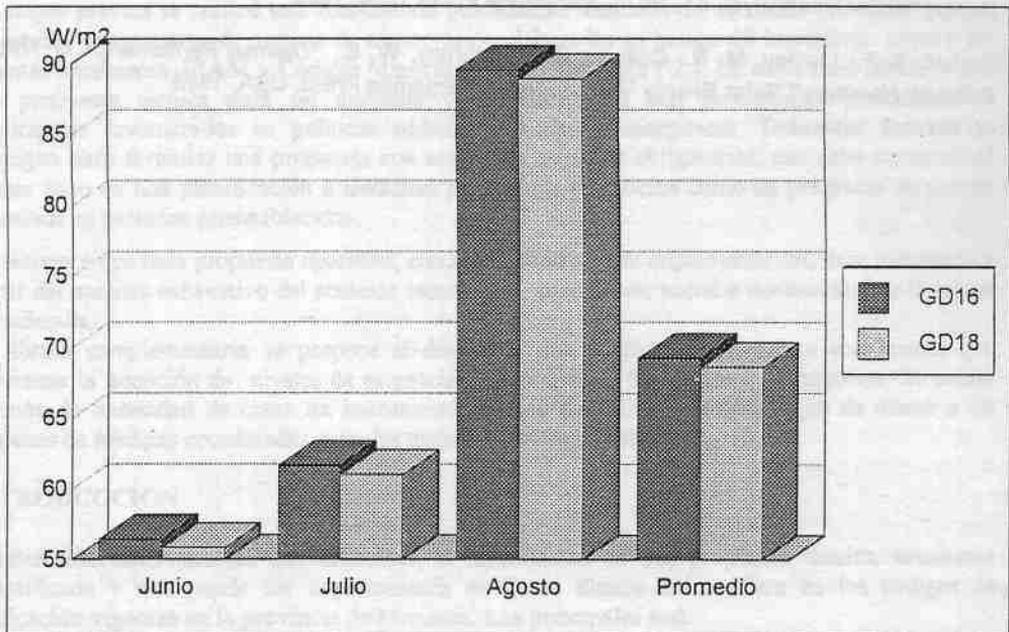


Figura 1 Potencia promedio entregada por unidad de área colectora estimadas para los meses críticos de invierno tomando como base de diseño grados día base 16 y 18, considerando la temperatura del aire a la salida del colector de $16 \text{ }^\circ\text{C}$ y $18 \text{ }^\circ\text{C}$ respectivamente.

CONSTRUCCION DE LOS MODELOS PROPUESTOS

El punto más importante es poder determinar empíricamente con la mayor exactitud posible, los valores del coeficiente convectivo entre la placa colectora y el aire. Para lo cual está en proceso de construcción un modelo a escala de los

diseños esquematizados para ser testeado, en boxes de ensayo y bajo condiciones "de uso" en la casa solar del CRICYT.

BIBLIOGRAFIA:

- 1) DINAE - Código Rector de Arquitectura Escolar.
- 2) Duffie, J. A.; Beckman, W. A.; "Solar Engineering of Thermal Processes"; Wiley-Interscience Publications, USA, 1991.
- 3) Norton, B.; Hobday, R. A.; Lo, S.; "Thermosyphoning Air Panels"; *Advances in Solar Energy*; ASES, Vol. 7, Karl Boer Editor; 1977.
- 4) Biondi, P.; Cicala, L.; Farina, G.; "Performance Analysis of Solar Air Heaters of Conventional Design"; *Solar Energy* Vol. 41, No. 1, Pergamon Press, USA, 1988.
- 5) Parker, B. F.; Lindley, M. R.; Colliver, D. G.; Murphy, W. E.; "Thermal Performance of Three Solar Air Heaters"; *Solar Energy* Vol. 51, No. 6, Pergamon Press, USA, 1988.

