

DISEÑO, CONSTRUCCION Y PRIMEROS ENSAYOS DE UN COLECTOR SOLAR CALENTADOR DE AIRE DE TIPO LOOP CONVECTIVO PARA EL CALENTAMIENTO DE EDIFICIOS¹

Alejandro Hernández , Carlos Fernández, Nahuel Salvo y Hugo Suligoy
INENCO – Instituto de Investigaciones en Energía No Convencional – U.N.Sa. - CONICET
CIUNSA – Consejo de Investigación de la Universidad Nacional de Salta
Avda. Bolivia N° 5150, 4400, Salta, Argentina
FAX: 54-87-4255489, Tel: 54-87-4255579
EMAIL: alejo@unsa.edu.ar

RESUMEN. En este trabajo se presenta el diseño, construcción y resultados del primer ensayo de un colector solar vertical calentador de aire por loop convectivo para el calefaccionado de cualquier tipo de edificios. Para su instalación es necesario hacer dos aberturas en la pared donde ha de montarse, la cual deberá estar orientada al norte para maximizar la colección solar durante el invierno. Los materiales seleccionados para su construcción son de fácil adquisición en el comercio, no incluyendo partes mecanizadas que requieran servicios altamente especializados de fabricación o mantenimiento. Durante el ensayo, la máxima temperatura alcanzada por el aire a la salida fue de 74 °C cuando la temperatura ambiente era de 19 °C, logrando elevar 55 °C la temperatura del aire dentro del colector. Con un caudal promedio diario de 0,005 m³/s la eficiencia media del prototipo fue del 20 %, con valores instantáneos comprendidos entre 7 y 28 %.

Palabras claves: Colector Solar, Calentamiento de Aire, Monitoreo Térmico.

INTRODUCCION

El actual concepto de “buena calidad de vida” involucra, entre otros factores, la posibilidad de habitar en una vivienda digna y de acceder al consumo de energía. En principio, estas siguen siendo las mismas motivaciones fundamentales de la vida humana que existían en épocas antiguas. Lo que ha cambiado en estos pocos miles de años de evolución son los parámetros bajo los cuales se define el concepto de “digno”. En nuestro país, del gran porcentaje de ciudadanos que viven bajo la línea de la pobreza, la mayoría dispone de una vivienda precaria o muy precaria y de un brasero que peligrosamente encienden dentro de locales cerrados para calefaccionarlos en invierno. En paupérrimas tapers viven hacinadas familias numerosas bajo condiciones de riesgo sanitario, desnutrición y total o parcial analfabetismo. Estas condiciones de vida resultaban “aceptablemente dignas” hace algunos miles de años pero resultan totalmente indignas e inaceptables, desde un punto de vista humanitario, en el mundo de hoy.

Los seres humanos hemos evolucionado más rápido en lo tecnológico que en lo ético al punto que, en la actualidad, el único “predador” del hombre es el hombre mismo con sus guerras, su contaminación, su uso irracional de los recursos naturales y sus políticas de sometimiento que condenan a las pueblos que las padecen a la desigualdad social, la pobreza, el analfabetismo y el crecimiento desmesurado de la delincuencia desde edades tempranas. El gran error ético de los insensatos es suponer que la pobreza es sólo un problema de los pobres que deben solucionar los gobiernos de turno. La lucha contra la pobreza nos involucra a todos a través de las acciones positivas de los gobiernos en tal sentido y de la acción solidaria ejercida por los habitantes en mejor situación socio-económica. Hay muchas formas de practicar la solidaridad y una de ellas es invertir el conocimiento adquirido en los centros de altos estudios e investigación en la resolución de los graves problemas que aquejan a la sociedad en su conjunto.

El mundo actual, globalizado y polarizado entre países *desarrollados* y en *vías de desarrollo* se enfrentará, en pocos años, a una grave crisis energética cuando el precio de los combustibles de origen fósil se eleve desmesuradamente debido a su creciente escasez o a razones de política internacional. Grandes esfuerzos deberán hacerse a fin de lograr el rápido reemplazo de los combustibles no renovables por fuentes de energía renovables apropiadas a cada región del planeta. Pero no todos los individuos podrán acceder a las nuevas tecnologías y sus realidades se aproximarán, cada vez más, a la de hace cientos de años atrás, pero con el agravante de existir una menor disponibilidad de biomasa (arrasada para ampliar las zonas habitables y de cultivo) para quemar en los braseros o en las cocinas. Los que hoy no disfrutan del consumo de gas natural, del petróleo o de la electricidad no sufrirán tanto el cambio como los que si lo hacen. Y nuestro país, de hecho, resultará gravemente afectado porque la crisis energética se superpondrá a la crisis socio-económica instalada a principios de este siglo y sumada a las anteriores.

En este contexto de emergencia energética global es muy probable que los gobiernos de las grandes potencias presionen a los países en desarrollo para que limiten su consumo de combustibles convencionales y compren, a través de préstamos de

¹ Parcialmente financiado por CIUNSA, Proyecto N° 1.579 y Proyecto BID 1728/OC-AR PAE N° 22559.

bancos internacionales, la nueva tecnología para el aprovechamiento de energías renovables desarrollada por ellos mismos, profundizando así, la dependencia económico-tecnológica de los países emergentes. Se hace entonces necesario que Argentina logre, a través de las investigaciones realizadas en sus universidades y centros de investigación públicos y privados, desarrollar su propia tecnología alternativa y transferir a empresas fabricantes locales prototipos de funcionamiento optimizado, debidamente certificados y patentados para que los produzcan a escala comercial. Todo esto debe estar apoyado por una política de fomento del aprovechamiento de las energías renovables desde el gobierno nacional y/o los gobiernos provinciales. Será también necesario incluir, a la brevedad, los conceptos fundamentales del uso racional de la energía y del aprovechamiento de las energías renovables en los contenidos educativos para que sean los mismos alumnos los transmisores de estos principios hacia el interior de sus familias. Educar a las nuevas generaciones en estos temas será mucho más eficiente que intentar educar a sus mayores, ya acostumbrados a los combustibles fósiles y al derroche energético.

En la Argentina, si bien el gas es un combustible relativamente abundante y barato y el grado de confort térmico que proporcionan las estufas de tiro balanceado o de pantallas radiantes es elevado, el gasto inicial (costo de la tubería y de los artefactos, su instalación y la habilitación del servicio) y el gasto de funcionamiento (consumo) son superiores a los que muchos de los usuarios de recursos medios y bajos están dispuestos a invertir en calefacción. La situación se agrava aún más en aquellas grandes regiones del país (NEA y NOA) donde todavía no existe red de gas natural ya que el precio del gas envasado (GLP) es demasiado alto como para ser empleado en la calefacción de edificios. Asimismo, si bien el consumo eléctrico residencial en la Argentina representa el 22 % del consumo total y parte de este porcentaje se emplea en el uso de estufas a cuarzo o halógenas, los costos del calefaccionado eléctrico superan ampliamente, por el momento, a los generados con el calentamiento a gas. Sin embargo, los gastos derivados de la calefacción eléctrica disminuyen si se emplean bombas de calor pero el precio de estos aparatos es aún muy elevado.

Es por ello que, en la actual (e histórica) situación de crisis económica que ha sumido en la pobreza a miles o millones de argentinos y, ante la proximidad de una grave crisis energética mundial, la disponibilidad de artefactos que permitan calentar el aire interior de los edificios mediante el aprovechamiento de la energía solar, diseñados y fabricados en la Argentina, adquiere una importancia estratégica sin precedentes para intentar atender a una demanda creciente de mejora de la calidad de vida tanto de los sectores más empobrecidos de nuestra sociedad como de los de ingresos medios.

El presente trabajo corresponde a la etapa inicial del Proyecto N° 1.579 del CIUNSA titulado DISEÑO, EVALUACION Y DESARROLLO DE UN COLECTOR SOLAR CALENTADOR DE AIRE DEL TIPO LOOP CONVECTIVO VERTICAL PARA EL CALEFACCIONADO DE EDIFICIOS que se inició en enero de 2007 y cuyo objetivo general es desarrollar colectores solares calentadores de aire verticales para ser adosados a las fachadas de los edificios, tanto residenciales como industriales, a fin de suministrarles calor y disminuir el consumo de energías convencionales empleadas para su calefacción invernal. Asimismo, se pretende estudiar la posibilidad de transferir los prototipos más eficientes a la industria local para fabricarlos y comercializarlos a escala industrial. Como aporte solidario, se espera poder interesar a las autoridades nacionales y/o provinciales para que financien programas que permitan utilizar estos prototipos en planes de vivienda de interés social y en escuelas rurales y centros de salud de campaña mejorando, en consecuencia, la calidad de vida de alumnos y pacientes que desarrollan su existencia en esas comunidades aisladas, contribuyendo asimismo a la preservación del medio ambiente rural al disminuir la quema de biomasa en la época invernal.

DESCRIPCION DEL COLECTOR SOLAR DE LOOP CONVECTIVO Y SU FUNCIONAMIENTO

El colector solar calentador de aire por loop convectivo emplea una placa absorbidora de radiación solar para convertir ésta en calor, haciendo circular el aire caliente hacia el interior del edificio por medios naturales (termosifón). Básicamente consiste de una caja vertical, aislada térmicamente del exterior en su fondo y costados con lana de vidrio, que aloja en su interior una placa metálica negra (absorbedor), dejando un canal entre el aislante y la placa por donde circula el aire (D. K. Reif, 1983). En la parte que da al exterior, la caja se cierra con una doble cubierta de vidrio o policarbonato alveolar a fin de evitar que la chapa caliente se enfríe por acción del viento. Posee, además, dos registros para la circulación del aire entre el colector y la vivienda, uno en la parte superior de la caja y otro en la inferior (figura 1). A medida que la radiación solar atraviesa la cubierta transparente e incide sobre la placa negra, se absorbe en ella y la calienta, alcanzando temperaturas superiores a los 40 °C. Una vez que el aire situado en el canal detrás de la placa absorbidora alcanza una temperatura suficientemente elevada, asciende naturalmente (al ser menos denso que el de la habitación) introduciéndose en la vivienda por el registro superior mientras que el aire frío, situado sobre el piso de la vivienda, es succionado hacia el interior del canal a través del registro inferior. De esta forma, el colector suministra calor solar a la vivienda durante las horas de sol. Durante la noche se evita que el aire frío procedente del colector ingrese a la vivienda a través del registro inferior ubicando en él una válvula de retención automática que puede consistir simplemente de un foil de polietileno.

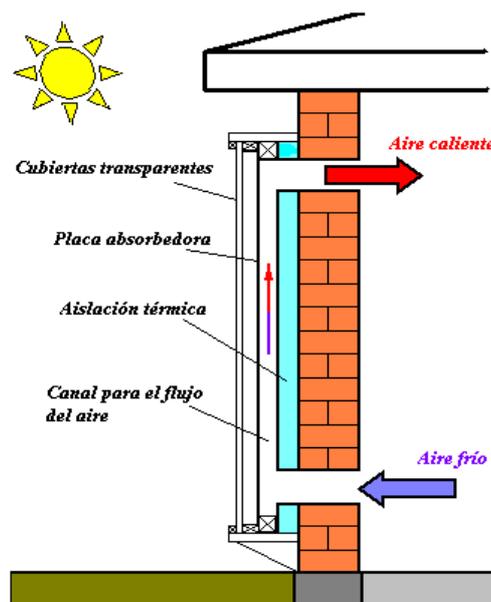


Figura 1: Esquema del colector solar de loop convectivo y su funcionamiento.

DISEÑO DEL PROTOTIPO DESARROLLADO

El prototipo desarrollado hasta el presente constituye el primer modelo de 3 diseños seleccionados para ensayar. La caja del colector está construida con chapa galvanizada calibre 27 cuyas dimensiones son: 2,22 m de largo, 0,94 m de ancho y 0,1 m de alto. Estas medidas son las que permiten el mejor aprovechamiento de las chapas que se consiguen en el comercio. En el fondo de la caja se practicaron las dos aberturas para la circulación del aire. Cada una tiene un área igual al 1 % del área total de la base y están separadas por una altura de 2,04 m entre sus centros. En la figura 2 se observa la caja con las dos aberturas mientras que en la 3 se aprecia uno de los dos conductos, construido en la misma chapa, que van empotrados en la pared del edificio para la circulación del aire entre éste y el colector.



Figura 2: Caja del colector con las dos aberturas



Figura 3: Conducto que comunica el colector con el edificio

El fondo y los costados de la caja se aislaron térmicamente con lana de vidrio de 5 cm de espesor debido a las altas temperaturas esperadas. Como cubierta transparente se eligió el policarbonato alveolar de 6 mm de espesor en función de la relación *costo - beneficio* aceptada como conveniente para minimizar el precio final del colector.

Como placa colectora se eligió para este prototipo la chapa galvanizada ondulada calibre 30 de 2,14 m de largo por 0,91 m de ancho y se la pintó con pintura negra para alta temperatura. Esta placa se dispuso de tal forma de obtener suficiente estanqueidad como para que el aire circule solamente por el canal que se encuentra entre la aislación térmica del fondo de la caja y la cara de la chapa no expuesta a la radiación solar, quedando un espacio estanco entre la cubierta transparente y la placa colectora.

La elección de la chapa ondulada responde al hecho de que presenta mayor área para colección solar que una lisa de las mismas dimensiones ($2,14 \times 0,91 \text{ m}^2$). A fin de evaluar este aumento en la cantidad de radiación solar colectada por la chapa ondulada, se aproximó su sección sinusoidal mediante una función periódica triangular con su misma amplitud y longitud de onda. De esta forma, la chapa acanalada fue modelada en los cálculos mediante una superficie corrugada constituida por sectores planos inclinados entre sí un ángulo de 127° aproximadamente, según se observa en la figura 4.

El desarrollo longitudinal de los triángulos es de 1,02 m, de modo tal que la chapa corrugada tiene un 12 % más de área metálica que la plana.

Mediante el programa Geosol (Hernández, 2003) se estimó la irradiancia solar incidente por m^2 sobre un plano vertical con un azimut de 166° (desde la orientación sur), correspondiente a una cara del triángulo de la chapa modelada, y sobre un plano vertical con azimut de -166° , correspondiente a la otra cara del triángulo mencionado, durante un día de invierno en la ciudad de Salta. Por otra parte, se calculó con Geosol el ángulo de incidencia sobre la cubierta de policarbonato, hora por hora para ese día, a fin de estimar su transmitancia para las componentes directa y difusa de la radiación incidente (Duffie & Beckman, 1991). De esta forma se estimó la irradiancia total absorbida por la placa corrugada considerando un valor de absorptancia solar de 0,95. Este cálculo se repitió para un plano vertical orientado al norte (azimut 180°) a fin de comparar la radiación solar absorbida por la placa corrugada con la absorbida por un placa plana de igual tamaño (ancho y largo).

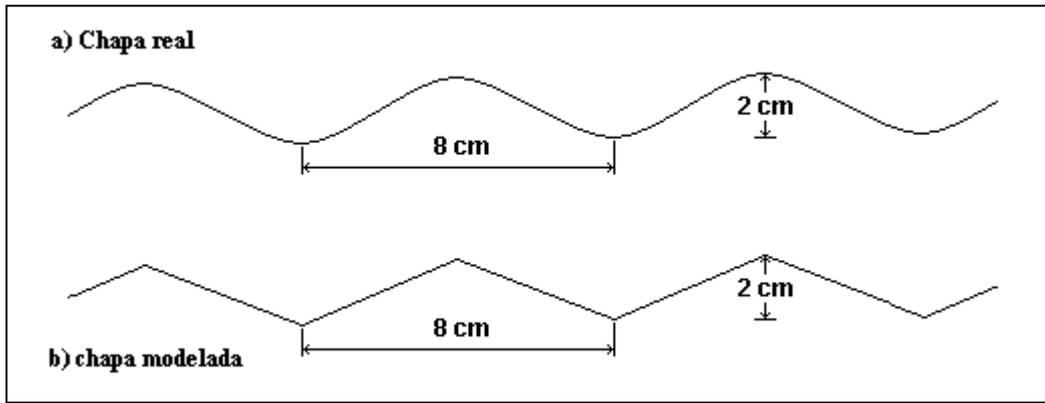


Figura 4: Modelización de la chapa ondulada para estimar la radiación solar absorbida

En la figura 5 se comparan las irradiancias solares colectadas, a lo largo del día, por las chapas corrugada y plana de 2,14 m de largo por 0,91 m de ancho (proyectado en el caso de la corrugada) cada una. Se observa en ella que, si bien la placa corrugada absorbe mayor cantidad de radiación solar que la placa plana, la diferencia no es significativamente grande.

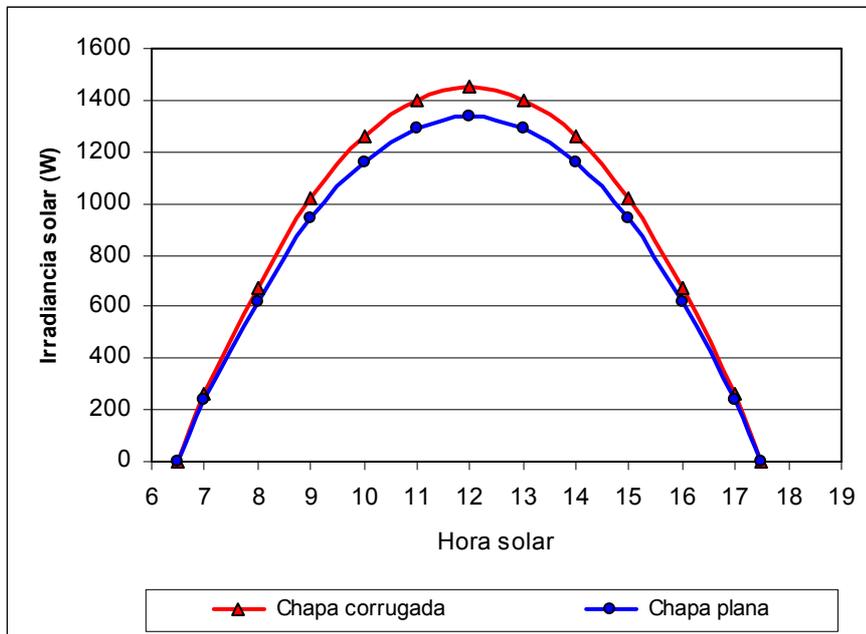


Figura 5: Irradiancias absorbidas por las chapas corrugada y plana luego de atravesar el policarbonato alveolar.

Integrando las curvas de la figura 5 se obtiene la energía total colectada a lo largo del día por cada chapa, resultando 38,5 MJ para la corrugada y 35,4 MJ para la plana, lo que indica que el incremento del 12 % en el área de la chapa se traduce en un aumento del 8,7 % en la radiación solar colectada por día. Desde el punto de vista de los costos, la chapa acanalada es un 12 % más cara que la lisa en el comercio local. Sin embargo, se asume que un 9 % de aumento en la energía colectada es más relevante, a los fines de optimizar el colector, que el 12 % (\$ 3,70) de sobrecosto unitario en el material de la placa colectora.

En la figura 6 se observan distintas etapas durante el armado del primer prototipo y el modelo terminado en su primer día de exposición al sol.

ENSAYO DEL COLECTOR

El colector fue ensayado en un predio del INENCO ubicado en la Universidad Nacional de Salta tomando aire frío del ambiente y descargándolo caliente en él por no estar instalado todavía en un edificio. A intervalos de 10 minutos se monitorearon la temperatura ambiente y la del aire a la entrada del colector mediante termómetros programables marca HOB0 de la familia H8. Debido a que estos sensores sólo miden hasta los 70 °C, se monitoreó manualmente, cada 30 minutos, la temperatura de salida del aire mediante un termómetro PHYWE modelo GTH 1160. También cada 30 minutos se monitorearon manualmente la irradiancia solar mediante un piranómetro fotovoltaico marca LICOR y la velocidad del aire a la salida del colector mediante un anemómetro direccional marca TSI. Debido al régimen turbulento que caracteriza el flujo del aire a la salida, esta medida fue la más imprecisa de todas ya que la lectura en el visor no se estabiliza en ningún momento.



Figura 6: Distintas etapas durante el armado del primer prototipo

RESULTADOS DEL MONITOREO

En la figura 7 se grafica la evolución temporal de las temperaturas del aire a la entrada y salida del colector y del ambiente.

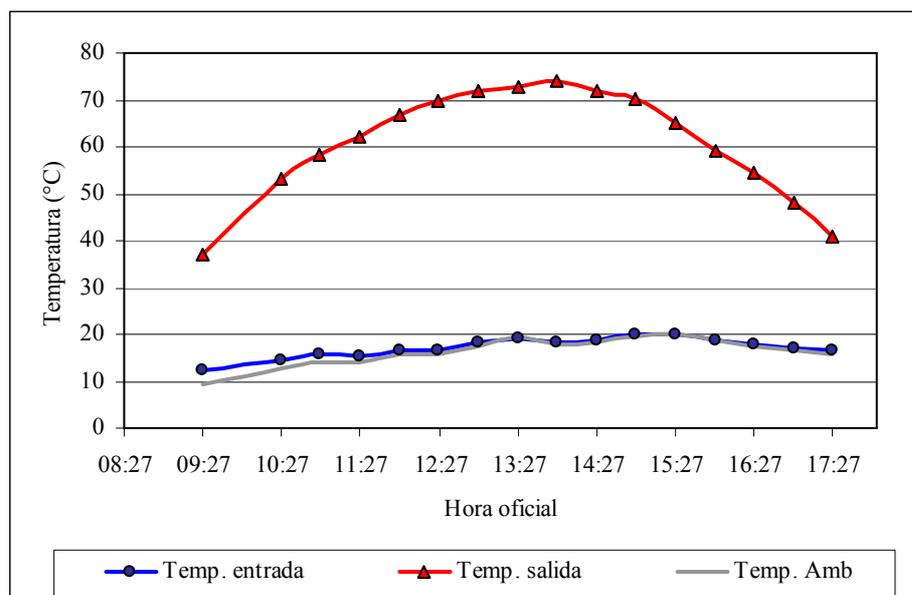


Figura 7: Evolución temporal de las temperaturas del aire de entrada y salida del colector y del aire ambiente

La diferencia entre la hora oficial y solar para el día del ensayo era de 1 h 27' por lo que el mediodía solar se produjo a las 13:27 hs. del reloj mientras que la primer medida se registró a las 8 hora solar. Según se observa en la figura, ya en ese momento el aire salía del colector a 20° C por encima de la temperatura de entrada, indicando esto que su funcionamiento arranca poco tiempo después de la salida del sol sobre los cerros que se encuentran al este de la UNSa. A esa hora, la irradiancia solar sobre el plano del colector era de 508 W/m². El período de monitoreo se extendió hasta las 17:27 hs (16 hora solar) ya que a partir de entonces un edificio cercano comenzaba a proyectar sombra sobre la parte inferior del colector. La irradiancia solar medida a esa hora fue de 326 W/m², lo que indica que aún con valores tan bajos de irradiancia solar el colector es capaz de calentar 20 °C el aire que ingresa por la tobera inferior. La máxima temperatura alcanzada por el aire fue de 74 °C cuando la irradiancia solar era de 740 W/m², logrando un incremento de 55 °C en la temperatura del aire al circular por el colector. Se espera entonces que la eficiencia de este prototipo, funcionando como sistema pasivo, sea baja.

En la figura 8 se observa la evolución temporal de la velocidad del aire sensada en la tobera de salida. Debido a lo difícil que resultaba determinar el valor de la medida en el display del anemómetro por su rápida variación instantánea, se procedió a estimar su posible valor mediante la siguiente ecuación empírica citada por Duffie & Beckman, válida para muros Trombe:

$$\bar{v} = \left[\frac{2 g h}{8 \left(\frac{A_g}{A_v} \right)^2 + 2} \frac{T_m - T_r}{T_m} \right]^{1/2} \quad (1)$$

Donde:

- \bar{v} : velocidad media del aire en el canal dentro del colector (m/s)
- g : aceleración de la gravedad (m/s²)
- h : altura entre ventanillas (m).
- T_m : temperatura media del aire en el canal (°C).
- T_r : temperatura del local tras el muro (°C).
- A_g : área del canal transversal al flujo (m²)
- A_v : área de la ventanilla (m²).

Para comparar los valores medidos con los obtenidos mediante esta ecuación debe emplearse la ecuación de continuidad dado que el área de flujo en la tobera de salida, donde fue medida la velocidad del aire, es menor que el área transversal de flujo dentro del canal del colector. La velocidad estimada a la salida del colector, graficada en color rojo en la fig.8, está dada por:

$$v_s = \frac{A_g \bar{v}}{A_v} = 1,2074 \bar{v} \quad (2)$$

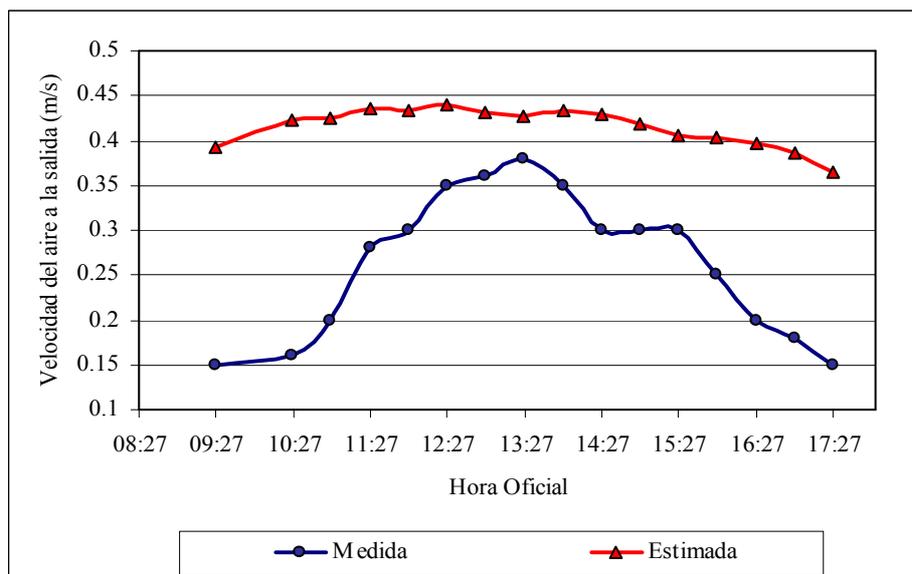


Figura 8: Comparación entre valores medidos y estimados de velocidad del aire a la salida del colector

Se observa en esta figura que, mientras los valores medidos tienden a seguir el comportamiento de las demás variables, los estimados con las ecuaciones varían muy poco a lo largo del día y son siempre más altos, por lo cual no resultan comparables. Sin embargo puede considerarse que son del mismo orden y por lo tanto se aceptan como válidos los valores medidos.

El caudal por termosifón promedio diario calculado en base a los valores de velocidad medidos es de 0,005 m³/s, habiendo circulado por el colector 147 m³ de aire en 8 horas de funcionamiento. Esto significa que el aire de una habitación de 36 m³ (3x4 m² de área de piso y 3 m de altura) pasaría 4 veces por el colector durante un día de invierno.

En la figura 9 se grafican la cantidad de energía que incidió por segundo sobre los 1,95 m² de cubierta de policarbonato y el calor útil instantáneo entregado por el colector, calculado mediante:

$$Q_{\text{útil}} = \rho v_s A_v c_p (T_s - T_e) \quad (3)$$

donde ρ es la densidad y c_p el calor específico del aire, v_s su velocidad medida a la salida, A_v el área de la ventanilla y T_e y T_s sus temperaturas de entrada y salida respectivamente. Según se observa, la potencia máxima entregada por este prototipo bajo las condiciones meteorológicas del ensayo fue de sólo 400 W cuando la potencia incidente superaba los 1.400 W. El aporte total de calor durante las 8 hs. de funcionamiento fue de 7,33 MJ. La figura 9 presenta también la evolución temporal de la eficiencia del colector obtenida dividiendo el calor útil por la irradiancia solar que alcanzó toda la cubierta de policarbonato. Su rango de variación fue de 0,07 a 0,28 con un bajo valor medio de 0,2 según se esperaba.

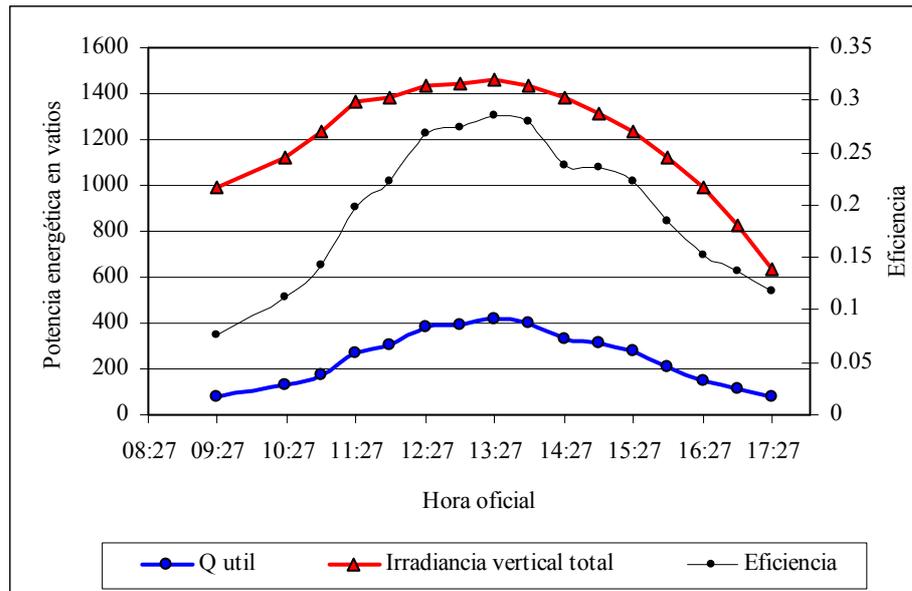


Figura 9: Comparación dinámica de las potencias incidente y útil y evolución temporal de la eficiencia de colección.

En la figura 10 se grafican los valores de la eficiencia instantánea en función de la variable $(T_m - T_a) / G$ donde T_m es la temperatura definida anteriormente, T_a la temperatura ambiente y G la irradiancia solar que incidió por m² sobre el plano vertical orientado al norte. El ajuste por regresión lineal determinó la siguiente curva característica para el prototipo ensayado:

$$\eta = 0,321 - 3,169 \frac{(T_m - T_a)}{G} \quad (4)$$

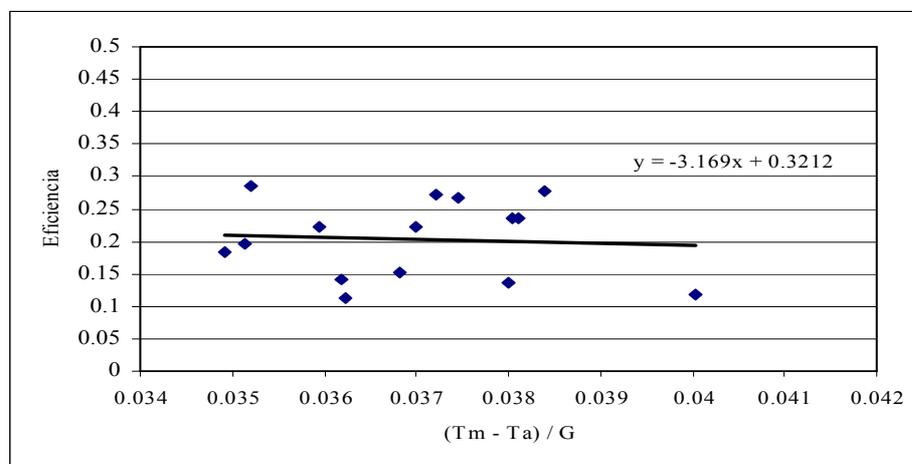


Figura 10: Gráfica de la curva característica de eficiencia del colector ensayado

Dado que en este ensayo no se varió el flujo másico en un rango suficiente, no se puede considerar a la ecuación (4) como la que verdaderamente caracteriza el comportamiento térmico del colector. Sin embargo, el valor de su pendiente está en el orden de lo esperado para un colector de doble cubierta. De acuerdo al valor de la ordenada al origen de la ecuación (4), el máximo valor promedio de eficiencia esperable para este colector, bajo las condiciones ensayadas, es del 32 %, valor que obviamente aumentaría si se forzara el flujo del aire mediante un ventilador, disminuyendo así los valores de T_m y, consecuentemente, las pérdidas de calor hacia la temperatura ambiente y aumentando el aporte de calor útil al ambiente a calefaccionar. Este cambio de funcionamiento pasivo a activo será evaluado convenientemente más adelante durante el desarrollo del proyecto.

CONCLUSIONES

En este trabajo se presentó el diseño, construcción y resultados del primer ensayo del comportamiento térmico de un colector solar calentador de aire de loop convectivo vertical para el calefaccionado de cualquier tipo de edificios. Los materiales seleccionados para su construcción son de fácil adquisición en el comercio, no incluyendo partes mecanizadas que requieran servicios altamente especializados de fabricación o mantenimiento. El peso del colector es de 20 kg por lo que puede ser manipulado por una sola persona.

Para su instalación es necesario hacer dos aberturas en la pared donde ha de montarse, la cual deberá estar orientada al norte para maximizar la colección durante el invierno. En los climas templados cálidos será necesario cubrir el colector durante el verano y el otoño a fin de evitar el sobrecalentamiento del aire interior ya que los colectores verticales pueden coleccionar mucha radiación difusa en esas épocas del año si el albedo del entorno es de 0,25 o superior.

El monitoreo del colector se realizó el día 16 de Agosto de 2007, a casi dos meses de iniciado el invierno, durante ocho horas de funcionamiento continuo. Si bien no se pudo determinar en este ensayo el nivel crítico de irradiancia para el arranque del colector, se constató que con sólo 326 W/m^2 sobre plano vertical al norte el aire de salida superaba al de entrada en $20 \text{ }^\circ\text{C}$. Es de esperar, entonces, que dicho umbral se encuentre cercano a los 200 W/m^2 sobre plano vertical al norte, lo cual será evaluado en futuros ensayos.

La máxima temperatura alcanzada por el aire a la salida fue de $74 \text{ }^\circ\text{C}$ al mediodía solar (13:27 hs), cuando la temperatura ambiente era de $19 \text{ }^\circ\text{C}$, logrando elevar $55 \text{ }^\circ\text{C}$ la temperatura del aire dentro del colector. A modo de comparación, una estufa de tiro balanceado logra elevar continuamente la temperatura del aire en contacto con el lado exterior de su cámara de combustión unos $100 \text{ }^\circ\text{C}$. Un colector solar plano no puede igualar este rendimiento pero de todos modos resulta conveniente su utilización en lugares donde no se dispone del gas natural para emplear en calefacción.

Cuando este prototipo sea instalado en la fachada de un local que ha de construirse en el predio del INENCO, se evaluará su poder calefactor a fin de determinar el área de colección necesaria en función de los m^3 a calefaccionar, de acuerdo al clima local. Actualmente parte del grupo de trabajo que integra el proyecto 1.579 del CIUNSA está desarrollando la modelización fluidodinámica del prototipo a fin de obtener una herramienta computacional que permita simular su comportamiento bajo distintas condiciones climáticas y geográficas.

Con un caudal promedio diario de $0,005 \text{ m}^3/\text{s}$ la eficiencia media del prototipo ensayado fue del 20 %, con valores instantáneos comprendidos entre 7 y 28 %. La curva característica de eficiencia del colector limita su valor máximo al 32 % funcionando por termosifón (régimen de funcionamiento ensayado), razón por la cual se evaluará la conveniencia de agregar un ventilador que permita aumentar el flujo de circulación, disminuyendo así la temperatura de la placa absorbidora y aumentando, en consecuencia, la eficiencia global del dispositivo.

REFERENCIAS

Duffie, J. A. y Beckman, W. A. (1991), “*Solar Engineering of Thermal Processes*”, Ed. JOHN WILEY & SONS, New York.

Hernández A., (2003), “*Geosol: Una Herramienta Computacional Para el Cálculo de Coordenadas Solares y la Estimación de Irradiación Solar Horaria*”, AVERMA, Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, Vol. 7 – N° 2, Sección 11, pág. 19 – 24. ISSN: 0329-5184, Argentina.

Reif, D. K. (1983), “*Reconversión Solar. Añada Energía Solar a su Casa*”, Ediciones G. Gili, S.A., México.

ABSTRACT

In this work, the design, construction and results of the first testing of a vertical air heater solar collector by convective loop for heating any type of buildings are presented. For their installation it is necessary to make two openings in the wall where it must mount, which will be oriented to the north to maximize the solar collection during the winter. The materials selected for their construction are of easy acquisition in the trade, not including automated parts that require highly specialized services of production or maintenance. During the testing, the maximum output temperature reached by the air was $74 \text{ }^\circ\text{C}$ for an ambient temperature value of $19 \text{ }^\circ\text{C}$, increasing $55 \text{ }^\circ\text{C}$ the air temperature inside the collector. With a daily average rate flow of $0,005 \text{ m}^3/\text{s}$ the daily average efficiency of the prototype was 20 %, with instantaneous values ranking between 7 and 28 %.

Key words: Solar Collector, Air Heating, Thermal Monitoring.