

CALEFON COLECTOR ACUMULADOR UNIFICADO DE BAJO COSTO

Alfredo Esteves, Fernando Buenanueva

Laboratorio de Ambiente Humano y Vivienda (LAHV), (INCIHUSA)
Instituto de Ciencias Humanas, Sociales y Ambientales (INCIHUSA) (CONICET)
C.C. 131. C.P. 5500, Mendoza, Argentina Tel. (0261) 4288314 Int. 270, Fax. (0261) 4287370
E-mail: aesteves@lab.cricyt.edu.ar

RESUMEN: se presenta el diseño de un calefón solar de bajo costo, adaptado para su autoconstrucción y el dictado de cursos-taller a personas sin conocimiento previo. También es interesante para su fabricación en serie generando la salida laboral a través de microemprendimientos. Se presenta el armado de las partes y el costo. Además se ha realizado mediciones en un modelo 1:1 del sistema y se determina el rendimiento del mismo.

PALABRAS CLAVES: calentamiento de agua, energía solar, agua caliente

INTRODUCCIÓN

El consumo de energía en calentamiento de agua sanitaria, es una demanda anual, por lo que el sistema podría tener un costo mayor, para más tiempo de amortización. Sin embargo, un sistema de colección-acumulación unificado ha sido fabricado y experimentado con el objeto de medir su rendimiento, plantear mejoras y determinar sus posibilidades de extensión a través de una transferencia de tecnología.

El primer sistema de calefones solares que se tiene registrado, constaba de un sistema, de tanque abierto, que permitía al final del día tener agua suficientemente caliente para poder ducharse, el mismo constaba de un tanque de 30 galones y se calentaba a 38.9°C, en lo que se llamó “Bare-tank heaters”. Luego, se comenzó a trabajar el calefón con tanque cerrado por su mayor eficiencia, cuyo tamaño más común fue un tanque de 32 galones (121 lt) de capacidad colocado en una caja de 1.37m x0.905 x0.305m de madera aislada térmicamente con papel. Clarence M. Kemp patentó esta idea en 1891 y lo llamó Climax (Kreither et al, 1981).



Posteriormente, William J. Bailey, dividió el colector del tanque almacenador para evitar el problema del enfriamiento nocturno del agua caliente. Lo llamó “Day and Night solar Water heater” y en el Sur y zona central de California permitía alcanzar temperaturas de 60°C cualquier día del año, y él calculó que cubría el 75% de los costos anuales del calentamiento de agua (Kreither et al.,1981). Este sistema si bien tuvo la posibilidad de mantener el agua más tiempo caliente, tuvo problemas de congelamiento del colector y destrucción de la tubería. De este modo apareció el sistema indirecto, con circulación de fluido anticongelante por su interior. Todas a un costo mayor.

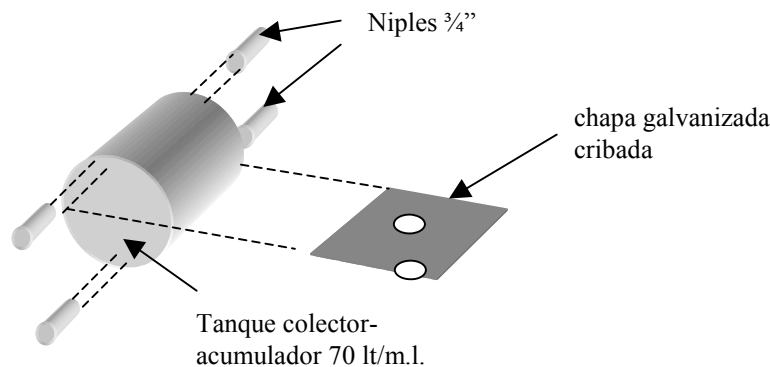


Figura 2 – esquema del tanque

La industria tuvo un lapso de tiempo de actividad latente entre principios de siglo y los años 70, cuando la primer crisis del petróleo generó la reactivación de los sistemas solares a partir del alto costo energético.

En nuestro país, aparecieron varias fábricas de calefones solares durante la década de los años 70 a 90, momento en los cuales, la situación energética, con bajos precios de combustibles fósiles (petróleo y gas natural), determinó su aletargamiento. Sin embargo, hacia finales de siglo, la situación de contaminación ambiental, que empujó a la mayoría de los países a firmar el Protocolo de Kioto, disparó nuevamente la reactivación de la industria de equipos de base solar.

El mismo estado, a través de la SECYT, (Secretaría de Ciencia y Técnica del Gobierno de la Nación), ha impulsado un programa especial para fabricación de colectores solares. Estos serían distribuidos a bajo costo para mejorar la situación de los que menos tienen (actualmente hay cerca del 50% de los argentinos que adolecen de falta de recursos energéticos).

Paralelamente a esto, la situación que se disparó en 2001, con la devaluación del peso argentino, generó una suba considerable del gas envasado. Este combustible es el más extensamente utilizado en las zonas rurales y marginales, dada la dificultad de extender las redes de gas natural.

Se hace necesario contar con sistemas de bajo costo inicial y que a la vez sean confiables y de un rendimiento suficiente, de modo de controlar sus dimensiones y con ello el costo y que presten una prestación importante.

En 2002 (Esteves, 2002) y dada la situación económica ajustada, se presentó una idea de un modelo que fue publicada en un diario de tirada regional, alentando a la gente a construirlo. En este trabajo se presenta el diseño del sistema, el cómputo de materiales, el costo de los mismos, su evaluación térmica y el impacto de su implementación masiva. La Figura 1 muestra una foto del sistema, como se puede observar resulta un diseño muy compacto y cumple con las condiciones de simplicidad y bajo costo y posee un rendimiento suficiente.

DISEÑO DEL SISTEMA

El concepto ha sido disponer de colección y acumulación en el mismo aparato. Esta idea se ha desarrollado con anterioridad al uso de sistemas convencionales, pero fue abandonada dada la falta de eficiencia al existir un enfriamiento excesivo durante la noche. Sin embargo los altos costos de materiales metálicos han incrementado el costo del sistema solar convencional y resulta difícil de alcanzar hasta para la clase media argentina. Por lo tanto, se ha pensado en un sistema integrado, como sistema solar, que permita calentar el agua durante el día, ser de bajo costo, y pensar en su autoconstrucción para obtenerlo.

Básicamente el sistema consta de un tanque cilíndrico colector-acumulador de 0.070 m³ de capacidad/m de longitud. El material es chapa de acero galvanizado N° 22. Posee 4 conexiones del mismo material, de ¾" de diámetro, dos en cada tapa, a distinta altura, que permiten entrada/salida de agua, aprovechando la estratificación. Se ha agregado una chapa cribada en su parte media de manera de evitar el mezclado de la zona de agua fría (inferior) con la zona de agua caliente (superior), cuando hay demanda de agua caliente y al salir ésta, ingresa agua fría por la conexión inferior. La Figura 1 muestra un esquema de cómo se ubican estas partes y la Figura 3 muestra las conexiones del tanque. El tanque se encuentra pintado con pintura negro mate por el exterior, previo tratamiento de su superficie, ver Fig. 4.

El tanque posee dos uniones de ¾" en cada tapa, una en el borde superior y la otra en el borde inferior. Estas dos conexiones nos permiten colocar dos sistemas en serie o en paralelo. Además siempre queda una conexión libre lo que permite incorporar un sistema de calentamiento auxiliar eléctrico, a través de una resistencia si fuera necesario y/o propicio (hoy el costo de gas envasado ha crecido y se encuentra muy cercano al costo de energía eléctrica, sobretodo en localidades alejadas, donde la provisión de gas envasado a granel, se complica).

El tanque colector-acumulador se encuentra ubicado en una caja de 0.46 m x 0.46 m x 0.46 m. Se conforma de listones de madera de 2" x 2", con cartón prensado como tapa. La misma tiene dos ventanas de 0.33 m x 1.005 m que permiten que ingrese la radiación solar al interior. Se encuentra aislada térmicamente en las partes opacas para evitar el enfriamiento excesivo a través de ella. El espesor de la aislación térmica de poliestireno expandido, es de 0.05 m y la superficie interior se encuentra forrada con papel de aluminio para aumentar la resistencia térmica de la superficie opaca y permitir que el reflejo de la radiación solar, haga incidir los rayos nuevamente hacia el tanque.

Las ventanas se construyen con vidrio simple de 3 mm de espesor y se colocan en distinta posición: una con inclinación de 80° y la otra con inclinación de 10° ambas sobre la horizontal. Ambas son iguales y sus medidas son 0.33 m x 1.0 m. El hecho de contar con dos superficies tiene sentido para lograr un sistema más compacto que si utilizáramos un solo vidrio con una inclinación intermedia (45°).

TECNOLOGÍA DE ARMADO



La tecnología de armado del sistema es sencilla. El tanque se encuentra colocado sobre costillas de madera que permite ubicarlo en posición fija horizontal, respecto de la caja térmica que lo rodea. Luego se coloca la tapa opaca sobre el lado sur y uno de los costados. Luego se colocan las ventanas y luego el otro costado. Este es desmontable para permitir quitar el tanque y efectuar alguna reparación necesaria, para renovar la pintura negra, o las superficies aluminizadas, o la aislación del interior o cambiar alguno de los vidrios que hubiera sufrido algún deterioro.

Como vemos, el sistema se adapta para la autoconstrucción y la transferencia de tecnología a través de curso-taller donde el asistente pueda armar su propio equipo.

Costos

Los costos incurridos en el armado del sistema son costos de materiales y costos de mano de obra. Los costos de materiales son los siguientes, evaluados al día 08-08-05:

| Materiales | Costo |
|--|-----------------|
| Tanque colector de 70 lts. de capacidad con 2 niples de 3/4" en cada tapa y chapa divisoria al medio | 420,0 |
| Pintura negro mate (0.5 lts) | 7,5 |
| Madera 1" x 3" x 2,20 m (1 listón) | 6,0 |
| Madera de 1" x 2" x 2,20 m (4 listones) | 16,0 |
| Madera de 1"x1"x2,20 m cantidad | 4,0 |
| Cartón prensado (una plancha de 1.22 x 1.22) | 15,0 |
| Lana de vidrio como aislante - 1.1 m ² | 11,0 |
| Vidrio para las ventanas (0.45 x 1.10 x 2) | 35,0 |
| Clavos y tornillos (0.5 kg) | 3,0 |
| Pintura de color (0.5 lt) | 7,5 |
| Total | \$ 525,0 |

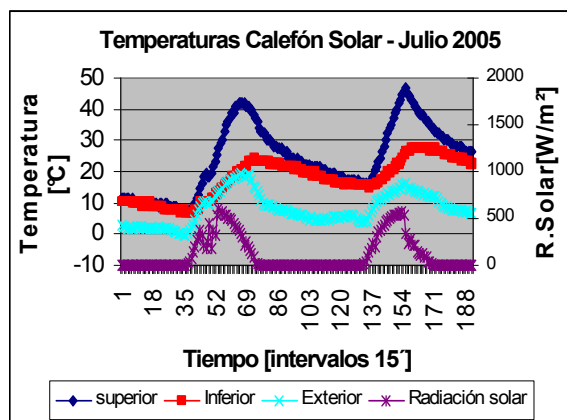
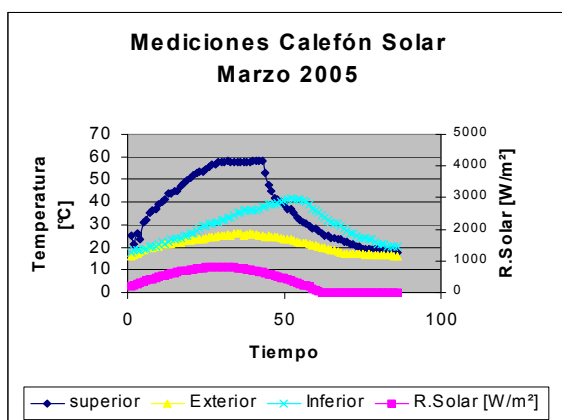
Como se puede observar, el costo resulta muy inferior al costo de un sistema convencional que tiene un monto de \$ 1500, cuando consideramos un colector y un tanque de almacenamiento.

Evaluación térmica

Para la evaluación térmica del sistema, no es posible considerar el método de ensayo de colectores solares convencional dado que éstos, se ensayan considerando un flujo de fluido que va colectando el calor solar en el mismo y lo traslada al tanque de acumulación. Por otro lado, el comportamiento de los tanques de acumulación se evalúa considerando la disminución de la temperatura durante la noche. En este caso, deberemos evaluar el aporte solar durante el día y posteriormente, el enfriamiento nocturno, apuntando a obtener la curva de rendimiento en función de las variables del clima que nos permita conocer el comportamiento térmico en otros momentos del año.

La cantidad de energía que gana el sistema se puede evaluar a partir del registro sobre plano horizontal. Esta se utiliza para aumentar la temperatura del agua dentro del tanque (Qu) y el resto se pierde a través de las partes transparentes y opacas de la envolvente del sistema.

Las mediciones han sido realizadas colocando una termocupla en la parte superior y otra en la parte inferior. Además se ha medido la radiación solar y la temperatura exterior. Las mediciones han sido realizadas durante el mes de marzo de 2005 y en Julio del mismo año. La Fig. 5 muestra la curva característica de la evolución de la temperatura durante un día del mes de marzo y la Fig. 6 muestra la curva correspondiente para la evolución de la temperatura para un día del mes de julio.



Como se puede observar, la temperatura en la parte superior del tanque se eleva ante la incidencia de la radiación solar, hasta la hora en la cual el tanque era sombreado (las 14 hr). La temperatura de la parte inferior del tanque, sigue el mismo camino que la superior, pero con menor aumento provocado por la menor exposición a la radiación solar por un lado y a la estratificación por el otro. Además el sistema era trasladado al interior hacia las 14 hr, por lo tanto, existía un fenómeno de mezcla adicional, lo que provoca que la temperatura siga subiendo luego de producirse el sombreado, provocado por el contacto con el agua de la parte superior, hasta que finalmente las pérdidas térmicas son tales que provocan el rápido enfriamiento del sistema, tanto de la parte superior, como de la parte inferior. La temperatura del agua, en la parte superior sube de 20°C a 60°C y en la inferior desde 20°C a 42°C.

Para el caso del 17 y 18 de Julio de 2005, se presenta la Fig. 6. En este caso, no existió sombreado, dejando que el sol incidiera libremente todo el día y además no hubo traslado ni movimientos del sistema. Como se puede observar, la temperatura en la parte superior va subiendo, al igual que la temperatura de la parte inferior. Se observa la temperatura exterior muy bajas durante la mañana y suben hacia el mediodía solar. La temperatura sube desde 8°C a 42°C en la parte superior y en la parte inferior desde 8°C a 24°C.

Para la evaluación térmica se ha tomado en cuenta la energía puesta en juego para el calentamiento del sistema hasta la temperatura final. Cada intervalo de 15 minutos, la temperatura sube y se puede evaluar la energía puesta en juego en este concepto. En la parte inferior resulta de la misma manera, la temperatura sube y se pone en juego una cantidad de energía que puede evaluarse a través de la ecuación siguiente (Mohamad, 1997):

$$Q_u = m \cdot C_p \cdot (T_{a2} - T_{a1}) \quad [1]$$

Siendo:

Qu: calor útil [J]

M: masa de agua [kg]

Ta2: temperatura en el tiempo 2 [°C]

Ta1: temperatura en el tiempo 1 [°C]

La potencia absorbida por el sistema se calcula luego para cada intervalo teniendo en cuenta el tiempo involucrado en cada operación, en este caso son 15 minutos por intervalo o 900 s.

$$P_u = Q_u/900 \quad [2]$$

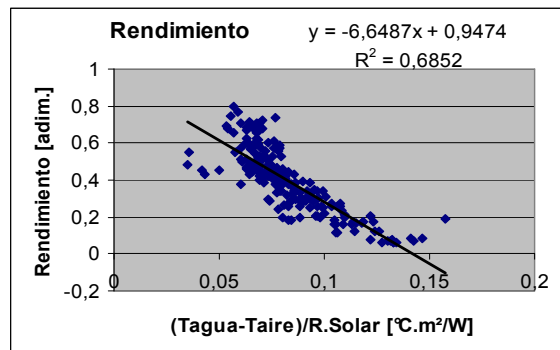
El rendimiento se calcula en este caso teniendo en cuenta la radiación solar G, que llega en cada instante sobre el área A de la ventana:

$$\eta = P_{u12}/G_{12} \cdot A \quad [3]$$

donde: G12: radiación solar que llega en el intervalo de tiempo 1-2 [W/m²]

Pu12: potencia absorbida en el intervalo de tiempo 1-2 [W]

A : superficie colectora total [m²]



Tomando en cuenta esta situación se ha evaluado el rendimiento en función de la diferencia de temperaturas entre el agua y el aire, obteniendo la curva que se indica en la Fig. 7, correspondiendo a las mediciones julio de 2005 (las mediciones de marzo 2005 han sido descartadas por ser muy pocas y tener muy bajo nivel de correlación). Esta ecuación de la regresión nos sirve para poder evaluar el rendimiento solar durante otras épocas del año y dimensionar de este modo el impacto de utilizar tales sistemas.

La curva de rendimiento se podría tomar como la expresada en la ecuación 4, para todas las épocas del año.

$$\eta = 0.9474 - 6.6487 \times Dt/G \quad [4]$$

Como se puede observar, el rendimiento es menor a medida que la diferencia de temperaturas entre el agua y el aire crece. Esto implicaría la necesidad de trabajar con una caja más aislada térmicamente, sobretodo en la ventana, utilizando doble vidriado o policarbonato e incorporar uno o dos reflectores planos que pudieran accionarse durante las noches, trabajando como aislamiento térmica nocturna. La limitante es el costo.

CONCLUSIONES

Se presenta un sistema que permite obtener agua caliente. Durante los meses de verano, la misma alcanza temperaturas superiores a 60°. Durante los meses de invierno, alcanza los 50°C en un día soleado, en los días nublados, solamente efectúa un precalentamiento que también inciden mejorando la performance energética para este consumo. Durante las noches se genera un enfriamiento importante y el agua del tanque, pierde la energía que colectó durante el día, razón por la cual, se exige un cambio de hábitos al requerir tomar las duchas durante las tardes y noche previa y no durante las mañanas, cosa habitual para la mayoría de las personas.

REFERENCIAS

- Kreither K., Keith E. 1981. Solar Energy Handbook. Ed. Mc Graw Hill, N.Y.
Mohamad. A.A. 1997. Integrated solar collector-storage tank system with thermal diode. Solar Energy Vol. 61, N° 3, pp. 211-218.
Esteves A. 2002. "Calefón solar de bajo costo". www.losandes.com.ar. (suplemento: página del campo).

ABSTRACT: It is presented a cheap solar water heater in order to self-construction and to be transfer technologically in workshop addressed to without technological instruction. It is presented the design, the cost of equipment and the thermal measurement in a 1:1 scale prototype.