

## CONSTRUCCIÓN DE COLECTOR SOLAR DE BAJO COSTO PARA USO FAMILIAR

J. Salerno, P. Bertinat, E. Marino, A. Pifferetti, C. Giordani

Observatorio de Energía y Sustentabilidad (O.E.S.)

Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Rosario. Zeballos 1341 (2000) Rosario

Tel. 0341-4481871 – [jsalerno@frro.utm.edu.ar](mailto:jsalerno@frro.utm.edu.ar)

**RESUMEN:** Es necesario brindar elementos que acerquen a la población en general al uso de energías renovables, allanando los escollos técnicos, económicos y culturales, y permitiendo así modificar la matriz energética nacional y la extrema dependencia del gas y otros combustibles fósiles. Se propone estudiar las alternativas de construcción de un colector solar de bajo costo para abastecer las necesidades de agua caliente sanitaria de una familia tipo, adaptarlas a los medios técnicos locales y materiales disponibles en plaza, de modo de lograr una aplicación de tecnología simple, efectiva y fácilmente replicable a la vez que resulte útil a la difusión de las alternativas energéticas.

**Palabras Clave:** colector solar, uso familiar, transferencia, bajo costo

**INTRODUCCIÓN:** El presente trabajo se realizó en el marco del Proyecto trianual M049.

Se realizó una revisión de la documentación existente asociada al estado del arte en el desarrollo de colectores solares de bajo costo en la región de manera de poder valorar los logros alcanzados y avanzar en nuevos aportes.

De este modo se revisaron una serie de trabajos referidos a la temática, que contemplan un conjunto de aspectos a tener en cuenta tales como la utilización de materiales plásticos y de descarte, su perspectiva económica y amortización (Busso y Aeberhad, 1999), los ensayos y certificación de colectores según norma IRAM 210002 (Garreta et al., 2008; IDAE, 2006), las especificaciones técnicas para instalaciones domésticas de agua caliente solar (Marusic et al., 2008), un diseño de colector solar de bajo costo para ser usado en las viviendas de interés social, (Mascaró et al., 2001), la evaluación de la energía solar absorbida por un colector con cubiertas de policarbonato alveolar. (Barral et al., 2001), la adaptación para la autoconstrucción de un calefón solar de bajo costo y el dictado de cursos-taller a personas sin conocimiento previo (Esteves, Buenanueva, 2005), la comparación de dos tecnologías constructivas cuyas superficies absorbedoras han sido construidas de materiales sintéticos, policloruro de vinilo (PVC) y polietileno (Pe), (San Juan et al., 2007) y se estudiaron dos diseños de calefones solares con placa colectora de material plástico (Figueroa et al., 2006), así como las características de la radiación en la zona (Grossi Gallegos, 2002).

En definitiva, se seleccionó para trabajar el “Manual de Instrucciones de manufactura e instalación experimental del calefón solar de bajo costo (CSBC)”, de SOSOL, CIETEC, Universidad de San Pablo, Brasil (SOSOL, 2003).

Este manual es parte integrante de uno de los proyectos de la “Sociedade do Sol”, denominado Calefón Solar de Bajo Costo o simplemente CSBC. Fue proyectado para ser libremente utilizado por la población. Su tecnología, por la simplicidad, no es patentable. Sus principales objetivos son: la mejora social, preservación ambiental, conservación de energía, posibilidad de generar empleos, economía financiera familiar y nacional (8 a 9% del consumo eléctrico, calculado para el caso de Brasil) y reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>. Siendo así, las informaciones de este manual pueden ser utilizadas y repasadas por todos los que estén interesados en montar un sistema de CSBC.

Las principales características del sistema CSBC son: posibilidad de manufactura en régimen de “bricolage” (autoconstrucción) y el uso de material de bajo costo encontrado en comercios de material para construcción. El Manual presenta las piezas, las herramientas y los complementos necesarios para realizar el montaje de un sistema CSBC con capacidad de calentamiento para 200 litros de agua, el mismo según los diseñadores podrá atender al consumo de agua caliente para la ducha de una familia de 4 a 6 personas.

La “Sociedade do Sol” cree que de esta manera podrá colaborar para que se reduzcan los gastos con energía eléctrica en por lo menos 30% de los valores actuales de consumo, ampliando su autoestima con el placer de poder producir en su casa gran parte de la energía térmica utilizada para bañarse. Estos cálculos fueron desarrollados para el caso de Brasil donde principalmente se desplaza electricidad usada para calentar agua a través de las duchas eléctricas. En nuestro país se deberán recalcular estos valores desde la perspectiva de que nuestra principal fuente energética para calentar agua es por lejos el gas, ya sea gas natural en los grandes centros urbanos y dentro de ellos en las viviendas con acceso económico y técnico a la red de distribución, o gas envasado a un costo sensiblemente mayor.

El sistema CSBC tiene el mismo principio de funcionamiento que el del sistema tradicional de calentamiento solar de agua, la diferencia está en el tipo de material utilizado y en la posibilidad de autoconstrucción.

Este último dato no es menor, desde el momento que la introducción de una tecnología sencilla y fácilmente asequible por la población agrega un elemento importante a la transferencia, que es el de capacitar e instruir en cómo mejorar su propia calidad de vida con recursos simples y a su alcance, a la vez de sustituir fuentes energéticas. Las barreras existentes para la introducción de fuentes de energía renovables son de varias clases, y es habitual reconocer a las económicas y técnicas, sin tener en cuenta muchas veces a las culturales. Tal vez lo primero que debiera hacerse en el camino de lograr un reemplazo masivo de fuentes de energía es hacer conocer las mismas, su funcionamiento y las verdaderas posibilidades de su

adquisición. Trabajos como el presente tienen la múltiple virtud de tener en cuenta la economía, la técnica, y la transferencia de recursos tecnológicos simples y efectivos.

El funcionamiento del CSBC se inicia cuando la energía solar irradiante incide sobre la superficie negra de los colectores. La energía absorbida se transforma en calor y calienta el agua que está en el interior de los colectores. El agua caliente disminuye la densidad y comienza a moverse en dirección al tanque dando inicio a un proceso natural de circulación del agua, llamado de termo-sifón. Para ello el tanque de agua debe estar más alto que los mismos. Este proceso es continuo mientras haya una buena irradiación solar o hasta que se iguale la temperatura de toda el agua del circuito.

El agua calentada queda almacenada en un tanque térmicamente aislado, de esta manera se evita la pérdida del calor hacia el ambiente. En el CSBC se propone un sistema de apoyo térmico formado por una ducha eléctrica conectada en serie a un dimmer, el cual permite un ajuste fino en la elevación de la temperatura del agua para bañarse. En nuestro país esta función se cumpliría de un modo sencillo mediante la regulación del termostato del termostanque o control de gas del calefón.

## **ADAPTACIÓN DEL MODELO PROPUESTO, CONSTRUCCIÓN DEL CONJUNTO COLECTOR TANQUE TÉRMICO**

**ELECCIÓN DEL LUGAR DE TRABAJO** esta elección se ha hecho teniendo en cuenta lo anotado arriba acerca de la sencillez y replicabilidad de la tecnología utilizada, por ello se ha adoptado como espacio de trabajo el Laboratorio de Casapartes en función de que presenta las condiciones necesarias para las tareas de construcción y desarrollo del equipo. A esto debemos sumar la existencia de una vivienda prototipo donde serán instalados los equipos a ensayar.

El Laboratorio de Investigación y Desarrollo de Casapartes, funciona desde 1994 en un predio de la Ciudad Universitaria ubicada en la zona este de Rosario. Es una Planta de Fabricación de módulos constructivos puesta en marcha con un Subsidio de la Secretaría de Desarrollo Social de la Nación a la Fundación de la Universidad Nacional de Rosario. En ella desarrollan nuevas tecnologías los investigadores de la Facultad de Arquitectura Planeamiento y Diseño y de la Facultad de Ciencias Exactas Ingeniería y Agrimensura de la UNR y de la Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Rosario.

El hecho de desarrollar el presente Proyecto en este Laboratorio guarda una estrecha relación con el espíritu de creación y funcionamiento del mismo, orientado a la construcción de viviendas de interés social. El poder agregar un elemento que tenga en cuenta la sustitución de fuentes energéticas orientado a una mejora en la economía familiar ha resultado de gran interés para el Directorio del Laboratorio.

Se cuenta allí con instalaciones, máquinas y herramientas que conforman un taller sencillo y que guarda las características buscadas, aportando facilidades de trabajo que se detallan a continuación:

- Amoladora sensitiva
- Amoladora de mano Black & Decker
- Taladro de mesa
- Taladro de mano
- Máquina de soldar eléctrica
- Termofusora con boquillas de 1 ¼", 1", ¾" y ½"
- Cortadora para caños de plástico
- Arco de sierra
- Morsas de banco
- Prensas sargentos
- Caja de herramientas completa (herramientas de mano)

**DESARROLLO DEL 1º PROTOTIPO:** Se ha realizado la adaptación del modelo de equipo seleccionado a los materiales y características existentes en nuestra ciudad. Por contar con herramientas y por su practicidad para realizar conexiones de caños por soldadura de termofusión se utilizaron en este prototipo elementos tipo sistema aquasystem (polipropileno copolímero random). Es válido también utilizar cualquier otro tipo de caño de material plástico roscado, pegado o conectado por espiga, o inclusive mangueras flexibles como veremos mas adelante.

Se construyó un tanque térmico de almacenamiento formado por un recipiente reciclado de 200 litros introducido dentro de otro de 300 litros, ambos de plástico. La aislación entre ambos se realizó con telgopor en perlas y en planchas. Se realizaron las entradas y salidas correspondientes para el colector propiamente dicho, la alimentación de agua desde la red domiciliaria, la bajada de agua hacia los servicios y la salida para evitar sobrepresión. Se conectó el flotante y su caño pescador para evitar turbulencias. Se construyó un soporte de tanque de 1,50 mts de altura en caños de hierro redondo y ángulos lo suficientemente rígido como para soportar un peso de 300 kg.

Se armó un colector de 2 m<sup>2</sup> de superficie absorbidora (2 m de largo x 1 m de alto) conformado por caños de termofusión de 1 ¼" y una plancha de policarbonato alveolar. En dicho colector y su cañería asociada se dejaron las conexiones correspondientes para insertar las termocuplas de medición y para desagotar el sistema en caso de necesidad.

El tamaño del colector depende de los volúmenes de agua proyectados para calentar y de las condiciones climáticas de la región donde se instalará, en nuestro caso se dimensionará el sistema para atender un consumo diario de 200 litros de agua caliente (familia tipo de cuatro integrantes) y para la región urbana de Rosario.

En base a los datos de nuestra región y experiencias similares es necesario para obtener una buena eficiencia del sistema que la superficie expuesta a radiación sea de 1 m<sup>2</sup> cada 100 litros de agua a calentar. Para nuestro caso y como antes se mencionó optamos por un colector de 2 m<sup>2</sup>.

Para mejorar el rendimiento se agregó antes del montaje del colector entre la placa expuesta a radiación y su bastidor, una placa de telgopor 2 m<sup>2</sup> de superficie y de 2 cm de espesor de manera de disminuir las pérdidas del colector.

**MATERIALES:** como se mencionó, se ha utilizado material de uso corriente en instalaciones sanitarias y de agua domiciliarias en la zona, pensando en el costo y la accesibilidad e incluso la familiaridad de los instaladores con el material y las técnicas de su uso.

#### **LISTADO:**

- Una placa de policarbonato alveolar modular con interior acanalado 2 x 1 m de 8 mm de espesor.
- 2 cortes de tubos de PVC para termofusión de 2,15 mts de largo y 1 ¼" de  $\phi$  ext.
- 2 codos de 1 ¼"
- 2 cuplas de 1 ¼" con terminal metálico insertado con rosca para tapón de ½" (en etapa posterior el tapón será retirado y en su lugar se colocarán las termocuplas que obtendrán las mediciones de temperatura que recogerá el sistema de medición)
- 2 tapones de ½"
- 2 placas de telgopor de 1 x 1 mt y 2 cm de espesor
- 1 rollo de manta elástica para techos de 20 cm de ancho
- 1 lata de 1 litro de pintura elástica
- 1 lata de 1 litro de pintura negra de alta temperatura
- 1 Kg de electrodos para soldar

#### **MONTAJE DEL COLECTOR:**

Se cortaron dos caños de diámetro 1 ¼" y de 2,15 m de longitud.

Se realizó un calado longitudinal y simétrico desde su mitad en cada uno de los dos caños anteriores de espesor ajustado al espesor de la placa de policarbonato alveolar y de 2 m aproximadamente de largo (la misma longitud de la placa)

En un primer intento, este trabajo se efectuó con una amoladora de mano, de 800 rpm, diámetro del disco de corte 115 mm y potencia 750 w. Aquí se encontró un inconveniente consistente en que debido a la velocidad relativamente baja de la máquina y al material utilizado (termofusión), el disco se empastaba y se frenaba, impidiendo el corte y produciéndose un calentamiento excesivo del motor. Esto se debe a que la velocidad del disco era suficiente para calentar y fundir el material, pero no para efectuar un corte rápido y limpio.

Por ello, se realizó un segundo intento con una amoladora sensitiva (de banco) de 3800 rpm, diámetro de disco de corte 350 y potencia 2000 w.



*Figura 2 - ranurado de caño con máquina sensitiva. Pueden observarse las guías que permiten que la ranura sea realizada lo más rectilínea posible y de esta forma obtener un mejor sellado entre la cañería y la plancha de policarbonato*

En esta máquina se usaron también unas guías para mantener el corte lo mas recto posible.

En las ranuras realizadas se introdujo la placa de policarbonato alveolar aproximadamente 1 cm y se selló con silicona neutra (silicona que no afecta al policarbonato)

Se soldaron en los extremos los codos y cuplas correspondientes y se taparon los mismos para realizar la correspondiente prueba hidráulica.

Se realizaron varias pruebas hidráulicas para sellar todas las pérdidas existentes. Durante estas pruebas se comprobó la importancia de que el corte realizado a los caños debe ser hecho con sumo cuidado, para lograr una unión lo mas perfecta posible entre el caño y la placa de policarbonato y evitar pérdidas. También durante estas pruebas en un momento se dejó el

colector con agua, y cerradas las llaves de ingreso y salida del agua. En estas condiciones el colector quedó al sol y debido a la temperatura adquirida por el agua levantó una presión excesiva, deteriorándose y quedando inutilizado. Si bien esto fue un inconveniente, también fue una comprobación, destructiva pero efectiva de la capacidad de captación de energía solar.

**DESARROLLO DEL 2° PROTOTIPO:** Por todo esto es que se armó otro colector, cortando otro par de caños, del mismo modo que la vez anterior efectuando otras pruebas hidráulicas. Para mejorar la hermeticidad del conjunto se reforzó el sellado revistiendo todo el caño y su unión con la placa de policarbonato con manta y pintura elástica (se colocaron dos capas).

Se destaca que para la prueba hidráulica en uno de los extremos se soldó un caño de 1 ½" por donde se cargó el agua. La columna hidrostática de agua de 2 m de altura es suficiente para ejercer una presión positiva para detectar pérdidas.



*Figura 3 - Recubriendo la unión del caño ranurado y la plancha de policarbonato con manta y pintura asfáltica. La intención es de sellado y protección*



*Figura 4 - La primer prueba hidráulica. Posteriormente se realizaron otras pruebas, elevando la columna de agua a 2 m de altura.*

Este segundo prototipo presentaba defectos similares al anterior, dado que de algún modo volvían a registrarse pérdidas. La manta y pintura elástica demostraron ser ineficaces al respecto. Todo esto evidenció lo importante que es efectuar el corte del caño la más ajustado posible a la medida de la placa de policarbonato.

**DESARROLLO DEL 3° PROTOTIPO:** para subsanar el inconveniente señalado, en esta versión definitiva se utilizó un sistema especialmente concebido a tal fin, compuesto de guías y correderas donde se fijó la máquina cortadora. De este modo la máquina se desplaza a lo largo del caño, asegurando un corte rectilíneo. A partir de esta mecánica de trabajo, la idea es desarrollar una herramienta de corte que permita efectuar la operación de un modo rápido y efectivo.

De este modo pudo lograrse un corte suficientemente prolijo y ajustado a las medidas del policarbonato. Se armó el conjunto del modo señalado, y en las pruebas no se detectaron pérdidas por lo que se continuó armando el resto del sistema.

Se armó el bastidor de montaje del colector que consiste en una placa de melamina de superficie un poco mayor al colector 2,50 m por 1,30 m, sobre el que se lo fijó con los correspondientes soportes. Todo el conjunto se elevó a la terraza de la casa elegida -una de las viviendas modelos de Casapartes- y se montó sobre el soporte del tanque a 45° aproximadamente. Esta posición será regulada hasta obtener el mayor rendimiento del sistema



*Figura 5 - En la figura puede observarse como queda montado el panel sobre su bastidor y como se conecta al tanque de almacenamiento*

Se conectó a la línea de agua caliente de alimentación del calefón (nuestro caso). Se destaca que este sistema se pensó para complementar en épocas de baja temperatura la alimentación del calefón, de esta forma estaría ingresando agua precalentada a temperatura superior a la que tiene el agua del sistema tanque/cisterna del predio, con el lógico beneficio de la disminución del consumo de gas necesario para obtener una temperatura agradable del agua que utilizará la familia de la vivienda donde se instaló.

Se conectó el sistema a la alimentación de agua proveniente del tanque/cisterna del predio

Se conectaron las correspondientes llaves de paso para cerrar el colector, alimentar el sistema de carga de agua y abrir o cortar el suministro al calefón

Se cargó el sistema con agua, se probaron las canillas y ducha. Se dejó el sistema en funcionamiento.



*Figura 6 - Se observa el montaje del sistema en la terraza de una de las viviendas sociales tipo ubicadas en el predio de Casapartes. En el piso al costado izquierdo de la puerta se aprecia el colector solar*

**CONCLUSIONES FINALES** Se ha logrado comprobar la posibilidad de construir un sistema completo de calentamiento y acumulación de agua para uso sanitario de prestaciones suficientes para abastecer las necesidades de una familia tipo, con medios técnicos y herramientas sencillas presentes en cualquier taller, con materiales sumamente económicos e incluso reciclados, y con mano de obra no entrenada especialmente; el cual funciona adecuadamente al menos desde una percepción intuitiva.

Creemos importante el desarrollo de esta iniciativa, ya que el sistema, por su bajo costo y posibilidad de replicación, está destinado a sectores de menores recursos económicos, que tal vez no pueden acceder a un colector comercial. Resta ahora efectuar las mediciones y ensayos correspondientes que posibiliten establecer su rendimiento y realizar las comparaciones pertinentes con un sistema estándar de los disponibles en plaza, para dar una total validez al prototipo.

#### REFERENCIAS

- Barral J., Morichetti G., Galimberti P. y Fasulo A. (2001). Evaluación de la energía solar absorbida por un colector acumulador integrado monotanque con cubiertas de policarbonato alveolar. Universidad Nacional de Río Cuarto. Universidad Nacional de San Luis. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, Vol. 5, ISSN 0329-5184.
- Busso A. y Aeberhard A. (1999). Calefón solar de bajo costo con colector plástico construido en parte con elementos de descarte: Perspectiva económica – Resultados experimentales.
- Esteves A. y Buenanueva F. (2005). Calefón colector acumulador unificado de bajo costo. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, Vol. 9, ISSN 0329-5184.
- Figueroa G., Sánchez B., Mendoza P., Fernández C., Caso R., Gea M. y Saravia L., (2006). Calefones solares con placa colectora de material plástico. INENCO, Universidad Nacional de Salta. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente. Vol. 10, ISSN 0329-5184.
- Garreta F., Navntoft C., Salinas R. y Moure E. (2008). Banco de ensayos y certificación de colectores solares planos: ajustes para la puesta a punto de su funcionamiento.
- Grossi Gallegos Hugo (2002). Notas sobre radiación solar. Universidad Nacional de Luján, Departamento de Ciencias Básicas. ISBN: 987-9285-19-0.
- IDAE, (2006). Energía solar térmica, manuales de energías renovables, Instituto para la Diversificación y el Ahorro de la Energía, España.
- Marusic J., De Schiller S. y Evans M. (2008). Pliego de especificaciones técnicas para instalación de agua caliente solar para consumo sanitario. Comunicación 22.
- Mascaró J., Esteves A., Muskopf V. y Kuhn E. (2001). Colector solar de bajo costo. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente. Vol. 5, ISSN 0329-5184.
- San Juan G., Viegas G., Hall M., Barros V., Esparza J., Discoli C., Gentile C., Rosenfeld E. y Arévalo J. (2007). Sistemas alternativos de bajo costo para calentamiento de agua: comparación de dos tecnologías constructivas y su situación de uso. Universidad Nacional de La Plata. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente. Vol. 11, ISSN 0329-5184.
- SoSol – Sociedade do Sol (2003). Manual Experimental de Instrucción de Manufactura y Uso del Kit Didáctico del Calefón Solar de Bajo Costo, CIETEC, Universidad de San Pablo, Brasil.

**ABSTRACT:** We propose to study the alternatives of construction of a solar collector of low cost to supply the needs of hot sanitary water of a family type, to adapt them to the technical local means and available materials in seat, of way of achieving an application of simple, effective technology and easily replicable simultaneously that turns out to be useful to the diffusion of the energetic alternatives. This offer tries to reduce the consumption of fossil fuels specially natural gas.

**KEYWORDS:** Solar collector, family use, transfer, low cost