

UN COLECTOR SOLAR ACUMULADOR INTEGRADO CON UNO PLANO

Amílcar Fasulo*, Jorge Follari* y Jorge Barral**

*Universidad Nacional de San Luis - Chacabuco y Pedernera 5700 San Luis
Fax: 02652 430224 - E-mail: afasulo@unsl.edu.ar

**Universidad Nacional de Río Cuarto - Ruta Nac. 36 Km. 601 5800 Río Cuarto
Fax: 0258 4676246 - E-mail: jbarral@ing.unrc.edu.ar

RESUMEN

Presentamos los resultados obtenidos experimentando con un colector solar acumulador integrado con un colector plano, constituido a partir del reemplazo de parte de los colectores planos y del depósito de reserva de los calefones solares comerciales para uso doméstico por un colector acumulador. El colector acumulador está constituido por un tanque metálico, hermético, pintado con negro mate y cubierto por dos placas de policarbonato alveolar. Los resultados, obtenidos extrayendo 300 litros de agua por día y durante periodos de no menos de 15 días cada uno, procurando cubrir todas las variaciones climáticas del año, muestran la factibilidad de reemplazar el calefón convencional por este nuevo diseño con ventajas económicas como consecuencia de reducir el área de colectores planos necesarios para producir la misma cantidad de agua caliente. Se presentan fotografía, gráficas, tablas y conclusiones

INTRODUCCIÓN

Algunos vecinos de la ciudad de San Luis, para acceder a un económico aprovechamiento de la energía solar, encontraron que pintando de negro el tanque de reserva de agua, que disponen sobre el techo de sus vivienda, consiguen agua caliente durante varios días del verano y parte del otoño, primavera. Sin lugar a dudas no advierten el mayor gasto que les demanda calentar agua en el periodo invernal, especialmente por las mañanas. Este problema podría ser resuelto protegiendo apropiadamente el mencionado depósito con alguna cubierta semitransparente a la radiación solar que reduzca sus pérdidas térmicas.

Con estas ideas encaramos, Fasulo y otros (1997), la construcción de un Colector Solar Acumulador, CSA, consistente en un tanque cilíndrico de un metro de altura y 384 litros de capacidad, construido con chapa de acero inoxidable de 1 mm de espesor. El tanque fue recubierto con pintura negro-mate y por una camisa de policarbonato alveolar de 4 mm de espesor. El CSA es operado bajo la presión de un tanque de reserva, ubicado por encima de él. Dos orificios lo ponen en comunicación con el sistema de provisión de agua: Por el ubicado en la tapa inferior ingresa el agua desde el tanque de reserva y sale por el practicado en la tapa superior, cuando es abierta una llave de red de distribución de la casa. Una placa paralela a la base del tanque evita que el flujo de agua entrante destruya la estratificación térmica de su contenido. Este dispositivo fue operado simultáneamente con otros dos calefones solares comerciales, dimensionados para calentar unos 150 litros de agua por día. Se efectuaron tres extracciones de 50 litros cada una por día: Una por la mañana antes de la salida del sol, una a medio día y la última por la tarde inmediatamente después de la puesta del sol. Esta experiencia nos mostró que, para el clima de San Luis, el dispositivo puede reemplazar con ventajas económicas al calefón solar actual durante no menos de 180 días al año, centrados en el periodo estival. Produciendo ahorro en el gasto de combustible, cuando es operado en serie con un calefón convencional. La comparación de ambos dispositivos arrojó los siguientes resultados, en temperatura media del agua caliente obtenida y en eficiencia (en primer término el CSA Vs el Calefón solar comercial): Para el mes de febrero 43 °C y 0,27 para el CSA. Para el mes de marzo 43 °C Vs 48,5 y 0,29 Vs 0,42. Para el mes de abril 36 °C Vs 51 °C y 0,31 Vs 0,44. Para el mes de junio 22 °C Vs 37 °C y 0,26 Vs 0,49.

La experiencia puso también de manifiesto que el mayor defecto del CSA reside en sus altas pérdidas térmicas nocturnas, las que se incrementan a medida que ingresamos en el periodo invernal: 4 Mj en valores medios para los periodos de febrero y marzo, 7,3 Mj para abril y de 6 para junio, que presentó valores extremos entre noches con solo 4 Mj para unas y otras en que llega a los 10 Mj. Mientras que los calefones solares actuales, con tanques de reservas aislados térmicamente con materiales opacos presentan pérdidas térmicas bajas, 0,4 Mj a 1,5 Mj, en valores medios por noche, para el periodo mencionado.

El análisis económico mostró que el CSA conectado en serie con un termostanque operado con energías convencionales y sujeto a un régimen de uso de 150 litros de agua caliente por día se amortiza en los siguientes tiempos: De 3 a 3,5 años si el termo es eléctrico o a gas envasado. Y de 11 años si el termo funciona con gas natural. Si en cambio se propone el uso de un calefón solar

comercial actual las amortizaciones requieren respectivamente: entre 6 y 7 años en el caso de gas envasado o electricidad y de unos 19 años en el caso de gas natural.

EL COLECTOR INTEGRADO

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos con el CSA, se avanza en una segunda etapa, un CSA capaz de producir 300 litros de agua caliente por día tal como los Calefones Solares actuales, CS, compuestos por dos placas colectoras planas de 2 metros cuadrados cada una y tanque de acumulación de 270 litros de capacidad. Con tal fin se diseña, construye y experimenta un dispositivo mezcla de un CSA con uno de las características del actual calefón solar. Procedimos entonces a reemplazar el tanque de reserva por uno similar al empleado en el CSA y a suprimir uno de los colectores planos. Conformamos así lo que llamaremos Colector Solar Acumulador Integrado con colector Plano, CSAIP. La componente colectora - acumulativa está constituida por un CSA de 384 litros de capacidad, que se inserta a la red domiciliar de la misma forma que el CSA, como se informó en la Introducción. El CSA se asocia con el colector plano mediante un tubo que une las partes inferiores de ambos dispositivos y a través de una T introducida en el conducto de alimentación del CSA. La salida del Colector Plano es conectada al CSA mediante un conducto que ingresa a este unos 10 cm por encima de su base y se prolonga por su interior, siguiendo el eje del cilindro hacia arriba, este conducto está perforada en varias posiciones para permitir que el fluido proveniente del colector plano se mezcle con el del CSA en el nivel en que se igualan sus pesos específicos.

Tomando en cuenta las limitaciones que presentó el CSA mencionado anteriormente se introdujo en esta experiencia una segunda cubierta de policarbonato alveolar de 2 mm de espesor, separado unos 3 cm de la cubierta interior. Por otra parte a través de un segundo orificio practicado en el centro de la tapa superior del CSA ingresamos a este un conjunto de termocuplas que nos permitirán el seguimiento de la distribución de temperaturas en su interior, a lo largo de su eje. En la figura 1 podemos ver una fotografía del dispositivo experimentado.

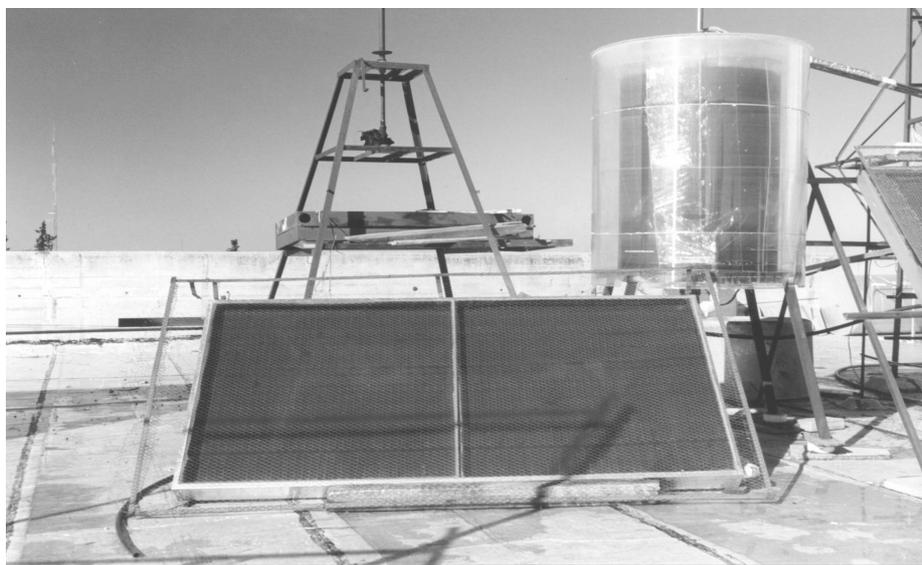


Figura 1 Vista del CSAIP dispuesto en la posición en que fue experimentado

EXPERIENCIAS

El dispositivo fue sometido a una evaluación experimental consistente en la extracción de 300 litros de agua por día, distribuidas en tres de 100 litros cada una: Una por la mañana, antes de la salida del sol. Una a medio día. La última por la tarde luego de la puesta del sol. Las experiencias se programaron para efectuarlas en no menos de tres series, de no menos de 15 días consecutivos cada una, cubriendo tres periodos climáticos característicos representativos de todo el año. En todos los casos, en que fue necesario estas series se extendieron hasta incluir en ellas días completamente soleados, seminublados y días completamente

nublados. En paralelo con estas se determinó la producción de agua caliente, sometiendo a un régimen de extracciones idéntico al del CSAIP, de un Calefón Solar, CS, de buena calidad para disponer de una referencia comparativa. La gráfica 1 nos muestra los resultados de las temperaturas del agua obtenida en cada una de las operaciones efectuadas en función del día en que fue realizada para el CSAIP. La gráfica 2 nos muestra los resultados similares para el CS comparado. Las rectas interpolantes, obtenidas de las gráficas correspondientes a cada uno de los dos dispositivos son:

$$T_{\text{CSAIP}} = 46,9 - 0,087 d \quad (1)$$

$$T_{\text{CC}} = 49,9 - 0,067 d \quad (2)$$

Donde: T_{CSAIP} es la temperatura del agua caliente obtenida del CSAIP (valor promedio de las tres extracciones diarias), igualmente T_{CC} es la temperatura del agua producida por el CC y d son los días Julianos del año.

GRÁFICA 1 Temperatura del agua extraída del CSAIP en cada una de las experiencias efectuadas en función de los días del calendario Juliano

GRÁFICA 2 Temperatura del agua extraída del calefón comercial constituida por dos colectores solares de placas planas de 2 m^2 cada uno.

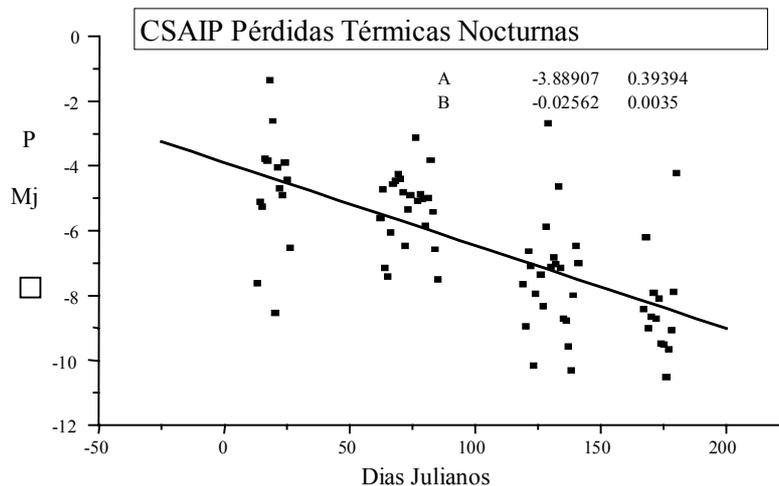
Como se puede apreciar a simple vista de las gráficas el comportamiento del dispositivo propuesto difiere levemente del colector comercial, tiene desde luego una prestación inferior. Si pretendemos, como lo desea todo usuario disponer de agua caliente a temperaturas por encima de los $40 \text{ }^\circ\text{C}$, vemos que ninguno de los dos artefactos satisface siempre este requisito. En general tenemos que el conjunto de valores inferiores se corresponden con las extracciones que se efectúan en las primeras horas del día, se incluyen entre estas las correspondientes a días nublados, mientras que las correspondientes a las mayores temperaturas suceden con las extracciones a medio día o por la tarde. Vemos que el CS presenta una mayor dispersión que el CSAIP. En esta diferencia pesa sin lugar a dudas las diferencias que existen entre las masas de agua que contienen cada dispositivo, la mayor dispersión en el CS nos está indicando que su tanque de reserva está subdimensionado, de manera que en numerosos casos, días seminublados no alcanza para satisfacer la provisión de agua caliente para la mañana siguiente (prestaciones por debajo de los $20 \text{ }^\circ\text{C}$). mientras que en días muy soleados provee agua a temperaturas elevadas (próxima a los $60 \text{ }^\circ\text{C}$).

Un cálculo sencillo a partir de la ecuación 1 nos muestra que en valores medios el CSAIP es capaz de proveer agua a temperatura por encima de los $40 \text{ }^\circ\text{C}$ hasta el día Juliano 79, esto nos está señalando que el dispositivo es en termino medio autosuficiente para la provisión de agua caliente unos seis meses al año. También podemos calcular la diferencia, en valores medios, en la temperatura suministrada por ambos equipos y esta es de solo $3,8 \text{ }^\circ\text{C}$ durante el periodo de aproximadamente seis meses en torno del 21 de diciembre. En cambio la diferencia se extiende a $5,6 \text{ }^\circ\text{C}$ para el periodo invernal. En el extremo de este, $d = 180$ ninguno, de los dos dispositivos satisface en valores medios el requerimiento de entregar agua caliente a $40 \text{ }^\circ\text{C}$. Como bien es sabido pretender cubrir mediante un calefón solar este requerimiento en forma completa demandaría un alto costo por dimensionamiento del dispositivo. Por lo tanto lo que resulta mas razonable es disponer en serie con el dispositivo solar un equipo que opere con energía convencional, cubriendo los faltantes por días nublados o seminublados.

Esta forma de postular el uso de la calefacción solar, esto es como un medio de ahorrar energía convencional para calentar agua, pone al CSAIP como una posible opción frente al CS.

PÉRDIDAS TÉRMICAS

Las pérdidas térmicas globales de cada uno de los dispositivos fueron medidas diariamente, para ello determinamos la distribución de temperaturas en el interior de los depósitos, mediante termocuplas ubicadas a lo largo del eje de cada acumulador. Con estas determinamos, por la tarde luego de efectuar la última extracción de agua del día y por la mañana del día siguiente inmediatamente antes de efectuar la primera extracción, la temperatura del agua en los acumuladores. Encontramos así que uno de los mayores defectos que presenta el CSAIP está constituido por las relativamente elevadas pérdidas térmicas nocturnas. En efecto mientras las aislaciones opacas del CS son muy eficientes, pues para el periodo experimentado sus pérdidas térmicas fluctúan entre 0,25 Mj/ noche y 1,35 Mj /noche, para el CSAIP fluctúan entre 4,35 Mj/noche y 8,3 Mj/noche, en valores medios. Fasulo et Al 1998. La gráfica 3 nos muestra los detalles diarios de los valores medios mencionados. Vemos en ella la alta dispersión que presentan estos datos, muy por encima de los que puede presentar las fluctuaciones de la temperatura del medio ambiente. En consecuencia concluimos que una de las principales responsables de estas pérdidas está constituida por la componente radiativa, donde si se presentan fluctuaciones grandes, según el tipo de nubosidad nocturna presente la temperatura del cielo visto desde la superficie de la tierra varía desde varios grados sobre cero hasta mas allá de los - 50 °C, invierno. De manera que la mejora de este dispositivo pasa por incorporarle una cubierta opaca a la radiación infrarroja lejana (longitud de onda mayor de 3 micrómetros).



Gráfica 3 Las pérdidas térmicas globales diarias, en Mj/noche, del CSAIP desde enero a junio

CONCLUSIONES

- 1) Disponemos de una alternativa de menor costo para el calefón solar actual, si se lo emplea como un medio de ahorrar energía convencional, para la provisión de agua caliente de uso doméstico.
- 2) El estudio de las posibilidades de producir materiales plásticos con baja transmitancia de la radiación infrarroja lejana es un objetivo importante para el desarrollo de estos nuevos colectores.

BIBLIOGRAFÍA

- A.Fasulo, D.Perello y J.Follari, Un Colector Solar Acumulador, Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, Vol. 1 N° 1, pp 93 - 96, 1997.
- A.Fasulo, D.Perello y J.Follari, Comparison Against Solar Collector Accumulator with Semi-Transparent Insulation and Conventional, Proceedings Books of EuroSun 98", Vol. 2, pp III.3.4-1, 1998