

MEJORAS INTRODUCIDAS A UN COLECTOR SOLAR ACUMULADOR INTEGRADO

Amílcar Fasulo, Jorge Follari, Jorge Barral y Victor Rodrigo
Universidad Nacional de San Luis Chacabuco y Pedernera 5700 San Luis
Fax 02652 430224 E-mail afasulo@unsl.edu.ar
Universidad Nacional de Rio Cuarto Ruta Nac. 36 Km 601 5800 Rio Cuarto
Fax: 0358 4676246 E-mail jbarral@ing.unrc.edu.ar

RESUMEN: Presentamos los resultados obtenidos a lo largo de cinco series de experimentos con un nuevo tipo de colector solar para uso domestico, con acumulación integrada. En esta etapa buscamos mejorar el dispositivo incorporando materiales que permitan reducir las altas pérdidas térmicas nocturnas que presentaron los dispositivos experimentados hasta ahora. Las series consisten en tres extracciones diarias de agua caliente, durante periodos de no menos de 15 días. Las series se distribuyen en el tiempo cubriendo tres estaciones representativas del año. Los resultados obtenidos muestran que la incorporación de una cubierta de vidrio permite reducir las pérdidas térmicas nocturnas así como una apreciable mejora en la eficiencia neta interna del dispositivos, aunque estas mejoras no se aprecian en resultados prácticos, como sería deseable, esto es en mayor temperatura en el agua caliente obtenida. Los resultados se presentan en tablas y gráficas.

Palabras clave: Colectores Solares con Acumulación Integrada, Eficiencia, Policarbonato, Vidrio.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años trabajamos, en nuestro Laboratorio y en colaboración con colegas de otros centros de la región Centro Oeste del País, en el desarrollo nuevos tipos de colectores solares. Enfocamos nuestra actividad en los llamados colectores solares acumuladores, de los cuales existen varias versiones a nivel mundial. Estos dispositivos se caracterizan por una superficie plana vidriada orientada apropiadamente para recibir la mayor cantidad de radiación solar durante el año (tal como se orienta un colector plano) y en su interior el receptor incluye el depósito para acumulación, los laterales y parte posterior esta protegidos por cubiertas aislantes opacas (Ch. Schmidt et al, 1988). Otros diseños incluyen superficies reflectantes en el interior de la caja (M. Smyth et al, 2001). Estos y numerosos otros casos tienen en común que constituyen la solución para problemas de congelamiento nocturno que presentan la mayoría de los calefones solares que operan con placas planas.

En nuestro caso, por motivaciones diferentes, económicas y con condiciones climáticas mas favorables, encaramos el tema buscando alternativa a los sistemas solares de calentamiento de agua para uso domestico, conocidos popularmente como Calefones solares, CS. En los años 80, estos dispositivos fueron adoptados por numerosos hogares, en nuestra región, por que encontraron en ellos una forma mas económica de satisfacer sus necesidades de agua caliente. Muchos de estos se encuentran actualmente en funcionamiento. Con la llegada de la red de gas natural estos dispositivos sufrieron una drástica reducción de su demanda, por su costo elevado en comparación con los calefones comerciales operados con energías convencionales. (A.Fasulo y otros 1997, 98, 99 y 2000). De manera que una reducción de costos para los dispositivos solares, así como una presentación con expectativas mas realistas, como lo sería la sustitución parcial del uso de combustibles convencionales por razones ecológicas y con ventajas económicas, consideramos que es el punto de partida para volver al mercado. Para ello partimos de un diseño completamente nuevo y simple, consistente en envolver el tanque de acumulación con materiales térmicamente aislantes y semitransparentes a la radiación solar. con lo cual este se convierte a su vez en colector solar, un colector solar acumulador, CSA.

ANTECEDENTES

El CSA consiste básicamente en un tanque de acero inoxidable recubierto con pintura negro-mate y protegido térmicamente por dos o tres cubiertas de policarbonato celular. En nuestras primeras experiencias, efectuadas

durante los primeros seis meses del año y en varias secuencias, trabajamos con un tanque cilíndrico de 368 litros de capacidad y una capa de policarbonato celular de 4 mm de espesor. Cada secuencia consta de unos quince días, que se extiende a más previendo que queden incluidos en ella días completamente soleados, seminublados y completamente nublados. En cada día se hacen tres extracciones de agua: Una por la mañana, antes de la salida del sol. Una a medio día y la otra por la tarde, luego de la puesta del sol. Las experiencias fueron llevadas a cabo comparando el nuevo dispositivo con dos CS comerciales diseñados para producir 150 litros de agua caliente por día. Los resultados fueron sumamente alentadores, de manera que al año siguiente, buscamos incrementar la capacidad de producción de agua caliente, llevándola a 300 litros por día. Para ello incorporamos al dispositivo un colector solar plano, para constituir lo que denominamos Colector Solar Acumulador Integrado (con colector plano), CSAIP. En esa experiencia, buscamos mejorar las aislaciones semitransparentes, experimentando con materiales alternativos de bajo costo, tales como papel celofán, para concluir que la doble cubierta de policarbonato daba los mejores resultados. Encontramos así que el nuevo dispositivo podía competir con los CS comerciales, constituidos por dos colectores planos de 2 m² cada uno y tanque con aislaciones térmicas opacas de 270 litros de capacidad, CS-T270. En efecto para cuatro secuencias experimentales, efectuadas según lo indicado, encontramos que la temperatura media obtenida por el CSAIP comparada con la obtenida con el CS-T270 presentan resultados similares. La interpolación lineal de las temperaturas obtenidas para cada uno de los dispositivos, en función del tiempo medido en Días Julianos, dio:

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

$$T_{\text{CS-T270}} = 49,9 - 0,067 t \quad (2)$$

Resultados que nos dicen que en valores medios las temperaturas se mantienen por encima de los 40° C hasta los días Julianos 79 y 148 respectivamente, con una diferencia para el día 79 de 4,6° C. Lo que nos dice que el dispositivo posee capacidad para producir unos 300 litros de agua caliente por encima de los 40° C durante unos seis meses del año frente a 10 meses para el sistema comercial, CS-T270. Encontramos asimismo que la mayor desventaja está en las pérdidas térmicas nocturnas que se dan entre 2 y 10 MJ por noche, y en valores creciente desde enero a junio, frente a un máximo de 2 MJ por noche que presenta el CS-T270

Experiencia (Días Julianos de la secuencia)		I (35 a 43)	II (110 a 118)	III (121 a 131)
Temperatura media del aire ° C		24.6	17.5	16.4
Radiación media incidente sobre cada dispositivo MJ-día	CS-T270	85.5	74.5	54.1
	CSAIP	77.7	68.6	49.4
Temperatura media del agua caliente extraída ° C	CS-T270	46.3	46.7	41.1
	CSAIP	45.5	43.5	38.3
Valor medio del salto térmico del agua al pasar por el dispositivo ° C	CS-T270	25.2	29.1	24.0
	CSAIP	24.4	25.8	21.4
Energía ganada y extraída del dispositivo en agua caliente, Valores medios. MJ - día	CS-T270	31.5	36.5	30.1
	CSAIP	27.6	29.3	24.2
Eficiencia para entregar agua caliente en valores medios	CS-T270	0.36	0.49	0.56
	CSAIP	0.36	0.43	0.49
Energía interna ganada y medida antes de extraer agua, en valores medios MJ - día	CS-T270	36.4	24.6	19.4
	CSAIP	29.0	29.4	22.0
Eficiencia interna diurna, en valores medios	CS-T270	0.43	0.33	0.36
	CSAIP	0.37	0.43	0.45
Pérdidas térmicas nocturnas, valores medios MJ - noche	CS-T270	-0.7	-0.3	-0.9
	CSAIP	-5.4	-4.8	-5.3
Eficiencia neta diaria, valores medios MJ - día	CS-T270	0.42	0.33	0.34
	CSAIP	0.30	0.36	0.34

Tabla 1. Resultados experimentales obtenidos comparando un CSAIP y un CS-T270. El primero está compuesto por un tanque de acumulación de 368 litros recubierto con pintura negro-mate y envuelto con tres superficies de policarbonato alveolar y un colector de placa plana de 2 metros cuadrados. El CS-T270 está constituido por dos colectores de placa plana de 2 metros cuadrados cada uno y tanque de acumulación de 270 litros protegido térmicamente con aislantes opacos.

A partir de la introducción de una tercera cubierta de policarbonato y una mas realista demanda, en la cantidad de agua caliente por día, 270 litros (consecuencia de un análisis sobre la cantidad de radiación que recibe el sistema en comparación con el CS-T270, durante todos Los meses del año) nos permitió mejorar su eficiencia y a su vez encontrar algunas ventajas provenientes esencialmente de la mayor capacidad de acumulación del CSAIP. Las cuales se presentan como una menor fluctuación térmica en la temperatura del agua caliente producida, cuando se suceden una secuencia de días despejados interrumpidos por días nublados. (A. Fasulo 2001). En la tabla 1 podemos apreciar el comportamiento de ambos sistemas CSAIP y CS-T270 a través de Los valores medios de tres secuencias de experiencias efectuadas entre los días Julianos 35 y 131.

Si bien se ha logrado mejorar su rendimiento, aun no ha sido posible superar el defecto señalado. De manera que la mejora de este dispositivo, a partir del desarrollo alcanzado, debemos buscarla a través de la reducción de las pérdidas térmicas nocturnas y esto solo sería posible mediante la introducción de superficies selectivas que permitan reducir la transferencia de calor desde el tanque al medio ambiente. Tenemos dos opciones para este fin, o una combinación de ambas: a) una superficie absorbente selectiva para reemplazar la pintura negra sobre el tanque. b) una superficie selectiva altamente transmisiva en la región del espectro solar y altamente reflectante para las longitudes de onda térmicas, es decir de los 4 ó 5 micrometros en adelante, para incorporarla a la superficies internas de los policarbonatos.

Como no teníamos disponible ninguna de estas dos, recurrimos al uso de un material cuyas propiedades naturales, parcialmente selectivas, son ampliamente conocidas, el vidrio. Si bien el vidrio no refleja la radiación de rango térmico, la absorbe y en consecuencia devuelve hacia el receptor una parte de la radiación infrarroja que le llega. Optamos entonces por buscar la forma de incorporar vidrio a un CSA en reemplazo del policarbonato.



Figura 2 Vista lateral-frontendal de ambos CSAIP dispuestos para efectuar las secuencias experimentales.

UN COLECTOR SOLAR ACUMULADOR CON VIDRIO

Uno de las mayores desventajas de vidrio son su peso y fragilidad frente a los impactos. Estas importantes limitantes nos predeterminan las posibilidades de construir la cubierta del CSA completamente con vidrios. Por estas razones decidimos el siguiente diseño: Una primera cubierta cilíndrica, la interior de policarbonato celular de 4 mm de espesor con tapa de vidrio. Para la segunda cubierta, empleamos vidrio comercial común de 3,2 mm de espesor, cortamos tiras de aproximadamente 10 cm de ancho por 105 cm de alto, para construir con estas, una envoltura tipo circular segmentada, la tapa se construyó también con vidrio del mismo tipo. La tercera cubierta fue construida con policarbonato alveolar.

EXPERIENCIAS

Efectuamos cinco experiencias entre el 10 de enero y el 30 de mayo. En tres de estas comparamos ambos CSAIP, extrayendo diariamente 300 litros de agua de cada uno. 100 por la mañana, antes de la salida del sol, 100 a medio día y 100 por la tarde después de la puesta del sol. Medimos las temperaturas de entrada y de salida. Antes y después de cada extracción determinamos el estado térmico de cada uno de los sistemas, por medio de las termocuplas instaladas en el interior de los tanques, sobre los tanques y sobre las superficies que los envuelven. En dos experiencias complementarias, desconectamos los colectores de placa plana y operamos los dispositivos como CSA. Seguimos la misma rutina, pero ahora extraemos 150 litros de agua por día de cada uno de ellos. Esta experiencia tiene por finalidad, por una parte evaluar el comportamiento de Los CSA y por otra determinar la posible incidencia de los colectores planos en las diferencias entre los CSAIP que buscamos determinar.

RESULTADOS

Los resultados muestran un comportamiento muy similar para ambos sistemas, con una pequeña diferencia solo indicativa a favor del CSAIP con vidrios, como se pueda apreciar en la figura 3 donde hemos graficado la temperatura media del agua extraída en función del tiempo en que se efectúa cada una de las experiencias. La figura, nos muestra por otra parte la dispersión de los datos, consecuencia de la variabilidad de las condiciones climáticas. Los puntos mas bajos se corresponden en general con las extracciones efectuadas por la mañana, antes de la salida del sol y luego de días nublados o seminublados. Los mas altos se corresponden con las extracciones de medio día . Las rectas de interpolación nos dan :

$$T_{\text{CSAIP (Vidrio)}} = 47,2 - 0,069 t \quad (3)$$

$$T_{\text{CSAIP (Polic.)}} = 46,1 - 0,062 t \quad (4)$$

Las experiencias efectuadas con los CSA muestran la misma relación y tendencia, verificando que los respectivos aportes de los colectores solares planos , al conformar los CSAIP, son aproximadamente iguales.

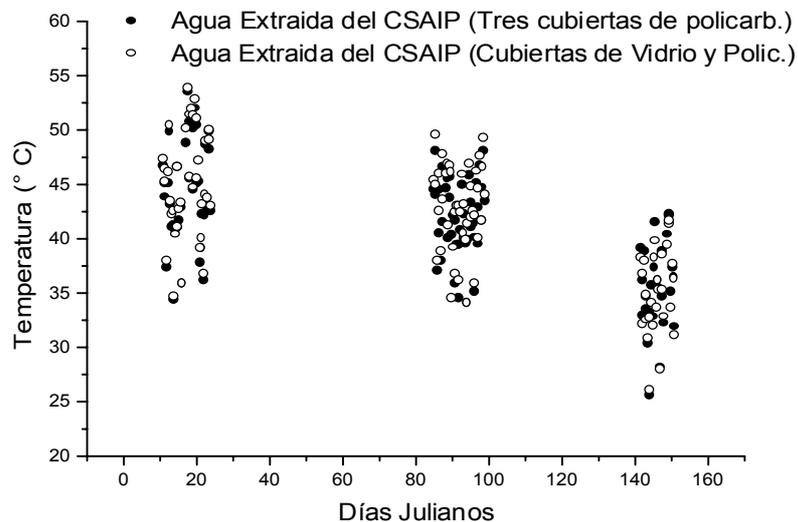


Figura 3 Datos de la temperatura del agua caliente en función del tiempo, en Días Julianos, obtenida en cada uno de las operaciones efectuadas en las tres serie con ambos CSAIP.

En la tabla 2 podemos ver los principales resultados obtenidos, en la cual hemos incluido ambos CSAIP y CSA. Podemos ver además de los resultados ya comentados que las pérdidas térmicas nocturnas, excepto para la primera experiencia, que son menores para el dispositivo con vidrio. También podemos ver que las eficiencias internas, esto es la eficiencia medida a partir del agua acumulada dentro del tanque, es mayor para el dispositivo con vidrio que para el que está construido con tres cubiertas de policarbonato.

Experiencia	Tipo de colector	Primera CSAIP	Segunda CSA	Tercer CSAIP	Cuarta CSA	Quinta CSAIP
Temperatura ambiente (° C)	-----	24.5	25.0	18.0	18.1	14.8
Temperatura agua (° C)	-----	21.8	22.5	20.5	19.5	15.9
Radiación total (MJ - día)	-----	84.7	47.0	78.2	29.4	54.0
Temperatura del agua caliente extraída (° C)	Tanque 3 policarb.	45.9	43.9	42.9	33.1	35.8
	Tanque Vidrio y Pol.	46.3	43.0	42.8	34.5	35.4
Eficiencia medida a partir del agua extraída	Tanque 3 policarb.	0.34	0.37	0.34	0.30	0.43
	Tanque Vidrio y Pol.	0.36	0.44	0.38	0.32	0.46
Eficiencia diurna dentro de tanque	Tanque 3 policarb.	0.33	0.32	0.41	0.32	0.44
	Tanque Vidrio y Pol.	0.38	0.45	0.48	0.50	0.44
Pérdidas térmicas nocturnas (MDI-noche)	Tanque 3 policarb.	-3.5	-3.0	-5.2	-2.5	-5.8
	Tanque Vidrio y Pol.	-5.1	-2.0	-3.9	-1.4	-2.7
Eficiencia neta dentro del tanque	Tanque 3 policarb.	0.28	0.23	0.29	0.26	0.36
	Tanque Vidrio y Pol.	0.31	0.34	0.37	0.42	0.40

Tabla 2 resultados de las series experimentales efectuadas. Todos los datos corresponden a valores medios.

CONCLUSIONES

Las experiencias desarrolladas no ponen de manifiesto resultados que se puedan traducir en utilidades en la práctica, esto es mejoras en la producción de agua caliente, dentro de las formas en que son operados los sistemas.

Las eficiencias globales medidas a partir del agua caliente extraída muestra un leve incremento para el dispositivo construido con cubierta de vidrio y policarbonato.

Las pérdidas térmicas nocturnas muestran en general una reducción con la incorporación del vidrio y consecuente con esto resulta una apreciable diferencia en las eficiencias netas.

BIBLIOGRAFÍA

- Ch Schmidt, A.Goetzgerger and J. Schmid (1988) Test Results and Evaluation of Integrated Collector Storage Systems With transparents Insulation. Solar Energy 41,5,487-493
- M. Smyth, P.C.Eames and B. Norton. (2001) Annual Performance of heat retaining Integrated Collector/Storage Solar Water heaters an a Northern Maritime Climate. Solar Energy 70, 5, 391-402
- A.Fasulo, D. Perello y J.Follari (1997) Un Colector Solar Acumulador. A Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente 1,1,93-96.
- A.Fasulo, D.Perello y J.Follari (1998) Comparison Agains Solar Collector Accumulator with semitransparent Insulation and Conventional Proceeding of EuroSun 98 2,3.III.4.1-4
- A.Fasulo, J.Follari y J.Barral (1999) Un Colector Solar Acumulador Integrado con uno Plano. Avances Energías Renovables y Medio Ambiente 3,1,03.45-48.
- A.Fasulo, J.Follari and J.Barral. (2001) Comparison Between a Simple Solar Collector Accumulator and a Conventional Accumulator. Solar Energy, in press

ABSTRACT: The results of five series of experiments on a new type of solar integral collector-storage for domestic use are presented. The objective was the reduction of high night thermal losses that previous prototypes showed. The series included three daily extractions of hot water, in periods of at least 15 days. The series are appropriately distributed in order to cover three representative seasons of the year. The results show that the addition of a glass cover with causes the reduction of night thermal losses as well as an the improvement of the net efficiency of the device, although the temperature of the hot water is not increased as desired. Tables and graphs show the results.

Keywords: Integral Collector Storage, Performance, Policarbonate, glass.