

## **CALEFON SOLAR DE BAJO COSTO CON COLECTOR PLASTICO PLANO CONSTRUIDO EN PARTE CON ELEMENTOS DE DESCARTE: PERSPECTIVA ECONOMICA.**

Busso, Arturo J., Aeberhard, Arturo F.  
Dpto. de Termodinámica y Maquinas Térmicas - Facultad de Ingeniería - Universidad Nacional del Nordeste.  
Av. Las Heras 727 – 3500 Resistencia – Chaco – Argentina.  
Tel: +54-3722-436298 – email: [ajbusso@ing.unne.edu.ar](mailto:ajbusso@ing.unne.edu.ar)

### **RESUMEN**

Se expone en este escrito el análisis económico realizado para un calefón solar de bajo costo, con colector plano modular construido con materiales plásticos, algunos de ellos de descarte.

El mismo se basa en resultados experimentales obtenidos con un prototipo de una sola rama y presentados en un trabajo previo (Busso, *et al*, 1998).

Para el cálculo energético se toman escenarios hipotéticos de consumo y fuente de energía alternativa puramente eléctrica.

Del análisis surge un período de amortización máximo de aproximadamente 2 años, partiendo de la existencia de un sistema de calentamiento de agua convencional ya instalado.

### **ANTECEDENTES**

En un trabajo previo (Busso, *et al*, 1998) se expuso la viabilidad técnica de construcción de un calefón solar de bajo costo cuyo colector esta diseñado de forma modular y totalmente construido con elementos plásticos, parte de ellos de descarte, ofreciendo así otra alternativa para el reciclaje de residuos plásticos tales como botellas de gaseosas.

En dicha oportunidad se analizaron los resultados experimentales obtenidos con un prototipo muy rudimentario de una sola rama colectora, con muchas pérdidas térmicas y durante un periodo de tiempo, en días, muy corto.

No obstante ello, se concluyó que es posible utilizar este colector solar plástico para el calentamiento de agua en instalaciones donde ni las temperaturas ni los requerimientos de extracción son altos (ej.: uso domestico).

Basados en estos datos experimentales, se expone en lo que sigue, un análisis de las perspectivas económicas del sistema para diferentes escenarios hipotéticos de consumo. En base a los resultados del calculo energético, se realiza una proyección de costos a fin de determinar el período aproximado de amortización del sistema, tomando como base de comparación, un sistema puramente eléctrico ya instalado.

### **PERSPECTIVAS DEL COLECTOR Y ASPECTO ECONOMICO**

Basados en 40°C como requerimiento normal de agua caliente (Fasulo *et al*, 1997), la temperatura promedio de 50°C alcanzada por el agua (Busso, *et al*, 1998) nos indica que el colector tiene buenas perspectivas como calentador de agua para uso en aplicaciones donde las exigencias de extracción no son grandes (ej.: doméstico).

Dadas las pobres características térmicas de los materiales empleados en la construcción del colector, se propone la incorporación de un tanque de agua de 100 lts. que actúe también como colector y acumulador (Fasulo *et al*, 1997), aumentando así la superficie de colección y mejorando el rendimiento del sistema.

En lo que respecta al aspecto económico, podemos mencionar que la construcción de un colector con 10 ramales, más conductos de retorno y acoples rondaría los U\$D100. Si a esto sumamos el costo del tanque acumulador, acondicionado para actuar como colector, el costo total ascendería, según nuestras estimaciones, a los U\$D300.

Si bien hasta este momento no contamos con datos suficientes sobre la respuesta del equipo en las distintas épocas del año, rendimiento del colector, régimen optimo de extracción diaria, etc., entre otros, consideramos que el sistema contribuirá a un ahorro de energía a lo largo del año, quedando pendiente para la fase siguiente de este estudio, la determinación experimental de todos estos parámetros relevantes para el funcionamiento óptimo del equipo.

A pesar de lo anterior y basados en la respuesta obtenida del sistema, se estimó el rendimiento del mismo, y con este parámetro, se cuantificó el aporte energético solar y la energía suplementaria para diferentes escenarios de consumo propuestos.

A los efectos de este análisis se realizaron ciertas suposiciones:

- El sistema se utilizará para calentar agua de uso doméstico.
- Capacidad del tanque de agua 100 lts.
- Como requerimiento normal de temperatura del agua caliente se toma 50°C.
- Irradiancia diaria de 11.7 MJ/m<sup>2</sup> (valor medido sobre plano horizontal durante uno de los días ensayados).
- U\$D0.15 valor del Kw-h.
- Temperatura del agua de entrada al termotanque luego de cada extracción de 20°C.
- Rendimiento del sistema  $\eta = 25 \%$ .
- Se considera al sistema como ideal (sin pérdidas térmicas).
- Se extrapolaron los resultados obtenidos para 10 lts. de agua a fin de ser aplicables a los 100 lts. considerados.
- Se corrigió la energía solar medida sobre plano horizontal para tener en cuenta el ángulo de inclinación del colector.
- Se determinaron la radiación acumulada hasta medio día y desde medio día hasta la tarde integrando los valores experimentales de esta dentro de los intervalos considerados.
- Se consideran distintos escenarios de modalidad de extracción de agua (tabla 1).
- En cada caso se comparan los resultados obtenidos respecto del que se esperaría para el mismo caso 1 (Tabla 1) pero con fuente puramente eléctrica.

A modo de ejemplo se expone el caso de dos extracciones diarias (caso 3 de la tabla de resultados).

**Condiciones de trabajo:** dos extracciones, 50 lts. por la mañana y 50 lts. por la noche.

Al extraer 50 lts. ingresan al tanque 50 lts. a una temperatura de 20°C. Estos se mezclan con los 50 lts. restantes (a 50°C) alcanzando la mezcla una temperatura de 35°C.

**Aporte eléctrico:**

La energía eléctrica necesaria para elevar la temperatura de esta masa de agua al nivel de requerimiento normal (50°C) es como mínimo:

$$Q = m.C_p.\Delta T = 6.3 \text{ MJ}$$

Igual cantidad de energía se necesitara luego de la extracción de la noche, por tanto el consumo diario total de energía es de 12.6 MJ. que equivalen a un costo mensual de aproximadamente \$15.

**Aporte solar:**

La energía solar diaria incidente sobre el plano del colector es de  $H = 12.6 \text{ MJ/m}^2$ . La energía solar útil transferida al fluido viene dada por:

$$Q_u = H.A_c.\eta = 12.6 \times 1.2 \times .25 [\text{MJ/m}^2.\text{m}^2] = 3.78 \text{ MJ}$$

La energía eléctrica complementaria para lograr el calentamiento hasta los 50°C es:

$$Q_E = 6.3 \text{ MJ} - 3.78 \text{ MJ} = 2.52 \text{ MJ}$$

Luego de la extracción nocturna el aporte de energía necesaria para disponer de agua caliente a la mañana siguiente será puramente eléctrico (6.3 MJ).

Por tanto los aportes diarios son:

Solar	3.78 MJ	→	U\$D 5 /mes	33%
Elect.	8.82 MJ	→	U\$D10 /mes	67%
Total	12.6 MJ	→	U\$D15 /mes	100%

Se procedió en forma similar para los otros casos analizados obteniéndose los siguientes resultados:

	Modalidad	Mañana	Medio día	noche	Aporte (%)		Aporte (U\$D/mes)	
					Solar	Eltco	Solar	Eltco
1	3 extracciones	50 lts.	50 lts.	50lts	21	79	5	18
2	3 extracciones	20 lts.	50 lts.	50 lts.	26	74	5	14
3	2 extracciones	50 lts.	0	50 lts.	33	67	5	10
4	1 extracción	0	0	100 lts.	33	67	5	10

La fig.1 presenta en forma gráfica las curvas de amortización para cada caso. En ella, los costos acumulativos para los distintos escenarios de extracción propuestos se comparan con los costos esperados para el caso 1 de la Tabla 1. Este se toma como referencia por ser considerado como el más desfavorable de todos los escenarios planteados. Se asume además, fuente energética puramente eléctrica.

Assumiendo entonces que el gasto de inversión inicial está solamente dado por el costo del colector solar plástico (~US\$100), y tomando en cuenta el ahorro de costo energético debido al aporte solar (USD5 /mes), se espera un periodo máximo de amortización de aproximadamente dos años (F. 1).

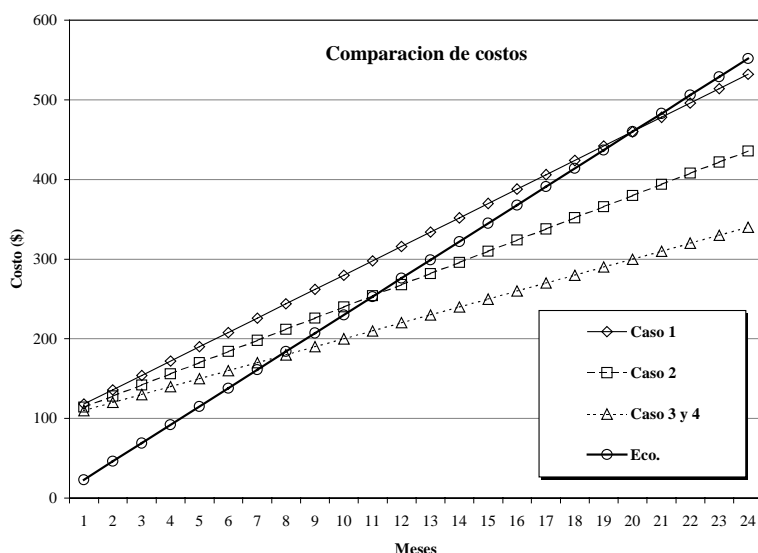


Fig.1.- Gráfico de amortización

No debe perderse de vista que para el análisis se partió de un rendimiento calculado en función de datos experimentales obtenidos con un prototipo sin aislación térmica y durante un periodo de tiempo, en días, muy corto. Tampoco se han tenido en cuenta gastos extras que puedan surgir durante la instalación.

No obstante ello, los resultados obtenidos tanto experimentalmente como del análisis anterior muestran que técnicamente es posible utilizar este colector solar plástico para el calentamiento de agua en instalaciones donde ni las temperaturas ni los requerimientos de extracción son altos (ej.: uso domestico).

Desde el punto de vista económico, se logra una reducción en los costos de más de un tercio con respecto a las opciones comerciales para igual propósito que se pueden encontrar en el mercado.

Desde el punto de vista ecológico, el método propuesto plantea también una alternativa de uso para un residuo tan común en nuestros días como son las botellas plásticas de gaseosas.

A fin de caracterizar el colector propuesto (determinación de rendimiento del colector, efectos del UV y suciedad sobre el material plástico de las botellas, efectos del viento en las pérdidas térmicas del sistema, etc., entre otros) y plantear maneras de optimizarlo, hemos encarado una investigación exhaustiva acerca de su comportamiento durante un periodo de tiempo adecuado para obtener hechos concluyentes acerca de las bondades y defectos del mismo.

## CONCLUSIONES

Se presentó el análisis económico de una propuesta de calefón solar de bajo costo con colector plástico.

Se analizaron los datos experimentales obtenidos con un prototipo de colector solar plástico de una rama con botellas plásticas de descarte como cubierta transparente.

Los resultados del análisis muestran que el período de amortización varía desde los 7 meses hasta un máximo de casi 24 meses dependiendo del régimen de extracción de agua requerido.

Debido a las pobres características térmicas de los materiales utilizados, se concluye además que, en todos los casos, se hace necesario disponer de una fuente de energía suplementaria para lograr la temperatura de agua considerada normal para uso doméstico.

Se presenta también una breve referencia acerca de la ventaja económica frente a equipos comerciales para igual propósito.

#### **REFERENCIAS**

CENSOLAR (1991). Instalaciones de Energía Solar, Tomo III, Centro de Estudios de la Energía Solar, 2da. Edición.

Duffie J., Beckman W. (1991). Solar Engineering of Thermal Processes, 2da. Edición, Wiley, New York,.

Fasulo A., Perello D., Follari J. (1997). Un Colector Solar Acumulador, Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, Vol.1 N.1.

Solar Hot Water, Heating and Cooling Systems,  
<http://www.greenbuilder.com/sourcebook/heatcool.html>