

DISPOSITIVOS SOLARES PARA CALENTAR AGUA: NUEVO PROTOTIPO EXPERIMENTAL

V. Tacchi miembro de ASADES y de ATECIC La Rioja 57-5000 Córdoba Tel. 0351 4214494 Rep. Arg.

A. Monrós N. Miembro de ATECIC Aarón Castellanos 2906-5000 Córdoba Tel.. 0351 4658708 Rep. Arg.

RESUMEN. En el presente trabajo se presenta un análisis de la baja de rendimiento de los colectores solares calentadores de agua por efectos que llevan al aumento entrópico. Luego se estudian algunos aspectos referidos al tema que no han sido considerados con anterioridad. Sobre esta base se han diseñado y construido 3 prototipos y se discute su funcionamiento.

ABSTRACT: A discussion of the loss in the efficiency of water solar collectors produced for an increase in entropy are discussed. Some aspects of the problem which have not been discussed previously are taken into account and three prototypes are built and measured to find out their behavior.

INTRODUCCIÓN:

El calentamiento de agua para uso doméstico (42° a 60° C) se obtiene por medio de paneles expuestos al sol, por los que circula agua u otro fluido cuyo calor es acumulado en un termotanque, de donde se extrae agua caliente de manera contemporánea a la existencia de radiación solar, o en tiempo diferido, durante la noche, la madrugada siguiente, o las horas nubladas de un día siguiente o durante mas tiempo, aconteciendo esto según las características y dimensiones de los dispositivos.

Normalmente se estudia solamente el panel encargado de transformar con mayor o menor eficacia, la radiación del sol en calor, pero en muy pocas ocasiones se estudia el conjunto panel-acumulador para saber como mínimo comparativamente con un testigo de reconocida eficacia, que cantidad de agua aprovechable (p. ej. por encima de 42° C) es obtenida en el arco de un día solar, mejor aun, posiblemente con referencia a la cantidad de radiación recibida por m², en el mismo día. según nuestro entender es necesario establecer las normas que permitan comparar el conjunto panel y termotanque entre si en su calidad de sistema. Un primer esbozo de norma sería establecer cantidad de extracción de agua en horarios prefijados, con una última extracción nocturna hasta agotar el agua por encima de 42°C, interrumpiendo la prueba si en algunos de los horarios prefijados, se agotara el agua a mas de 42°C. Luego se reduciría el total del agua extraída a la temperatura de 42°C. De esta forma, si la prueba se realiza contemporáneamente en las mismas condiciones de insolación etc, se puede establecer un orden de mérito entre más de un sistema, lo que permitiría estudiar las razones que justifican la superioridad de unos con respecto a otros.

De poco vale disponer de un optimo panel si luego se desperdicia el calor ganado de varias maneras, sea porque se degrada la temperatura en el termotanque y esto puede suceder independientemente de las inevitables pérdidas de calor al medio ambiente, por disminución de la temperatura del agua del termotanque, en parte o totalmente a menos de 36°C (como eventualidad posible) y volviéndola así inutilizable a los fines propuestos que era disponer de agua a mas de 42°C. Esto sucede así, aun conservando elevados valores de entalpía, (contenido total de calor) pero aumentando el valor de la entropía del acumulador, principalmente, porque durante el uso del agua caliente, el agua consumida es repuesta a temperatura de red, generalmente a menos de 20°C. Al entrar al termotanque puede mezclarse en régimen turbulento con el agua caliente, aumentando su temperatura a por ejemplo a 28°C, por cierto a expensa de la temperatura del agua caliente previamente almacenada, que en un cierto volumen disminuirá su temperatura desde 42°C a 28-30°C, con el resultado que ese volumen de agua perdió su condición de utilizable.

También la mayor temperatura alcanzada durante las horas de mayor insolación puede degradarse en el acumulador de calor, por conducción de calor de las paredes metálicas hacia las zonas inferiores del termotanque, y también por conducción de la misma agua, que si bien es reducida, con el pasar del tiempo puede alcanzar valores importantes. Asimismo durante el aporte de calor pueden crearse corrientes desordenadas o turbulentas que por transporte de calor por masa, degradan la temperatura mas altas alcanzadas.

Concretamente en los sistemas, el aumento de entropía (que no es otra cosa que el estado más probable al cual tiende la materia) obedece a las siguientes razones: a) pérdida de calor al medio ambiente con disminución de la entalpía del termotanque. b) disminución de la eficiencia de los paneles como consecuencia de trabajar su superficie a mayor temperatura media, como consecuencia de las características geométricas y de los materiales que lo constituyen, como así también por la necesidad de transportar el calor producido hacia el termotanque, por medio de una circulación termosifónica. c) degradación de la temperatura de parte del agua del termotanque que disminuye calentando el agua mas fría ubicada en las zonas inferiores del mismo, con aumento de la entropía del acumulador, o con lo que es lo mismo, con la disminución de la cantidad de agua utilizable a una determinada temperatura de uso.

Sistemas propuestos anteriormente para contener el aumento de entropía.

A lo largo de los años se han propuesto diversos sistemas, los que a continuación se enumeran.

a): Las pérdidas de calor al medio ambiente en los sistemas solares de calentamiento de agua, se disminuyen con el aumento de espesor y calidad de los materiales aislantes, hasta un punto en que el mayor costo por dichos conceptos, se iguala al mayor costo de un aumento de la superficie de captación y volumen de acumulación del calor.

b): el aumento de rendimiento de los paneles de captación de energía solar ha obedecido a una lógica de costos para contener el sistema (panel y acumulador) dentro de valores aceptables. así una buena solución fue el diseño de paneles totalmente húmedos (paneles realizados industrialmente por el ing. Jorge Follari a partir de los años 1980 ?) Otra solución fue la propuesta de panel integrado al acumulador, realizada contemporáneamente en diversas naciones (en Japón tuvieron éxito comercial). En Córdoba fueron presentadas como original y novedosas, Tacchi (1979) antes de conocerse lo realizado en otros lares. La presentación de Córdoba como novedad, tenía una puerta anterior de accionamiento manual, con superficie espejada, que acrecentaba la ganancia solar y permitía un uso diferido en el tiempo, del agua caliente, independientemente de los ciclos solares.

c): Con respecto de los termotanques fue propuesto, Tacchi (1993) una serie de mejoras que evitaban la turbulencia durante la reposición del agua caliente consumida, que permitían una estratificación más eficaz de las distintas temperaturas, una entrega de calor al termotanque más ordenada evitándose turbulencias, etc.

La realización concreta de los párrafos a) b) y c) en algunos casos como prototipos, demostró mejoras sensibles en el rendimiento de los sistemas.

Nuevas soluciones para mejorar el rendimiento de los sistemas

Respetando siempre el principio de no aumentar sensiblemente los costos, se ha optado por un diseño de tipo compacto o integrado, donde la superficie expuesta a la radiación solar, es también la pared del termotanque que contiene el agua a calentar. Esto conviene porque en los sistemas compactos la eficiencia de captación es superior, porque al igual que en los paneles totalmente húmedos, la distancia entre la superficie que se calienta y el agua a calentar, es del orden de un milímetro en lugar de los 50-80 mm. En los paneles normales de placa y tubo y que como consecuencia de esa mayor distancia, jun usando materiales de buena conducción térmica (cobre, aluminio) se produce un aumento de la temperatura media de la superficie (por razones de costo se usan bajos espesores) que pueden alcanzar varios grados de aumento por encima de lo necesario.

Otro aumento de la temperatura media está dado, ahora también en los paneles totalmente húmedos por la necesidad de alcanzar una circulación termosifónica, que extraiga todo el calor producido, trasportándolo hasta el termotanque. En el caso de los sistemas compactos, la circulación termosifónica, se efectúa con aumentos de temperatura de fracciones de grado, porque no existe resistencia a la circulación, de tal manera que la temperatura media diaria de la superficie, en función de una determinada temperatura final de utilización es inferior de hasta 10-15°C. respecto de la necesaria en los sistemas convencionales.

La disminución en el rendimiento para alcanzar una temperatura de utilización determinada, fue demostrada cuantitativamente en otro trabajo, donde se tomaban 18 casos de distintas temperaturas de entrada y salida del panel, tres potencias de insolación y cuatro niveles de temperatura ambiente. Se promediaban las eficiencias de los 18 casos y se comparaban las temperaturas medias en cada caso, de paneles que trabajaban por calor sensible, con las temperaturas medias (mayores) de los paneles que trabajaban por calor latente.

El resultado era una media de eficiencia de los paneles sensibles del 25.26 % con respecto a la eficiencia de los paneles trabajando por calor latente de vaporización, del 20,4 % con una disminución de la eficiencia relativa del 19,23 %, todo con un aumento de temperatura entre la entrada y la salida que promediada en los 18 casos era de 12,58°C.

Con valores elevados de insolación esta diferencia alcanza los 18-20°C y en uno de los 18 casos, con diferencias de 22,2°C y temperaturas medias de los paneles de 60°C y 71,1°C, la diferencia relativa de eficiencia alcanzaba al 46,5%, demostrándose así cuantitativamente la necesidad de mantener la temperatura media diaria en valores lo más cercanos posible a la temperatura alcanzada durante las distintas condiciones de uso de agua caliente, insolación, temperatura ambiente, viento, etc., valores que en los casos de los sistemas compactos es del orden de decimos de grado y no como sucede en los sistemas normales con acumulación de calor, alejado de la superficie de captación, que cuando se efectúa por circulación termosifónica, en algunos casos se ha encontrado una diferencia por este motivo, en las horas centrales del día, de más de 20°C con fuerte penalización en la eficiencia de los colectores, cosa que puede ocurrir sea con los paneles totalmente húmedos, sea con los paneles de aleta y tubo.

Se llegó así a la conclusión que los sistemas compactos, conjugados o integrados, permitían una mayor eficiencia en la transformación de la radiación en calor, sucediendo esto en los ya nombrados y conocidos compactos monovolumenes, entrando en esta categoría los multitubos de desarrollo vertical, Tacchi (1979), en los que, pero, persistían dos aspectos negativos.

El primero prevé la degradación de la temperatura de las capas más calientes hacia las zonas más frías. Un primer esbozo que solucionaba este problema, al menos en parte, fue presentado por Francis de Winter (1979) con su diodo térmico, separando la acumulación de calor en dos volúmenes de desarrollo cilíndrico vertical, con poca transmisión de calor entre uno y otro, de manera que el aporte de calor de elevada graduación (la llama de gas del calentador auxiliar) no se degradara hacia el depósito inferior que aloja agua con temperatura de red calentada por energía solar.

El segundo aspecto negativo, la pérdida de calor por la superficie vidriada hacia afuera durante los períodos de ausencia de radiación fue solucionada ya en los prototipos del año 1979 con una puerta suficientemente aislada que se cierra sobre la superficie vidriada. Esta puerta fue provista en su parte interna de una superficie espejada, de costo reducido, que cumple con dos funciones: rechaza las radiaciones infrarrojas emitidas por el calor del panel-acumulador cuando está cerrada y oportunamente según la posición del sol aumenta por reflexión un 10-40% la radiación solar útil.

Para evitar el primer efecto negativo, la degradación de la temperatura, se optó en los últimos prototipos, la solución de dividir el volumen total de acumulación, en más de un depósito, superpuestos, de desarrollo preferentemente horizontal, también para disminuir las pérdidas de reflexión de la superficie espejada, por los extremos. Estos depósitos están ahora aislados uno del

otro, y unidos con conductos que permiten una circulación correcta entre ellos. Dicha circulación entre tubo y tubo fue diseñada de distintas maneras, pero teniendo en cuenta que durante la extracción del agua caliente, no pudiera subir a los tubos superiores el agua de reposición más fría, suministrada por la red, y que la circulación del volumen de agua más caliente ubicado en la parte superior de cada tubo, alimentara secuencialmente el tubo superior, lo que asegura un menor aumento de entropía.

Se obtiene así una estratificación que mantiene tantas temperaturas finales, sin degradarse, como cantidad de depósitos horizontales se adopten, (generalmente cuatro) temperaturas que al final de una jornada solar nos permitirá encontrar una mayor cantidad de agua caliente a temperatura de utilización, también debido al hecho que la patente presentada en varios países, (concedida ya en USA) prevé una circulación termosifónica entre los depósitos horizontales. Esta circulación se inicia cuando están presentes las condiciones de temperatura, durante el tiempo en que no se extrae agua caliente. En parte de los circuitos objeto de patente se ha obtenido que esta circulación termosifónica, se efectúe por corrientes paralelas y en el mismo sentido, con el mismo volumen, lo que evita turbulencias y asegura encontrar el agua más caliente en el depósito superior de donde será extraída, y con temperatura decreciente hacia abajo. La finalidad principal de esta circulación, es evitar la degradación de la temperatura del agua más caliente que en cada depósito se encuentra ubicada en la parte superior del mismo y que por fuerza de cosas se va degradando hacia el agua más fría ubicada en la parte inferior del mismo depósito. Por todas éstas razones es posible, en los sistemas familiares, llevar la relación volumen / superficie, a valores de 150 L o más.

CONCLUSIONES

Se han realizados tres prototipos que han cumplido abundantemente con los resultados esperados. El primero fue realizado principalmente para el estudio de los conductos y válvulas que impiden la subida del agua fría durante el gasto de agua caliente y estaba constituido por tres depósitos con un diámetro de 150 mm. ; el segundo Fig.1, y esquema Fig. 3, con una experimentación de más de tres años, fue hecho con dos tubos de 190 mm. por 2400 mm. de largo y si bien fue realizado en manera por demás precaria, sigue siendo usado con gran satisfacción por su tenedor el Sr. José Antonio Merlo, quién con su familia ha cooperado extensamente en su evaluación. está ubicado en su casa de alta Montana, a 2000m. s.n.m. y un dato que permite evaluar su rendimiento es la temperatura alcanzada en una particular condición de uso que alcanzo 93°C, y extracciones diarias que han promediado 85 l./m² a temperatura superior a 38°C, y con suministro de agua de baja temperatura. (promedio invernal 5°C)

El tercero realizado siempre según el esquema de la Fig. 3, cuenta con cuatro tubos prácticamente iguales al segundo y está en pleno proceso de evaluación; en días invernales buenos, con temperaturas máximas de 16°C, I máxima de 750 W/m², y temperatura de agua de suministro de 15°C, ha rendido un promedio de 90 l. /m², reducida a 42°C, sin extracción por debajo de esa temperatura, y sin disponer de superficie selectiva.

Los principales datos del 3er. Prototipo, fig. 2 y 3, son: Capacidad 260 l.; apertura al sol 2,10 m²; superficie espejada útil : 2.70 m²; valor de apertura y cierre I = 200W/m² (en evaluación) ; seguimiento de la altura del sol cada 30 minutos ; ángulo del sol con la superficie espejada 25° (en evaluación) extracción únicamente por arriba de 42°C.

AGRADECIMIENTOS:

Se agradece el apoyo brindado con su taller y su experiencia tecnológica al Sr. Aquiles Sangiácomo, lo mismo con la tornería del Sr. Alfio Duca y la labor de diseño y realización concreta, de los dispositivos de comando electrónicos, efectuado por el Sr. Denio Bollati.

REFERENCIAS:

De Winter, F.(1996), El diseño de calentadores de agua de alta performance con uso combinado de energía solar y gas natural, ERMA, ASADES, Vol. 1, p.p. 1-6.

Tacchi V. (1979) "Calefón compacto para uso rural, con panel y termotanque conjugados, con cierre manual". Actas de la 5ta Reunión de Trabajo de la ASADES, p.p.485-491.

Tacchi V. (1993) "El diseño de los termotanques relacionado a un mayor rendimiento de captación de los paneles, optimizando asimismo el mantenimiento de la mayor temperatura existente en las distintas zonas del termotanque". Actas de la 16ta Reunión de Trabajo de la ASADES, La Plata, tomo I, p.p. 485-490.



Fig. 1 - Segundo Prototipo



Fig. 2 - Tercer Prototipo

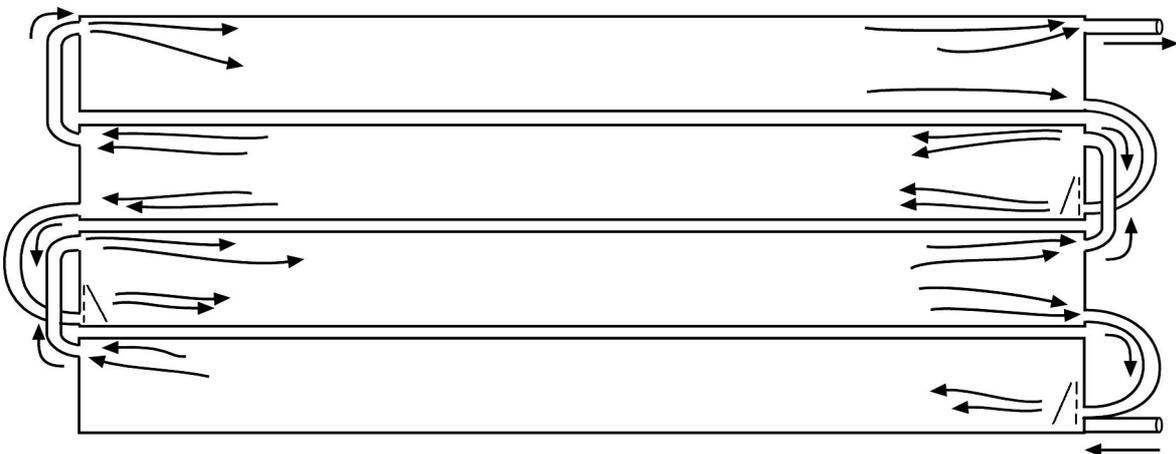


Fig. 3 - Circulación interna termosifonica con válvulas normalmente abiertas que se cierran cuando hay consumo.