

# ASPECTOS PRÁCTICOS DE LAS INSTALACIONES DE CALENTADORES SOLARES

Por Ing. **George Aguilera Proenza\***

\*Copextel División Holguín.

E-mail: george@holguin.copextel.com.cu, gaprenovable@gmail.com

## Resumen

Partiendo de más de 10 años de experiencia en el diseño e instalación de calentadores solares se realiza una valoración sobre los errores más comunes vistos en instalaciones existentes, así como aspectos prácticos buenas prácticas a tener en cuenta en el proceso de diseño y montaje de estos sistemas; se comparan además algunas de las características a consideración del autor poco tratadas sobre las diferentes tecnologías de calentadores solares existentes en Cuba.

*Palabras clave: Calentadores solares, eficiencia, termosifón.*

---

## PRACTICAL ASPECTS OF SOLAR HEATER INSTALLATIONS

### Abstract

Based on more than 10 years of experience in the design and installation of solar heaters, an assessment is made of the most common errors seen in existing installations, as well as practical good practices to take into account in the design and assembly process of these systems. In addition, some of the characteristics under consideration by the author are compared little treated about the different technologies of solar heaters existing in Cuba.

*Keywords: Solar heaters, efficiency, thermosyphon.*

---

### I. Introducción

Actualmente se utilizan muchos métodos de cálculo para el dimensionamiento de instalaciones de calentadores solares, pero es bastante común ver instalaciones con errores de montaje que en la práctica disminuyen su eficiencia y pueden afectar su correcto funcionamiento. Este trabajo aborda algunos aspectos prácticos de este tipo de fuente de energía renovable, partiendo de la experiencia de más de 10 años realizando proyectos y montajes de estos sistemas.

El trabajo se refiere a la conexión de calentadores prefabricados que funcionen por termosifón, que son los más utilizados en Cuba. Un calentador prefabricado es el que integra en una misma estructura el adsorbedor de calor y el tanque termo acumulador (Ver Fig. 1).

Así tenemos que los calentadores compactos todos son prefabricados, pero los de tubos al vacío, tubos ca-

lóricos y planos se pueden comprar prefabricados o se pueden adquirir las placas y tubos para conformarlos, fundamentalmente en sistemas de circulación forzada con tanques termo acumuladores, aunque debo decir que los de tubos al vacío y calóricos trabajando bajo este régimen no se comportan bien, siendo los mejores los planos.

Debe tenerse en cuenta que en las imágenes de conexión de los calentadores que se exponen en este trabajo se representa la conexión de los tanques termo acumuladores de calentadores prefabricados de cualquier tipo, pero no debe confundirse con las formas de conexión de las placas adsorbedoras planas, dado que, por ejemplo, un calentador plano prefabricado puede tener hasta dos placas adsorbedoras (Ver Fig. 2).



Fig. 1. Calentadores prefabricados.



Fig.2. Calentadores planos prefabricados con dos placas adsorbedoras.

## II. Desarrollo Arreglos serie y paralelo según tipos de calentadores

En muchas de las instalaciones de calentadores solares se requieren más de un calentador para cubrir la demanda de agua caliente, por lo que es necesario hacer arreglos de calentadores en serie o paralelo, o combinaciones de ambos, para esto es necesario tener en cuenta, entre otros, los criterios siguientes.

### *Calentadores en serie*

La conexión de calentadores en serie permite elevar paulatinamente la temperatura del agua dado que al primer calentador entra agua a temperatura ambiente y comienza a ser calentada, pero a partir de este a los calentadores siguientes entra agua precalentada por el

anterior; por otro lado, de esta forma como se explicará más adelante, en la mayoría de los casos solo es necesario conectar la resistencia de respaldo del calentador de salida con el consiguiente ahorro de energía convencional (Fig. 3).

La cantidad máxima de calentadores a conectar en serie no debe ser mayor de cuatro, aunque se pueden conectar hasta cinco como máximo debido a lo siguiente:

1. La eficiencia de funcionamiento de un calentador tiende a disminuir con la temperatura, o sea, que mientras mayor sea la temperatura del fluido más disminuye la eficiencia del aporte de calor del calentador al fluido y aumentan las pérdidas.

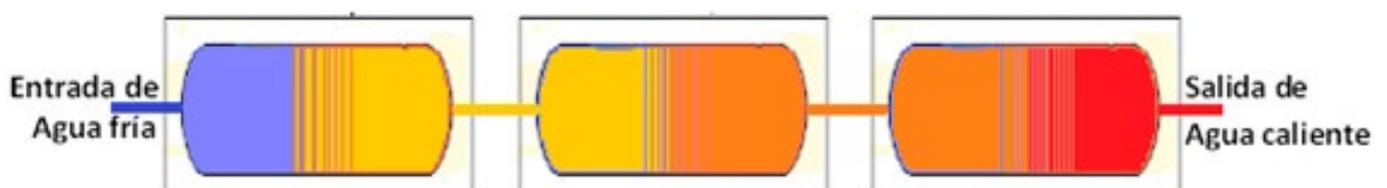


Fig.3. Calentadores compactos conectados en serie.

2. Cuando se conectan muchos calentadores en serie la temperatura se puede incrementar demasiado produciendo vapores, pero sobre todo acelerando el envejecimiento y deterioro de calentadores y tuberías.
3. Este efecto es más marcado en el caso de sistemas de circulación forzada, pero también se manifiesta en calentadores por termosifón durante el consumo de agua caliente, dado que mientras no se consume agua cada calentador funciona como una unidad independiente, calentando solo el agua que tiene almacenada.

La conexión en serie permite elevar más la temperatura pero el caudal de agua total que permite el sistema es el mismo que el de un solo calentador, o sea, cuando se requiere asegurar caudales de agua mayores este tipo de conexión está limitado; también la caída de presión es igual a la suma de las caídas de presión de cada uno de los calentadores conectados en serie.

*Calentadores en paralelo*

La conexión de calentadores en paralelo tiene como ventaja fundamental que permite elevar el caudal de agua que aporta el sistema en una unidad de tiempo sin elevar el flujo o velocidad del agua excesivamente, dado que el caudal total será igual a la suma del caudal de todos los calentadores conectados en paralelo y la caída de presión para todo el sistema es igual a la de un calentador (Fig. 4).

La cantidad de calentadores a utilizar en paralelo no está limitada, pero debe tenerse en cuenta que al utilizar calentadores prefabricados puede ser necesario conectar todas las resistencias de respaldo, aunque esto lo analizaremos más adelante.

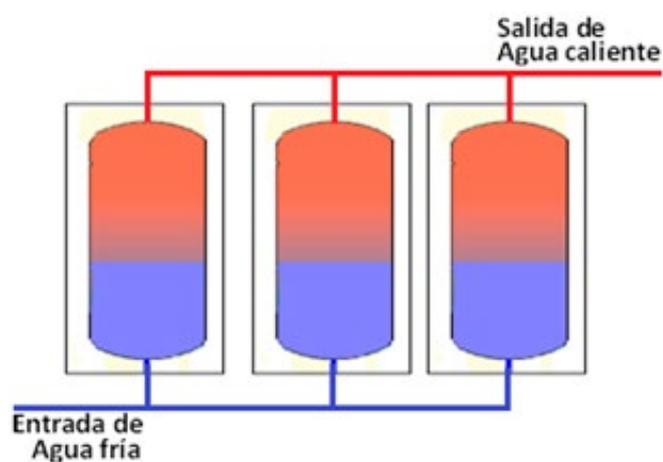


Fig.4. Calentadores conectados en paralelo.

*Arreglo serie paralelo*

Al realizar un arreglo serie-paralelo se aprovechan las ventajas de cada tipo de conexión, facilitando y logrando el buen dimensionamiento de una instalación de gran tamaño (Fig. 5).

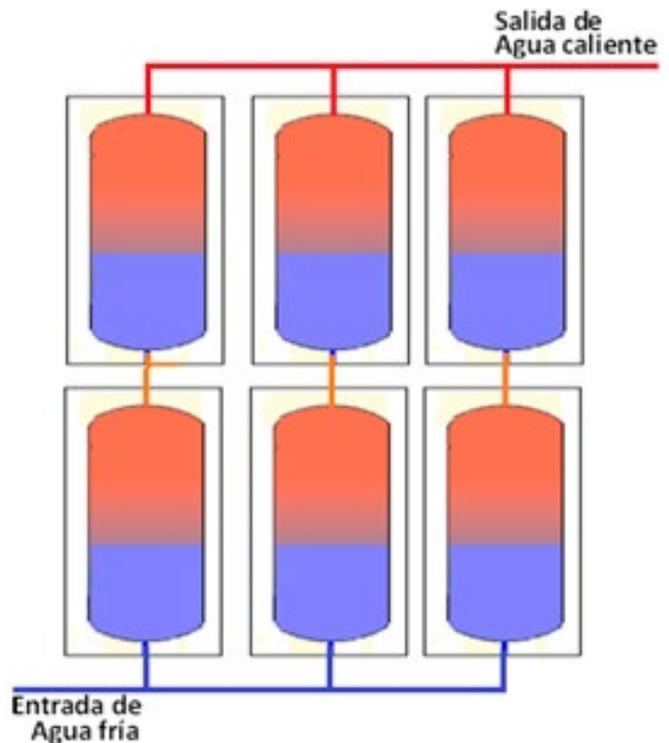


Fig. 5. Calentadores compactos conectados en un arreglo serie-paralelo.

**Compensación hidráulica**

Cuando se instala un solo calentador no hay problemas, pero si se realizan arreglos de varios calentadores conectados en paralelo, o arreglos serie-paralelo, entonces se pueden cometer errores de conexión. Las diversas formas de conexión (errores y forma correcta), se pueden apreciar en las Figs. 6-12. El siguiente es uno de los errores más comunes que he podido apreciar en las instalaciones de calentadores solares (Fig. 6).

Al conectar calentadores solares erróneamente, como se ilustra en las figuras 6 y 8, ocurre lo siguiente:

El flujo de agua que llega a la acometida de agua fría es laminar, pero al llegar al primer calentador se divide y una parte entra a este y el resto continúa al segundo calentador, por lo que el agua realiza un mayor recorrido para llegar al calentador 2, por lo que tiene cierto retraso con respecto al 1. A la salida de los calentadores en el montaje incorrecto el agua que primero llega a la acometida de salida es la del calentador 1 y la última es la del calentador 2, por lo que se aumenta aún más la diferencia en el recorrido entre los dos calentadores. Al mezclarse ambos flujos en la acometida se puede originar un flujo de agua turbulento que origina ruidos en las tuberías, pero el principal problema es que al ser diferentes los recorridos el flujo de agua a través de ambos calentadores será diferente, por lo que no calentarán igual y el agua saldrá a diferentes temperaturas, trabajarán con diferentes eficiencias y la eficiencia de la instalación completa se reduce.

Cuando se realiza una conexión correcta (Fig. 7) el flujo de agua laminar que llega al primer calentado se divide y una parte entra a este y el resto continúa al segundo calentador, por lo que el agua realiza un mayor recorrido para

llegar al calentador 2 y tiene cierto retraso con respecto al 1, pero a la salida el recorrido más corto es el del calentador 2 y el más largo el del 1, por lo que se compensa la diferencia originada a la entrada. Con esto se logra que el flujo de agua por todos los calentadores sea el mismo y que trabajen con la misma eficiencia, logrando la misma temperatura de salida del agua; al mezclarse las salidas en la acometida se logra un flujo de agua laminar sin turbulencias.

Cuando la acometida o entrada de agua fría y la salida o acometida de agua caliente llegan por lados opuestos, realizar la compensación hidráulica es sencillo, pero cuando llegan por el mismo lado es necesario realizar un lazo como se ilustra en la figura 7; para ello siempre debe lograrse que la tubería de agua caliente sea lo más corta posible para reducir las pérdidas de calor, por lo que los lazos o modificaciones necesarios se deben realizar en la acometida de agua fría.

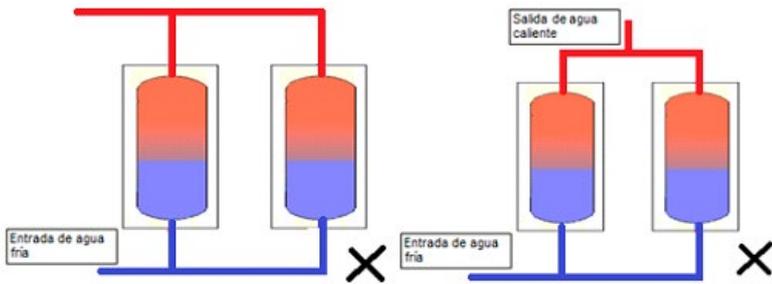


Fig.6. Conexión incorrecta.

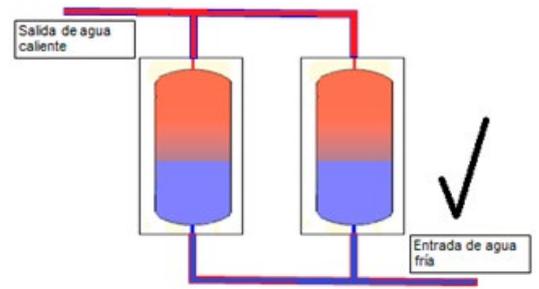


Fig.7. Conexión correcta.

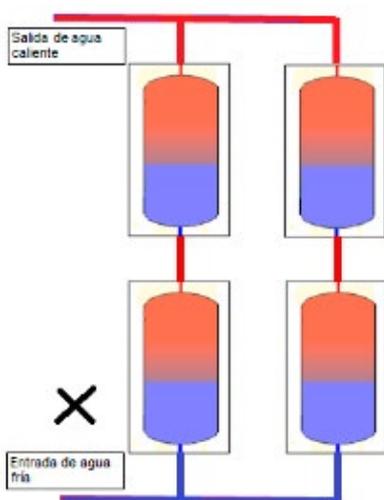


Fig.8. Conexión incorrecta.

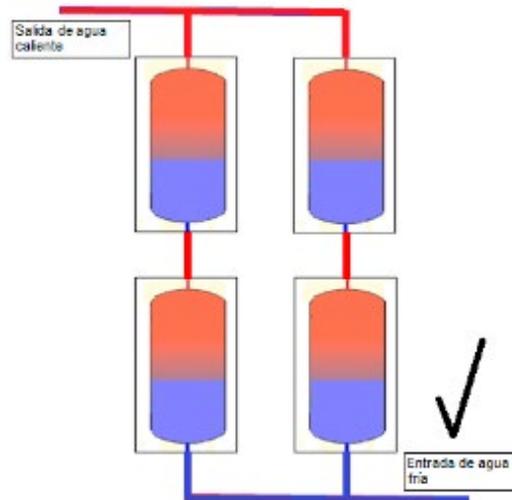


Fig.9. Conexión correcta.

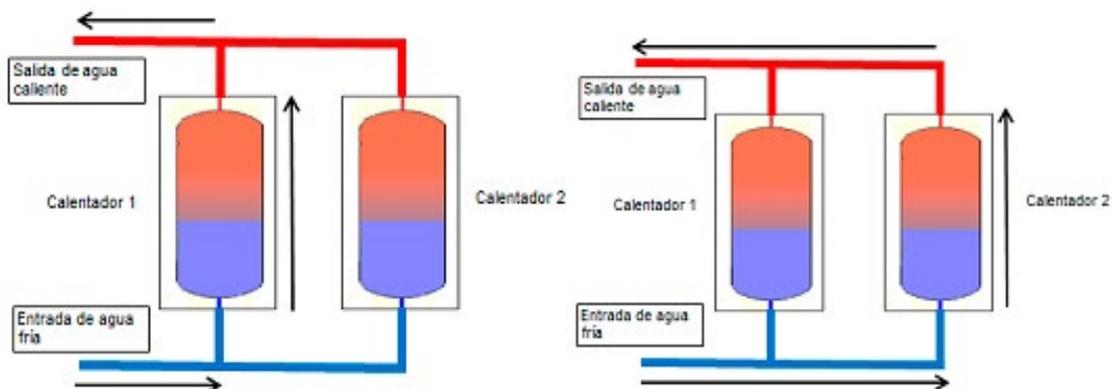


Fig.10. Recorrido del agua por cada calentador con una conexión incorrecta.

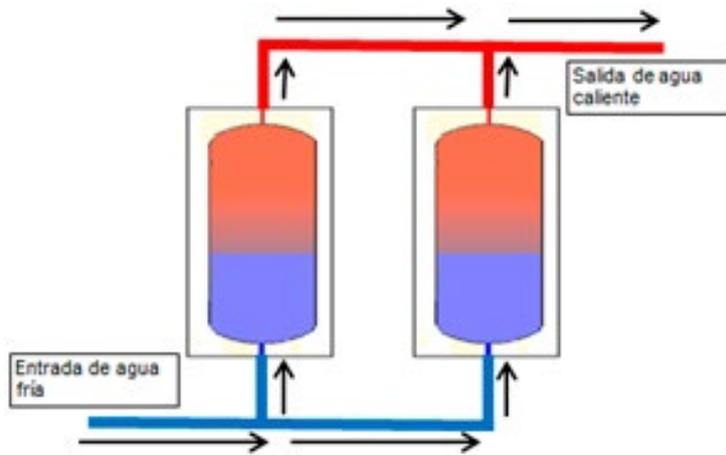


Fig.11. Recorrido del agua por cada calentador con una conexión correcta.

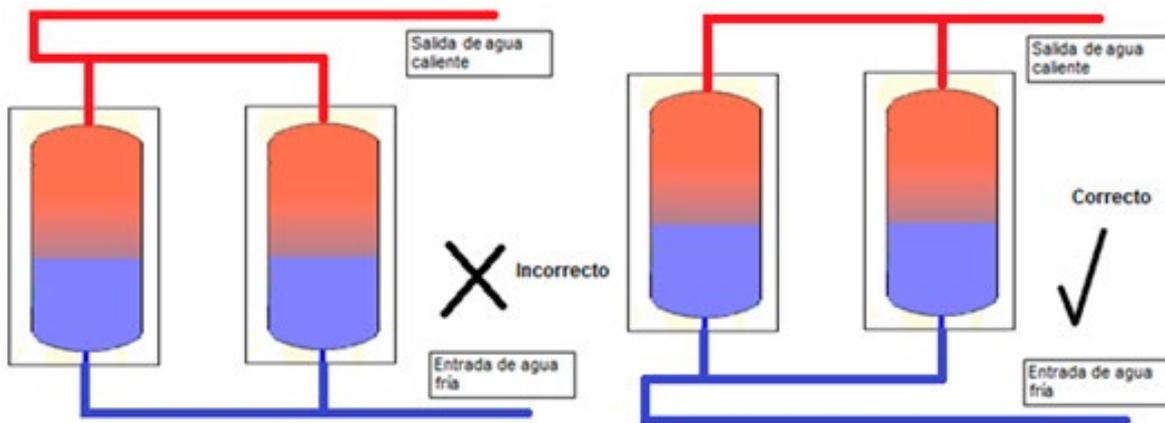


Fig.12. Lazo para lograr compensación hidráulica con las acometidas a un mismo lado.

### Conexión de resistencias de respaldo y termostatos

Cuando se instalan calentadores solares en edificaciones tales como hoteles u otras que requieren de abasto continuo de agua caliente, es necesario contar con una fuente de energía de respaldo para calentar el agua durante días nublados, picos de consumo etcétera. Las resistencias de respaldo más comunes son de 2 kW, pero existen calentadores con resistencias de respaldo de hasta 4 kW (Fig. 13).



Fig. 13. Resistencias de respaldo con termostatos para calentadores solares.

Aunque existe un sinnúmero de variantes de conexión y tipos de sistemas, además de tipos de calentadores solares, cada uno con sus características, los más comunes, en Cuba son los sistemas por termosifón con calentadores prefabricados planos prefabricados o compactos, y en cualquiera de estos casos es común ver todas las resistencias de respaldo conectadas (Fig. 14), independientemente de la configuración o arreglo utilizado, lo cual resulta un desperdicio de energía convencional en detrimento del aprovechamiento de la energía solar.

En la mayoría de los casos es suficiente conectar a la red eléctrica solo las resistencias de respaldo de los calentadores de salida de cada batería; en caso de más de dos calentadores en serie y según la demanda de agua horaria, se pueden conectar solo las resistencias de los dos últimos calentadores de cada serie.

Lo anterior se fundamenta en que cada resistencia de respaldo consume 2 kW, por tanto, si se tienen dos calentadores en serie con sus resistencias de respaldo conectadas la demanda de electricidad, sería de 4 kW/h para lograr la temperatura necesaria en días nublados; en cambio, si solamente se conecta la resistencia del calentador de salida la demanda de energía sería de entre 2 kW/h (Fig. 15).

Aun en días nublados los calentadores son capaces de, a partir de la radiación solar difusa, elevar la temperatura del agua aunque claro está a temperaturas inferiores a las de demanda, pero entonces esto significa que al calentador de salida no llegará agua fría, sino agua con cierto incremento de temperatura, y la resistencia de respaldo junto al aporte de la radiación solar difusa en este último calentador logran elevar la temperatura del agua a los valores deseados; o sea, los calentadores de entrada precalentarán el agua a partir de la radiación solar ya sea directa o difusa, y los de salida solo en caso de necesidad conectarán las resistencias de respaldo.

Lo anterior no es absoluto aunque sí se cumple en la mayoría de los casos, pero dependerá de la demanda horaria de agua caliente, por lo que debe ser estudiado por quien realice el proyecto. En el caso de que se utilicen dos

o más calentadores en paralelo se deben conectar todas las resistencias de respaldo.

Otra ventaja de conectar solo las resistencias de respaldo de los calentadores de salida es que las resistencias que no se conectan sirven de repuestos, dado que si se daña una resistencia o un termostato de un calentador de salida resulta sencillo cambiarlos por los de uno de los calentadores de entrada, restableciendo rápidamente el funcionamiento normal del sistema.

Las resistencias de respaldo eléctrico, como su nombre lo indica, tienen como función respaldar el funcionamiento del calentador cuando la radiación solar es escasa o no existe y se requiere de suministro de agua caliente, pero para que funcionen solo cuando sea necesario deben ser controladas por un termostato que asegure su conexión o desconexión en dependencia de un rango de temperaturas predeterminado (Fig. 16).

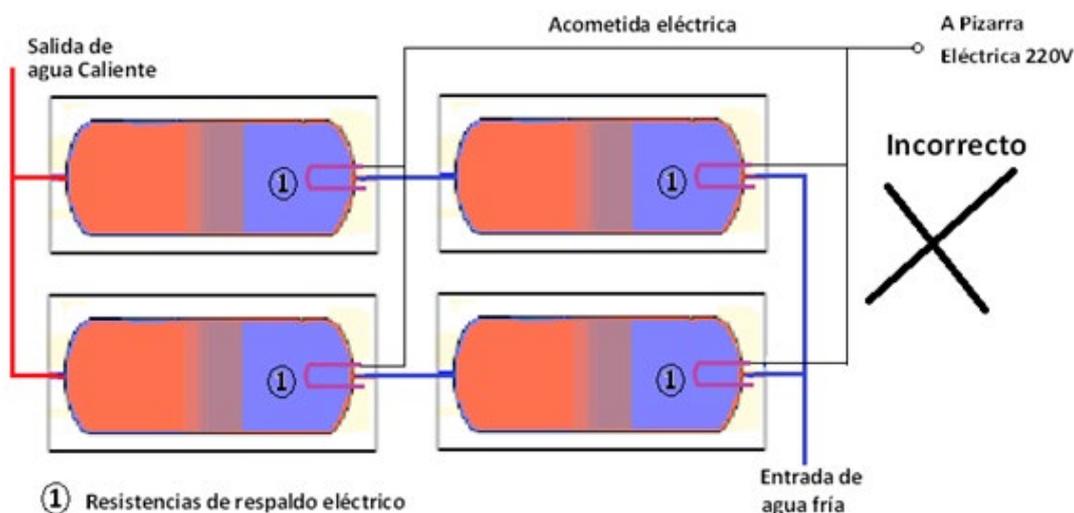


Fig.14. Batería de calentadores con todas las resistencias conectadas, originando una demanda eléctrica de 8,8 kW.

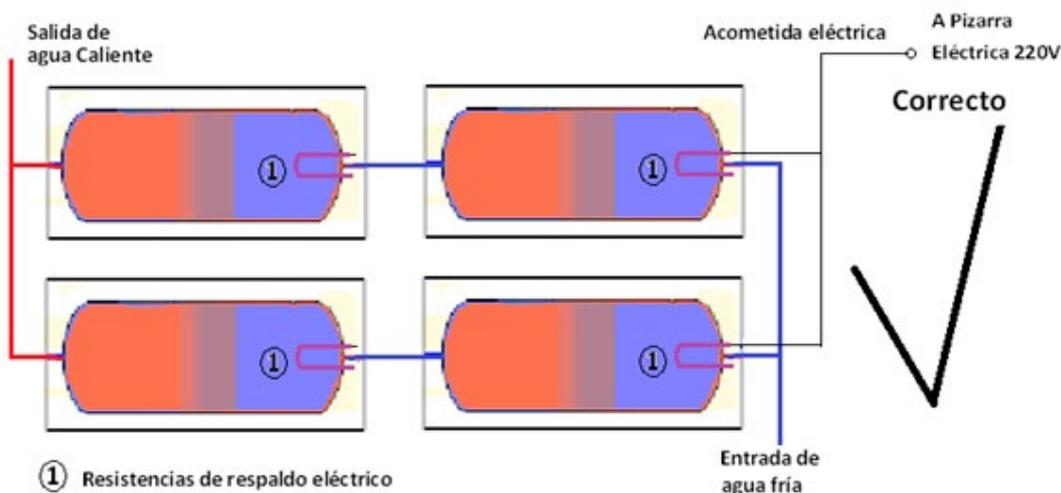


Fig.15. Batería de calentadores con solo las resistencias de los calentadores de salida conectadas, reduciendo la demanda eléctrica a la mitad (4,4 kW).

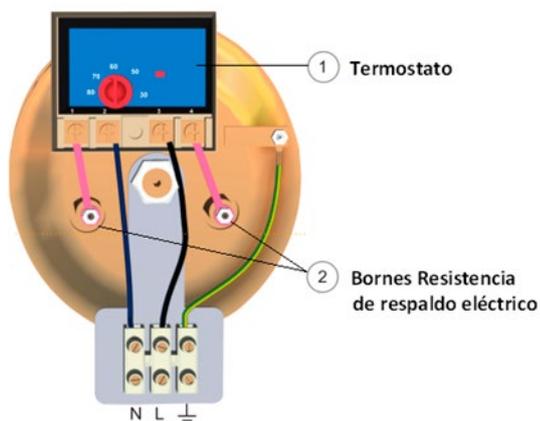


Fig. 16. Termostato integrado a resistencia de respaldo.

Como regla los termostatos se pueden regular para temperaturas de entre 30 °C y 80 °C y a menudo se encuentran instalaciones con los termostatos regulados a la temperatura máxima; esto lo hacen algunos instaladores para asegurar el suministro de agua caliente pero a costa de un gran derroche de energía y de esa forma convierten un eficiente calentador solar en un ineficiente calentador eléctrico. Lo correcto es en los casos en los que se requiere de la utilización del respaldo eléctrico, regular los termostatos a 60 °C como máximo. Aunque en la mayoría de los casos con 50 °C es suficiente.

### Áreas de montaje

Los calentadores solares se pueden instalar tanto sobre el terreno como sobre las cubiertas de edificaciones, pero lo más común es que se instalen sobre cubiertas.

En este caso es importante tener en cuenta además de la orientación y otros aspectos, el peso de los calentadores y el área que ocupan, así como sistemas de anclaje o fijación a la cubierta, los cuales valoraremos a continuación:

#### Peso de los calentadores

Cuando se trata de cubiertas de hormigón por lo general no hay problemas, pero si tenemos cubiertas de otros tipos es necesario revisar el peso que resisten y los puntos de carga, dado que no siempre es posible ubicar cargas en cualquier punto de una cubierta. Como regla en los casos más complicados se requiere contratar a un arquitecto o entidad que emita un dictamen o certificación.

Si comparamos solo los calentadores de 200 litros vemos que los planos son los más pesados superando todos los 300 kg por calentador, y el más ligero es el megasun 200 con un peso de 250 kg llenos de agua (Tabla 1).

### Área de montaje

Cuando se habla de la eficiencia de un calentador solar se refiere al aprovechamiento de la radiación solar por el área de captación, o sea, el plato adsorbedor y las pérdidas de calor de todo el conjunto, pero existe un aspecto que no se menciona y que resulta importante y es el área real que requiere cada calentador prefabricado con toda su estructura, o sea, el aprovechamiento efectivo del área disponible, si lo analizamos de esta forma todo cambia.

Normalmente se dice que los más eficientes energéticamente hablando son los de tubos calóricos y tubos al vacío, después están los planos y en último lugar los compactos, pero si analizamos el área efectiva que requiere cada uno de ellos nos damos cuenta de que no es así (Tabla 2).

Tabla 1. Características de los calentadores de 200 litros

Fabricante	Modelo	Tipo	Capacidad (Litros)	Peso en servicio (kg)	Peso vacío (kg)
Chromagen	SCOlo42 TSAH CONFORT	Plano	200	384	172
Chromagen	Perfil bajo (QR-E)	Plano	200	352	151
Chromagen	Perfil bajo (QR-E)	Plano	200	352	151
HELIOAKMI	Megasun 200	Plano	200	334	134
HELIOAKMI	Megasun 200E	Plano	200	363	163
HELIOAKMI	Compac 200	Compacto	200	296	96
HELIOAKMI	Megasun 200	Compacto	200	250	50
SunnyPower	CA-47-1525	Tubos al vacío	200	289	51,5
THERMOSOL	SP-470-58/1800-24	Tubos al vacío	200	300	100

Tabla 2. área efectiva de los diversos modelos de calentadores

Fabricante	Modelo	Tipo	Capacidad (Litros)	Superficie que ocupa ya instalado
Chromagen	SCOlo42 TSAH CONFORT	Plano	200	2,33
Chromagen	Perfil bajo (QR-E)	Plano	200	2,70
Chromagen	Perfil bajo (QR-E)	Plano	200	2,33
HELIOAKMI	Compac 200	Compacto	200	1,59
HELIOAKMI	Megasun 200	Compacto	200	1,59
HELIOAKMI	Megasun 200	Plano	200	3,89
HELIOAKMI	Megasun 200E	Plano	200	7,73
SunnyPower	CA-47-1525	Tubos al vacío	200	3,65

Como puede apreciarse, en la misma área en la que se instala un calentador compacto o uno de tubos al vacío de 200 litros, se pueden instalar dos calentadores compactos de 200 litros para un total de 400 litros de agua, por lo que, en la práctica, el calentador compacto es capaz de aprovechar mejor la radiación solar incidente sobre la superficie de montaje y resulta ser el calentador más eficiente de todos.

**Anclaje o fijación**

El anclaje de los calentadores consiste básicamente en la fijación de las patas o bases de la estructura de soporte a la cubierta o superficie de montaje, esto por lo general se hace utilizando expansiones mecánicas (Fig. 17).



Fig. 17. Algunas de las expansiones mecánicas más utilizadas (arriba estándar, abajo tipo espárrago).

Normalmente cuando utilizamos anclajes metálicos no realizamos ningún cálculo y utilizamos el que tengamos a mano pues resultan ser muy fuertes, pero en realidad tienen límites además de que su forma de colocación puede reducir considerablemente su resistencia, pudiendo fallar. En este caso consideraremos todos los factores necesarios para asegurarnos de que las estructuras metálicas no puedan ser desprendidas de las vigas de hormigón por fuertes vientos.

**Aspectos a tener en cuenta:**

**Distancia entre anclajes (Scr):** Al instalar un anclaje metálico, este genera un cono de compresión. Cuando instalamos varios anclajes metálicos debemos evitar que sus conos de compresión coincidan porque en este caso estamos creando una zona crítica. Si por motivos de la aplicación es necesario colocar los anclajes próximos entre sí, deberá considerarse que la resistencia individual de cada fijación es menor (Fig. 18).

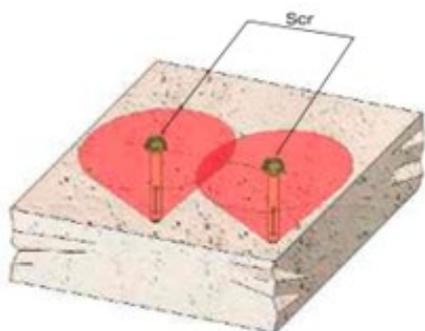


Fig. 18. Zona crítica de colocación de fijaciones metálicas.

**Distancia al borde (Ccr):** Si se instala una fijación muy próxima al borde, la fijación resistirá mucho menos que lo calculado pues el cono de compresión es menor (Fig. 19).

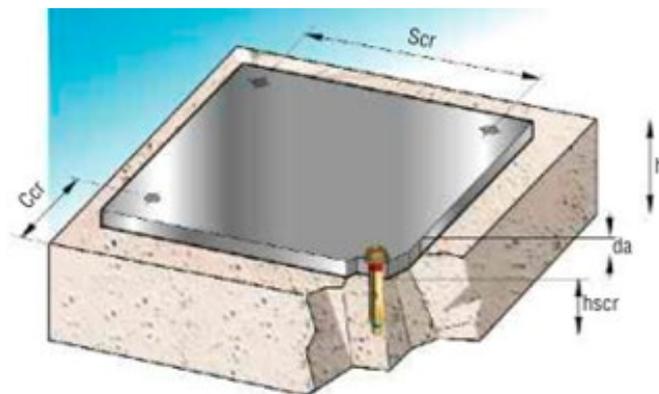


Fig. 19. Distancia hasta el borde.

**Resistencia a la tracción (FNrec) y resistencia a la cortadura (FVrec):** Se considera fuerza a tracción cuando la dirección de la fuerza que se ejerce es vertical (o tiene un ángulo de 60° respecto la vertical) a la superficie de contacto. Se considera fuerza a cortadura cuando el sentido de la fuerza que se ejerce es paralelo, o tiene un ángulo máximo de 30° respecto a la superficie de trabajo (ver Fig. 4 y Fig. 20).

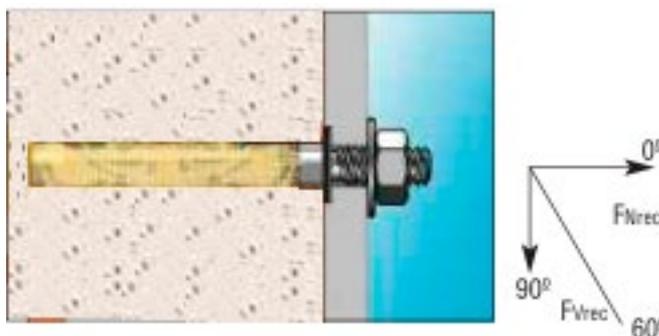


Fig. 20. Fuerzas de tracción y cortadura.

**Profundidad de empotramiento (hscr) y espesor máximo a fijar (da):** El empotramiento es la longitud del anclaje que se introduce dentro la superficie de trabajo. Los anclajes metálicos quedan fijados gracias a la presión que ejercen sobre el hormigón. La presión ejercida se reparte creando un cono de compresión. Como mayor sea el empotramiento, mayor será el cono de presión y mayor la resistencia a la extracción. El empotramiento y el espesor a fijar máximo son indirectamente proporcionales. Es decir, como mayor sea el espesor a fijar menor será el empotramiento.

Cuando se opta por anclar los calentadores a la cubierta de una edificación lo más recomendable es fundir bases de hormigón sobre la misma para colocar las expansiones mecánicas a dichas bases, dado que si se colocan directamente a la cubierta se corre el riesgo de dañar la impermeabilización provocando filtraciones de agua al interior de la edificación en caso de lluvias, independientemente de que las expansiones y bases de los soportes de los calentadores se pueden cubrir con algún impermeabilizante líquido para reducir el riesgo de filtración.

Aunque resulta indiscutible que el anclaje de los calentadores a una superficie les da mucho más resistencia a los fuertes vientos, en la práctica esto no siempre se hace y se opta por simplemente colocar los calentadores sobre la cubierta sin anclajes debido a que resulta más económico y no se corre el riesgo de dañar la impermeabilización.

En la práctica, según mi experiencia el mayor riesgo para un calentador solar en caso de un evento meteorológico con fuertes vientos no es la velocidad y fuerza del viento, sino la posibilidad de impacto de objetos sobre la cubierta de vidrio. La provincia de Holguín no es de las más afectadas por huracanes pero tenemos la experiencia del huracán Irma que azotó fuertemente las zonas costeras y no dañó ningún calentador solar, incluso en una instalación turística en Playa Blanca (con 26 calentadores compactos instalados), en la que los fuertes vientos arrancaron y levantaron la manta impermeabilizante de la cubierta de un *bungalow* y la volcaron sobre los calentadores, ninguno sufrió daños e inmediatamente después del huracán todos estaban funcionando normalmente.

El calentador solar compacto es el más resistente de todos debido a que tiene incluso la posibilidad de ser instalado acostado sobre la cubierta sin ningún tipo de fijación o anclaje, y debido a su pequeña área, su forma y al peso lleno de agua de 250 kg resultan casi inmunes a los fuertes vientos.

#### Incrustaciones

Una incrustación es la acción y el efecto de cubrirse una superficie con una costra mineral, precipitada a partir de sustancias disueltas en el agua. Las incrustaciones más frecuentes son las de naturaleza calcárea y pueden formarse sobre cualquier superficie expuesta a aguas duras.

Las incrustaciones dependen fundamentalmente de los factores siguientes:

Contenido (cantidad y tipos) de sales disueltas en el agua.

- Índice de acidez del agua (PH).
- Temperatura.
- Presión.
- Flujo de agua.

Este es un fenómeno de gran incidencia en Cuba debido al alto contenido de sales disueltas de la mayoría de nuestras aguas, y uno de los métodos utilizados para combatir las es el empleo de ánodos de sacrificio (Fig. 21).

Casi todos los calentadores traen incluido un ánodo de sacrificio, que consiste en una vara de magnesio, que rodea un alambre de acero y está atornillado por general a la base o soporte de la resistencia de respaldo, pero esto no resuelve totalmente el problema y cada tipo de calentador tiene un comportamiento distinto ante este fenómeno.

#### Calentador plano

Todos traen un ánodo de sacrificio en el tanque termo que evita o reduce al mínimo las incrustaciones dentro del mismo, pero las placas absorbedoras o captadores solares quedan totalmente a merced de las incrustaciones debido a que dentro de las mismas el agua circula por una fina parrilla, por lo general de cobre, dentro de la cual es imposible colocar ánodos de sacrificio. Esta parrilla es la parte del calentador con mayor temperatura lo que acelera el proceso de incrustaciones, la circulación de agua en su interior es muy lenta ya que se origina por termosifón y al estar compuesta por tubos de cobre de muy poco diámetro se llegan a obstruir totalmente en menos tiempo (Fig. 22).

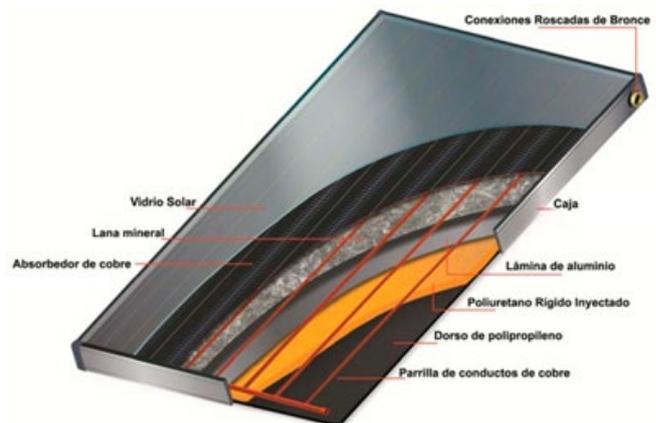


Fig. 22. Placa absorbidora o captador solar de un calentado plano.

Cuando la parrilla de tubos del captador solar se obstruye se interrumpe el termosifón y deja de circular agua por la misma, que comienza a recalentarse, el calentador continua suministrando agua caliente pero ya convertido en un calentador eléctrico, o sea, a costa de la resistencia eléctrica de respaldo, es por ello que este tipo de calentador es el más sensible a las incrustaciones y requiere de más mantenimiento periódico para mantenerlo funcionando eficientemente.

Cuando un captador esta obstruido por las incrustaciones el primer síntoma es que al tocarlo está mucho más



Fig. 21. Ánodo de magnesio (arriba nuevo, abajo agotado).

caliente de lo normal, dado que toda la radiación solar que recibe se comienza a irradiar al no poder trasmitirla al agua. La recuperación de estos captadores una vez incrustados solo se puede realizar con el empleo de químicos, pero es muy trabajosa, requiere desmontar el calentador emplear bombas de agua especiales y resulta cara, por lo que siempre es mejor tratar de prevenirlas o disminuirlas.

Se han obtenido buenos resultados mediante el empleo de magnetizadores de agua que reducen grandemente las incrustaciones, y un mantenimiento periódico con la circulación de agua a presión mediante bombas destinadas a tal efecto.

En este trabajo solo abarcamos los calentadores prefabricados. En la práctica los captadores planos cuando se utilizan en sistemas de circulación forzada reducen grandemente su velocidad de incrustación debido a que se mantiene un mayor flujo de agua que arrastra los cristales de sales cuando comienzan a formarse.

#### *Calentadores de tubos al vacío*

Cuando estos calentadores se empezaron a utilizar en Cuba se creía que eran inmunes a las incrustaciones, pero la práctica demostró todo lo contrario. Este tipo de calentador alcanza temperaturas más altas dentro de los tubos de vidrio, por lo que se acelera la precipitación de sales de Calcio, Magnesio, Hierro y otras que disminuyen su solubilidad y comienzan a depositarse en el fondo de los tubos de vidrio, llegando a cubrir varios centímetros; cuando esto ocurre la zona con depósitos calcáreos se calienta excesivamente evaporando la humedad que contiene en sus poros, aumentando la presión y provocando periódicamente una especie de explosión dentro del tubo que generalmente no lo llega a romper, pero despega los depósitos calcáreos disparándolos hacia arriba por dentro del tubo, estos caen de nuevo, se vuelven a depositar y se repite el proceso. Cuando esto ocurre el tubo ya no funciona bien, pierde área efectiva y eficiencia siendo necesario en la mayoría de los casos cambiar los tubos por otros nuevos.

#### *Calentadores compactos*

Con los calentadores compactos tenemos que hacer una salvedad y es que en realidad su resistencia a las incrustaciones dependen de la calidad del mismo y por supuesto del precio.

Un calentador COMPAC 200, de los primeros que se compraban en Cuba, tenían el tanque de almacenamiento de agua que a la misma vez es el captador de calor vitrificado por dentro. Este proceso elimina los poros y la rugosidad, por lo que dificulta mucho el proceso de incrustación; además de que traen en su interior un ánodo de sacrificio, tenían otras características que lo hacían un poco más pesado que los modelos que se utilizan actualmente en Cuba (96 kg vacío, 296 kg lleno), pero también mucho más caro, cada calentador tiene un costo superior a los 1000,00 CUC.

Los modelos que se comercializan actualmente MEGASUM 200 son mucho más económicos (en el orden de los 600,00 CUC por calentador), pero los tanques termos aunque traen un recubrimiento interior no tienen la misma calidad que los anteriores.

No obstante, este tipo de calentador es altamente resistente a las incrustaciones debido a que el tanque termo

es a la vez el captador solar, y además de tener un radio bastante grande posee un ánodo de sacrificio.

Para mantener estos calentadores funcionando eficientemente durante largo tiempo, es necesario al menos una vez al año revisar el estado de los ánodos de sacrificio y cambiarlos cada vez que sea necesario. Debe tenerse en cuenta que cuando por alguna razón se perfora y rompe la resistencia eléctrica, la corriente que circula por el agua desde esta hasta el cuerpo del calentador destruye rápidamente el ánodo de sacrificio, y por lo general cada vez que se cambie una resistencia se debe reponer también el ánodo.

#### *Cheque de línea o válvulas de no retorno*

Algunos calentadores solares traen incluidos cheques de línea o válvulas anti-retorno, que tienen como objetivo mantener el fluido en una sola dirección y sobre todo cuando se utilizan sistemas por termosifón, dependiendo de las características del montaje realizado, ayudan a evitar pérdidas de agua caliente hacia el tanque de abasto de agua fría.

Existen de muchos tipos y variantes pero todas se pueden clasificar en dos grandes grupos:

*Válvula de clapeta oscilante:* una clapeta oscilante funciona como obturador y cierra el paso, por gravedad, cuando el fluido circula en dirección no deseada (Fig.23). Funcionan por gravedad, por lo que deben colocarse en una posición determinada.

*Válvula de muelle:* no es necesario que mantengan una posición determinada, pues su funcionamiento no depende de la gravedad (Fig.24).

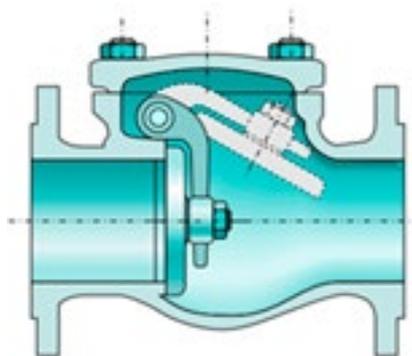


Fig. 23. Cheque o válvula de clapeta oscilante.

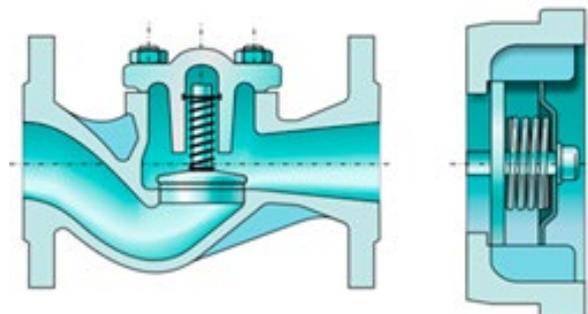


Fig.24. Cheque o válvula de muelle.

Por lo general, y sobre todo los calentadores compactos, traen incluida una válvula de resorte a la entrada de agua fría de cada calentador, por lo que requieren de cierta presión de agua por lo general superior a 1 BAR para abrirse, por lo que cuando se instalan calentadores en lugares que no utilizan hidropresores y la altura del tanque es insuficiente (tengase en cuenta que por lo general los montajes se hacen en las cubiertas, donde también están ubicados los tanques de almacenamiento de agua, por lo general a una altura máxima de 1,5 metros).

En estos casos los calentadores no funcionan debido a que no les entra el agua, por lo que tenemos tres opciones.

1. Retirar los cheques, pero en este caso se corre el riesgo de que en periodos de tiempo en los que no se esté consumiendo agua caliente, y durante horarios de sol si los calentadores alcanzan la temperatura máxima, pudiera darse el caso de que por termosifón comience a circular agua caliente hacia el tanque de abasto de agua fría perdiendo calor el agua del calentador; esto pudiera ocurrir también en la noche.

2. Estos cheques son registrables, por lo que en la mayoría de los casos es posible desmontarlos y extraer el resorte interno, de esta forma funcionan con baja presión de agua y solo se cierran si se produce un flujo inverso.

3. Cambiar los cheques por otros de clapeta oscilante, teniendo cuidado con la posición de trabajo adecuada para cada uno (vertical u horizontal según su tipo).

Una opción para elevar la presión de trabajo en los calentadores cuando son del tipo compacto es montarlos acostados en lugar de hacerlo sobre la estructura soporte que traen incluida, con esto se reduce su altura sobre la cubierta y aumenta la altura hasta el tanque de agua fría, por lo que aumenta la presión.

#### *Purgadores de aire o válvulas de venteo o aeración*

Los purgadores de aire tienen gran importancia en los calentadores solares y se emplean con dos objetivos:

- Evacuación de aire en el llenado o puesta en servicio.
- Purgado o expulsión continua de las bolsas y burbujas de aire que se forman durante el funcionamiento, procedentes de la desgasificación del agua y formación de vapores (Fig. 25).

Muchos fabricantes e instaladores recomiendan colocar antes del purgador unas válvulas de corte, cerrándolas una vez concluido el llenado y puesta en marcha, después solo las abren para expulsar el aire durante los mantenimientos. Lo anterior es en realidad para evitar el goteo esporádico de agua cuando existan burbujas de aire o vapor dentro del calentador y sobre todo para alargar la vida útil del purgador (Fig. 26).



Fig. 26. Válvulas de purga de aire y válvula de corte.

En lo particular no lo recomiendo dado que durante el funcionamiento también se producen burbujas de aire y vapores que atentan contra la circulación de agua por las tuberías y disminuyen la eficiencia del sistema. Un buen purgador debe ser capaz expulsar estos gases y vapores sin dejar salir el agua, a no ser algunas gotas, y luego cerrarse.

En muchos lugares donde hemos instalado calentadores solares el abasto de agua es inestable por lo que el sistema se puede quedar sin agua, y aunque se tomen



Fig. 25. Válvulas de purga de aire para calentadores solares.

medidas para evitar el vaciado total de los calentadores, cuando se restablece al abasto de agua existe una gran cantidad de aire por las tuberías que se acumula en los puntos más altos, y si los purgadores tienen una llave de corte cerrada no pueden evacuar el aire y pueden afectar el funcionamiento del sistema.

Durante la puesta en marcha de un sistema con calentadores solares se da mucho el caso de que dentro de las tuberías queden pequeños fragmentos de plástico de las propias tuberías, teflón y alguna suciedad que es impulsada por el agua hasta los puntos más altos pudiendo obstruir los purgadores haciendo que no cierren, y deban ser reemplazados en la propia puesta en marcha. Para evitar esto lo que se debe hacer es no colocar los purgadores hasta que los calentadores estén llenos de agua y salga un poco por el mismo punto de conexión del purgador, con esto es cierto que se pierde un poco de agua pero se cuida el purgador y los calentadores se llenan más rápido, reduciendo el tiempo necesario para el proceso de puesta en marcha.

### III. Conclusiones

Cada tipo de calentador solar tiene sus características que lo hacen mejor o no para determinados regímenes y condiciones de funcionamiento y la experiencia en el trabajo con los mismos ha ido determinando formas de

aprovecharlos con la máxima eficiencia durante toda su vida útil.

Este trabajo se basa fundamentalmente en experiencias personales y pueden existir otras muchas, e incluso criterios opuestos a algunos de los aquí expuestos, pero considero que puede ser de utilidad para técnicos, especialistas y en general cualquier persona que trabaje con estos sistemas.

### IV. Bibliografía

BÉRRIZ PÉREZ, LUIS y MANUEL ÁLVAREZ GONZÁLEZ (2016). *Manual de calentadores solares*. La Habana: Ed. Cubasolar. 194 pp. ISBN: 978-959-7113-49-2.

CALEFFI SOLAR (s/a). «Ficha técnica de válvula automática de purga de aire y grifo de corte para instalaciones solares». <https://www.caleffi.com>

«Documentos de Rensol y Copextel sobre calentadores solares».

«Manual de calentador solar termosifónico Chromagen» (s/a). <https://chromagen.es>

«Manuales y fichas técnicas de calentadores solares termosifónicos Chromagen, Helioakmi, Sunny Power, Thermosol, Somex y Ecosol».

Recibido: 20 de diciembre de 2020.

Aceptado: 10 de enero de 2021