

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 428 768**

51 Int. Cl.:

**F24J 2/46** (2006.01)

**F24J 2/40** (2006.01)

**F24J 2/20** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.02.2004 E 04708694 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.05.2013 EP 1592929**

54 Título: **Método y aparato para colector solar con control integral de la temperatura de estancamiento**

30 Prioridad:

**07.02.2003 US 445457 P**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

**11.11.2013**

73 Titular/es:

**QUEEN'S UNIVERSITY AT KINGSTON (100.0%)  
Kingston, Ontario K7L 3N6, CA**

72 Inventor/es:

**HARRISON, STEPHEN J.;  
LIN, QIN;  
MESQUITA, LUCIO C. y  
VALLETTA, DAVID A.**

74 Agente/Representante:

**UNGRÍA LÓPEZ, Javier**

ES 2 428 768 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

**DESCRIPCIÓN**

Método y aparato para colector solar con control integral de la temperatura de estancamiento

**5 Campo de la invención**

Esta invención se refiere a un método y aparato para un colector solar que tiene control integral de la temperatura máxima que puede alcanzar, evitando por ello excesivas temperaturas de estancamiento en el colector.

**10 Antecedentes de la invención**

En todos los colectores solares existe la posibilidad de que los colectores alcancen temperaturas muy altas, en particular durante los períodos en los que hay poca o nula extracción de calor de los colectores. Por ejemplo, en los sistemas de calentamiento solar que se basan en la circulación de un fluido de transferencia de calor a través de  
15 absorbedores para quitar calor de los colectores, tal como los sistemas solares de agua caliente, los colectores pueden alcanzar altas temperaturas durante los fallos de potencia cuando la circulación del fluido de transferencia de calor se para, o durante períodos prolongados de poco o nulo consumo de agua caliente. En estas condiciones, los colectores solares pueden alcanzar temperaturas de "estancamiento" superiores a 170°C. Además de la posibilidad de daño de los componentes del colector, la exposición a temperaturas tan altas puede degradar rápidamente o  
20 incluso hacer hervir el fluido de transferencia de calor. Además, las presiones excesivas darán lugar a un bucle de transferencia de calor del colector solar como resultado de las altas temperaturas de estancamiento.

El problema es especialmente agudo en climas donde hay posibilidad de que haya temperaturas de congelación durante parte del año. Los sistemas de calentamiento solar diseñados para estos climas utilizan típicamente un fluido  
25 anticongelante de transferencia de calor para transportar calor desde los colectores solares a una carga. Los fluidos anticongelantes de uso común son mezclas de propileno-glicol/agua, que están sujetas a deterioro a temperaturas elevadas (por ejemplo, superiores a aproximadamente 120 °C). Las elevadas temperaturas del colector pueden hacer que dicho fluido de transferencia de calor sea corrosivo, dando lugar a un ensuciamiento y corrosión acelerados de los componentes del colector solar y los componentes del sistema asociado.

Además de estos problemas de fiabilidad, las elevadas temperaturas del colector solar en sistemas solares de agua caliente también pueden dar lugar a temperaturas de escaldado en el depósito de agua caliente: una situación  
30 potencialmente peligrosa para los usuarios del sistema. Para evitar esta situación potencialmente nociva, es posible cortar la circulación de fluido de transferencia de calor a través de los colectores solares (por ejemplo, parando la bomba de circulación) cuando el almacenamiento térmico llega a una temperatura alta. Aunque esto reduce la posibilidad de escaldado, solamente agrava el problema de la alta temperatura de estancamiento.

Se ha propuesto varios diseños para evitar las excesivas temperaturas en los colectores solares. Por ejemplo, la Patente de Estados Unidos número 4.150.659 de Buckley, la Patente de Estados Unidos número 4.219.009 de  
40 Palmer, y la Patente de Estados Unidos número 4.503.840 de Chertok describen un colector solar en el que se realiza ventilación del espacio entre el absorbedor y el acristalamiento, disponiendo agujeros de ventilación con reguladores accionados térmicamente en las superficies superiores o los extremos de los colectores. La Patente de Estados Unidos número 4.046.134 de Scott propone un colector solar en el que el espacio entre el acristalamiento y el absorbedor se ventila subiendo y bajando el acristalamiento encima del resto del colector, usando un mecanismo accionado térmicamente. La Patente de Estados Unidos número 5.404.867 de Rich describe un colector solar en el que el espacio entre el acristalamiento y el absorbedor se ventila proporcionando un acristalamiento que se flexiona cuando se alcanza una cierta temperatura alta, proporcionando por ello ventilación en el perímetro del acristalamiento. La Patente de Estados Unidos número 4.226.225 de Niedermyer describe un colector solar en el que el espacio a ambos lados del absorbedor se ventila por agujeros de ventilación accionados térmicamente  
50 dispuestos en los lados del colector. La Patente de Estados Unidos número 4.422.443 describe un colector solar con doble acristalamiento, en el que el espacio entre el acristalamiento se ventila por agujeros de ventilación accionados térmicamente dispuestos en los lados del colector. La Patente de Estados Unidos número 4.237.865 de Lorenz describe un panel de calentamiento solar que tiene un canal de aire, para calentamiento por aire de convección de un edificio. Agujeros de ventilación accionados térmicamente dispuestos delante del panel realizan la ventilación del canal. La Patente de Estados Unidos número 246.626 de Morse describe un colector solar para uso como un calentador de espacios para calentar o ventilar un edificio. El aire calentado del colector solar podría ser dirigido al edificio o usado para ventilar el edificio. La Patente de Estados Unidos número 4.469.087 de Cameron describe un dispositivo para usar energía solar para calentar el aire, que tiene un cuerpo aislante espaciado preferiblemente de una pared de mampostería de un edificio y un colector solar colocado delante del cuerpo aislante. Se utiliza un ventilador para impulsar aire a través del colector solar para sacar aire calentado del colector.  
60

Sin embargo, un problema de todos estos diseños anteriores es que los agujeros de ventilación están dispuestos en la parte superior o los lados del colector, lo que permite que entren residuos y humedad al colector y que se acumulen en la superficie interior del acristalamiento y en la superficie del absorbedor, disminuyendo la eficiencia e incrementando los costos de mantenimiento del colector. Además, tal colocación de los agujeros de ventilación los hace vulnerables a la intemperie, reduciendo su fiabilidad.  
65

**Resumen de la invención**

Según un primer aspecto de la invención se facilita un colector solar según las características de la reivindicación 1.

La invención consiste en la provisión de una alta emisividad de al menos 0,5 de la superficie inferior del absorbedor en combinación con la apertura/cierre regulados de la salida del canal por un regulador.

En algunas realizaciones, dicha primera temperatura seleccionada y dicha segunda temperatura seleccionada son las mismas. En una realización preferida, dicha porción inferior incluye dicha entrada y dicha salida, y dicha salida puede estar elevada con relación a dicha entrada.

La superficie de alta emisividad puede incluir un recubrimiento de alta emisividad. Según esta invención, dicha al menos única superficie tiene una emisividad de al menos 0,5.

En algunas realizaciones, dicho absorbedor está en una disposición espaciada sustancialmente paralela debajo de dicho acristalamiento, y dicho espacio entre dicho absorbedor y dicho acristalamiento está aislado de dicho canal. Al menos uno de dicha abertura y dicho cierre de dicho regulador puede ser accionado pasivamente. El regulador puede ser accionado térmicamente e incluir al menos un elemento seleccionado del grupo que consta de un pistón con carga de gas, un accionador lleno de cera, un muelle bimetálico, y una aleación con memoria de forma.

Según un segundo aspecto de la invención se facilita un método de controlar la temperatura o de evitar el sobrecalentamiento en un colector solar según las características de la reivindicación 14.

En algunas realizaciones, el método incluye además disponer dicho colector solar de tal manera que dicha salida esté elevada con relación a dicha entrada. En una realización preferida, el método incluye además proporcionar alta emisividad a al menos una de dichas superficies que definen dicho canal. La al menos única superficie de alta emisividad se puede facilitar aplicándole un recubrimiento de alta emisividad.

El método puede incluir además abrir y cerrar pasivamente dicha salida, y se puede usar un regulador accionado térmicamente. En varias realizaciones, la apertura y el cierre de dicha salida los lleva a cabo un accionador seleccionado del grupo que consta de un pistón con carga de gas, un accionador lleno de cera, un muelle bimetálico, y una aleación con memoria de forma.

Según otro aspecto de la invención se facilita un sistema de energía solar incluyendo: un colector solar como el aquí descrito; un aparato de transferencia de calor para sacar calor de dicho colector; y un colector de calor o carga para aceptar calor de dicho aparato de transferencia de calor. El aparato de transferencia de calor puede incluir un fluido de transferencia de calor. El sistema de energía solar puede ser un sistema solar de agua caliente.

**Breve descripción de los dibujos**

La invención se describe a continuación, a modo de ejemplo, con referencia a los dibujos acompañantes, donde:

Las figuras 1A y 1B son vistas en sección transversal longitudinal del colector solar según una realización de la invención. En la figura 1A, el colector se representa con el canal de ventilación cerrado, y en la figura 1B, el colector se representa con el canal de ventilación abierto.

La figura 1C es un diagrama esquemático que representa en detalle una sección transversal de un colector solar con un canal de ventilación, y un regulador en la salida del canal de ventilación en la posición abierta, según una realización de la invención.

La figura 2 es un gráfico que representa la temperatura ambiente ( $T_a$ ), la intensidad de la radiación solar (SR), y temperaturas de un colector de referencia (REF) y un colector solar con control integral de la temperatura de estancamiento (ISTC) según una realización de la invención durante las 24 horas del día.

**Descripción detallada de la invención**

Esta invención se refiere a control de la temperatura de estancamiento en cualquier tipo de colector solar en el que el estancamiento sea posible. Tales colectores solares tienen por lo general una superficie acristalada sustancialmente plana que está orientada hacia el sol. El acristalamiento puede ser de vidrio, o cualquier plástico u otro material capaz de resistir las temperaturas y condiciones medioambientales a las que el colector esté expuesto, permitiendo al mismo tiempo que a su través se transmita suficiente radiación solar y que caliente el absorbedor. La superficie acristalada puede ser de cualquier forma, pero es generalmente cuadrada o rectangular. En la mayoría de los sistemas de energía solar, una placa de absorción está dispuesta en una relación paralela espaciada debajo del acristalamiento. El absorbedor absorbe energía solar recibida a través del acristalamiento, elevando su temperatura. En los sistemas de energía solar que emplean un fluido de transferencia de calor para quitar calor del absorbedor, el

fluido circula a través del absorbedor. El colector solar está encerrado típicamente por los lados y un panel inferior, para mantener el calor, y que puede estar aislado para esta finalidad. Por lo tanto, en las condiciones donde hay alta entrada de energía solar al colector, y/o poca o nula extracción de calor del colector, es posible que el colector alcance una temperatura de estancamiento excesiva.

5 En el sentido en que se usa aquí, los términos “temperatura de estancamiento”, “temperatura de estancamiento alta” y “temperatura de estancamiento excesiva” son intercambiables y se pretende que hagan referencia a cualquier situación en la que la tasa de ganancia de calor o absorción por un colector solar exceda de la tasa de extracción de calor del colector (por ejemplo, estancamiento), de tal manera que la temperatura del colector solar y/o sus componentes se incremente a un punto donde el sobrecalentamiento del colector tenga lugar y sea probable el daño del colector y/o sus componentes. Puede haber excesivas temperaturas de estancamiento cuando la extracción de calor de un colector solar es lenta o se ha parado. Por ejemplo, en los sistemas que emplean un fluido de transferencia de calor para quitar calor del colector, tal como sistemas solares de agua caliente, se puede producir estancamiento durante los períodos de sol si el flujo de fluido de transferencia de calor a través del absorbedor se interrumpe debido a fallo de potencia, fallo de algún componente (por ejemplo, fallo de la bomba de circulación), mantenimiento o reparación del sistema, o intervención en la bomba o controlador debido a limitaciones de la capacidad de almacenamiento de energía, etc.

20 En el sentido en que se usa aquí, el término “sobrecalentamiento” se refiere a una condición donde la temperatura de un colector solar y/o sus componentes se eleva a un punto donde es probable que se produzca daño del colector y/o de sus componentes. El aparato y los métodos aquí descritos evitan dicho sobrecalentamiento de un colector solar.

25 La magnitud de la temperatura alcanzada durante el estancamiento depende de las condiciones climáticas y del diseño y la orientación del colector solar. Por lo general, los colectores solares se montan en edificios, en los tejados o en las paredes, pero también se pueden montar en tierra o en racks y análogos. En algunas instalaciones, tal como en paredes, los colectores solares se pueden montar de forma sustancialmente vertical, es decir, con el acristalamiento a 90° a la horizontal. Típicamente, los colectores solares se montan en el tejado y se basculan un cierto ángulo con respecto a la horizontal. Un tejado inclinado ofrece convenientemente una superficie basculada para montar un colector solar. Se apreciará que, regulando apropiadamente el ángulo de basculamiento del colector, se puede maximizar la cantidad de radiación solar incidente recibida por un colector solar en una posición geográfica concreta y un tiempo concreto del año. Sin embargo, la maximización de la radiación solar recibida también incrementa la probabilidad de que el colector alcance una temperatura de estancamiento alta. Por ejemplo, la pendiente ordinaria de los tejados en América del Norte es de “4 en 12”, o aproximadamente 18° a 20° a la horizontal. Los colectores solares montados con dicho ángulo de inclinación son especialmente susceptibles a las altas temperaturas de estancamiento en verano a causa de la coincidencia de altos niveles de radiación solar y altas temperaturas del aire ambiente. Por ejemplo, la intensidad de la radiación solar por hora y las temperaturas ambiente de 1000 W/m<sup>2</sup> y 30°C, respectivamente, pueden darse durante los meses de Abril a Octubre en muchos puntos del hemisferio norte, tal como Toronto, Canadá.

40 Para evitar las altas temperaturas de estancamiento en un colector solar, hay que controlar la temperatura del colector. En principio, hay dos formas de controlar la temperatura de estancamiento del colector: reducir la entrada de energía solar al colector o quitar el calor excedente del colector. De éstas, la última es más práctica tanto técnica como económica, y se puede lograr modificando las características de pérdida de calor del colector. Según la invención, se facilita un colector solar con control integral de la temperatura de estancamiento, que se logra a través de enfriamiento convectivo natural (es decir, activado por flotabilidad) del colector. El uso de enfriamiento convectivo natural según la invención proporciona colectores solares que son de autolimitación pasiva (es decir, no requieren la entrada de energía distinta de la energía solar) en términos de las temperaturas máximas que pueden lograr, y que son mecánicamente simples y por lo tanto altamente fiables. Aunque es factible emplear enfriamiento convectivo forzado pasivo, usando, por ejemplo, un ventilador termoeléctrico o fotovoltaico, tal enfriamiento tiene costos en términos de mayor complejidad mecánica y reducida fiabilidad asociada.

55 Después de amplios análisis y pruebas de laboratorio, se llegó a la conclusión de que el medio más práctico y fiable de incrementar las características de pérdida de calor de un colector solar para evitar las altas temperaturas de estancamiento era realizar enfriamiento convectivo del espacio debajo del absorbedor. Por lo tanto la invención difiere de muchos intentos anteriores de controlar el estancamiento en los que se propone el enfriamiento del espacio encima del absorbedor.

60 Con referencia a la figura 1A, que ilustra en sección longitudinal transversal una realización preferida de la invención, un colector solar 2 está montado en una superficie inclinada 4 tal como un tejado. El colector incluye acristalamiento 6 y una placa de absorción 8 en una relación espaciada sustancialmente paralela. El colector está encerrado por los lados, de los que se representan dos en 10, 12, y una parte inferior 14, que puede estar aislada. Se ha dispuesto un canal de ventilación 16 entre la placa de absorción 8 y la parte inferior 14. Unos agujeros 18, 20 en la parte inferior del colector abren el canal de ventilación 16 al aire exterior. Se apreciará que, a causa de la inclinación del colector, el canal de ventilación también está inclinado, y que un agujero 20 está elevado con relación al otro agujero 18. Como se representa en la figura 1A, es preferible que los agujeros estén dispuestos en extremos sustancialmente

opuestos de la parte inferior 14 y el canal de ventilación 16 para proporcionar flujo convectivo de aire a lo largo de la longitud del canal de ventilación. El agujero 18 en el extremo inferior del colector es una entrada de aire, y el agujero 20 en el extremo elevado del colector es una salida de aire. En realizaciones donde la parte inferior del colector está aislada, el canal de ventilación está dispuesto entre el aislamiento y el absorbedor.

Se apreciará que, ventilando el espacio debajo del absorbedor, el espacio encima del absorbedor se puede mantener sustancialmente sellado, evitando la contaminación de las superficies ópticas (es decir, la superficie interior del acristalamiento y la superficie superior del absorbedor). Además, abrir el canal de ventilación al lado inferior del colector evita el problema de que lluvia, nieve, polvo y residuos entren al colector. Tales problemas, inherentes a los colectores de la técnica anterior en los que el espacio entre el acristalamiento y el absorbedor está ventilado, degradan el rendimiento del colector solar con el tiempo y aumentan los requisitos de mantenimiento.

Como se ha explicado anteriormente, en el control del estancamiento hay que considerar factores tales como la configuración y la orientación de un colector solar y las condiciones climáticas. En la realización del ejemplo 1 siguiente, se realizó un análisis de estancamiento usando una inclinación del colector solar de  $18^\circ$ , una intensidad solar incidente de  $1000 \text{ W/m}^2$ , y una temperatura ambiente de  $30^\circ\text{C}$  para un colector de placa plana convencional. En dicha realización, el control del estancamiento se logró incrementando la pérdida de calor del colector desde aproximadamente  $5,5 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$  a aproximadamente  $8,9 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$ , cuando la temperatura del absorbedor se aproximada/excedía de  $120 \text{ }^\circ\text{C}$ . Esta temperatura seleccionada de  $120^\circ\text{C}$  es menor que la temperatura de estancamiento de un colector similar sin control integral del estancamiento. Así, incrementando la pérdida de calor del colector cuando la temperatura del colector llega a la temperatura seleccionada, se evitan las temperaturas de estancamiento excesivas en el colector. Además, dado que las características de pérdida de calor del colector no cambiaban sustancialmente a temperaturas del colector inferiores a la temperatura seleccionada, el rendimiento del colector a tales temperaturas no quedaba afectado. Se apreciará que el análisis se puede aplicar a diferentes tipos de colectores solares a diferentes pendientes de montaje y en posiciones climáticas diferentes, dando lugar a diferentes temperaturas y cantidades seleccionadas por las que características de pérdida de calor de un colector se tendrían que incrementar para proporcionar alto control de la temperatura de estancamiento.

Según la invención, la pérdida de calor de un colector solar se incrementa para evitar una alta temperatura de estancamiento por enfriamiento convectivo, proporcionado por un canal de ventilación que ventila el espacio detrás del absorbedor. En la realización descrita anteriormente y en el ejemplo 1, el canal de ventilación debe disipar hasta  $400 \text{ W/m}^2$  si se han de evitar las excesivas temperaturas de estancamiento en condiciones extremas. Las dimensiones y el ángulo de inclinación del canal de ventilación afectan a la tasa de flujo de aire por convección natural, y en consecuencia, afectan a la tasa de extracción de calor de la placa de absorción. Por ejemplo, una sección transversal grande del canal de ventilación aumenta la extracción de calor, pero también incrementa las dimensiones generales del colector solar, mientras que un canal de ventilación más pequeño da lugar a temperaturas de estancamiento más altas.

Como se ha indicado anteriormente, la ventilación del colector tiene lugar cuando la temperatura del colector llega a la temperatura seleccionada (que es preferiblemente inferior a la temperatura de estancamiento excesiva). Esto se logra según la invención proporcionando un regulador en la salida del canal de ventilación. En el sentido en que se usa aquí, el término "regulador" pretende significar una aleta, tapa, puerta o válvula que se usa para mantener la salida y/o entrada sustancialmente cerrada durante la operación normal (por ejemplo, temperatura del colector a o por debajo de una temperatura seleccionada y por debajo de la temperatura de estancamiento), y para abrir sustancialmente la salida y/o entrada a una temperatura del colector de o superior a una temperatura seleccionada e inferior a la temperatura de estancamiento. El regulador puede ser integral o estar asociado con cualquier accionador adecuado. Preferiblemente, el accionador es pasivo y es accionado térmicamente.

En la realización representada en las figuras 1A y B, el regulador 22 en la salida 20 del canal de ventilación 16 tiene sustancialmente forma de aleta plana. Como se representa en la figura 1B, el regulador abre la salida 20 del canal de ventilación 16 a temperaturas iguales o superiores a la temperatura seleccionada, permitiendo que el aire caliente (zona moteada de las figuras 1A y 1B) escape de la periferia elevada del colector y entre aire ambiente frío en el canal de ventilación en la periferia inferior, a través de la entrada 18. Este aire se calienta en el canal de ventilación detrás del absorbedor del colector, quitando por ello calor excedente de la parte trasera de la placa de absorción. El movimiento del aire es producido pasivamente por un gradiente de densidad inducido por la temperatura (es decir, fuerza de flotabilidad) que existe en el aire en el canal de ventilación. Durante la operación normal, cuando las temperaturas del colector están por debajo de la temperatura seleccionada, el regulador está cerrado, restringiendo la circulación de aire a través del canal de ventilación (figura 1A). En estas condiciones, el aire en el canal de ventilación se calienta por arriba y se estratifica térmicamente, permanece estacionario, y actúa como una capa aislante a la pérdida de calor de la parte trasera del colector solar. Además, dado que la capa de aire se calienta y es estable térmicamente, no hay que cerrar la entrada al canal, simplificando el diseño. Así, solamente se requiere un solo regulador en la salida; sin embargo, se puede facilitar un segundo regulador en la entrada si se desea. Como se describe en detalle en el ejemplo 2 siguiente, el diseño y la geometría del canal de ventilación se controla exactamente para asegurar que haya un flujo de aire suficiente para enfriar el absorbedor en las condiciones de estancamiento y para minimizar cualquier impacto negativo en las tasas de transferencia de calor durante la operación normal (es decir, por debajo de la temperatura seleccionada).

La figura 1C representa una vista detallada en sección transversal de un colector solar con un regulador 22 en la salida 20 del canal de ventilación según una realización preferida de la invención. En la figura 1C, el regulador 22 está en la posición abierta. El regulador 22 pivota desde la posición abierta a la cerrada alrededor de un eje en el punto 30. Brazos de palanca primero y segundo que actúan en el eje 30 del regulador 22 están conectados a un extremo de un muelle de aleación con memoria de forma 32 y un muelle de empuje 34, respectivamente. El muelle de aleación con memoria de forma 32 y el muelle de empuje 34 están anclados en sus otros extremos. Cuando la temperatura del colector sube a una temperatura seleccionada, el muelle de aleación con memoria de forma 32 se comprime, abriendo el regulador mediante la fuerza ejercida en el primer brazo de palanca. Entonces, el muelle de empuje 34 está bajo tensión. A temperaturas del colector iguales o inferiores a la temperatura seleccionada, el muelle de aleación con memoria de forma 32 se relaja, y el muelle de empuje 34 se comprime, arrastrando por ello el regulador a la posición cerrada mediante el segundo brazo de palanca. En la posición cerrada, el regulador 22 descansa contra un tope 36.

La capacidad del canal de ventilación de enfriar adecuadamente el colector durante las condiciones de estancamiento se conserva mediante factores que aumentan la resistencia al flujo convectivo natural del aire a través del canal. Por ejemplo, tal resistencia puede deberse a que la entrada y la salida están situadas en el lado inferior del colector, y a reguladores (por ejemplo, válvulas) y accionadores asociados para abrir y cerrar la salida y la entrada del canal, que podrían interferir con el flujo de aire incluso cuando estén abiertos. Como se representa en los ejemplos siguientes, tales limitaciones se han superado en la invención, dando lugar a un flujo convectivo natural a través del canal de ventilación suficiente para evitar las temperaturas de estancamiento en el colector.

Además, la efectividad del canal de ventilación para quitar calor del colector solar depende de la tasa de transferencia de calor de la superficie inferior (fondo) del absorbedor al aire que pasa a través del canal de ventilación. Los inventores han hallado que es posible aumentar sustancialmente esta tasa de transferencia de calor acoplando de forma radiactiva la superficie inferior del absorbedor a otras superficies del canal, en particular a la superficie superior de la parte inferior del colector (que mira a la superficie inferior del absorbedor). En efecto, esto permite que el absorbedor vuelva a irradiar calor a las otras paredes del canal de tal manera que puedan transferir este calor a la corriente de aire (en el canal de ventilación) por convección. El efecto neto es aumentar el área superficial disponible para transferencia convectiva de calor a la corriente de aire.

El acoplamiento radiactivo se puede establecer o mejorar, por ejemplo, recubriendo las superficies del canal de ventilación (por ejemplo, la superficie inferior del absorbedor y/o la superficie superior de la parte inferior del colector, y opcionalmente cualesquiera paredes laterales del canal de ventilación) con un recubrimiento de alta emisividad tal como pintura negra. Preferiblemente, la emisividad de las superficies del canal de ventilación es al menos aproximadamente 0,5, más preferiblemente al menos aproximadamente 0,7, más preferiblemente superior a 0,8. En general, el rendimiento del canal de ventilación mejora cuando la emisividad de las superficies de canal aumenta. El acoplamiento radiactivo entre dos (o más) superficies es más efectivo si cada superficie tiene una emisividad, por ejemplo, de 0,5, más bien que una superficie que tenga una emisividad, por ejemplo, de 0,9 y la otra que tenga una emisividad, por ejemplo, de 0,1.

Por ejemplo, en la realización descrita anteriormente y en el ejemplo 1, se halló que, en esas condiciones, un canal de ventilación de entre aproximadamente 15 y 20 mm de profundo (es decir, la distancia entre el absorbedor y el aislamiento) era adecuado cuando el interior del canal estaba recubierto con un recubrimiento de alta emisividad, tal como pintura negra (por ejemplo, esmalte de alta temperatura Tremco® Tremclad®) (véase también Lin y colaboradores, 2003). Este recubrimiento de alta emisividad (aproximadamente 0,9) en la superficie del canal de ventilación mejoró la transferencia de calor radiactivo desde la superficie inferior del absorbedor (que formaba el techo del canal) a las paredes del canal. Esta disposición incrementó el área superficial efectiva para la transferencia de calor a la corriente de aire en el canal. El canal de ventilación puede ser un espacio abierto continuo debajo del absorbedor, o puede estar dividido de varias formas, tales como, por ejemplo, en dos o más canales paralelos. Se puede formar convenientemente canales paralelos extendiendo y/o curvando las aletas del absorbedor con el fin de formar paredes que separen canales adyacentes. Tal disposición mejora la transferencia de calor del absorbedor al canal de ventilación.

Para facilitar la apertura del regulador cuando el colector llega a la temperatura seleccionada, se usó un regulador de ventilación accionado térmicamente. Preferiblemente, el regulador opera pasivamente; es decir, independiente de cualquier fuente de potencia (distinta de la solar), y opera en todas las condiciones (por ejemplo, durante los fallos de potencia, etc). Por esta razón, los mecanismos accionados térmicamente son idealmente adecuados para esta aplicación, y se pueden sintonizar o fabricar para que se abran a cualquier temperatura deseada. Además, tal diseño cierra automáticamente el regulador cuando la temperatura del colector cae a o por debajo de la temperatura seleccionada, restableciendo la operación normal del colector.

Se puede usar cualquier mecanismo accionado térmicamente para controlar la operación del conjunto regulador, incluyendo, por ejemplo, pistones cargados de gas, accionadores llenos de cera, muelles bimetálicos y aleaciones con memoria de forma, etc. En la realización representada en los ejemplos siguientes, se construyó un conjunto regulador usando muelles de aleación con memoria de forma (SMA) (Otsuka y colaboradores, 1998; Waram, 1993;

el contenido de todas las publicaciones citadas se incorpora aquí por referencia en su totalidad), que se puede fabricar para ejercer una fuerza a una temperatura preestablecida (es decir, seleccionada). Al usar dispositivos SMA, un muelle de empuje convencional (número de referencia 24 en la figura 1A) tiene que ejercer una fuerza de retorno, para mantener cerrado el regulador durante la operación normal.

Según otro aspecto de la invención se facilita un sistema de energía solar incluyendo un colector solar con control integral de la temperatura de estancamiento como se ha descrito anteriormente, conectado mediante un aparato de transferencia de calor, a un colector de calor o una carga. El aparato de transferencia de calor puede incluir, por ejemplo, un fluido de transferencia de calor circulante para sacar calor del absorbedor del colector solar y depositar el calor en el colector de calor o carga, con tubos, bombas y análogos asociados. El colector de calor puede ser, por ejemplo, un dispositivo de almacenamiento de calor tal como un depósito de agua caliente, y la carga puede ser un dispositivo que utilice directamente el calor, tal como un horno.

La invención se describe mejor a continuación por medio de los ejemplos no limitadores siguientes.

**Ejemplo 1. Criterios de diseño para el control del estancamiento en un colector solar típico**

Este ejemplo presenta consideraciones de diseño para el control de la temperatura de estancamiento alta en un colector solar convencional montado a una inclinación de 18° (es decir, la pendiente típica de los tejados de América del Norte). Sin embargo, se apreciará que el análisis se puede aplicar a diferentes tipos de colectores solares a diferentes inclinaciones de montaje y en posiciones geográficas diferentes.

Un análisis de los datos meteorológicos típicos (obtenidos de Environment Canada) para las ciudades norteamericanas, que representan diferentes regiones geográficas, muestra niveles de radiación solar (en una superficie inclinada a 18°) superiores a 1000 W/m<sup>2</sup> se producen típicamente 45 h/año en Canadá y 78 h/año en el sur de Estados Unidos. Temperaturas ambiente superiores a 30°C representan menos de 60 h/año en Canadá, pero podrían llegar a 856 h/año en el sur de Estados Unidos. La coincidencia de niveles de radiación solar superiores a 1000 W/m<sup>2</sup>, con períodos de temperatura alta (es decir, > 30°C), es menos frecuente en todas las ciudades investigadas. Por lo tanto, como una base para un análisis posterior, se consideró que un nivel de radiación solar de 1000 W/m<sup>2</sup> coincidente con una temperatura ambiente de 30°C era una condición de diseño para el control de la temperatura de estancamiento.

El rendimiento térmico del colector solar convencional está bien establecido (Duffie y colaboradores, 1991). En condiciones operativas normales, la tasa de suministro de energía a una carga por un colector solar, Q<sub>del</sub>, se determina por la diferencia entre la tasa a la que la energía solar es absorbida en el colector solar, Q<sub>abs</sub>, y la tasa de pérdida de calor del alojamiento del colector solar Q<sub>loss</sub>, es decir

$$Q_{del} = Q_{abs} - Q_{loss}$$

donde: Q<sub>abs</sub> se determina por el producto del área del colector solar, A<sub>c</sub>, la transmitancia (τ) del acristalamiento y la absortancia (α) de la placa de absorción, es decir,

$$Q_{abs} = A_c (\tau \alpha) G, \text{ y}$$

Q<sub>loss</sub> viene dado por el producto del coeficiente de pérdida de calor total del colector (U<sub>L</sub>) y la diferencia de temperatura entre la temperatura de la placa de absorción del colector solar (T<sub>p</sub>) y la temperatura del aire ambiente (T<sub>0</sub>), es decir,

$$Q_{loss} = A_c U_L (T_p - T_0)$$

En las peores condiciones de estancamiento, no se suministra calor a la carga y así Q<sub>del</sub>= 0. Como tal, para controlar las temperaturas del colector en condiciones de "temperatura de estancamiento", un colector solar debe ser capaz de disipar toda la energía absorbida. En efecto, la temperatura del absorbedor del colector solar aumentará hasta que Q<sub>loss</sub> = Q<sub>abs</sub> o

$$U_L (T_p - T_0) = (\tau \alpha) G$$

Usando esta expresión, se puede estimar la temperatura del absorbedor durante el estancamiento resolviendo para T<sub>p</sub>, es decir,

$$T_p = T_a + (\tau \alpha) G / U_L$$

Para diseños de colector típicos, ( $\tau \alpha = 0,8$  y  $U_L = 5,5$ ). Por lo tanto, para una intensidad solar incidente de  $1000 \text{ W/m}^2$  y  $T_a = 30^\circ\text{C}$ , la temperatura de estancamiento del absorbedor,  $T_p$ , sería  $175^\circ\text{C}$ .

- 5 Iguualmente, para limitar la temperatura del absorbedor a menos de  $120^\circ\text{C}$ , la pérdida de calor total del colector ( $U_L$ ) tendría que aumentar a  $8,9 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$ .

10 La pérdida de calor tiene lugar normalmente por la parte superior, los lados y la parte inferior de un alojamiento de colector solar. En un diseño de colector de placa plana tradicional, la pérdida de calor por la parte superior de la placa de absorción al acristalamiento (y entorno) tiene lugar por convección y re-irradiación. La pérdida de calor por los lados y la parte inferior depende de la resistencia térmica del alojamiento del colector, que por lo general está aislado. Los diseños actuales están aislados típicamente de tal manera que la resistencia térmica a través de la parte trasera y los lados del alojamiento del colector sea aproximadamente  $1,5 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$ .

15 La pérdida de calor por la parte superior de un colector depende de las propiedades del acristalamiento, el recubrimiento del absorbedor y la resistencia térmica de la capa de aire entre el absorbedor y el acristalamiento. Para un diseño de colector solar típico, la pérdida de calor por la parte superior llega a aproximadamente  $4 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$  cuando la temperatura del absorbedor se aproxima a  $120^\circ\text{C}$ .

20 Por lo tanto, suponiendo una resistencia térmica de la caja (es decir, parte trasera y lado) de  $1,5 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$ , el objetivo de control integral de la temperatura de estancamiento es mejorar la pérdida de calor del colector desde un valor típico de  $5,5 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$  a  $8,9 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$ , siempre que la temperatura del absorbedor se aproxime a (y exceda de)  $120^\circ\text{C}$ . A temperaturas más bajas, la pérdida de calor del colector no deberá quedar afectada, asegurando por ello que las pérdidas de calor del colector solar se minimicen durante la operación normal.

25

### Ejemplo 2. Diseño y evaluación del canal de ventilación

30 Para predecir la magnitud del efecto de enfriamiento y optimizar el diseño del canal de ventilación, se llevó a cabo modelado y simulación por ordenador usando un programa Dinámica de Fluidos Computacional (CFD), y pruebas de laboratorio en condiciones controladas, de un absorbedor del colector solar con canal de ventilación integral. Se desarrollaron modelos CFD para canales con una entrada y una salida rectas y con una entrada y una salida con curvas a  $90^\circ$  hacia abajo. El modelado simuló la entrada de flujo térmico desde la superficie inferior de la placa de absorción al aire situado en un canal de ventilación debajo del absorbedor. El calentamiento del aire debajo del absorbedor dio lugar a un aumento de la temperatura del aire local y a una reducción correspondiente de la densidad del aire. La reducción de la densidad del aire local creó una fuerza de flotabilidad que inició un flujo de convección natural dentro del aire calentado debajo de la placa de absorción. A condición de que el aire calentado pueda escapar del canal de ventilación, el aire ambiente más frío desplaza el aire calentado en el canal. Mediante este proceso se logró un enfriamiento por convección natural de la superficie inferior del absorbedor.

40 Los resultados de este modelado indicaban que la distribución de temperatura en la placa de absorción era una función de la profundidad del canal de ventilación y el ángulo de basculamiento del canal (es decir, el basculamiento o la pendiente del colector solar). Se llevaron a cabo simulaciones con profundidades de canal de 10 mm, 20 mm, y 30 mm. En estas simulaciones, la entrada de flujo térmico se estableció a  $400 \text{ W/m}^2$  y se supuso que había una pérdida de calor cero desde la parte inferior del canal. Se halló que la profundidad del canal influía fuertemente en la pérdida de calor a profundidades de entre 10 y 20 mm. Además, el aumento de la profundidad más allá de 20 mm sólo incrementaba la pérdida de calor ligeramente. También se investigaron los efectos de la inclinación del canal y la configuración de entrada/salida en el flujo de convección natural y la tasa de extracción de calor en el canal y la distribución de temperatura correspondiente de la placa de absorción.

50 En los resultados, se obtuvo el perfil de velocidad para un canal basculado  $18^\circ$  con una salida a  $90^\circ$  mirando hacia abajo para un flujo de calor del absorbedor de  $400 \text{ W/m}^2$  y una temperatura ambiente de  $30^\circ\text{C}$ . En operaciones similares se indicó que la superficie superior correspondiente estaba a  $140^\circ\text{C}$  cerca de la salida del canal con una velocidad máxima en el canal de aproximadamente 0,7 m/s. La reducción del flujo de calor de la placa de absorción redujo correspondientemente la temperatura máxima en el canal.

55

60 Para verificar los resultados de la simulación y el diseño de canal propuesto, se construyó un aparato de pruebas de laboratorio y se llevaron a cabo pruebas experimentales en la Queen's University de Kingston, Ontario, Canadá. El aparato de pruebas constaba de un canal de 2,4 m de largo por 0,29 m de ancho. El canal se montó de tal manera que se pudiese cambiar su ángulo de inclinación (con relación a la horizontal) y se pudiese regular la profundidad del canal. La parte superior del canal era de una sola placa de aluminio. Se unieron tiras de calentamiento a la superficie superior del canal para simular la entrada de energía solar y se aplicó una capa de aislamiento de 75 mm encima de la tira de calentamiento para evitar la pérdida de calor a través de la superficie superior del aparato. Los lados y la parte inferior del canal eran de hojas de acero y estaban aislados con 25 mm de espuma aislante. Se usó un suministro de potencia CA para controlar la entrada de potencia a los calefactores.

Las pruebas se llevaron a cabo en una sala climatizada, manteniendo las temperaturas ambiente entre 20 y 25°C. La entrada de calor a la superficie superior (absorbedor del colector simulado) se controló a valores fijos del orden de entre 100 W/m<sup>2</sup> y 400 W/m<sup>2</sup>. Las temperaturas a lo largo de la superficie superior y la superficie inferior del canal se midieron usando termopares de cobre/constantan. En ambas superficies superior e inferior se colocaron ocho termopares separados a 20 cm a lo largo de la línea central desde la entrada a la salida. El primer termopar se colocó a 10 mm de la entrada del canal.

Se usó un método de estado de régimen en todas las pruebas. Con este procedimiento, la entrada de potencia fija se estableció al inicio de la prueba y la temperatura en la superficie superior se midió hasta que se alcanzó el estado de régimen. Las mediciones se registraron a intervalos de cinco minutos usando un sistema informático de adquisición de datos.

#### Caso 1: Canal de enfriamiento convectivo

En primer lugar se efectuaron pruebas en canales de diferentes profundidades y sin superficies de canal recubiertas que tenían baja emisividad de radiación. Como tales, estos resultados son representativos de los casos en los que el enfriamiento convectivo de la superficie superior del canal era el mecanismo de transferencia de calor dominante, es decir, la transferencia de calor de radiación solamente desempeñó un papel pequeño. Además, durante estas pruebas, la parte inferior del canal no estaba aislada. La temperatura del canal se midió en dos ángulos de inclinación (18° y 30°) y cuatro profundidades de canal (10, 20, 30, y 50 mm) con el nivel de potencia de entrada puesto a 400 W/m<sup>2</sup>. Como era de esperar, la temperatura de la superficie superior aumentó a lo largo del canal desde la entrada a la salida en todas las condiciones. Los resultados indicaron que la temperatura máxima en la superficie superior aumentaba sólo ligeramente cuando la profundidad del canal se reducía de 50 mm a 20 mm. Se producía un aumento considerable de la temperatura superficial cuando la profundidad del canal se reducía a 10 mm. Este resultado es coherente con la simulación CFD e indica que la profundidad óptima del canal de enfriamiento es de aproximadamente 20 mm.

El ángulo de basculamiento también influía en la pérdida de calor del canal. Las temperaturas medidas de los canales de ventilación con un ángulo de inclinación de 30° eran aproximadamente de 5 a 10°C más bajas que los de 18°.

También se supervisó la temperatura en la parte inferior del canal de ventilación durante la prueba. Se halló que cuando la profundidad del canal era superior a 20 mm, la temperatura media de la superficie inferior sólo era ligeramente superior a la temperatura ambiente. Esto indica que por encima de 20 mm, incrementar la profundidad del canal no conduce a un aumento significativo de la pérdida de calor del canal. Los resultados también indicaban que la temperatura máxima del canal era superior a 122°C independientemente de la profundidad del canal cuando la temperatura ambiente estaba cerca de los 25°C.

#### Caso 2: Canal de enfriamiento mejorado

Los resultados de las pruebas anteriores indicaban que la pérdida de calor convectivo del canal era relativamente baja y que la parte inferior y las paredes laterales del canal aportaban muy poco al proceso de transferencia de calor. Sin embargo, la disipación de calor de la pared superior constaba de dos componentes: convección (al aire) y radiación (a la parte inferior y las paredes laterales). Como tal, se decidió aumentar la transferencia de calor general en el canal incrementando las emisividades de las superficies interiores del canal. Con mayor emisividad en estas superficies, la radiación emitida desde el techo del canal (es decir, la superficie inferior del absorbedor) será transferida a las paredes y al suelo del canal, dando lugar a su calentamiento. A su vez, estas superficies llevarán después el calor al aire en el canal. El efecto neto es aumentar el área superficial efectiva para transferencia de calor al aire. Mediante este método, la tasa de transferencia de calor en el canal se puede mejorar. Por lo tanto, para la segunda secuencia de pruebas, las superficies interiores del canal de aire se recubrieron con pintura negra con emitancia radiactiva y absortancia de 0,9.

Se comprobó un canal de 22 mm de profundidad con una entrada de flujo térmico de 400 W/m<sup>2</sup> y a una temperatura ambiente del aire de 20°C. La pared inferior del canal se aisló con 20 mm de espuma aislante. Las temperaturas se midieron en ambas superficies superior e inferior del canal, e indicaban que la temperatura máxima de la superficie superior era inferior a 97°C y la temperatura máxima de la superficie inferior era aproximadamente 78°C. El coeficiente de pérdida de calor calculado, en este caso, era 6,5 W/m<sup>2</sup> °C.

En base a estos resultados de las pruebas, y las determinaciones del coeficiente de pérdida de calor en función de la diferencia de temperatura entre el absorbedor y la temperatura ambiente con varios diseños de colector, se llegó a la conclusión de que un colector con un canal de ventilación recubierto con una pintura negra de alta emisividad tendrá una pérdida de calor efectiva de entre 6 y 8 W/m<sup>2</sup> °C, incluso cuando no haya pérdida de calor de la superficie inferior del canal de ventilación.

### Ejemplo 3. Fabricación y evaluación de un colector solar con control del estancamiento

Para verificar el rendimiento funcional y la operación de un colector solar con control integral de la temperatura de estancamiento (ISTC) según la invención, se construyó un prototipo de colector solar para pruebas experimentales en condiciones medioambientales reales. Las pruebas se efectuaron durante Mayo y Junio de 2002, en el Laboratorio de Calorimetría Solar de la Queen's University de Kingston, Ontario, Canadá.

El colector era de diseño ascendente paralelo con tubos colectores superior e inferior. Se plegaron tubo prefabricado y tiras laminares de adsorción para formar el canal de ventilación integral situado debajo del absorbedor. La superficie superior del absorbedor estaba prerrecubierta con un recubrimiento superficial de absorción selectiva de "cromo negro" (recubrimiento SunSelect® sobre cobre, Nova Solar, Alemania) y la superficie trasera del absorbedor estaba pintada con una pintura negra de alta emisividad (como antes).

Para las pruebas, el colector ISTC se colocó junto a un colector de referencia. El colector de referencia constaba de una tira de absorción que estaba bien aislado y por lo tanto indicaba la temperatura de estancamiento sin restricción que se produciría en un colector solar típico en las condiciones de prueba. Ambos colectores estaban orientados con una inclinación de 18° a la horizontal y miraban al sur verdadero para las pruebas de estancamiento. Al objeto de simular una condición de estancamiento extremo, ambos colectores se comprobaron en "seco", sin circulación de fluido de transferencia de calor.

Tanto el colector de referencia como el colector ISTC eran dotados de sensores de temperatura de termopar. Se midieron las temperaturas en cada absorbedor y la placa de aislamiento trasera. Los puntos de medición estaban situados en la parte inferior del colector, cerca de la entrada, el medio del colector, y la parte superior del colector cerca de la válvula controlada por temperatura. Durante el período de prueba se midió la temperatura ambiente, las temperaturas en el colector y la radiación solar en la superficie del colector. Se utilizó un sistema computerizado de adquisición de datos para recoger los datos de las pruebas. Todas las mediciones se registraron como cantidades medias en períodos de 5 minutos.

Las temperaturas en ambos colectores se supervisaron durante un período prolongado en Mayo y Junio. La figura 2 representa las temperaturas máximas en ambos colectores y la correspondiente radiación solar (SR) y temperatura ambiente (Ta) en un día despejado del período. Las temperaturas de ambos colectores ISTC y de referencia (REF) aumentaron a medida que aumentaba la radiación solar. Los resultados muestran que la temperatura máxima en el colector ISTC era ligeramente más alta que en el colector de referencia antes de que la temperatura alcanzase 100 °C. Cuando el nivel de radiación solar aumentó por encima de este punto, se observó que la temperatura del colector ISTC aumentaba a una tasa menor que el colector de referencia y se estabilizaba en torno a 120°C. El colector de referencia alcanzó una temperatura de 158°C durante el período correspondiente.

La operación de la válvula de control se verificó por inspección visual durante este tiempo. A últimas horas del día, cuando caía la intensidad del sol, se observó que la válvula se cerraba y desaparecía la discrepancia entre las temperaturas de los colectores. Estos resultados indican que la pérdida de calor de ambos colectores era idéntica por debajo de 90°C y que la pérdida de calor del colector avanzado aumentaba de forma significativa por encima de 100°C.

Las temperaturas registradas en ambos colectores durante el período prolongado verifican la operación de las características de control del estancamiento del colector ISTC y demuestran que la invención limita las altas temperaturas en el colector. Además de las pruebas comparativas descritas anteriormente, la temperatura de estancamiento máxima del colector ISTC se determinó con el control integral del estancamiento inhabilitado. Esto se hizo por dos razones: para confirmar las características de pérdida de calor del colector ISTC sin el control del estancamiento, y para cuantificar las temperaturas de estancamiento máximas en esta condición. En esta prueba, la salida del canal de ventilación estaba sellada y cubierta con una placa de aislamiento de 20 mm de grueso. Las temperaturas máximas registradas en los colectores ISTC y de referencia muestran que la temperatura alcanzada en el colector ISTC era ligeramente más alta que la del colector de referencia durante todo el día. Con una intensidad de la radiación solar de 1150 W/m<sup>2</sup> y una temperatura ambiente de 25°C, la temperatura de estancamiento máxima era 170°C en el colector ISTC y 160°C en el colector de referencia. Este resultado indica que el colector ISTC tenía una pérdida de calor más baja que el colector de referencia en condiciones operativas normales además de ilustrar el beneficio del control integral del estancamiento.

En resumen, los resultados muestran que la pérdida de calor del colector ISTC era comparable a la referencia cuando la temperatura en el colector era inferior a 90-100 °C. Cuando la temperatura era superior a 100°C, la pérdida de calor del colector ISTC aumentaba y limitaba la temperatura de estancamiento. Los resultados indicaron que, a una intensidad de la radiación solar de 1100 W/m<sup>2</sup> y una temperatura ambiente de 25°C, se observó una temperatura del colector de estancamiento de 120 a 122°C. Estos resultados verifican la operación de las características de control del estancamiento del colector ISTC y demuestran que la invención evita las altas temperaturas de estancamiento en el colector.

**Referencias**

- Duffie, J.A. Y Beckman, W.A., Solar Engineering of Thermal Processes, 2ª edición, John Wiley & Sons, Inc., 1991.
- 5 Lin, Q. Y Harrison, S.J., Experimental Study of Natural Convection in an Asymmetrically Heated Inclined Channel With Radiation Exchange, Proceedings of HT2003, ASME Summer Heat Transfer Conference, Julio 21-23, 2003.
- Otsuka, K. Y Wayman, C.M., editores, Shape Memory Materials, Cambridge University Press, Nueva York, 1998.
- 10 Waram, T.C., Actuator Design Using Shape Memory Alloys, ISBN 0-9699428-0-x, 1993.

**REIVINDICACIONES**

1. Un colector solar (2) incluyendo:

5 una porción superior incluyendo un acristalamiento (6),

una porción inferior (14);

10 un absorbedor (8) dispuesto entre dicha porción superior y dicha porción inferior (14) para absorber energía solar recibida a través de dicho acristalamiento (6), estando dicho absorbedor (8) en una relación espaciada encima de dicha porción inferior (14) de tal manera que se defina un canal (16) entre una superficie inferior de dicho absorbedor (8) y una superficie superior de dicha porción inferior (14), estando adaptado dicho absorbedor para que un fluido de transferencia de calor circule a su través;

15 una entrada (18) y una salida (20) asociadas y en extremos sustancialmente opuestos de dicho canal (16) entre dicho absorbedor (8) y dicha porción inferior (14), para ventilar dicho canal (16); y

20 un regulador (22) para abrir dicha salida (20) a una temperatura igual o superior a una primera temperatura seleccionada y para cerrar dicha salida (20) a una temperatura igual o inferior a una segunda temperatura seleccionada;

25 donde dichas temperaturas seleccionadas primera y segunda están por debajo de una temperatura de estancamiento del colector solar; y donde al menos la superficie inferior del absorbedor (8) que define dicho canal (16) es una superficie de alta emisividad que tiene una emisividad de al menos 0,5.

2. El colector solar de la reivindicación 1, donde dicha primera temperatura seleccionada y dicha segunda temperatura seleccionada son las mismas.

3. El colector solar de la reivindicación 1, donde dicha porción inferior (14) incluye dicha entrada (18) y dicha salida (20).

4. El colector solar de la reivindicación 1, donde dicha salida (20) está elevada con relación a dicha entrada (18).

35 5. El colector solar de la reivindicación 1, donde dicha superficie de alta emisividad incluye un recubrimiento de alta emisividad.

6. El colector solar de la reivindicación 1, donde dicho absorbedor (8) está en una disposición espaciada sustancialmente paralela debajo de dicho acristalamiento (6).

40 7. El colector solar de la reivindicación 6, donde dicho espacio entre dicho absorbedor (8) y dicho acristalamiento (6) está aislado de dicho canal (16).

8. El colector solar de la reivindicación 1, donde al menos uno de dicha abertura y dicho cierre de dicho regulador (22) es accionado pasivamente.

45 9. El colector solar de la reivindicación 8, donde dicho regulador (22) es accionado térmicamente.

50 10. El colector solar de la reivindicación 9, donde dicho regulador accionado térmicamente (22) incluye al menos un elemento seleccionado del grupo que consta de un pistón con carga de gas, un accionador lleno de cera, un muelle bimetalico, y una aleación con memoria de forma.

11. El colector solar de la reivindicación 9, donde dicho regulador accionado térmicamente (22) incluye una aleación con memoria de forma.

55 12. El colector solar de la reivindicación 1, donde, a la apertura de dicha salida (20), fluye aire desde dicha entrada (18) a través de dicho canal de ventilación a dicha salida por convección, y donde, al cierre de dicha salida, dicho flujo de aire por convección se para sustancialmente.

60 13. El colector solar de la reivindicación 1, incluyendo además un regulador para abrir y cerrar dicha entrada.

14. Un método de controlar la temperatura o evitar el sobrecalentamiento en un colector solar, incluyendo el colector solar una porción superior incluyendo un acristalamiento (6), una porción inferior (14), y un absorbedor (8) dispuesto entre dicha porción superior y dicha porción inferior para absorber energía solar recibida a través de dicho acristalamiento, incluyendo dicho método:

65 disponer dicho absorbedor (8) en una relación espaciada encima de dicha porción inferior (14) de tal manera que se

- defina un canal (16) entre una superficie inferior de dicho absorbedor y una superficie superior de dicha porción inferior, estando adaptado dicho absorbedor para que un fluido de transferencia de calor circule a su través;
- 5 proporcionar una entrada (18) y una salida (20) asociadas y en extremos sustancialmente opuestos de dicho canal (16), para ventilar dicho canal;
- proporcionar una alta emisividad de al menos 0,5 a al menos la superficie inferior del absorbedor que define dicho canal (16);
- 10 abrir dicha salida (20) a una temperatura igual o superior a una primera temperatura seleccionada; y
- cerrar dicha salida (20) a una temperatura igual o inferior a una segunda temperatura seleccionada;
- 15 donde dichas temperaturas seleccionadas primera y segunda están por debajo de una temperatura de estancamiento del colector solar.
15. El método de la reivindicación 14, incluyendo además disponer dicho colector solar de tal manera que dicha salida (20) esté elevada con relación a dicha entrada (18).
- 20 16. El método de la reivindicación 14, donde dicha superficie de alta emisividad se facilita aplicándole un recubrimiento de alta emisividad.
17. El método de la reivindicación 14, incluyendo además abrir y cerrar pasivamente dicha salida (20).
- 25 18. El método de la reivindicación 17, incluyendo además usar un regulador accionado térmicamente (22) para abrir y cerrar dicha salida (20).
19. El método de la reivindicación 18, donde la apertura y el cierre de dicha salida (20) los lleva a cabo un accionador seleccionado del grupo que consta de un pistón con carga de gas, un accionador lleno de cera, un muelle bimetálico, y una aleación con memoria de forma.
- 30 20. El método de la reivindicación 21, donde dicha apertura y cierre de dicha salida (20) los realiza un accionador de aleación con memoria de forma.
- 35 21. El método de la reivindicación 14, incluyendo además abrir y cerrar dicha entrada (18).
22. El método de la reivindicación 14, donde dicha primera temperatura seleccionada y dicha segunda temperatura seleccionada son sustancialmente las mismas.
- 40 23. Un sistema de energía solar incluyendo:
- el colector solar (2) de la reivindicación 1;
- un aparato de transferencia de calor para sacar calor de dicho colector; y
- 45 un colector de calor o carga para aceptar calor de dicho aparato de transferencia de calor.
24. El sistema de energía solar de la reivindicación 23, donde dicho aparato de transferencia de calor incluye un fluido de transferencia de calor.
- 50 25. El sistema de energía solar de la reivindicación 23, donde el sistema es un sistema solar de agua caliente.

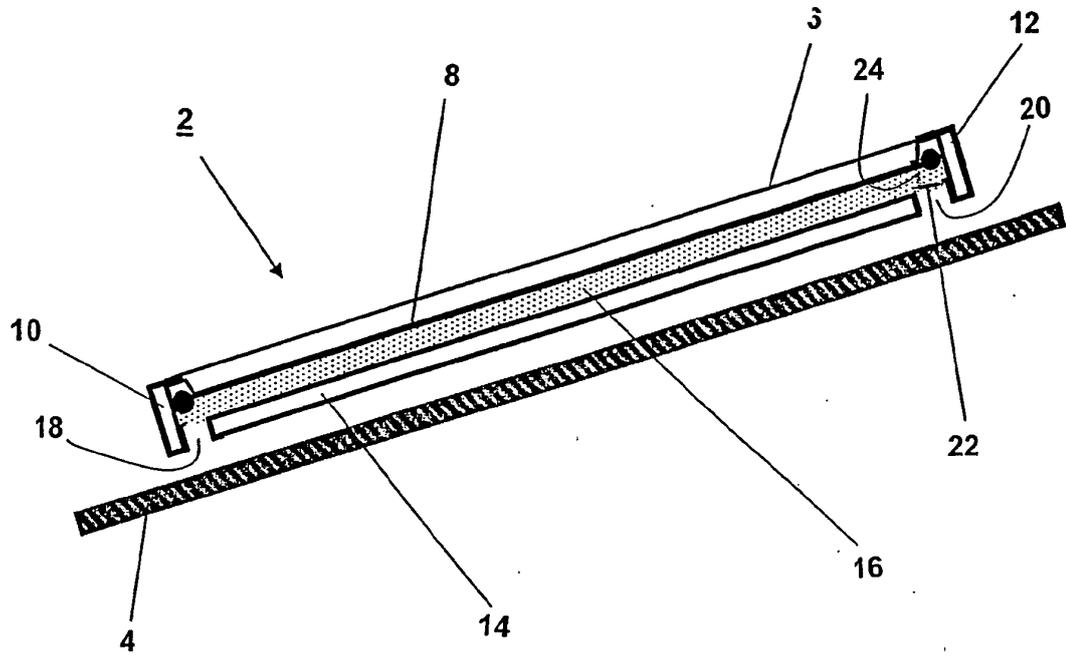


FIGURA 1A

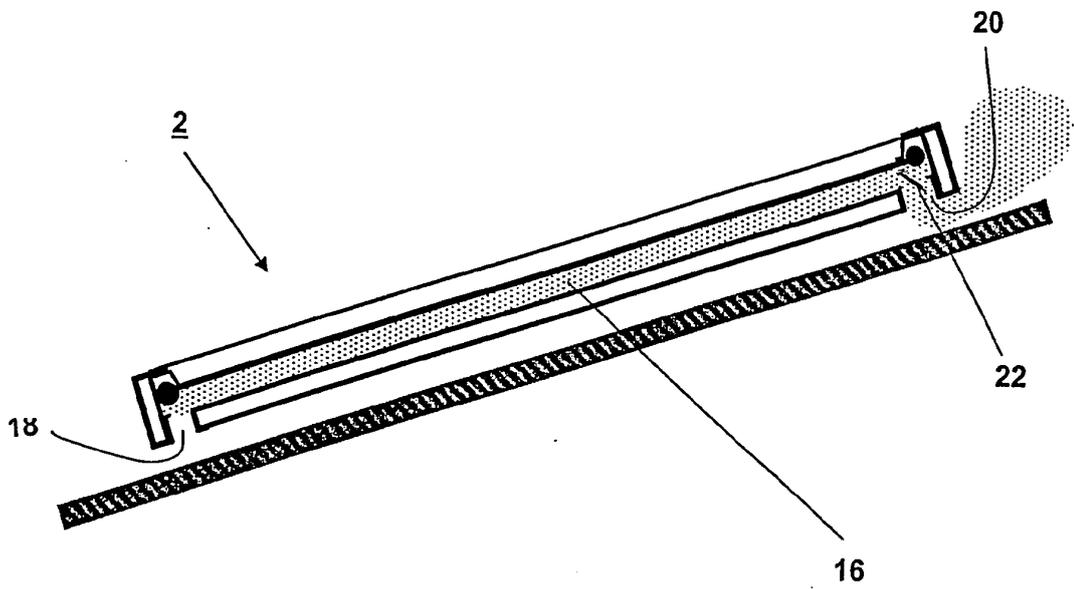
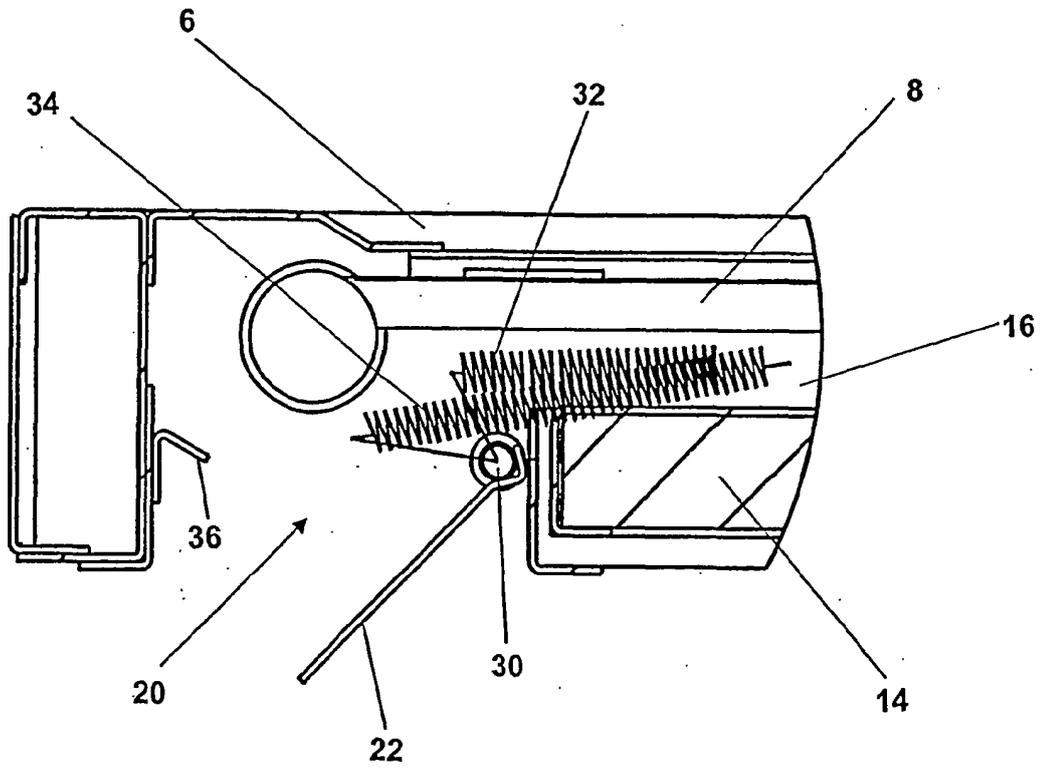


FIGURA 1B



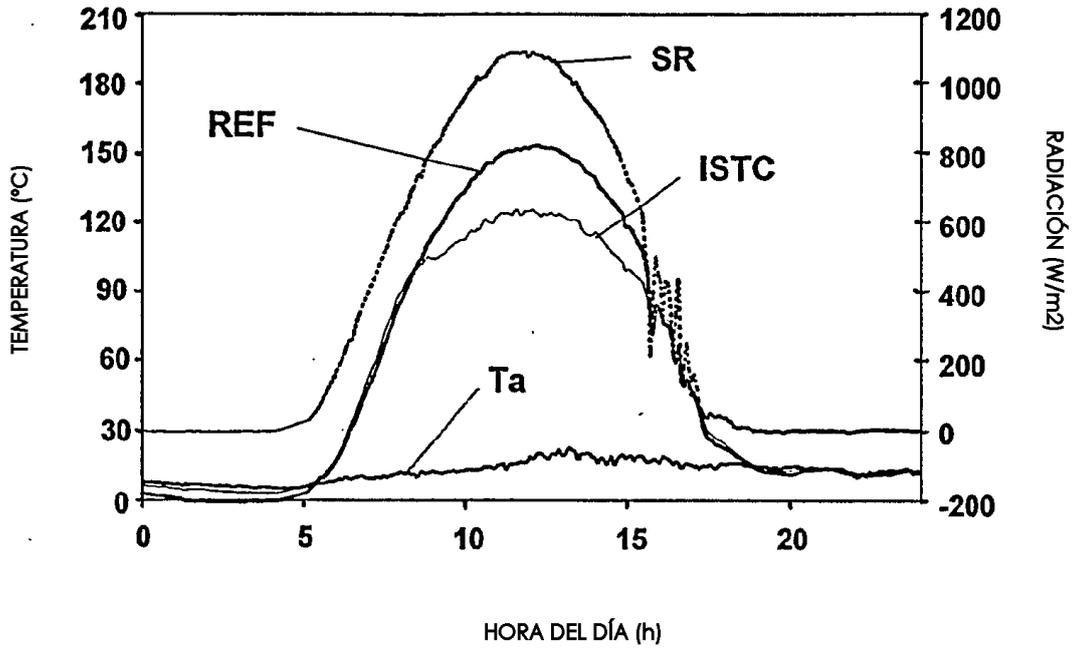


FIGURA 2