

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 638 858**

51 Int. Cl.:

F24J 2/04	(2006.01)
F24J 2/10	(2006.01)
F24J 2/46	(2006.01)
F24J 2/06	(2006.01)
F24J 2/34	(2006.01)
F03G 6/06	(2006.01)
F24J 2/51	(2006.01)
F24J 2/00	(2014.01)
F24J 2/07	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **25.09.2009 PCT/AU2009/001278**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **01.04.2010 WO10034071**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.09.2009 E 09815492 (5)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **31.05.2017 EP 2326886**

54 Título: **Captador solar**

30 Prioridad:

25.09.2008 AU 2008905010
25.09.2008 AU 2008905011

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
24.10.2017

73 Titular/es:

SOLFAST PTY LTD (100.0%)
Suite 1, Level 10 2-10 Loftus Street
Sydney, NSW 2000, AU

72 Inventor/es:

HOLLIS, STEPHEN y
GENTLE, RICHARD, HOWARD

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 638 858 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

Captador solar

Campo técnico

La presente invención se refiere a un dispositivo para captar y regular la energía solar.

5 Antecedentes de la invención

Existe una necesidad mundialmente reconocida de incrementar el uso de fuentes de energía renovables, y de reducir la cantidad de combustibles fósiles consumidos durante la producción de energía.

10 Existe una serie de impedimentos al mayor uso de energías renovables. Los principales impedimentos son que las fuentes de energía renovables son, en general, más costosas que otras fuentes de energía, no siempre están disponibles en los momentos requeridos y su calidad es variable. Por lo tanto, existe la necesidad de sistemas de regulación que puedan ayudar a salvar el lapso temporal entre la disponibilidad y la demanda, y también ayudar a mantener la calidad de la electricidad producida a partir de fuentes renovables. De esta manera, aumentaría intrínsecamente el valor de la energía renovable. Aumentar el valor de la energía renovable al mejorar su calidad y hacer que esté disponible según demanda, ayudaría sustancialmente a superar el mayor costo de capital de los sistemas y el costo de producción. Esto facilitaría a su vez un aumento del uso de fuentes renovables.

15 En la actualidad, los sistemas de energía solar se dividen en dos categorías:

1) Los sistemas fotovoltaicos (PV), en los que se absorbe energía solar en materiales que convierten los rayos solares directamente en electricidad;

20 2) Energía solar concentrada (CSP), en la que se utiliza la energía solar para calentar un fluido y dicho fluido calentado se utiliza para impulsar directa o indirectamente un dispositivo mecánico (como una turbina), para convertir la energía térmica en energía eléctrica. Para permitir utilizar la radiación solar como calor para un ciclo termodinámico, para producir vapor de proceso o electricidad, primero deberá concentrarse la misma hasta que alcance temperaturas más altas, ya que la radiación solar llega a la Tierra con una densidad demasiado baja como para producir tales temperaturas.

25 Los sistemas que se utilizan en la actualidad incluyen:

- Sistemas de captadores lineales de tipo cilindroparabólico, que comprenden un reflector lineal de sección transversal parabólica y un tubo captador, que se extiende a lo largo del punto focal de la parábola en cada reflector. Este tubo contiene un fluido que se calienta. El fluido calentado se bombea entonces a un motor térmico (por ejemplo, una turbina), pudiendo accionarlo directamente (si el fluido captador es agua/vapor) o a través de un intercambiador de calor (si el fluido captador es aceite);
- 30 • Sistemas de captadores lineales de tipo "Fresnel", que comprenden múltiples reflectores lineales planos, todos en ángulos diferentes, para simular una gran forma parabólica con un conjunto de tubos captadores situados de manera elevada por encima de los múltiples reflectores, que también captan energía en un fluido contenido en el tubo, al igual que los anteriores.

35 Una característica de estos sistemas lineales es que las temperaturas máximas que pueden alcanzarse de manera consistente están en el intervalo de los 350 °C, lo que significa que los motores térmicos operan a niveles de eficiencia bajos, es decir, en el intervalo de 250 °C a 300 °C.

40 Con el fin de alcanzar temperaturas más altas, y para poder accionar motores térmicos más eficientes, los sistemas en uso incluyen:

- Torres Altas Individuales, que recolectan la energía solar concentrada en un objetivo a partir de un gran número de espejos planos, que siguen el sol y enfocan el gran número de imágenes sobre un punto de captación, en el que las altas temperaturas alcanzadas se utilizan para calentar un fluido que se transmite a un motor y se convierte a electricidad;
- 45 • Sistemas de Plato/Motor, en los que se coloca un pequeño motor térmico en el punto focal de un plato parabólico, y se acciona el mismo directamente con la energía solar concentrada;
- Sistemas térmicos solares de torres múltiples, en los que se utilizan varias torres más pequeñas para captar la energía solar, de manera similar a las torres altas, pero los espejos también pueden ser curvos de modo que la concentración de la energía sea mucho mayor y se consigan altas temperaturas (superiores a 1000 °C) con menos espejos por torre.

50 En cada uno de estos sistemas, en caso de no utilizar inmediatamente la energía solar, tendrá que utilizarse la misma a medida que vaya captándose, o tendrá que transportarse el fluido caliente hasta un sistema de almacenamiento a base de fluido, tal como agua caliente, vapor o sal fundida, o un sistema de almacenamiento a base de sólidos, tales como roca caliente, hormigón o arena.

55

5 El documento US 4280482 describe un procedimiento y un aparato para captar, intensificar y almacenar energía solar, que incluye un vaso esférico hueco que tiene una superficie interior reflectante pulida. Una ventana en la pared del vaso permite que los rayos concentrados del sol entren en el vaso, y sean absorbidos por un captador solar que presenta medios absorbentes de calor tales como perdigones metálicos de aluminio, cobre, latón bronce, u otros metales adecuados que se fundan cuando el sistema esté operativo.

Objeto de la invención

Uno de los objetos de la presente invención es superar sustancialmente, o al menos mejorar, uno o más de los inconvenientes anteriores.

Sumario de la invención

10 La invención proporciona un captador solar de acuerdo con la reivindicación 1, y un procedimiento de captación de energía solar de acuerdo con la reivindicación 14. En un primer aspecto de la presente divulgación se proporciona un captador solar, que comprende:

- un medio de regulación de calor que define una cavidad en el mismo y que tiene una abertura, que comunica con la cavidad, para permitir que la energía solar incidente sobre la abertura entre en la cavidad a través de la
15 abertura, y
- un dispositivo de captación de energía, dispuesto en la cavidad y en contacto térmico con el medio de regulación de calor, para captar la energía solar que entra en la cavidad.

20 Las siguientes opciones pueden utilizarse conjuntamente con el primer aspecto, individualmente o en cualquier combinación adecuada.

El medio de regulación de calor puede ser sólido. Puede comprender un material con alto contenido de carbono. Puede ser grafito sintético. Puede ser grafito no sintético. Puede comprender grafito, partículas de grafito, grafito sintético o partículas sintéticas de grafito, o una combinación de los mismos, embebidos en una matriz termoconductora. La matriz termoconductora puede comprender cobre, oro, aluminio o plata, o una mezcla o
25 aleación de cualquiera de dos o más de los mismos. Si se utiliza una mezcla o aleación, puede presentar cualquier proporción deseada de componentes. El grafito no sintético o el grafito sintético puede tener una pureza de al menos aproximadamente un 95 %. El espesor del medio de regulación de calor puede ser de entre aproximadamente 10 y aproximadamente 1500 mm.

30 El dispositivo de captación de energía puede estar en contacto físico con el medio de regulación de calor. El dispositivo de captación de energía puede comprender acero inoxidable, u otro metal o aleación adecuado para su uso a altas temperaturas, adecuado por ejemplo para su uso a la temperatura de operación del dispositivo. Puede ser o tener forma de una capa, por ejemplo, una capa que tenga un espesor de entre aproximadamente 1 y aproximadamente 10 mm. La capa puede cubrir sustancialmente toda la superficie interior de la cavidad. El dispositivo de captación de energía tiene la capacidad de absorber la energía solar y convertirla en calor. Tiene la
35 capacidad de transferir el calor al medio de regulación de calor.

El captador solar puede comprender una capa protectora sobre una superficie del dispositivo de captación de energía, que haga tope con la cavidad. La capa protectora puede tener un espesor de entre aproximadamente 1 y aproximadamente 200 micrómetros. La capa protectora puede comprender metal y/o cerámica. Puede comprender metal de aluminio. Puede comprender alúmina.

40 La capa protectora puede proteger el dispositivo de captación de energía antes los daños, por ejemplo, los daños físicos o los daños por oxidación.

El captador solar puede comprender adicionalmente un intercambiador de calor, en contacto térmico con el medio de regulación de calor. El intercambiador de calor puede comprender una tubería de intercambio de calor, capaz de aceptar un fluido de transferencia de calor. La tubería de intercambio de calor puede estar embebida al menos
45 parcialmente en el medio de regulación de calor. Puede estar situada al menos a unos 50 mm de la capa de captación de energía. Diferentes porciones de la tubería de intercambio de calor pueden estar embebidas en el medio de regulación de calor, a diferentes distancias del dispositivo de captación de energía. Las porciones del intercambiador de calor pueden estar distribuidas de manera sustancialmente uniforme por todo el espesor del medio de regulación de calor.

50 La tubería de intercambio de calor puede acoplarse a una fuente de agua, o de otro fluido de intercambio de calor adecuado. Durante el uso, la tubería de intercambio de calor puede soportar una presión interna de vapor (o presión de otro fluido de intercambio de calor calentado, por ejemplo, agua líquida) de hasta aproximadamente 10 y aproximadamente 200 bar (por ejemplo, de hasta aproximadamente 10 bar, o de hasta aproximadamente 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 120, 140, 160, 180 o 200 bar). El medio de regulación de calor puede estar formado por una pluralidad de placas de regulación de calor adyacentes. Al menos algunas de dichas porciones pueden presentar
55 ranuras en las mismas, de modo que la tubería de intercambio de calor estará dispuesta dentro de dichas ranuras.

El captador solar puede comprender adicionalmente una capa térmicamente aislante que rodee al menos parcialmente el medio de regulación de calor. La capa aislante puede comprender un sólido térmicamente aislante, que presente poros y/o huecos. Los poros y/o huecos pueden contener un gas inerte en su interior. La capa térmicamente aislante puede comprender aislamiento fibroso, granular o en partículas. La capa aislante puede acoplarse con una fuente de gas inerte. La fuente de gas inerte puede regularse o controlarse. La fuente de gas inerte puede comprender un dispositivo de control de la presión, para controlar la presión del gas inerte en la capa aislante. Por ejemplo, el dispositivo de control de presión puede controlar la presión del gas inerte en la capa aislante hasta ligeramente por encima de la presión atmosférica. Esto puede asegurar que no haya oxígeno ni aire en la capa aislante. Por lo tanto, el captador solar puede comprender un sistema de suministro de gas inerte acoplado a la capa aislante, para suministrar el gas inerte a la misma. Un sistema de suministro de gas inerte adecuado comprende una fuente de gas inerte, acoplada a la capa aislante, una válvula controlable para controlar el flujo del gas inerte a la capa aislante, y un detector de presión de gas acoplado a la capa aislante para detectar la presión de gas en la misma, estando acoplado dicho detector a la válvula controlable para controlar dicha válvula.

La abertura del captador solar puede estar rodeada por un reborde que comprenda un material de reborde de alta temperatura, es decir, un material que soporte temperaturas muy altas. Puede considerarse el mismo como un material de reborde resistente a altas temperaturas. La abertura puede estar revestida con un material cerámico de revestimiento de abertura para altas temperaturas. El material de reborde para altas temperaturas puede ser un material cerámico de reborde para altas temperaturas, es decir, puede ser adecuado para resistir operaciones a una temperatura muy alta. El material de reborde o material de revestimiento para altas temperaturas puede ser, o puede comprender, carburo de silicio, un tejido a base de alúmina, tungsteno, molibdeno, alúmina, circonia, circonio, aluminosilicatos (opcionalmente, cada uno puede tener forma fibrosa o espumada), o una mezcla de dos o más de los mismos.

El medio de regulación de calor puede estar situado sobre un soporte térmicamente aislante. El soporte térmicamente aislante puede comprender un material cerámico.

El medio de regulación de calor y, si están presentes, la capa térmicamente aislante y el soporte térmicamente aislante, pueden estar dispuestos dentro de una carcasa. La carcasa puede estar construida con acero o con algún otro material adecuado. La carcasa puede estar sellada contra el dispositivo de captación de energía, para formar un recinto sustancialmente estanco a gases que rodee el medio de regulación de calor y, si está presente, la capa de aislamiento térmico.

El captador solar puede comprender una pantalla protectora, dispuesta debajo de la carcasa, para proteger una porción inferior de la carcasa ante los daños por la energía solar reflejada. La pantalla protectora deberá tener una abertura de pantalla protectora, para permitir que la energía solar pase a través de la pantalla protectora hacia el interior de la cavidad. Entre la carcasa y la pantalla protectora puede haber un hueco. Esto puede servir para permitir que el calor escape de la pantalla protectora. La pantalla protectora puede comprender una pluralidad de nervios, para mejorar la resistencia estructural y para irradiar calor desde dicha pantalla protectora. Los nervios pueden extenderse radialmente desde la abertura de la pantalla protectora. La pantalla protectora puede estar al menos parcialmente cubierta con fibras aislantes de cerámica, para proteger la superficie de la pantalla protectora. La pantalla protectora puede comprender acero inoxidable, acero blando aluminizado, o una combinación de ambos. La pantalla protectora puede estar dispuesta no sólo para proteger la porción inferior de la carcasa, sino que también puede estar dispuesta para proteger los ladrillos refractarios orientados hacia la cavidad.

El captador solar puede comprender un tapón extraíble, para restringir el flujo de un gas hacia dentro y/o hacia fuera de la cavidad. El tapón puede ser opaco a la energía solar. Puede ser térmicamente aislante. Puede estar construido, por ejemplo, por acero o por algún otro material, opcionalmente puede estar revestido o parcialmente revestido con un material térmicamente aislante, por ejemplo, una cerámica tal como una tela de fibra cerámica. El tapón puede estar dispuesto y/o conformado de manera que pueda insertarse en la abertura o, si está presente, en la abertura de la pantalla protectora. Por ejemplo, puede ser circular, cuadrada, triangular, pentagonal, ovalada, o de alguna otra forma adecuada. El captador solar puede comprender un mecanismo de inserción de tapón, para insertar y retirar el tapón. Alternativamente, el tapón puede insertarse manualmente en la abertura o abertura de pantalla protectora. El mecanismo de inserción de tapón puede accionarse manualmente, o puede accionarse automáticamente. Por ejemplo, puede comprender un mecanismo elevador de tipo tijera, un pistón neumático o un pistón hidráulico, para elevar el tapón hacia su ubicación cuando sea necesario. El mecanismo de inserción de tapón puede estar acoplado a un controlador de módulo. El controlador de módulo puede controlar (por ejemplo, puede programarse de manera que pueda controlar) el mecanismo de inserción de tapón, para insertar el tapón cuando deje de dirigirse la energía solar a la abertura y para retirar el tapón poco antes de comenzar a dirigir la energía solar a la abertura. Esto permite que la energía solar entre en la cavidad cuando sea necesario. El tapón impide la pérdida convectiva desde la cavidad cuando no haya entrada de energía solar, y/o sirve para impedir una nueva irradiación de la energía térmica desde la cavidad en tales momentos. A su vez, esto sirve para mantener el medio de regulación de calor y la cavidad a una temperatura más alta, durante más tiempo de lo que sería el caso sin el tapón.

En algunos casos, el captador solar puede tener una pluralidad de aberturas. Cada abertura puede comunicarse con una cavidad en el medio de regulación de calor, para permitir que la energía solar incidente en la abertura entre en la cavidad a través de la abertura. En algunos casos, cada abertura se comunicará con una cavidad diferente del

medio de regulación de calor.

El captador solar puede comprender al menos un termopar, para determinar una temperatura dentro del captador solar. Habitualmente, el captador tiene entre aproximadamente 10 y aproximadamente 40 termopares, o entre 10 y 30, 10 y 20, 20 y 30, 30 y 40 o 25 y 35 termopares, por ejemplo, aproximadamente 10, 12, 14, 16, 18, 20, 30, 40 o 50 termopares. Éstos pueden estar dispuestos simétricamente, o pueden estar dispuestos simétricamente en el captador. El termopar, o al menos uno de los termopares, puede estar dispuesto en una ubicación próxima o adyacente a una posición en el dispositivo de captación de energía, en la que pueda recibir energía solar directamente desde el exterior de la cavidad. Puede/n estar dispuesto/s en una parte inferior del captador solar. Al menos un termopar puede estar en contacto con el dispositivo de captación de energía, para medir su temperatura.

Al menos un termopar puede estar dispuesto en el medio de regulación de calor, para determinar su temperatura. Puede haber termopares dispuestos a diferentes profundidades dentro del medio de regulación de calor. El termopar, o cada termopar independientemente, puede/n estar dispuesto/s de manera que pueda/n medir la temperatura en una ubicación seleccionada en el dispositivo de captación de energía, en el cuerpo del medio de regulación de calor, en el exterior de la tubería de intercambio de calor (si está presente) y en la capa térmicamente aislante (si está presente). Debe observarse que, a lo largo de esta memoria descriptiva, dondequiera que se indique el uso de termopares, pueden usarse dispositivos de medición de temperatura apropiados que no sean termopares. Tales dispositivos adecuados incluyen termómetros sin contacto y termómetros de infrarrojos.

En una realización se proporciona un captador solar, que comprende:

- un medio de regulación de calor de grafito que define una cavidad en el mismo y que tiene una abertura, que comunica con la cavidad, para permitir que la energía solar incidente sobre la abertura entre en la cavidad a través de la abertura, y
- un dispositivo de captación de energía, dispuesto en la cavidad y en contacto térmico con el medio de regulación de calor, para captar la energía solar que entra en la cavidad; y
- una capa protectora sobre una superficie del dispositivo de captación de energía, que hace tope en la cavidad.

En otra realización se proporciona un captador solar, que comprende:

- un medio de regulación de calor de grafito que define una cavidad en el mismo y que tiene una abertura, que comunica con la cavidad, para permitir que la energía solar incidente sobre la abertura entre en la cavidad a través de la abertura;
- un reborde, que comprende un material de reborde para altas temperaturas que rodea la abertura;
- un dispositivo de captación de energía, dispuesto en la cavidad y en contacto térmico con el medio de regulación de calor, para captar la energía solar que entra en la cavidad;
- una capa protectora sobre una superficie del dispositivo de captación de energía, que hace tope en la cavidad; y
- un intercambiador de calor que está en contacto térmico con el medio de regulación de calor, comprendiendo dicho intercambiador de calor una tubería de intercambio de calor que puede aceptar un fluido de transferencia de calor.

En otra realización se proporciona un captador solar, que comprende:

- un medio de regulación de calor de grafito que define una cavidad en el mismo y que tiene una abertura, que comunica con la cavidad, para permitir que la energía solar incidente sobre la abertura entre en la cavidad a través de la abertura;
- una capa térmicamente aislante que rodea al menos parcialmente el medio de regulación de calor;
- un reborde, que comprende un material de reborde para altas temperaturas que rodea la abertura;
- un dispositivo de captación de energía, dispuesto en la cavidad y en contacto térmico con el medio de regulación de calor, para captar la energía solar que entra en la cavidad;
- una capa protectora sobre una superficie del dispositivo de captación de energía, que hace tope en la cavidad; y
- un intercambiador de calor que está en contacto térmico con el medio de regulación de calor, comprendiendo dicho intercambiador de calor una tubería de intercambio de calor que puede aceptar un fluido de transferencia de calor.

En otra realización se proporciona un captador solar que comprende:

- un medio de regulación de calor de grafito, que define una cavidad en el mismo y que tiene una abertura, que comunica con la cavidad, para permitir que la energía solar incidente sobre la abertura entre en la cavidad a través de la abertura;
- un dispositivo de captación de energía, dispuesto en la cavidad y en contacto térmico con el medio de regulación de calor, para captar la energía solar que entra en la cavidad;
- un intercambiador de calor que comprende una tubería de intercambio de calor que puede aceptar un fluido de transferencia de calor, estando embebido dicha tubería de intercambio de calor en el medio de regulación de calor;
- una capa térmicamente aislante que rodea al menos parcialmente el medio de regulación de calor, estando acoplada dicha capa opcionalmente con un sistema de suministro de gas inerte, para suministrar un gas inerte a

la misma; y

- una carcasa que rodea el medio de regulación de calor y la capa térmicamente aislante, estando sellada dicha carcasa contra el dispositivo de captación de energía para formar un recinto sustancialmente estanco a gases, que rodea el medio de regulación de calor y la capa térmicamente aislante.

- 5 Esta realización puede comprender una pantalla protectora dispuesta debajo de la carcasa, para proteger una porción inferior de la carcasa frente a la energía solar reflejada, teniendo dicha pantalla protectora una abertura de pantalla protectora para permitir que la energía solar pase a través de la pantalla protectora hacia la cavidad. Puede presentar un tapón extraíble, que puede insertarse en la abertura o (si están presentes) en las aberturas de pantalla protectora con un mecanismo de inserción de tapón opcional, para insertar y retirar el tapón. Puede comprender uno o más termopares, para determinar una temperatura en una o más ubicaciones dentro del captador solar. Puede comprender dos de entre la pantalla protectora, el tapón (opcionalmente con mecanismo de inserción) y uno o más termopares, o todos ellos.

En un segundo aspecto de la presente divulgación se proporciona un dispositivo de captación de energía solar, que comprende:

- 15
- un captador solar de acuerdo con el primer aspecto; y
 - un concentrador de energía solar capaz de concentrar la energía solar, y dispuesto de manera que sea capaz de dirigir la energía solar concentrada a través de la abertura del captador solar y hacia dentro de la cavidad.

20 Las siguientes opciones pueden utilizarse conjuntamente con el segundo aspecto, individualmente o en cualquier combinación adecuada.

El concentrador de energía solar puede comprender al menos un reflector. Puede comprender un conjunto de reflectores. Puede comprender adicionalmente un dispositivo de seguimiento para desplazar el concentrador de energía solar, o una o más partes del mismo, para dirigir la energía solar concentrada a través de la abertura del captador solar y hacia dentro de la cavidad del mismo. El reflector puede ser un espejo. Puede ser un heliostato.

- 25 La abertura del captador solar puede estar dirigida hacia abajo. Los reflectores pueden estar situados a una altura inferior a la abertura. Pueden estar ubicados en el lado del captador solar. Pueden estar ubicados a un lado del captador solar, a una altura menor que el captador solar.

- 30 El captador solar puede montarse a una altura de entre aproximadamente 5 y aproximadamente 20 m por encima del suelo, o de entre aproximadamente 5 y aproximadamente 30 m. Puede montarse a una altura de al menos 15 m por encima del suelo. Puede comprender una estructura de soporte, por ejemplo, una torre sobre la que se monte el captador solar. La estructura de soporte puede comprender una torre. El captador solar puede estar montado sobre dicha torre por medio de al menos tres postes sustancialmente verticales, opcionalmente cuatro.

- 35 El concentrador solar puede comprender un conjunto de reflectores. El conjunto puede comprender un corredor que se corresponda con cada uno de los postes sustancialmente verticales. Los corredores pueden no tener reflectores en los mismos, de modo que el conjunto sea capaz de dirigir la energía solar concentrada entre los postes, y a través de la abertura. El conjunto puede ser capaz de dirigir la energía solar concentrada entre los postes sin dirigir cantidades sustanciales de energía solar sobre los mismos. Esto sirve para evitar daños a los postes debido a la energía solar concentrada. Cada uno de los postes puede estar rodeado al menos parcialmente por un protector, para proteger dicho poste frente a los daños por la energía solar concentrada procedente del conjunto de reflectores.
- 40 El protector puede comprender un aislante térmico. Alternativa o adicionalmente puede tratarse o recubrirse el poste, de manera que se proteja el poste frente a los daños causados por la energía solar concentrada.

- 45 Al menos uno de los postes puede ser hueco. El fluido de transferencia de calor puede pasar a través del poste hueco, hacia la tubería de intercambio de calor del captador solar (si está presente). El vapor (o fluido de transferencia de calor a alta temperatura, tal como agua) formado (o calentado) en la tubería de intercambio de calor del captador solar (si está presente) puede pasar a través del poste hueco (preferentemente, a través de un conducto dispuesto en el poste hueco). A través del poste hueco pueden pasar conexiones eléctricas, para transportar una señal desde uno o más termopares del captador solar hasta un controlador de módulo (si están presentes).

- 50 El dispositivo de captación de energía solar puede comprender un controlador de módulo, para controlar la operación del dispositivo de captación solar. El controlador de módulo puede comprender el dispositivo de seguimiento descrito anteriormente. El controlador de módulo puede controlar al menos uno de entre:

- 55
- (i) el movimiento del dispositivo de captación solar, para dirigir la energía solar concentrada a través de la abertura del captador solar y hacia dentro de la cavidad, si se requiere, o para ubicar el dispositivo de captación solar, o al menos un reflector de dicho dispositivo de captación solar, en una orientación de no captación, si se requiere;
 - (ii) la inserción o extracción de un tapón (si está presente) en la abertura, o en una abertura de pantalla protectora (si está presente);
 - (iii) la entrada de agua en el captador; y

(iv) la salida de agua caliente o vapor del captador.

5 El captador solar del dispositivo puede comprender al menos un termopar, para determinar una temperatura dentro del captador solar. Los termopares pueden estar configurados para proporcionar al controlador de módulo una señal relacionada con la temperatura, para controlar la operación del dispositivo de captación solar. Anteriormente se han descrito termopares adecuados.

10 El dispositivo de captación de energía solar puede comprender un intercambiador de calor que esté en contacto térmico con el medio de regulación de calor, opcionalmente en contacto directo con el mismo. El intercambiador de calor puede estar acoplado a un generador de electricidad, que pueda alimentarse mediante un fluido de transferencia de calor calentado, de manera que, en uso, la energía solar incidente sobre la abertura del concentrador se transmita en forma de calor a un fluido de transferencia de calor contenido en el intercambiador de calor, transfiriéndose dicho fluido de intercambio de calor al generador de electricidad para generar electricidad. Alternativamente, si se requieren aplicaciones industriales de vapor y/o de agua caliente, el fluido de intercambio de calor puede transferirse a una ubicación para que pueda utilizarse el mismo, por ejemplo, a una caldera. En esta memoria descriptiva, los términos "fluido de intercambio de calor" y "fluido de transferencia de calor" pueden usarse indistintamente y debe interpretarse que ambos abarcan la misma gama de materiales.

Usando un intercambiador de calor, el vapor o el agua caliente pueden utilizarse para precalentar agua de caldera, pero un uso más común es el de generación de vapor de proceso. Puede utilizarse un intercambiador de calor para producir vapor, para calentar o secar productos.

20 El dispositivo de captación de energía solar puede comprender un circuito de fluido de transferencia de calor, que comprenda un primer intercambiador de calor en contacto térmico con el medio de regulación de calor, y un segundo intercambiador de calor externo al medio de regulación de calor. El segundo intercambiador de calor puede configurarse de manera que, en uso, el fluido de transferencia de calor pase desde una salida del primer intercambiador de calor hasta una entrada del segundo intercambiador de calor. El segundo intercambiador de calor puede configurarse de manera que, en uso, el fluido de transferencia de calor pase desde una salida del segundo intercambiador de calor hasta una entrada del primer intercambiador de calor, de modo que el circuito de fluido de transferencia de calor sea un sistema de circuito cerrado. El segundo intercambiador de calor puede estar diseñado para generar vapor.

30 El fluido de transferencia de calor puede ser agua, que, en uso, puede calentarse a una temperatura elevada y/o convertirse en vapor a medida que pase a través del primer intercambiador de calor. El vapor puede condensarse para formar agua antes de volver a entrar en el primer intercambiador de calor. El dispositivo de captación de energía solar puede comprender un purificador de agua, por ejemplo, un sistema de ósmosis inversa y/o un desionizador, para purificar el agua antes de que dicha agua entre en el primer intercambiador de calor. El purificador de agua puede purificar el agua hasta una pureza de al menos aproximadamente un 99 %, o de al menos aproximadamente un 99,9 % sobre una base de peso/volumen, en algunos casos una pureza de hasta un 99,99999 %. Habitualmente, un sistema de ósmosis inversa eliminará aproximadamente hasta el 98 % de los sólidos disueltos. Si a esto le sigue un desionizador (intercambiador de iones), puede mejorarse el agua hasta aproximadamente 20 ppb de sólidos disueltos.

40 El segundo intercambiador de calor puede acoplarse a un generador de electricidad o a una caldera para generar vapor y, en caso de que se produzca agua a alta temperatura, puede acoplarse a un dispositivo que regule la temperatura y la presión de dicha agua, para su uso en aplicaciones industriales. Puede diseñarse para que genere vapor. Esto puede lograrse haciendo pasar agua a través de un tubo del segundo intercambiador de calor.

Dicho segundo sistema de intercambiador de calor puede utilizar o no agua que no se haya purificado según lo descrito anteriormente.

45 El dispositivo de captación de energía solar puede proporcionar una salida de energía que no presente una caída mayor del 5 % cuando se bloquee la incidencia de energía solar, sobre el concentrador de energía solar, durante un periodo no superior a 1 minuto. Puede proporcionar una salida de energía que no presente una caída mayor del 10 % cuando se bloquee la incidencia de energía solar, sobre el concentrador de energía solar, durante un periodo no superior a aproximadamente 16 horas. El espesor del medio de regulación de calor y/o la capacidad calorífica del medio de regulación de calor pueden ser tales que se cumplan los criterios anteriores. El dispositivo puede utilizarse para regular el tiempo durante el que podrá utilizarse la energía solar para generar electricidad o para producir vapor, o agua caliente a alta temperatura, para fines industriales o de otro tipo.

En una realización se proporciona un dispositivo de captación de energía solar, que comprende:

- un captador solar, que comprende:
 - 55 ▪ un medio de regulación de calor de grafito que define una cavidad en el mismo y que tiene una abertura, que comunica con la cavidad, para permitir que la energía solar incidente sobre la abertura entre en la cavidad a través de la abertura;
 - una capa térmicamente aislante que rodea al menos parcialmente el medio de regulación de calor;

- un reborde, que comprende un material de reborde para altas temperaturas que rodea la abertura;
 - un dispositivo de captación de energía, dispuesto en la cavidad y en contacto térmico con el medio de regulación de calor, para captar la energía solar que entra en la cavidad;
 - 5 ▪ una capa protectora sobre una superficie del dispositivo de captación de energía, que hace tope en la cavidad; y
 - un intercambiador de calor que está en contacto térmico con el medio de regulación de calor, comprendiendo dicho intercambiador de calor una tubería de intercambio de calor que puede aceptar un fluido de transferencia de calor; y
- 10 • un concentrador de energía solar que puede concentrar la energía solar, y que está dispuesto de modo que pueda dirigir la energía solar concentrada a través de la abertura del captador solar y hacia dentro de la cavidad.

En otra realización se proporciona un dispositivo de captación de energía solar, que comprende:

- un captador solar, que comprende:
 - 15 ▪ un medio de regulación de calor de grafito que define una cavidad en el mismo y que tiene una abertura, que comunica con la cavidad, para permitir que la energía solar incidente sobre la abertura entre en la cavidad a través de la abertura;
 - una capa térmicamente aislante que rodea al menos parcialmente el medio de regulación de calor;
 - 20 ▪ un reborde, que comprende un material de reborde para altas temperaturas que rodea la abertura;
 - un dispositivo de captación de energía, dispuesto en la cavidad y en contacto térmico con el medio de regulación de calor, para captar la energía solar que entra en la cavidad;
 - una capa protectora sobre una superficie del dispositivo de captación de energía, que hace tope en la cavidad; y
 - 25 ▪ un intercambiador de calor que está en contacto térmico con el medio de regulación de calor, comprendiendo dicho intercambiador de calor una tubería de intercambio de calor que puede aceptar un fluido de transferencia de calor; y
 - un concentrador de energía solar que puede concentrar la energía solar, y que está dispuesto de modo que pueda dirigir la energía solar concentrada a través de la abertura del captador solar y hacia dentro de la cavidad, comprendiendo dicho concentrador una matriz de reflectores y un dispositivo de seguimiento para mover los reflectores de modo que dirijan la energía solar concentrada a través de la abertura del captador solar, y hacia la cavidad del mismo.
- 30

En otra realización se proporciona un dispositivo de captación de energía solar que comprende:

- un captador solar de acuerdo con el primer aspecto;
- 35 • una torre sobre la que se monta el captador solar por medio de al menos tres postes sustancialmente verticales, opcionalmente cuatro;
- un concentrador de energía solar que puede concentrar la energía solar, y que está dispuesto de manera que pueda dirigir la energía solar concentrada a través de la abertura del captador solar y hacia dentro de la cavidad, comprendiendo dicho concentrador un conjunto de reflectores que presenta un pasillo sin reflectores, que se corresponde con cada uno de los postes sustancialmente verticales, de modo que el conjunto puede dirigir la energía solar concentrada entre los postes sin dirigir cantidades sustanciales de energía solar sobre los postes;
- 40 • un controlador de módulo, para controlar la operación del dispositivo de captación solar.

En un tercer aspecto de la presente divulgación se proporciona un sistema de captación de energía solar que comprende una pluralidad de captadores de energía solar, cada uno de acuerdo con el primer aspecto (como se ha descrito anteriormente), y al menos un concentrador de energía solar. Cada captador de energía solar está dispuesto de manera que pueda recibir energía solar concentrada desde al menos un concentrador de energía solar.

45

Las siguientes opciones pueden utilizarse conjuntamente con el tercer aspecto, ya sea individualmente o en cualquier combinación adecuada.

50 El sistema de captación de energía solar puede comprender un único concentrador de energía solar. El concentrador de energía solar puede disponerse de manera que sea capaz de dirigir la energía solar concentrada a la abertura de al menos uno de dichos captadores de energía solar, cuando la energía solar impacte sobre dicho concentrador de energía solar, opcionalmente a la abertura de cada captador (aunque no necesariamente de manera simultánea).

El concentrador de energía solar puede comprender un conjunto de reflectores solares.

55 El sistema de captación de energía solar puede comprender una pluralidad de dispositivos de captación de energía solar, estando cada uno de dichos dispositivos de acuerdo con el segundo aspecto (como se ha descrito anteriormente). Estos dispositivos pueden acoplarse, para generar una única salida de energía del sistema.

Pueden conectarse en serie al menos algunos de los dispositivos de captación de energía solar, opcionalmente

todos. Al menos algunos pueden conectarse en paralelo, opcionalmente todos. En algunas realizaciones, algunos de los dispositivos de captación solar se conectan en serie y algunos en paralelo.

5 El sistema de captación de energía solar puede ser tal que cada dispositivo de captación de energía solar esté acoplado a un correspondiente generador de electricidad, separado, que pueda accionarse mediante un fluido de transferencia de calor calentado. Durante el uso, la energía solar incidente sobre el concentrador de energía solar de cada dispositivo de captación de energía solar puede transmitirse en forma de calor al fluido de transferencia de calor, que se transfiere al correspondiente generador de electricidad para generar energía eléctrica, o para uso industrial u otro tipo de usos. Pueden combinarse la energía eléctrica de dichos generadores, o el vapor o el agua caliente a alta temperatura, para proporcionar la salida única de energía del sistema.

10 El sistema de captación de energía solar puede ser tal que todos los dispositivos de captación de energía solar estén acoplados a un generador de electricidad, o a una salida de vapor o de agua caliente en el caso de vapor o agua caliente a alta temperatura para uso industrial. En uso, la energía solar incidente sobre el concentrador de energía solar de cada dispositivo de captación de energía solar puede transmitirse en forma de calor al fluido de transferencia de calor, que se transfiere al generador de electricidad para generar energía eléctrica, o a una ubicación de uso (por ejemplo, si incluye una caldera), en el caso de vapor o agua caliente a alta temperatura para uso industrial, que represente la salida única de energía del sistema.

15 El sistema puede comprender adicionalmente un dispositivo de seguimiento, o más de un dispositivo de seguimiento, para desplazar los concentradores de energía solar, o partes de los mismos, para dirigir la energía solar concentrada a través de las aberturas de los captadores solares y hacia dentro de las cavidades de los mismos.

20 Cada dispositivo de captación de energía solar del sistema puede comprender un circuito de fluido de transferencia de calor, que comprende un primer intercambiador de calor que está en contacto térmico con el medio de regulación de calor, y una tubería externa de intercambio de calor que es externa al medio de regulación de calor. La tubería de intercambio de calor externa puede estar configurada de manera que, en uso, el fluido de transferencia de calor pase desde una salida del primer intercambiador de calor hasta una entrada de la tubería de intercambio de calor externa, y desde una salida del segundo intercambiador de calor hasta una entrada de la tubería de intercambio de calor externa, de modo que el circuito de fluido de transferencia de calor sea un sistema de circuito cerrado. Las tuberías de intercambio de calor externas de los dispositivos de captación de energía solar pueden formar parte de un intercambiador de calor del sistema, para transferir energía térmica de los dispositivos de captación de energía solar a un segundo fluido.

25 La tubería de intercambio de calor externa puede estar acoplada a una turbina que, a su vez, esté acoplada a un generador de electricidad (ca o cc) para generar electricidad, o a un dispositivo que utilice vapor o agua caliente (por ejemplo, una caldera) en el caso de vapor o agua caliente a alta temperatura para uso industrial. Puede estar acoplada a un generador de vapor (por ejemplo, una caldera) para convertir agua líquida en vapor. En algunos casos, se produce una mezcla de vapor y agua caliente a alta temperatura.

30 El agua a utilizar en un sistema de circuito cerrado deberá tener una pureza muy elevada. Habitualmente se purifica por medio de un sistema de ósmosis inversa. Luego se envía a un tanque de retención (también denominado tanque de condensado). En caso de que se requiera una cantidad adicional de agua de compensación (por ejemplo, para compensar las pérdidas debidas a fugas menores, la evaporación, etc.), ésta deberá purificarse también, por ejemplo usando opcionalmente la osmosis inversa junto con un proceso de desionización, antes de añadir la misma al tanque de retención.

35 En la generación eléctrica, el vapor utilizado en la turbina pasa en primer lugar a un condensador, que lo condensa para formar agua líquida, que se devuelve a continuación al tanque de condensado para su reutilización. En algunos casos puede pasar a través de un sistema de dos intercambiadores de calor (uno en el captador solar y otro externo al mismo), si éste es el medio deseado para gestionar la calidad del vapor de salida. En cualquier caso, el agua pasa por un condensador hasta el tanque de retención para su reutilización. Antes de reutilizar la misma, poco después de salir desde el tanque de condensado para regresar al primer intercambiador de calor, el agua puede pasar por un proceso de "pulido" para eliminar las impurezas acumuladas. Un proceso de pulido adecuado es un proceso de desionización.

40 En las aplicaciones industriales de vapor o agua caliente a alta temperatura, el sistema de intercambiador de calor interno del captador solar opera de la misma manera que se ha descrito anteriormente, sin embargo, el segundo intercambiador de calor puede utilizarse o no para el mismo propósito de generación eléctrica o de control de calidad del vapor descrito anteriormente. El segundo intercambiador de calor puede estar situado en un sistema de caldera en el que se use agua caliente y/o vapor procedente del primer intercambiador de calor, para calentar el fluido de la caldera (que puede ser agua o algún otro fluido adecuado). El segundo intercambiador de calor puede estar situado en la caldera, y puede contener agua menos pura que la utilizada en el circuito cerrado y que pueda utilizarse, por ejemplo, para aplicaciones de proceso. Puede utilizarse en aplicaciones de alta presión. En los sistemas de la presente invención no se recupera dicha agua. El agua puede ser agua salada o algún otro tipo de agua de baja calidad. Sin embargo, la reutilización del primer tipo de agua del intercambiador de calor (es decir, el agua de alta

pureza en el circuito cerrado) será tal como se ha descrito anteriormente para un ciclo de generación eléctrica. En algunos casos, por lo tanto, el segundo fluido es agua, de modo que el sistema producirá vapor en el segundo intercambiador de calor.

5 El sistema de captación de energía solar puede comprender un controlador de estación, para controlar los dispositivos de captación de energía solar y/o el/los concentrador/es de energía solar. El controlador puede acoplarse al/a los concentrador/es de energía solar, para aumentar o disminuir la entrada de energía solar total a los captadores de energía solar según se requiera. Esto puede lograrse, por ejemplo, maniobrando uno o más de los concentradores de energía solar.

10 En un cuarto aspecto de la presente divulgación se proporciona un procedimiento para captar y regular la energía solar, comprendiendo dicho procedimiento:

- a) proporcionar un dispositivo de captación de energía solar de acuerdo con el tercer aspecto; y
- b) permitir que la energía solar incida sobre el concentrador de energía solar de dicho dispositivo;

15 concentrando de este modo dicha energía solar sobre el captador solar de dicho dispositivo, para calentar el medio de regulación de calor de dicho dispositivo.

Las siguientes opciones pueden utilizarse conjuntamente con el cuarto aspecto, ya sea individualmente o en cualquier combinación adecuada.

20 El procedimiento puede comprender desplazar el/el concentrador/es de energía solar, o una parte del/de los mismo/s, por medio de un dispositivo de seguimiento para dirigir la energía solar a través de la abertura del captador solar.

25 La (anterior) etapa a) puede comprender controlar el/los concentrador/es de energía solar, para dirigir la energía solar concentrada hacia la abertura. El/los concentrador/es de energía solar puede/n comprender un conjunto de reflectores, en cuyo caso la etapa de control puede comprender detectar una temperatura en una posición dentro del captador de energía solar y, si es necesario, orientar al menos uno de dichos reflectores a una orientación de no captación, con el fin de evitar que dicha temperatura supere un límite superior predeterminado. El límite superior puede determinarse con el fin de evitar daños a los materiales del captador de energía solar, puede determinarse para mejorar la eficacia del captador. El procedimiento puede comprender hacer pasar una señal relacionada con la temperatura desde uno o más termopares, dispuestos en el captador de energía solar, hasta un controlador de módulo. Si es necesario, puede generarse una señal de control en dicho controlador de módulo y enviarse a uno o más motores. Cada uno de los motores está acoplado con uno de los reflectores, lo que permite controlar la orientación de los reflectores.

35 El procedimiento puede comprender adicionalmente controlar el/los concentrador/es de energía solar de modo que dicho/s concentrador/es quede/n en una orientación de no captación, e insertar un tapón para impedir la pérdida de calor desde la cavidad del captador de energía solar cuando no se desee captar energía solar. En el caso en el que el concentrador solar comprenda una pluralidad de reflectores, la orientación no concentrada puede ser aquella en la que dichos reflectores estén en una orientación sustancialmente horizontal. Esto minimiza la posibilidad de daños a los reflectores por ráfagas de viento, cuando no estén en uso. El tapón puede insertarse en la abertura del captador de energía solar o en la abertura de pantalla protectora de la pantalla protectora (si está presente).

40 El procedimiento puede comprender adicionalmente retirar el tapón para permitir que la energía térmica concentrada entre en la cavidad, a través de la abertura, y controlar el concentrador de energía solar de modo que dicho concentrador quede en una orientación de captación en la que se dirija la energía solar concentrada a través de la abertura, hacia dentro de la cavidad, cuando desee captarse nuevamente la energía solar.

45 El procedimiento puede comprender hacer pasar un fluido de transferencia de calor a través de la tubería de intercambio de calor, dispuesta dentro del medio de regulación de calor, para calentar dicho fluido de transferencia de calor. El fluido de transferencia de calor calentado puede hacerse pasar entonces hasta un segundo intercambiador de calor, para calentar un segundo fluido de transferencia de calor contenido en dicho segundo intercambiador de calor. El segundo fluido térmico de transferencia de calor calentado puede utilizarse entonces para generar electricidad, o para generar vapor o agua caliente a alta temperatura.

50 El dispositivo de captación de energía solar puede controlarse para generar vapor o agua caliente a alta temperatura, con una temperatura, presión y caudal sustancialmente constantes.

55 La tubería de intercambio de calor y el segundo intercambiador de calor pueden formar partes de un circuito cerrado, de modo que se haga regresar el fluido de transferencia de calor desde el segundo intercambiador de calor hasta la tubería de intercambio de calor. El fluido de transferencia de calor puede purificarse antes de devolver el mismo a la tubería de intercambio de calor. La purificación puede ser, por ejemplo, mediante intercambio iónico, etc. El fluido de transferencia de calor puede ser agua, que se convierta en vapor a medida que pase a través de la tubería de intercambio de calor y se condense en agua líquida antes de regresar a la tubería de intercambio de calor.

El medio de regulación de calor puede mantenerse en una atmósfera de gas inerte. El gas inerte puede mantenerse a una presión ligeramente por encima de la presión atmosférica. El procedimiento puede comprender detectar una presión en el captador de energía solar y, si es necesario, ajustar la presión del gas inerte en dicho captador para mantener la presión en dicho captador dentro de un intervalo de presión predeterminado. En un ejemplo, el procedimiento comprende hacer pasar una señal relacionada con la presión desde un sensor de presión del captador de energía solar hasta un controlador de módulo, generar, si es necesario, una señal de control en respuesta a la señal relacionada con la presión y hacer pasar la señal de control (si se ha generado) hasta una válvula controlable, situada en una tubería de gas que vaya desde un depósito del gas inerte hasta el captador de energía solar, para hacer que dicha válvula se abra durante un tiempo suficiente para que la presión en el captador de energía solar regrese al intervalo de presión predeterminado.

El dispositivo de captación de energía solar puede formar parte de un sistema de captación de energía solar, como se ha descrito anteriormente. El sistema puede tener una única salida del sistema. La salida única del sistema puede comprender tanto vapor, agua caliente a alta temperatura o energía eléctrica. El procedimiento puede comprender combinar las salidas de los dispositivos de captación de energía solar de dicho sistema de captación de energía solar, para formar la salida única del sistema. Los dispositivos de captación de energía solar de dicho sistema de captación de energía solar pueden controlarse por medio de un controlador de estación, capaz de conectar o desconectar uno o más dispositivos según sea necesario para obtener una calidad deseada de energía de salida del sistema. La conmutación puede comprender hacer regresar el concentrador de energía solar del dispositivo a una orientación de no captación. Puede comprender la inserción de un tapón. El sistema puede controlarse para obtener una calidad sustancialmente constante de la energía de salida del sistema. La calidad constante puede comprender una tensión y una corriente constantes de una salida eléctrica, o una presión y temperatura constantes, y opcionalmente también el volumen y el caudal de una salida de vapor o de agua caliente a alta temperatura.

En un quinto aspecto de la presente divulgación se proporciona un procedimiento para generar electricidad, que comprende:

- proporcionar un dispositivo de captación de energía solar de acuerdo con un segundo aspecto, en el que dicho dispositivo comprenda un intercambiador de calor en contacto térmico con el medio de regulación de calor, estando acoplado el intercambiador de calor a un generador de electricidad que puede accionarse mediante un fluido de transferencia de calor calentado;
- permitir que la energía solar incida sobre el concentrador de energía solar de dicho dispositivo, para calentar un fluido de transferencia de calor contenido en el intercambiador de calor del dispositivo; y
- hacer pasar el fluido de transferencia de calor calentado al generador de dicho dispositivo, para hacer que dicho generador convierta en electricidad la energía térmica de dicho fluido de transferencia de calor calentado.

El procedimiento puede comprender desplazar el concentrador de energía solar, o una parte del mismo, por medio de un dispositivo de seguimiento para dirigir la energía solar a través de la abertura del captador solar.

En un sexto aspecto de la presente divulgación se proporciona el uso de un captador solar, o de un dispositivo de captación de energía solar o de un sistema de captación de energía solar para la generación de electricidad y/o de vapor. La generación puede ser continua.

En un séptimo aspecto de la presente divulgación se proporciona una placa de medio de regulación de calor, que tiene:

- una cara superior y una cara inferior, siendo sustancialmente paralelas dichas caras superior e inferior, un borde de contacto del dispositivo de captación de energía sustancialmente recto, situado entre dichas caras superior e inferior y sustancialmente ortogonal a las mismas; y un borde exterior opuesto a dicho borde de contacto del dispositivo de captación de energía, y sustancialmente ortogonal a dichas caras superior e inferior.

En la placa, cada una de las caras superior e inferior tiene al menos una ranura que se extiende por cada extremo hasta un borde de la placa, para aceptar una tubería de intercambio de calor. Por ejemplo, puede comprender 1, 2, 3, 4, 5 o 6 ranuras. La/s ranura/s es/son aproximadamente paralelas al borde de contacto del dispositivo de captación de energía. El borde de contacto del dispositivo de captación de energía es contiguo a un borde inclinado, por cada extremo. Los bordes inclinados presentan un ángulo de aproximadamente 45 grados con respecto al borde de contacto del dispositivo de captación de energía, y son sustancialmente ortogonales a las caras superior e inferior.

La placa puede estar configurada de modo que puedan disponerse cuatro de dichas placas de tal manera que cada cara inclinada esté orientada hacia un borde inclinado de una placa colindante, de tal manera que los bordes de contacto con el dispositivo de captación de energía de las placas describan un cuadrado. El medio de regulación de calor puede comprender grafito o partículas de grafito embebidas en una matriz térmicamente conductora. También pueden utilizarse otros medios de regulación de calor, como los descritos en otras partes del presente documento.

La placa puede presentar unas orejetas inclinadas en su extremo, para proporcionar un espesor de grafito alrededor de la cavidad receptora. La unión de dos esquinas de 45 grados formará un medio convenientemente fuerte, para

lograr una cubierta interior. La placa puede ser ahusada hacia la lengüeta, por razones de resistencia mecánica. La lengüeta puede ser vulnerable a la fractura, y el ángulo obtuso minimizará el efecto de la concentración de esfuerzos dado que el grafito es quebradizo.

5 En un octavo aspecto de la presente divulgación, se proporciona un conjunto de placas que comprende una pluralidad de juegos de placas, comprendiendo cada juego de placas cuatro placas. Cada placa es como se ha descrito anteriormente (en el séptimo aspecto). Las placas están dispuestas de tal manera que los bordes de contacto con el dispositivo de captación de energía de las placas describan un cuadrado. Por lo tanto, los juegos de placas definen un espacio interno que tiene cuatro caras rectangulares verticales. El conjunto de placas también comprende un dispositivo de captación de energía, que comprende cuatro paneles rectangulares verticales, estando cada uno de dichos paneles en contacto térmico con una de dichas caras rectangulares verticales y tubería de intercambio de calor dispuestas en las ranuras de las placas.

El dispositivo de captación de energía puede comprender una parte superior cuadrada, sujeta a un borde horizontal superior de los cuatro paneles verticales (o de cada uno de los cuatro paneles verticales), y al menos una placa de medio de regulación de calor situada por encima la parte superior cuadrada y en contacto térmico con la misma.

15 El conjunto de placas también puede comprender un colector de entrada y un colector de salida, estando cada uno en comunicación fluida con la tubería de intercambio de calor. En algunas realizaciones hay más de un juego de tuberías de intercambio de calor que se extienden entre los colectores de entrada y salida, puede haber por ejemplo 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 o 12, o más de 12 juegos de tuberías de intercambio de calor. Puede haber por ejemplo dos juegos cerca de cada cara del dispositivo de captación de energía (es decir, un total de 8 juegos de tuberías de intercambio de calor).

La placa más inferior del juego de placas del conjunto puede descansar sobre un material térmicamente aislante, que puede comprender una o más capas de ladrillos cerámicos o baldosas cerámicas.

Puede haber espacios entre las placas de cada juego de placas (en particular, entre las caras inclinadas de las placas del mismo), para permitir la expansión térmica del conjunto en uso.

25 En un noveno aspecto de la presente divulgación se proporciona un procedimiento para preparar un captador solar. El procedimiento comprende proporcionar una tubería de intercambio de calor, y montar entre dichas porciones de tubería una pluralidad de placas de medio de regulación de calor, de manera que el medio de regulación de calor haga contacto con las cuatro caras verticales exteriores y con la parte superior del dispositivo de captación de energía. La tubería de intercambio de calor comprende una pluralidad de porciones de tubería paralelas, dispuestas alrededor de un dispositivo de captación de energía y montadas sobre una base. El dispositivo de captación de energía comprende cuatro paneles rectangulares verticales, dispuestos en un cuadrado, y una parte superior cuadrada unida a un borde horizontal superior de los cuatro paneles verticales.

30 La etapa de montaje puede ser tal que se dispongan las porciones de tubería paralelas dentro de unas ranuras, formadas en las caras de las placas de medio de regulación de calor. Puede comprender deslizar las placas desde el lado, de modo que las porciones de tubería paralelas queden dispuestas dentro de las ranuras. El montaje puede ser tal que una ranura semicircular de una de las placas quede orientada hacia una correspondiente ranura semicircular de una placa adyacente, para formar un agujero cilíndrico en el que quede dispuesta una porción de tubería de la tubería de intercambio de calor.

40 El procedimiento puede comprender adicionalmente fijar las placas en su posición. Esto puede llevarse a cabo después de montar las placas. El procedimiento puede comprender adicionalmente colocar un sólido térmicamente aislante alrededor del exterior del medio de regulación de calor.

45 Puede comprender adicionalmente situar dentro de una carcasa el dispositivo de captación de energía, las placas ensambladas y el sólido térmicamente aislante, y sellar dicha carcasa con un reborde inferior del dispositivo de captación de energía. Puede acoplarse una fuente de gas inerte a la carcasa, para permitir la difusión del gas inerte a través del sólido térmicamente aislante. El procedimiento puede comprender hacer pasar el gas inerte a través de la carcasa, para cubrir el sólido térmicamente aislante y desplazar el oxígeno contenido en el mismo.

El procedimiento puede comprender adicionalmente la etapa de insertar uno o más termopares a través de la carcasa, en el medio de regulación de calor, a través de agujeros preformados en dicha carcasa y en el medio de regulación de calor.

50 **Breve descripción de los dibujos**

A continuación, se describirá una realización preferida de la presente invención, a modo de ejemplo únicamente, con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

La Figura 1 es una representación esquemática de un captador, para su uso en el dispositivo de captación de energía solar;

55 Las Figuras 2 y 2A son representaciones esquemáticas de un dispositivo de captación de energía solar de

acuerdo con la presente invención;

La Figura 3 muestra representaciones informáticas de sistemas de captación de energía solar; y

La Figura 4 muestra una representación esquemática de un sistema de captación de energía solar;

La Figura 5 muestra un gráfico de temperaturas de un captador solar, y de la insolación del captador;

5 Las Figuras 6 a 9 son fotografías de captadores solares como los descritos en el presente documento;

La Figura 10 muestra dibujos de una placa de material de regulación de calor;

Las Figuras 11 a 16 muestran representaciones esquemáticas de diferentes aspectos del captador solar;

Las Figuras 17 a 28 son fotografías del captador y de porciones del mismo, tanto durante la construcción como en su forma final; y

10 Las Figuras 28 y 29 ilustran aplicaciones de la invención.

Descripción detallada de la invención

La presente invención se refiere a un captador solar, y a un dispositivo de captación de energía solar que comprende un concentrador de energía solar y el captador solar. En particular, se refiere a la captación de energía solar térmica concentrada y al control del tiempo de transferencia de dicha energía térmica a un sistema de intercambiador de calor, antes de su extracción para el uso posterior de la misma. El concentrador y el captador pueden estar dispuestos de modo que la energía solar que incida sobre el concentrador se concentre en una zona de captación del captador. La energía así captada puede transferirse entonces desde el material de transferencia de calor, contenido en el captador, hasta un fluido de transferencia de calor contenido en el intercambiador de calor.

15

El medio de regulación de calor puede ser un sólido. Los sólidos termostabilizadores adecuados habitualmente presentan un alto contenido de carbono. Algunos materiales adecuados incluyen, por ejemplo, grafito, partículas de grafito embebidas en una matriz térmicamente conductora, tal como una matriz metálica (por ejemplo cobre, oro, aluminio, plata, mezclas o aleaciones de cualquiera de dos o más de los mismos, etc.), hierro fundido (opcionalmente en forma de bloques), acero, aluminio, cobre, alúmina, sílice, aluminosilicatos, carburo de silicio, nitruro de silicio, ladrillos refractarios, cromita, magnetita, hormigón refractario denso, o una mezcla de dos o más de los mismos. Otros materiales adecuados incluyen óxidos metálicos tales como óxido de berilio, óxido de magnesio, óxido de calcio, óxido de estroncio, óxido de osmio, trióxido de lantano, trióxido de itrio, trióxido de escandio, dióxido de titanio, dióxido de circonio, dióxido de hafnio, pentóxido de tantalio, pentóxido de niobio, alúmina, sílice, óxido de níquel y otros materiales inorgánicos tales como nitruro de silicio, carburo de silicio, carburo de boro, carburo de tantalio, carburo de titanio, carburo de tungsteno, carburo de circonio, nitruro de aluminio, boruro de circonio, espinela, mullita, forsterita, arcilla, dolomita, magnesita, porcelanas de alúmina, porcelanas de alta magnesia, sillimanita, cianita, silicato de circonio y mezclas de cualquiera de dos o más de los anteriores. El grafito puede ser de alta pureza, por ejemplo de al menos aproximadamente un 95 %, o al menos aproximadamente un 96, 97, 98, 99, 99,5, 99,9, 99,95 o 99,99 %, o entre aproximadamente un 95 y aproximadamente un 99,99 %, o entre aproximadamente un 95 y un 99,9 %, entre un 95 y un 99 %, entre un 99 y un 99,99 %, entre un 99,9 y un 99,99 %, entre un 99 y un 99,9 %, o entre un 99 y un 99,5 %, por ejemplo aproximadamente un 95, 96, 97, 98, 99, 99,1, 99,2, 99,3, 99,4, 99,5, 99,6, 99,7, 99,8, 99,9, 99,91, 99,92, 99,93, 99,94, 99,95, 99,96, 99,97, 99,98 o 99,99 %. Puede tener un bajo contenido de ceniza. El contenido de ceniza puede ser inferior a aproximadamente un 3 %, o inferior a aproximadamente un 2, 1,5, 1, 0,5 o 0,2 %. El medio de regulación de calor deberá tener una alta capacidad térmica, por ejemplo por encima de $1 \text{ J.cm}^{-3}.\text{K}^{-1}$, o al menos aproximadamente 1,1, 1,2, 1,3, 1,4 o $1,5 \text{ J.cm}^{-3}.\text{K}^{-1}$, o aproximadamente entre 1 y 5, entre 1 y 3, entre 1,5 y 5, o entre 1,5 y $3 \text{ J.cm}^{-3}.\text{K}^{-1}$, por ejemplo aproximadamente 1,1, 1,2, 1,3, 1,4 o $1,5 \text{ J.cm}^{-3}.\text{K}^{-1}$. También deberá tener una alta conductividad térmica, por ejemplo, al menos aproximadamente 100 W/m.K , o al menos aproximadamente 150 o 200 W/m.K , o aproximadamente 100, 110, 120, 130, 140, 150, 160, 170, 180, 190 o 200 W/m.K . También deberá ser capaz de soportar temperaturas elevadas, tales como las presentes en el dispositivo durante su uso, sin presentar una degradación o vaporización sustancial, opcionalmente sin presentar fusión o fracturación. Deberá ser capaz de soportar temperaturas de al menos aproximadamente $1000 \text{ }^\circ\text{C}$, o de al menos aproximadamente 1500 o $2000 \text{ }^\circ\text{C}$, capaz de soportar por ejemplo una temperatura de aproximadamente 1.000, 1.200, 1.200, 1.300, 1.400, 1.500, 1.600, 1.700, 1.800, 1900, 2000, 2.100 o $2.200 \text{ }^\circ\text{C}$ sin presentar una degradación o vaporización sustancial, opcionalmente sin presentar fusión o fracturación. El medio de regulación de calor puede tener forma de una capa. La capa puede tener un espesor de entre aproximadamente 10 y aproximadamente 1500 mm, o de entre aproximadamente 10 y 1000 mm, entre 10 y 500 mm, entre 10 y 250 mm, entre 10 y 100 mm, entre 10 y 50 mm, entre 10 y 20 mm, entre 20 y 500 mm, entre 100 y 500 mm, entre 200 y 500 mm, entre 50 y 200 mm, entre 50 y 100 mm, entre 500 y 1500 mm, entre 1000 y 1500 mm, entre 500 y 100 mm, o entre 100 y 200 mm, por ejemplo un espesor de aproximadamente 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 600, 700, 800, 900, 1000, 1100, 1200, 1300, 1400 o 1500 mm. En algunas realizaciones, el medio de regulación de calor es un líquido. En este caso, los requisitos de capacidad térmica descritos anteriormente siguen siendo aplicables, sin embargo, el medio de regulación de calor puede presentar una conductividad térmica inferior a la descrita anteriormente. El medio de regulación de calor de un único captador puede ser de entre aproximadamente 2 y aproximadamente 20 toneladas o más, o de entre aproximadamente 2 y 10 toneladas, de entre 2 y 5 toneladas, de entre 5 y 20 toneladas, de entre 10 y 20 toneladas o de entre 5 y 15 toneladas; por ejemplo, de aproximadamente 2, 3, 4, 5, 10, 15 o 20 toneladas. En algunos casos, en particular cuando el captador no está situado sobre una torre, los captadores pueden tener una cantidad del medio de regulación de calor superior a 20 toneladas, por ejemplo 25, 30, 35, 40, 45, 50, 60, 70, 80, 90 o 100 toneladas. El peso total del captador puede ser de entre aproximadamente 10 y aproximadamente 30 toneladas, o

60

de entre aproximadamente 10 y 20 toneladas, de entre 20 y 30 toneladas o de entre 10 y 15 toneladas, por ejemplo, aproximadamente 10, 15, 20, 25 o 30 toneladas. Para medios de regulación térmica más grandes, el peso total será correspondientemente mayor. Para soportar el peso del captador (y los postes que soportan el captador sobre la torre) deberá ser suficiente una torre, y sus soportes, incluso ante una carga elevada por viento.

5 Un medio de regulación de calor de uso común que puede utilizarse en la presente invención es el grafito. Puede ser grafito sintético. Puede fabricarse con coque de petróleo. El grafito se produce de manera natural como grafito en escamas, y consiste en una sucesión de capas de átomos de carbono enlazados en una estructura cristalina plana y hexagonal, de capas laminares de manera similar a la mica. Este producto generalmente no se procesa para formar bloques de grafito, sino que se utiliza para fabricar artículos como toberas y crisol.

10 En la formación de grafito sintético, por ejemplo, para su uso en la presente invención, un procedimiento adecuado implica calentar brea de petróleo para eliminar los compuestos volátiles y formar coque de petróleo. Este coque de petróleo calcinado se tritura y se clasifica por tamaño. El grano clasificado se recombina entonces en relaciones establecidas con brea líquida caliente. Esto se mezcla en una pasta y luego se extruye o se prensa, para crear bloques de forma y tamaño deseados. Los bloques redondos, como los electrodos, habitualmente se extruyen, mientras que los bloques rectangulares habitualmente se prensan. Hay muchos tipos de proceso de prensado, pero el tipo de bloque de grafito que se usa en la presente invención habitualmente se prensa por vibración. La idea del prensado por vibración es eliminar los defectos que se producirían si no se empleara vibración en el proceso de prensado. Los granos en la mezcla pueden desplazarse para permitir que el aire atrapado escape, y para ayudar a la consolidación. Estos bloques se calientan luego con gas hasta una temperatura de entre aproximadamente 1200
15 °C y 1300 °C, para eliminar los compuestos volátiles y para cocer los bloques en horno. A continuación, los bloques se enfrían y después se impregnan al vacío con brea líquida caliente. A continuación, vuelven a cocerse en horno los bloques para eliminar los volátiles de la brea.

20 Comienza así el proceso de grafitización. El ciclo habitualmente dura 100 horas para los bloques grandes, tales como los que se utilizan en la presente invención. La transición a grafito se produce a una velocidad más rápida a medida que aumenta la temperatura. A partir de aproximadamente 1500 °C ya se produce una débil grafitización, y los bloques utilizados en la presente invención habitualmente se calientan al menos a 2400 °C aproximadamente, hasta un máximo de aproximadamente 2800 °C. Los bloques sólo se mantienen a la temperatura máxima durante aproximadamente 1 a 2 horas, ya que a temperaturas elevadas el proceso de grafitización se produce rápidamente. Cuanto mayor sea la temperatura de grafitización, mejor orden presentará la estructura cristalina y menor será la resistencia eléctrica. Con una resistencia eléctrica más baja, aumenta la conducción térmica del grafito. La desventaja para el producto es que, con una menor resistividad eléctrica, la resistencia mecánica del bloque disminuye. La temperatura de grafitización resulta vital para las propiedades físicas que presentará el grafito.

25 El medio de regulación de calor de la presente invención define una cavidad o cámara. Dicho de otra forma, el captador solar comprende un regulador de calor que define una cavidad, en el que el regulador de calor comprende o consiste esencialmente en el medio de regulación de calor. El regulador de calor tiene una abertura que comunica con la cavidad, para que la energía solar incidente en la abertura entre en la cavidad a través de la abertura. De esta manera la energía solar puede calentar el regulador de calor. Puede absorberse parcialmente la radiación solar que entra en la cavidad, para calentar el regulador de calor y reflejar parcialmente la misma. La parte reflejada puede reflejarse de manera que impacte sobre una parte diferente del regulador de calor, y pueda así absorberse y reflejarse parcialmente de nuevo. De este modo, múltiples reflexiones resultarán en la absorción efectiva de una mayor parte de la energía solar incidente, de manera que sólo una pequeña parte escapará a través de la abertura. Sólo se escapará aproximadamente el 20 % de la energía incidente, o menos de entre aproximadamente un 10 y un 5 %, el resto se absorberá para calentar el regulador de calor.

35 El medio de regulación de calor puede proporcionarse en una sola porción o monolito, o puede proporcionarse en más de una sección. Estas secciones pueden estar en contacto térmico entre sí, al menos parcialmente. Las secciones pueden estar dispuestas de modo que permitan su expansión térmica sin causar daños físicos al captador solar. En algunas realizaciones en las que el medio de regulación de calor tiene la forma de un cubo, que presenta una cavidad cúbica en el mismo, el medio de regulación de calor puede comprender una serie de secciones trapezoidales que encajen entre sí para crear la forma cúbica general (opcionalmente junto con otras secciones conformadas, por ejemplo, secciones cuadradas). El medio de regulación de calor puede estar en capas. Esto puede facilitar la construcción del captador solar (o del regulador de calor). Por lo tanto, puede resultar conveniente transportar el medio de regulación de calor, y otras porciones del captador solar, a la ubicación en la que vaya a emplazarse el sistema y montarlos entre sí en dicha ubicación para formar el regulador de calor. Proporcionar un medio de regulación de calor en capas (o porciones de capas) también puede facilitar la fabricación, en particular puede facilitar la instalación del intercambiador de calor en el captador solar. Por lo tanto, las tuberías de intercambio de calor, o porciones de las mismas, pueden montarse alrededor de una capa del medio de regulación de calor, o una porción de una capa, y estas capas o porciones pueden montarse entonces entre sí cuando se construya el captador solar, de tal manera que las tuberías de intercambio de calor queden embebidas al menos parcialmente en el medio de regulación de calor, para facilitar el intercambio de calor eficiente entre el medio de regulación de calor y un fluido de intercambio de calor contenido en las tuberías de intercambio de calor. En particular, el medio de regulación de calor puede tener la forma de una pluralidad de placas. Estas placas pueden tener un espesor de entre aproximadamente 20 y aproximadamente 200 mm, o de entre aproximadamente 20 y 150 mm, de entre 20
45
50
55
60

100 mm, de entre 50 y 200 mm, de entre 100 y 200 mm, de entre 50 y 150 mm, o de entre 50 y 100 mm, por ejemplo, un espesor de aproximadamente 20, 30, 40, 50, 60, 70, 75, 80, 90, 100, 120, 140, 160, 180 o 200 mm. En este contexto, el espesor representa la dimensión vertical cuando las placas están montadas. Cada placa puede pesar aproximadamente entre 50 y aproximadamente 200 kg, o entre aproximadamente 50 y 100 kg, entre 100 y 200 kg, entre 100 y 150 kg, entre 70 y 130 kg, entre 50 y 80 kg, entre 70 y 100 kg, o entre 60 y 80 kg, por ejemplo, aproximadamente 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95, 100, 110, 120, 130, 140, 150, 160, 170, 180, 190 o 200 kg. Las placas pueden tener unas ranuras en sus caras superior y/o inferior, en las que puede encajarse la tubería de intercambio de calor. Las ranuras pueden ser semicirculares, cuadradas, rectangulares, trapezoidales, triangulares, o tener una sección transversal de alguna otra forma. En realizaciones preferidas son semicirculares y están dispuestas de manera que, cuando se ensamblen en el captador solar, una ranura situada sobre una cara de una placa forme, junto con una correspondiente ranura situada en una cara de una placa adyacente, una ranura de sección transversal circular adecuada para el montaje de una porción cilíndrica de tubería de intercambio de calor. Las placas pueden tener una profundidad con un espesor de entre aproximadamente 10 y aproximadamente 1500 mm, o con un espesor de entre aproximadamente 10 y 1000 mm, de entre 10 y 500 mm, de entre 10 y 250 mm, de entre 10 y 100 mm, de entre 10 y 50 mm, de entre 10 y 20 mm, de entre 20 y 500 mm, de entre 100 y 500 mm, de entre 200 y 500 mm, de entre 50 y 200 mm, de entre 50 y 100 mm, de entre 500 y 1500 mm, de entre 1000 y 1500 mm, de entre 500 y 100 mm, o de entre 100 y 200 mm, por ejemplo un espesor de aproximadamente 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 600, 700, 800, 900, 1000, 1100, 1200, 1300, 1400 o 1500 mm. Esta dimensión representa el espesor del medio de regulación de calor (es decir, la distancia desde el dispositivo de captación de energía hasta el exterior del medio de regulación de calor) cuando las placas están montadas. Las ranuras pueden extenderse a todo lo largo de las placas, y pueden extenderse hasta bordes opuestos de las mismas. Esto facilita la construcción del captador, ya que permite deslizar las placas desde el lado para poder encajarlas con una tubería de intercambio de calor preexistente. En la Fig. 10 se muestran dibujos de un diseño adecuado de placa.

El captador solar puede tener forma general de cubo, o de paralelepípedo rectangular, o de cilindro, o de esfera o de poliedro (por ejemplo, un dodecaedro, icosaedro, icosidodecaedro, triacontaedro, etc.), o alguna otra forma. Puede tener una sección transversal redonda, cuadrada, rectangular, pentagonal, hexagonal o con alguna otra forma adecuada. Puede tener una sección transversal de altura constante, o puede tener una sección transversal de altura variable. La abertura puede ser redonda, cuadrada, rectangular, pentagonal, hexagonal, o de alguna otra forma adecuada. La cavidad puede tener forma de cubo, o de paralelepípedo rectangular, o de cilindro, o de esfera, o de poliedro o alguna otra forma. Puede tener una sección transversal redonda, cuadrada, rectangular, pentagonal, hexagonal, o de alguna otra forma adecuada. Puede tener una sección transversal de altura constante, o puede tener una sección transversal de altura variable.

El medio de regulación de calor puede tener una única cavidad en el mismo, o puede tener más de una cavidad en el mismo, por ejemplo 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 o 10 cavidades, o más de 10 cavidades. En caso de que haya más de una cavidad, cada una de las mismas puede estar separada de las otras por el medio de regulación de calor, o por algún otro tipo de material de separación. Alternativamente al menos dos de las cavidades pueden estar conectadas internamente al captador mediante un paso de conexión. El paso de conexión puede contener aire en el mismo, o puede contener un gas inerte, por ejemplo, nitrógeno, helio, neón, argón, dióxido de carbono, o algún otro gas inerte. En el presente contexto, el término "inerte" se refiere a la característica de que el gas no reacciona sustancialmente con el medio de regulación de calor a la temperatura máxima de operación del captador solar. En algunas realizaciones, la cavidad (o cada una de las cavidades) tiene una única abertura que comunica con la misma, permitiendo que la energía solar incidente en la abertura entre en la cavidad a través de la abertura. En otras realizaciones la cavidad (o al menos una de las cavidades) tiene más de una abertura (por ejemplo, 2, 3, 4, 5 o más de 5) que comunica con la misma, permitiendo que la energía solar incidente sobre las aberturas entre en la cavidad a través de las aberturas. Habitualmente, aunque no necesariamente, la/s abertura/s y la/s cavidad/es está/n orientada/s para reducir o minimizar la pérdida de calor por convección desde el captador solar. Por esta razón, es habitual que las aberturas no se comuniquen con la superficie superior del medio de regulación de calor, puesto que el aire caliente que asciende desde una abertura situada sobre una superficie superior facilitaría la pérdida de calor. Una abertura puede comunicarse con una superficie lateral. Puede comunicarse con una superficie inferior. Puede comunicarse con un borde y/o esquina inferior del medio de regulación de calor. Una abertura situada en una superficie lateral puede comunicarse con una cavidad que se extienda hacia arriba, para atrapar parcialmente el gas calentado e impedir la pérdida de calor debida a los gases calentados que fluyan fuera de la cavidad. Una cavidad puede presentar una superficie reflectante inclinada, para restringir o impedir una nueva irradiación de la energía solar que entra en la cavidad.

Independientemente de lo anterior, en algunas realizaciones el medio de regulación de calor está situado sobre la superficie del suelo, o cerca de la misma, opcionalmente enterrado al menos parcialmente en el suelo. En tales casos, puede resultar conveniente contar con una abertura en una superficie superior del medio de regulación de calor, y/o en un borde y/o esquina superior del mismo. En tales casos, puede resultar conveniente contar con una ventana de transmisión de energía solar (por ejemplo, de cuarzo) situada en la abertura, para restringir las pérdidas por convección. Una ventaja de tal configuración es que resulta más conveniente y seguro colocar un captador solar grande y pesado sobre el suelo, o cerca del mismo, en lugar de en una posición elevada, tal como sobre una torre. Esto también permite construir un captador solar más grande, ya que no hay necesidad de construir una torre de

soporte. En tales casos, pueden disponerse uno o más reflectores de manera que puedan reflejar la energía solar procedente de un concentrador de energía solar, a través de la abertura y hacia dentro de la cavidad. Puede disponerse un reflector directamente encima de la abertura, o pueden disponerse varios reflectores inclinados con respecto a una línea vertical que ascienda desde la abertura. Este/estos reflector/es puede/n ser plano/s o puede/n ser cóncavo/s, para enfocar adicionalmente en la cavidad la energía solar incidente. Este/estos reflector/es puede/n soportarse sobre una o más torres.

En algunas realizaciones de captadores solares situados sobre el suelo, la abertura puede ser redondeada, por ejemplo, esférica o con forma de gota. Esto puede servir para impedir una nueva irradiación de la energía solar absorbida.

El captador solar puede emplear un tapón que cierre la abertura de la cavidad del receptor, cuando los heliostatos no estén siguiendo. El tapón puede estar construido con materiales capaces de resistir la temperatura alcanzada en la cavidad receptora. El tapón podrá sellar completamente la cavidad, o podrá sellar solamente aproximadamente un 95 % (o aproximadamente un 99, 98, 97 o 96 %) de la abertura de la cavidad receptora. En caso de que la abertura esté orientada hacia arriba, el tapón podrá sellar aproximadamente el 100 % de la abertura.

El controlador de estación puede tener conectado uno o más sensores meteorológicos que descargarán, entre otras entradas de datos meteorológicos, datos sobre la radiación directa normal (DNI). La DNI es una medida absoluta de la cantidad de energía disponible en los campos de heliostatos, procedente del sol. El controlador de estación puede utilizar el nivel de DNI para determinar cuándo deberá comenzar el seguimiento del campo de heliostatos, y enviar una señal a los heliostatos (o a los controladores de módulo que, a su vez, podrán enviar una señal a los heliostatos) para situar algunos de ellos, o todos ellos, en una orientación de captación (es decir, para activarlos). Una vez activado el seguimiento, puede monitorizarse continuamente el DNI para asegurar que la energía suministrada a la cavidad receptora por los heliostatos sea la adecuada. Si el DNI cae, por ejemplo, debido a nubosidad excesiva o a un cambio en el clima, el controlador de estación puede instruir al/a los controlador/es de módulo para que estacionen algunos los heliostatos, o todos ellos, es decir, para hacerlos regresar a una orientación de no captación, y para cerrar la abertura de la cavidad del receptor con el tapón (si todos los heliostatos están estacionados).

El seguimiento del campo de heliostatos puede iniciarse de manera progresiva. Los heliostatos situados en el oeste del campo pueden activarse por la mañana, para que se ocupen del bajo ángulo del sol. Los heliostatos situados en el este del campo pueden activarse una vez que el sol esté suficiente alto como para que las imágenes producidas por estos heliostatos puedan captarse en la cavidad receptora. Los heliostatos situados en el oeste del campo habitualmente son los primeros en estacionarse al final del día, dado que el ángulo entre el sol, el heliostato y la cavidad del receptor pasa a ser demasiado grande. Los heliostatos situados en el este del campo habitualmente son los últimos en estacionarse al final del día, dado que el sol presenta una elevación ventajosa para los mismos.

Con el concentrador de energía solar se enfoca la energía solar en la abertura del captador solar. A medida que entra en la abertura, la energía solar deberá tener un diámetro máximo del punto focal del haz que no sea más ancho que la abertura, siendo preferentemente más estrecho. El concentrador puede enfocar el punto focal del haz de energía solar en la abertura, o cerca de la misma. El punto focal puede estar a unos 300 mm de la abertura, o a unos 250, 200, 250 o 100 mm de la abertura, y puede estar dentro de la cavidad o fuera de la cavidad. Habitualmente, dado que la energía solar entra en un ángulo con forma de haz circular, emitirá en la abertura una sección transversal elíptica del haz. Puede tener una relación de aspecto de entre aproximadamente 1,5 por aproximadamente 3, o de entre aproximadamente 1,5 a 2,2 por 3 o 1,8 por 2,5, habitualmente de aproximadamente 2.

En ciertas realizaciones de la invención el captador solar tiene la capacidad de absorber energía de otras fuentes que no sean energía solar. Por ejemplo, puede calentarse a través de calentamiento resistivo por medio de una o más resistencias embebidas en el medio de regulación de calor. La/s resistencia/s puede/n aislarse eléctricamente con respecto al medio de regulación de calor, particularmente en aquellos casos en los que dicho medio sea térmicamente conductor (por ejemplo, grafito, metales, o combinaciones de los mismos). La corriente eléctrica para la resistencia puede obtenerse a partir de una fuente renovable, tal como energía eólica. Por lo tanto, una turbina eólica, situada por ejemplo en la parte superior del captador solar, podría ser suficiente para calentar el medio de regulación de calor, o calentarlo al menos parcialmente, en ausencia de una entrada de energía solar. La turbina eólica puede proporcionar hasta 10-500 kW de energía o más, por ejemplo, dependiendo del diseño de la turbina y de la velocidad y dirección del viento. Esta opción permite continuar la entrada de energía al captador solar en aquellos momentos en los que no haya un flujo de energía solar suficiente, por ejemplo, en días nublados o por la noche. La entrada no solar puede controlarse mediante un controlador de módulo para el captador solar. Esto puede reducir la entrada no solar, si es necesario, para evitar el sobrecalentamiento del medio de regulación de calor.

El medio de regulación de calor puede tener la forma de una concha. Define una cavidad interna y la cavidad comunica con el exterior a través de una abertura. La abertura y/o la cavidad pueden tener, de manera independiente, una sustancia de transmisión de energía en su interior. Algunas sustancias de transmisión de energía adecuadas pueden ser gases, por ejemplo, aire, nitrógeno, argón, helio, dióxido de carbono o mezclas de los mismos. Adicional o alternativamente, en algunas realizaciones también puede haber sustancias sólidas y/o líquidas de transmisión de energía, por ejemplo, cuarzo. Por ejemplo, la abertura puede contar con una ventana de cuarzo.

Esto puede resultar útil en aquellos casos en los que se desee contener un gas inerte (por ejemplo, nitrógeno) en la cavidad. La ventana puede adoptar la forma de una lente. En este caso, la lente podrá distribuir la energía solar que incida sobre la misma, procedente del concentrador de energía solar, para que impacte sobre una mayor porción del captador de energía solar dentro de la cavidad. Puede ser una lente convexa. Puede ser una lente planoconvexa.

5 Puede ser de alguna otra forma adecuada. En el caso de que haya presente una ventana o lente en la abertura, podrá sellar o no sellar la abertura. El sellado tiene la ventaja de que se preserve la atmósfera dentro de la cavidad, sin embargo, la ausencia de sellado evita la acumulación de presión debido a la expansión térmica de los gases contenidos en la cavidad. Sin embargo, en muchas realizaciones la cavidad y la abertura contienen aire, y están abiertas a la atmósfera. En la Fig. 1 se muestra una forma adecuada para el medio de regulación de calor, que se describe en detalle más adelante en la presente memoria. El medio de regulación de calor puede tener un espesor de entre aproximadamente 10 y aproximadamente 1500 mm, o un espesor de entre aproximadamente 10 y 1000 mm, de entre 10 y 500 mm, de entre 10 y 250 mm, de entre 10 y 100 mm, de entre 10 y 50 mm, de entre 10 y 20 mm, de entre 20 y 500 mm, de entre 100 y 500 mm, de entre 200 y 500 mm, de entre 50 y 200 mm, de entre 50 y 100 mm, de entre 500 y 1500 mm, de entre 1000 y 1500 mm, de entre 500 y 100 mm, o de entre 100 y 200 mm, por ejemplo un espesor de aproximadamente 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 600, 700, 800, 900, 1000, 1100, 1200, 1300, 1400 o 1500 mm. El espesor del medio de regulación de calor puede depender del uso previsto del dispositivo captador. El medio de regulación de calor sirve para almacenar la entrada de energía solar, de manera que pueda hacerse frente a reducciones o interrupciones cortas en el suministro de energía solar al dispositivo, sin que se produzca una caída en la salida de energía del dispositivo o la caída sea leve. En algunas realizaciones tales interrupciones son del orden de segundos o minutos, por ejemplo, debido al paso de una nube entre el sol y el concentrador. En otras realizaciones tales interrupciones son del orden de horas, por ejemplo, debido a largas tormentas, o a la franja nocturna. El dispositivo de captación de energía solar puede proporcionar una salida de energía que no caiga más de aproximadamente un 20 %, o no más de aproximadamente un 10, 5, 2 o un 1 %, cuando se bloquee la energía solar incidente sobre el concentrador durante un periodo no superior a 1 minuto aproximadamente, o no superior a 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 o 10 minutos aproximadamente. Puede proporcionar una salida de energía que no caiga más de un 25 % aproximadamente, o no más de aproximadamente un 20, 15, 10 o un 5 % cuando se bloquee la energía solar incidente sobre el concentrador durante un periodo no superior a 2 horas aproximadamente, o no superior a 5, 10, 12, 14, 16, 18 o 20 horas aproximadamente. Cuanto más grueso sea el medio de regulación de calor, mayor será su masa térmica y, por consiguiente, más tiempo podrá soportar la interrupción en la entrada de energía sin sufrir una interrupción importante en la producción de energía. El bloqueo de la entrada de energía puede ser representativo de la franja nocturna (que supondrá un bloqueo prolongado), por ejemplo, o puede ser representativo del paso de una nube u otro obstáculo entre el sol y el concentrador de energía solar, o una parte del mismo, lo que supondrá un bloqueo de menor duración. En este último caso, la energía solar aún podrá alcanzar el concentrador, pero quizás no pueda enfocarse la misma en el captador debido a su naturaleza difusa (no direccional). Una instalación habitual puede comprender múltiples módulos de helióstato (concentradores de energía solar) y módulos de regulación (captadores solares), de manera que se aumente el tiempo durante el que podrá accionarse el dispositivo de captación de energía general al tiempo que se mantenga la salida requerida. Así, el medio de regulación de calor, el captador solar, el dispositivo de captación de energía solar y el sistema de captación de energía solar son capaces de regular el tiempo durante el que podrá emplearse la energía solar para generar electricidad, o para generar vapor.

En algunas aplicaciones será necesaria la producción de vapor sobrecalentado. En algunos casos, éste podrá generarse en un único dispositivo de captación de energía solar, tal como se describe en el presente documento. Sin embargo, para lograr este objetivo en algunos casos podría ser preferible utilizar dos o más de tales dispositivos, en serie. Por ejemplo, puede utilizarse un primer dispositivo para calentar el agua, para generar agua a alta temperatura. Ésta podrá utilizarse entonces a modo de fluido de entrada para un segundo dispositivo, que puede convertir el agua a alta temperatura en vapor. Éste podrá utilizarse a modo de fluido de entrada para un tercer dispositivo, en el que se sobrecaliente el vapor para generar vapor sobrecalentado. En algunos casos, esto puede lograrse con dos dispositivos en serie - un primer dispositivo para generar vapor y un segundo dispositivo para sobrecalentar el vapor.

50 El captador comprende un dispositivo de captación de energía en la cavidad interna, para aumentar la captación de energía solar. El dispositivo de captación de energía puede comprender acero inoxidable, o alguna otra sustancia térmica apropiada que pueda tolerar (es decir, que no se degrade química o físicamente, o se funda o se evapore) a la temperatura de operación del dispositivo, por ejemplo, de hasta aproximadamente 1000 °C, o de hasta aproximadamente 1500 o 2000 °C, por ejemplo, de aproximadamente 1000, 1100, 1200, 1300, 1400, 1500, 1600, 55 1700, 1800, 1900, 2000, 2100 o 2200 °C. El dispositivo de captación de energía puede tener un espesor de entre aproximadamente 1 y 10 mm, o un espesor de entre aproximadamente 1 y 5 mm, de entre 1 y 2 mm, de entre 2 y 10 mm, de entre 5 y 10 mm, de entre 2 y 8 mm, o de entre 4 y 7 mm, por ejemplo, de aproximadamente 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 o 10 mm. Puede tener la forma de una capa de la sustancia térmicamente conductora, situada sobre la pared de la cavidad. Puede cubrir una porción de la pared de la cavidad, o puede cubrir sustancialmente toda la pared de la cavidad. Puede cubrir al menos aproximadamente el 50 % del área de la cavidad, o al menos aproximadamente el 60, 70, 80, 90 o 95 % de la misma. Puede haber una capa protectora entre el dispositivo de captación de energía y la cavidad interna. La capa protectora puede estar situada sobre la superficie del dispositivo de captación de energía. Puede cubrir una porción de la superficie del dispositivo de captación de energía, o puede cubrir sustancialmente toda su superficie. Puede cubrir al menos aproximadamente el 50 % de la superficie del dispositivo

de captación de energía, o al menos aproximadamente el 60, 70, 80, 90 o 95 % del mismo. Puede tener un espesor de entre aproximadamente 1 y 200 micras, o un espesor de entre aproximadamente 1 y 100 micras, de entre 1 y 50 micras, de entre 1 y 20 micras, de entre 10 y 200 micras, de entre 50 y 200 micras, de entre 100 y 200 micras, de entre 50 y 100 micras, de entre 5 y 20 micras, de entre 50 y 150 micras, o de entre 100 y 150 micras, por ejemplo un espesor de aproximadamente 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 110, 120, 130, 140, 150, 160, 170, 180, 190 o 200 micras. Los materiales adecuados para un revestimiento superficial (capa protectora) sobre el dispositivo de captación de energía incluyen cualquier revestimiento superficial resistente a altas temperaturas. El dispositivo de captación de energía habitualmente está en contacto térmico y/o físico con el medio de regulación de calor. El revestimiento superficial puede ser cualquier material térmico, ignífugo o de plasma, tal como un metal (por ejemplo, aluminio, cromo, cobalto, níquel, o una aleación de cualquiera de los mismos), un óxido (por ejemplo, alúmina, cromia, circonia, o una combinación de dos o más de estos materiales), un carburo, o un nitruro (por ejemplo, nitruro de silicio, carburo de silicio, carburo de tungsteno o una combinación de dos o más de los mismos). El revestimiento superficial puede comprender la combinación de dos o más de las anteriores clases de materiales. Puede comprender metales, cerámicas y/o cerametales (un compuesto que comprende cerámica y metal). El revestimiento superficial puede tener una sola capa, o puede tener múltiples capas (por ejemplo, 2, 3, 4 o 5 capas). Cada una de las capas puede estar de acuerdo con lo descrito anteriormente, de manera independiente.

El dispositivo de captación de energía puede tener una superficie o revestimiento absorbente de energía. El revestimiento o superficie puede ser negro. Puede ser perfilado. Puede comprender una pluralidad de proyecciones conformadas y dispuestas de modo que reduzcan la reflexión de la radiación, para aumentar la absorción de la radiación solar incidente. Las proyecciones pueden ser microproyecciones. Pueden tener una longitud de entre aproximadamente 0,1 y 20 micras, o de entre aproximadamente 0,5 y 20 micras, de entre 1 y 20 micras, de entre 5 y 20 micras, de entre 0,1 y 10 micras, de entre 0,1 y 5 micras, de entre 0,1 y 1 micras, de entre 0,5 y 5 micras, de entre 1 y 5 micras, o de entre 1 y 10 micrómetros, por ejemplo de aproximadamente 0,1, 0,2, 0,3, 0,4, 0,5, 0,6, 0,7, 0,8, 0,9, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19 o 20 micras.

Así, en una realización, el captador tiene una forma de concha en capas que rodea una cavidad, comunicándose dicha cavidad con el exterior a través de una abertura. La capa adyacente a la cavidad puede ser un revestimiento superficial o capa protectora resistente a altas temperaturas. Detrás del revestimiento superficial, y en comunicación física y térmica con el mismo, hay una capa de captación de energía. Detrás de la capa de captación de energía, y en comunicación térmica y física con la misma, hay un medio de regulación de calor. Habitualmente, el medio de regulación de calor conformará el grueso (es decir, más del 50 % del volumen) del captador. Habitualmente, alrededor del medio de regulación de calor habrá una capa aislante.

El intercambiador de calor puede comprender una tubería de intercambio de calor, que puede tener la forma de uno o más tubos de intercambio de calor. La tubería de intercambio de calor está en contacto térmico con el medio de regulación de calor, opcionalmente embebida en el mismo. El diámetro interno de la tubería deberá estar dimensionado de manera que tenga capacidad para la transferencia de calor deseada. Puede tener un diámetro interno de entre 0,5 y 5 cm, o un diámetro interno de entre aproximadamente 0,5 y 2 cm, de entre 0,5 y 1 cm, de entre 1 y 5 cm, de entre 2 y 5 cm, o de entre 1 y 3 cm. La tubería deberá estar fabricada con un material que no se degrade, ablande o funda a la temperatura de operación del dispositivo. La tubería debe estar situada al menos a unos 10 mm de la superficie que recibe la energía solar desde el concentrador, o al menos a unos 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 o 1000 mm de la misma. Esto asegura la presencia de suficiente material de transferencia de calor entre la tubería de transferencia de calor y la superficie receptora (capa protectora y/o dispositivo de captación de energía), para proporcionar el efecto de almacenamiento requerido. Por lo tanto, cuanto mayor sea el almacenamiento de energía requerido (véase más arriba), deberá permitirse una mayor distancia entre la tubería de transferencia de calor y la superficie receptora. La tubería deberá tener un fluido de transferencia de calor en la misma. Los fluidos de transferencia de calor adecuados son térmicamente estables a la temperatura de operación del dispositivo, y preferentemente tendrán una elevada capacidad térmica. Habitualmente, el fluido de transferencia de calor utilizado en la presente invención es agua. En uso, el agua se calienta y podrá volatilizarse para formar vapor, que podrá utilizarse como fuente de energía, por ejemplo, para un generador de electricidad. En caso de que se utilice agua a modo de fluido de transferencia de calor, podrá ser agua con una elevada pureza, con el fin de minimizar la deposición de escamas cuando se volatilice. Puede tener una pureza de al menos aproximadamente un 99 %, o una pureza de al menos aproximadamente un 99,5 %, 99,9 %, 90-95 %, 99,99 %, 99,995 % o un 99,999 %. Puede purificarse antes de que entre en el intercambiador de calor. Las técnicas comunes de purificación, tales como la osmosis inversa, ultrafiltración, microfiltración, intercambio iónico, etc., son bien conocidas. Otros fluidos de transferencia de calor adecuados incluyen cualquier fluido orgánico o inorgánico capaz de soportar las temperaturas de operación requeridas. Algunos ejemplos incluyen bifenilo, óxido de bifenilo (éter difenílico), fluido de silicona (por ejemplo, polidimetilsiloxano), terfenilos parcialmente hidrogenados, fluidos de dibencilo tolueno, alquilbencenos, diarilalquil difeniletano, alquilaromáticos, éteres de diarilo y triarilmetanos, así como fluidos compuestos similares o relacionados o combinaciones de dos o más de los anteriores. Algunos ejemplos particulares son: terfenilo modificado, una mezcla de hidrocarburos sintéticos, un compuesto aromático sustituido por un alquilo, una mezcla de isopropil bifenilo, una mezcla de aromáticos sintéticos, terfenil/quaternfenilo, una mezcla de fenilciclohexano/biciclohexilo en proporción 90:10, y una mezcla eutéctica de óxido de bifenilo/difenilo (DPO). Muchos de éstos se comercializan, y también pueden utilizarse otros productos similares en la presente aplicación.

Resulta preferible que una capa térmicamente aislante rodee el medio de regulación de calor, al menos

parcialmente. Esto reduce las pérdidas térmicas desde el captador durante la operación. La capa aislante puede comprender un sólido térmicamente aislante, que tenga poros y/o huecos. Preferentemente, los poros y/o huecos contendrán un gas inerte o no oxidante en su interior, tal como nitrógeno, helio, argón, neón, o una mezcla de cualquiera de dos o más de los mismos. La presencia de tal gas servirá para reducir la oxidación a altas temperaturas del dispositivo de transferencia de calor, de los tubos de transferencia de calor, del material aislante, etc. Los materiales aislantes adecuados pueden soportar las temperaturas de operación del dispositivo. Incluyen cualquier material fibroso o poroso o con partículas de cerámico. Pueden incluirse tubos y válvulas para suministrar el gas al aislamiento y, opcionalmente, para eliminar el gas del aislamiento. Así, el gas puede fluir a través del aislamiento. Alternativamente, puede efectuarse un sellado en el aislamiento. En algunas realizaciones, la capa térmicamente aislante comprende al menos un vacío parcial con el fin de aislar el medio de regulación de calor. En este caso, puede mantenerse a una presión absoluta inferior a 0,1 atmósferas aproximadamente, o inferior a 0,05, 0,02, 0,01, 0,005, 0,002 o 0,001 atmósferas aproximadamente. La atmósfera de la contención (es decir, en la capa térmicamente aislante) puede mantenerse a una presión ligeramente superior a la presión atmosférica, de manera que un fallo en el sello de contención resulte en un flujo de salida del gas de la atmósfera de contención, en lugar de resultar en la entrada de aire. La exclusión de oxígeno protege contra la corrosión los componentes para altas temperaturas del captador solar. El captador solar está provisto de una válvula de entrada, para permitir la entrada del gas protector, y de una válvula de escape para descargar el gas si la presión de contención se eleva por encima de los límites de diseño. El equilibrio entre la admisión del gas protector y el escape de la atmósfera de contención puede conseguirse mediante la monitorización de la presión de contención, y mediante el uso de esta señal para permitir que el sistema de control establezca las posiciones de entrada y de escape de la válvula. El gas protector (es decir, inerte) puede mantenerse en la capa aislante y, también opcionalmente, en el medio de regulación de calor, opcionalmente también en el dispositivo de captación térmica.

El captador solar puede comprender una carcasa, que rodee el material de regulación de calor. La carcasa puede sellarse contra el dispositivo de captación de energía para formar un recinto sustancialmente estanco a gases, que rodee el medio de regulación de calor y, si está presente, la capa de aislamiento térmico. Debe comprenderse que, en la práctica, la carcasa (que está dispuesta alrededor del exterior del captador solar) no formará un sistema completamente sellado en combinación con el dispositivo de captación de energía (que habitualmente recubre la superficie interior de la abertura y la cavidad), y que pueden producirse fugas menores. Por esta razón, el sistema de gas inerte mantiene el gas inerte dentro del recinto del dispositivo de captación de energía/carcasa ligeramente por encima de la presión atmosférica, de manera que las posibles fugas se produzcan fuera del recinto en lugar de dentro del recinto. Si se introdujera aire en el recinto, podría entrar en contacto con el medio de regulación de calor. En el caso de que dicho aire comprenda carbono o un material carbonoso (por ejemplo, grafito), esto podría causar oxidación a la temperatura de operación del captador, dando lugar a la pérdida y/o degradación del medio de regulación de calor. Otros medios de regulación de calor adecuados, tales como el carburo de silicio, pueden requerir igualmente una protección contra el oxígeno. Así, en una disposición de uso habitual, cuando se detecta en el recinto una presión inferior a un umbral predeterminado, se abrirá una válvula conectada a la fuente de gas inerte para introducir una breve ráfaga de flujo de gas inerte en el recinto. Esto será suficiente para elevar la presión por encima del umbral predeterminado, momento en el que se cerrará la válvula de nuevo. Un procedimiento alternativo, aunque menos preferido, es mantener un flujo de gas inerte constante y muy bajo dentro del recinto, suficiente para mantener la presión en el interior dentro de un intervalo deseado.

La abertura del captador puede estar rodeada por un reborde que comprenda un material de reborde para altas temperaturas. Este material sirve para proteger y contener el material de transferencia de calor. Deberá ser capaz de resistir las altas temperaturas de operación del dispositivo, y preferentemente será un aislante térmico. Algunos materiales adecuados incluyen carburo de silicio y tejidos a base de alúmina, tungsteno, molibdeno, alúmina, circonia, circonio, aluminosilicatos, opcionalmente en forma fibrosa o espumada, y mezclas de cualquiera de dos o más de los mismos.

Debajo de la carcasa puede estar situada una pantalla protectora separada, para proteger la superficie inferior de la carcasa contra la energía térmica, lo cual puede ser útil en aquellos casos en los que la focalización de la radiación solar desde el concentrador de energía solar no sea suficiente para dirigir toda la energía solar hacia la abertura. La pantalla protectora deberá tener una abertura de pantalla protectora cuyo tamaño sea al menos igual que el de la abertura que conduce a la cavidad, y estar alineada con la misma, para permitir que la energía solar concentrada entre en la cavidad. Una pantalla protectora adecuada tendrá forma troncocónica, con un ángulo muy pequeño con respecto a la horizontal, representando la porción decapitada del cono la abertura de la pantalla protectora. Habitualmente, el ángulo será de entre aproximadamente 1 y 15 grados, o de entre aproximadamente 1 y 10 grados, de entre 5 y 10 grados, de entre 10 y 15 grados, de entre 7 y 12 grados, de entre 1 y 5 grados, de entre 1 y 3 grados, de entre 3 y 7 grados, de entre 5 y 7 grados, o de entre 3 y 5 grados, por ejemplo, de aproximadamente 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14 o 15 grados. La distancia entre la pantalla protectora y la porción inferior de la carcasa puede ser de entre aproximadamente 2 y aproximadamente 50 cm en su punto más cercano, o de entre aproximadamente 2 y 20 cm, de entre 2 y 10 cm, de entre 2 y 5 cm, de entre 5 y 10 cm, de entre 5 y 20 cm, de entre 20 y 50 cm, o de entre 10 y 40 cm, por ejemplo de aproximadamente 2, 3, 4, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45 o 50 cm. Puede ser suficientemente grande para permitir un flujo de aire razonable entre la carcasa y la pantalla protectora, para evitar el sobrecalentamiento de la carcasa. Puede ser suficientemente pequeña para que no interfiera sustancialmente con la focalización de la energía solar en la abertura. Puede tener rebordes, habitualmente

rebordes radiales. Estos ayudan a fortalecer la pantalla protectora. También pueden servir para mejorar la pérdida de calor de la pantalla protectora, para mantenerla a una temperatura tan baja como sea posible. La pantalla protectora puede fabricarse, por ejemplo, con acero, por ejemplo, acero dulce. Puede tener un aislamiento térmico sobre la misma. El aislamiento térmico puede ser por ejemplo un aislamiento de fibra cerámica, o algún otro aislamiento adecuado. Puede tener un espesor de entre aproximadamente 10 y aproximadamente 100 mm (o de entre aproximadamente 10 y 50 mm, de entre 10 y 20 mm, de entre 50 y 100 mm, o de entre 40 y 80 mm, por ejemplo, un espesor de aproximadamente 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 o 100 mm), o más grueso si es necesario.

En algunos casos puede haber una pantalla protectora interior, que se extienda hasta aproximadamente el nivel superior del soporte que soporta el medio de regulación de calor. Como se describe en otra parte del presente documento, el medio de regulación de calor puede soportarse, por ejemplo, con ladrillos cerámicos. Es preferible que la energía solar no incida sobre el dispositivo de captación de energía en un punto adyacente a estos ladrillos. De este modo, una pantalla protectora interior puede proteger el dispositivo de captación de energía en esta zona. La pantalla protectora interior puede ser, por ejemplo, de acero inoxidable. Puede tener un aislamiento térmico sobre la misma. El aislamiento térmico puede ser, por ejemplo, como el descrito anteriormente en la pantalla protectora. Puede haber un espacio entre la pantalla protectora interior y el dispositivo de captación de energía. El espacio puede ser de entre aproximadamente 2 y aproximadamente 50 cm en su punto más cercano, o de entre aproximadamente 2 y 20 cm, de entre 2 y 10 cm, de entre 2 y 5 cm, de entre 5 y 10 cm, de entre 5 y 20 cm, de entre 20 y 50 cm, o de entre 10 y 40 cm, por ejemplo, de aproximadamente 2, 3, 4, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45 o 50 cm. Esto permite el movimiento de aire entre la pantalla protectora interior y el dispositivo de captación de energía, para reducir el calentamiento del dispositivo de captación de energía en esta zona. La pantalla protectora interior puede estar inclinada hacia dentro, hacia su porción inferior. En algunos casos, la pantalla protectora interior será contigua a la pantalla protectora situada debajo de la abertura, para formar una única pantalla protectora que proteja tanto la porción inferior del captador como una porción inferior del dispositivo de captación de energía.

El concentrador puede comprender una lente. Puede comprender un reflector. Puede comprender una pluralidad de lentes. Puede comprender una pluralidad de reflectores. Puede comprender un conjunto de reflectores. En el caso de que el concentrador comprenda una pluralidad de reflectores o una pluralidad de lentes, todos ellos pueden tener aproximadamente el mismo punto focal, o pueden estar dispuestos de manera que reflejen y/o focalicen la luz hacia la misma zona. Pueden estar dispuestos de manera que reflejen y/o focalicen la luz hacia la cavidad del captador. El reflector, o cada uno de los mismos, puede ser un espejo plano o puede ser un reflector cóncavo. Puede ser (cada uno de ellos puede ser independientemente) un reflector cóncavo esférico o parabólico, por ejemplo.

El dispositivo puede comprender un dispositivo de seguimiento, para desplazar el concentrador para proporcionar energía solar concentrada en el captador. Tales dispositivos de seguimiento son conocidos. Puesto que el sol cambia de posición durante el transcurso del día, resulta ventajoso que el concentrador se desplace de manera correspondiente de modo que, cuando la energía solar incida sobre el concentrador, se dirija la misma hacia el captador. El dispositivo de seguimiento puede comprender un detector, para detectar el ángulo del sol. Puede comprender uno o más motores para desplazar el concentrador. Puede comprender un procesador para determinar, a partir del ángulo del sol detectado por el detector, el/los ángulo/s requerido/s para que el concentrador dirija la energía solar al captador (es decir, hacia la abertura del mismo). El procesador puede generar una o más señales dependientes de dicho/s ángulo/s determinado/s del concentrador, y enviar dicha/s señal/es al uno o más motores para hacer que los motores desplacen el concentrador, para dirigir la energía solar hacia la abertura del captador.

En algunas realizaciones el dispositivo de seguimiento puede desplazar el concentrador hasta una posición adecuada, para suministrar la energía solar concentrada a la abertura del receptor, empleando cálculos predeterminados en función de la posición pronosticada del sol. En tales realizaciones el dispositivo de seguimiento puede comprender un procesador (por ejemplo, un ordenador) para calcular, a partir de una posición pronosticada del sol (que incluya el amanecer diario), la posición requerida del concentrador. El procesador también puede ser capaz de predecir la posición del sol para calcular la posición requerida del concentrador. El procesador también puede medir la tasa de insolación de un día a otro, y a partir de esos datos calcular el número de concentradores que será necesario activar de un día a otro, para lograr las necesidades de salida de energía deseadas de un sistema. Tales cálculos tendrán en cuenta las variaciones estacionales de las tasas de insolación.

La posición de los espejos puede ajustarse sobre la base de un algoritmo que prediga la posición del sol, en un momento dado del día para la posición geográfica particular. Cada heliostato, o espejo de seguimiento solar, tiene su propia trayectoria individual. Esta trayectoria de seguimiento puede programarse en el controlador de cada poste de heliostato. El controlador de módulo puede instruir a los heliostatos para que sigan al comienzo de su ciclo operativo, y para que se estacionen (es decir, que regresen a una orientación de no captación) al final del ciclo operativo. Alternativamente, la trayectoria de seguimiento de cada heliostato puede incorporarse en el controlador de módulo con las instrucciones de control emitidas centralmente.

El controlador de módulo también puede instruir a los heliostatos para que se estacionen, por ejemplo, para que se desplacen a una posición casi horizontal, si la velocidad del viento aumenta por encima de un nivel preestablecido. Esto evita daños en los heliostatos en caso de altas velocidades del viento.

Los heliostatos toman como objetivo el centro de la abertura situada en la base del captador solar, y suministran la energía solar dentro de la cavidad. La temperatura de la interfaz entre la cavidad y el medio de regulación de calor puede medirse por medio de una serie de termopares, que pueden insertarse a través del medio de regulación de calor en la superficie del dispositivo de captación de energía, en la pared de la cavidad. Si la temperatura del medio de regulación de calor aumenta por encima del nivel de diseño (por ejemplo, aproximadamente 800 °C) entonces el controlador de módulo puede enviar instrucciones de seguimiento a un número (por ejemplo, alrededor de incrementos del 10 % del campo) de heliostatos, para que focalicen en un punto (por ejemplo, del cielo) alejado del captador solar. Si la temperatura continúa subiendo, entonces el controlador de módulo puede enviar instrucciones de seguimiento a más heliostatos para que también se alejen del captador solar. El controlador de módulo puede repetir este ciclo hasta que se obtenga el control y la temperatura deje de subir.

Una ventaja de enviar instrucciones de seguimiento a los heliostatos para que focalicen en una posición del cielo es que, si surge la necesidad, puede devolverse los mismos rápidamente al modo operativo.

El controlador de módulo puede predecir las horas de salida y/o puesta del sol (o pueden programarse en el mismo). Esto permite al controlador de módulo enviar señales a algunos de los heliostatos, o a todos ellos, para que se preparen para el comienzo de la insolación al amanecer, o para que inicien la captación de energía solar una vez que el sol haya alcanzado una elevación adecuada, por ejemplo, aproximadamente 1 hora después del amanecer, cuando la tasa de insolación sea suficientemente elevada. También puede permitir que el controlador de módulo envíe señales a los heliostatos para que regresen a las orientaciones de no captación cuando cese la insolación, al ponerse el sol.

El captador puede montarse por encima del suelo. Puede montarse a una altura de entre aproximadamente 5 y aproximadamente 50 m por encima del suelo, o al menos aproximadamente a 15 m o al menos aproximadamente a 20 m por encima del suelo, o entre aproximadamente 5 y 10 m, entre 5 y 7 m, entre 7 y 20 m, entre 10 y 20 m, entre 15 y 20 m, entre 10 y 15 m, o entre 8 y 12 m por encima del suelo, por ejemplo aproximadamente a 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19 o 50 m por encima del suelo. Esto resulta particularmente conveniente en aquellos casos en los que el concentrador comprende reflectores. En este caso, los reflectores pueden situarse cerca del suelo y el captador puede montarse a una altura suficiente para que la energía solar reflejada de todos los reflectores pueda dirigirse eficazmente hacia el captador, en particular de manera que uno o más concentradores no proyecten sombras sobre uno o más concentradores. El dispositivo de captación de energía solar puede comprender una estructura de soporte, sobre la que se monte el captador. La estructura de soporte puede ser una torre, o un pedestal, puntal o poste. Deberá ser suficientemente fuerte como para soportar el peso del captador, incluso bajo condiciones de fuerte viento.

El intercambiador de calor del captador solar puede acoplarse a un generador de electricidad de manera que, en uso, la energía solar incidente sobre el concentrador se convierta en energía eléctrica. El generador de electricidad puede ser una turbina. Puede ser una turbina accionada por vapor. La turbina de vapor puede operar con presiones de agua/vapor de entre aproximadamente 10 y aproximadamente 200 bar (o de entre 10 y 50 bar, o de entre 50 y 100 bar, o de entre 20 y 80 bar, o de entre 20 y 50 bar, o de entre 50 y 80 bar, o de entre 100 y 200 bar, o de entre 50 y 150 bar) y temperaturas de hasta aproximadamente 600 °C. Una turbina de gas operará a temperaturas más altas de hasta 1100 °C a presiones más bajas. Así, en la Fig. 2 se ilustra un dispositivo de acuerdo con la presente invención. En referencia a la Fig. 2, se aplican las siguientes numeraciones: 21 es un conjunto de heliostatos; 22 es una torre/bloque de grafito; 23 es una isla de potencia de turbina de vapor y generador; 24 es un transformador y una conexión de red; y 25 es una planta de tratamiento de acumulador/agua. Por lo tanto, la energía solar incide sobre un concentrador (conjunto 21 de heliostatos), que concentra la energía solar térmica en la abertura del captador (torre/bloque de grafito 22) para su distribución dentro del captador. Esta energía térmica se mantiene entonces en el medio de regulación durante breves periodos de tiempo (segundos, minutos), si su función es la de reserva para hacer frente a las fluctuaciones naturales de la entrada de energía de modo que no fluctúe la salida del intercambiador de calor, o durante largos periodos de tiempo (horas, días) si su función es la de regulación para la disponibilidad de energía bajo demanda. La energía térmica calienta entonces un fluido de transferencia de calor, que se hace pasar luego hasta un generador de electricidad (isla de potencia turbina de vapor-generador 23). La electricidad generada por el generador 23 puede hacerse llegar a un transformador para la red eléctrica (24). Desde la planta 25 de tratamiento de agua se proporciona agua pura (o al menos agua con una alta pureza) al captador 22, a modo de fluido de transferencia de calor.

Aunque un módulo de captador solar y heliostatos puede producir vapor sobrecalentado, un sistema de captación de energía solar habitualmente comprende una serie de tales módulos, conectados en serie o en paralelo, o como una combinación de estas disposiciones. En la Fig. 2A se amplía el concepto representado en la Fig. 2, para ilustrar cómo puede operar un sistema representativo.

Con respecto a la Fig. 2A, se aplica la siguiente numeración:

- 31: depósito de agua purificada;
- 32: bomba de agua de alimentación;
- 33: captador estándar;
- 34: captador estándar (que se usa para el sobrecalentamiento);

- 35: bomba de atemperación de agua;
- 36: turbina de vapor;
- 37: generador;
- 38: transformador;
- 39: condensador refrigerado por aire.

5

La velocidad de producción del vapor depende de la diferencia de temperatura entre un bloque regulador (es decir, el medio de regulación de calor) y el fluido de transferencia de calor contenido en la tubería de intercambio de calor. Si la energía del captador se ha agotado o se ha descargado (desde el intercambiador de calor) y, de forma simultánea, no se produce una entrada de energía al captador solar, entonces deberá disminuirse el caudal del fluido de transferencia de calor para mantener la calidad del vapor producido. Dado que habitualmente el sistema cuenta con varios captadores solares, cualquier pérdida de rendimiento de uno o más captadores puede compensarse poniendo en uso más captadores.

10

En un momento dado, la temperatura no será la misma en todas las áreas dentro de los captadores y no todos los captadores presentarán la misma temperatura media y, por lo tanto, mediante la programación apropiada del sistema de control pueden ponerse en uso bloques reguladores (captadores) adecuados, para mantener las condiciones de salida de vapor requeridas.

15

Una disposición adecuada de captadores solares, que se muestra en la Fig. 2A, comprende una serie de captadores conectados en paralelo (por ejemplo, los captadores 33) y luego combinados en serie (por ejemplo, los captadores 33 y 34), y después comprende la salida de los grupos resultantes conectada en paralelo con un colector común 34M. Esta disposición está diseñada para proporcionar redundancia al sistema en su conjunto.

20

Así, en el sistema 30 de la Fig. 2A se proporciona el depósito 31 como fuente de agua purificada para los captadores del sistema. La bomba 32 está acoplada a la salida del depósito 31, y proporciona agua al colector 33M de entrada. El colector 33M de entrada está acoplado a una serie de módulos. Éstos pueden presentar una construcción similar, como se indica en la Fig. 2A, o pueden presentar diferentes construcciones. En la Fig. 2A, cada módulo comprende dos captadores 33 de acuerdo con la invención, cuyos intercambiadores de calor están conectados en paralelo al colector 33M. Las salidas de los colectores 33 están acopladas, para poder dirigir su salida combinada directamente al colector 34M de salida o bien a la entrada del intercambiador de calor del colector 34. Puede proporcionarse una válvula (no mostrada) para dirigir la salida de los colectores 33, según se desee. La salida del colector 34 está acoplada al colector 34M. El colector 34M de salida está acoplado a la turbina 36 de vapor, que está acoplada al generador 37 de electricidad que, a su vez, está acoplado al transformador 38. Se proporciona una bomba de atemperación 35 para extraer agua desde el depósito 31, calentada o no calentada, para combinarla con agua caliente o vapor del colector 34M. El condensador 39 se proporciona para condensar el vapor de la turbina 36. En la Fig. 2A, cada uno de los módulos se muestra con dos captadores 33 en paralelo. En la práctica, pueden ser más captadores (por ejemplo, 3, 4, 5, o más de 5) o puede ser un único captador 33. De manera similar, en la Fig. 2A se muestra que cada módulo presenta un solo captador 34, sin embargo, en la práctica puede haber más de un captador (por ejemplo, 2, 3, 4 o 5) conectados en paralelo. Las válvulas de los diferentes módulos, que dirigen la salida de los módulos 33 ya sea al colector 34M o al captador 34, pueden controlarse de manera individual. Los diversos componentes del sistema, que en particular incluyen estas válvulas y la bomba de atemperación 35, pueden controlarse mediante un sistema de control (que comprenda, por ejemplo, un ordenador o un controlador lógico programable o PLC), que no se muestra en la Fig. 2A.

25

30

35

40

Así, durante la operación del sistema 30 se bombea agua purificada desde el depósito 31 hasta el colector 33M, por medio de la bomba 32. Desde el colector 33M, el agua pasa hacia los intercambiadores de calor de los captadores 33, donde recibe la energía térmica de los medios de regulación de calor de los mismos para generar un flujo de agua o vapor caliente. Esto se dirige a continuación al colector 34M de salida, ya sea directamente o tras pasar primero a través del intercambiador de calor del captador 34, para calentar adicionalmente el agua/vapor. El resultado de esto es que el agua y/o el vapor a alta temperatura pasa al colector 34M. En algunos casos, la temperatura de dicho vapor será superior a la deseada para la operación eficiente de la turbina 36. En este caso, puede combinarse el agua no calentada del depósito 31 con el vapor en el colector 34, por medio de la bomba de atemperación 35. De esta manera, se utiliza vapor a la temperatura óptima para operar la turbina 36, que acciona el generador 37 para generar electricidad que pasa al transformador 38, antes de que se dirija la misma según sea necesario para el uso. Después de su uso en la turbina 36, el vapor pasa hacia el condensador 39, que de manera adecuada puede ser un condensador enfriado por aire, para condensar el vapor y formar agua líquida que se almacenará en el depósito 31, para su reutilización. En algunos casos puede proporcionarse un purificador (no mostrado) en la línea, para eliminar los contaminantes del agua que puedan haberse introducido durante el proceso anterior antes de devolver el agua purificada al depósito 31. Resulta obvio claro que pueden proporcionarse válvulas de regulación de presión en varios puntos a través del sistema 30, para controlar la presión del vapor en el sistema. Esto permite controlar el estado del agua/vapor según se desee.

45

50

55

Esta disposición puede ponerse en uso para producir vapor a la presión operativa de la turbina de vapor o, alternativamente, puede elevarse la presión de agua de alimentación de manera que los módulos 33 produzcan agua que esté por encima de 100 °C, y esté próxima a su temperatura de ebullición a dicha presión. A continuación, puede reducirse la presión en el fluido resultante, antes de que entre en el intercambiador de calor del tercer captador 34 del grupo. Cuando se reduce la presión, el líquido hierve vigorosamente (es decir, se volatiliza

60

rápidamente) y se produce un fluido binario que consiste en agua y vapor calentados. Este fluido binario se introduce entonces en el intercambiador de calor del captador 34, para producir vapor sobrecalentado para su uso en un proceso o para accionar una turbina de vapor.

5 Cada uno de los captadores del sistema 30 puede tener termopares embebidos en el medio de regulación de calor del mismo. Esto permite al sistema de control determinar cuál será la temperatura de salida del captador particular. En una configuración representativa que se muestra en la Fig. 2A, dos o más captadores 33 y 34 están conectados en paralelo y/o en serie y, por lo tanto, si la temperatura del medio de regulación de calor es alta, entonces el sistema de control predecirá los parámetros para el fluido resultante y establecerá la presión operativa del intercambiador de calor, ya sea a baja presión para producir vapor o a presión elevada para producir agua caliente.

10 Si se produce vapor, entonces este fluido puede enviarse al colector 34M de vapor para su mezcla con la salida de los grupos en paralelo. El vapor de salida del colector 34M de vapor puede atemperarse, si es necesario, mediante la pulverización de agua en la tubería de vapor por medio de la bomba 35, para lograr las condiciones de vapor requeridas para el vapor de proceso o para la turbina 36 de vapor. Mediante la programación apropiada del sistema de control puede mantenerse un nivel deseable de operación combinada de la serie de captadores requeridos, de la temperatura del vapor y de la calidad del vapor (temperatura, presión) que requieren el proceso o la turbina 36 de vapor.

15

Puede combinarse una pluralidad de dispositivos de captación de energía solar como los anteriormente descritos, en un sistema de captación de energía solar. En un sistema de este tipo, los dispositivos están acoplados de manera que generen una única salida de energía del sistema. La Fig. 3 muestra representaciones informáticas de dicho sistema.

20

Los dispositivos de captación de energía solar pueden conectarse en serie. Por lo tanto, el fluido de transferencia de calor puede pasar desde un primer dispositivo hasta un segundo dispositivo y, opcionalmente, a dispositivos posteriores. En cada dispositivo se transfiere más energía al fluido de transferencia de calor, aumentando de este modo su temperatura o haciendo que se volatilice, o ambas cosas. De este modo, el fluido de transferencia de calor que sale del dispositivo final tendrá una gran cantidad de energía, y será adecuado para la generación eficiente de electricidad o para otro uso. A continuación, puede hacerse llegar el mismo a un generador de electricidad o a alguna otra aplicación para el fluido de transferencia de calor caliente. En la Fig. 4 se ilustran dos sistemas de este tipo. En el sistema 40 de la Fig. 4, unos dispositivos 42a a 42c están conectados en serie. Cada dispositivo 42 comprende un concentrador solar 44 (que comprende múltiples reflectores), que está enfocado sobre un correspondiente captador 46 (es decir, el 44a sobre el 46a, el 44b sobre el 46b y el 44c sobre el 46c). Una fuente 48 de agua (por ejemplo, un depósito) proporciona agua al sistema, y se proporciona un purificador 50 para purificar el agua de la fuente 48. Los purificadores adecuados son bien conocidos y pueden comprender, por ejemplo, uno o más elementos de purificación por ósmosis inversa, microfiltración, ultrafiltración, adsorción por carbón activado, intercambio iónico, floculación/sedimentación y otros elementos de purificación conocidos. Una salida 52 proporciona vapor de proceso a un dispositivo capaz de usar el mismo. Así, en uso, se hace pasar el agua procedente de la fuente 48 al purificador 50, donde se purifica hasta alcanzar un nivel de pureza deseado. La energía solar incide sobre los concentradores 44 y se hace llegar a los captadores 46, calentando así un medio de regulación de calor contenido en los captadores 46 a una temperatura de operación deseada. A medida que el agua del purificador 50 pasa secuencialmente a través de los captadores 46c, 46b y 46a, se va calentando para generar vapor a una temperatura y presión deseadas. Dicho vapor sale del sistema 40 a través de la salida 52, según se requiera.

25

30

35

40

De manera similar, el sistema 60 comprende unos dispositivos 62a a 62c conectados en serie. Cada dispositivo 62 comprende un concentrador solar 64 (que comprende múltiples reflectores), enfocado sobre un correspondiente captador 66 (es decir, el 64a sobre el 66a, el 64b sobre el 66b, y el 64c sobre el 66c). Se proporciona un purificador 70 para purificar el agua del sistema. Anteriormente se han descrito purificadores adecuados. El generador 72 se proporciona para generar electricidad a partir del vapor procedente de los dispositivos 62, y se proporciona una línea 74 para transferir la electricidad generada hasta un destino adecuado. Se proporciona un condensador 76 para condensar el vapor procedente del generador 72, antes de la purificación del mismo. Así, en uso, el agua del purificador 70 pasa al captador 66c. Desde los reflectores 64a a 64c se refleja la energía solar, calentando así los captadores 66a a 66c hasta su temperatura de operación, habitualmente superior a 600 °C. A medida que el agua pasa a través del intercambiador de calor del captador 66c, se va calentando y el agua calentada se hace llegar hasta el captador 66b, donde se calienta adicionalmente. Luego pasa al captador 66a, donde recibe su energía de entrada final. En alguna de las etapas de este proceso de calentamiento (dependiendo de factores tales como el volumen de fluido, el caudal de fluido, la energía solar incidente, el número y la eficiencia de los reflectores, etc.), el agua se convertirá en vapor y se sobrecalentará el mismo. El vapor sobrecalentado resultante pasará al generador 72, donde se utilizará para generar electricidad que se emitirá desde el sistema, a través de la línea 74. El vapor se condensa en un condensador 76, y se hará regresar al purificador 70 para eliminar cualquier impureza que pueda haberse introducido en el agua. El agua purificada resultante se devolverá entonces a los dispositivos 62a, 62b, 62c, como se ha descrito anteriormente. En la Fig. 4 sólo se muestran tres captadores en serie, sin embargo, resultará evidente que pueden utilizarse otras cantidades de captadores, ya sea en paralelo o en serie, o en una combinación de los mismos.

45

50

55

60

Así, en una disposición alternativa, los dispositivos están conectados en paralelo. En este caso, puede hacerse

llegar agua a cada captador, y el agua (o el vapor) calentados resultantes pueden combinarse y suministrarse a un único generador, para generar electricidad, o a otro dispositivo adecuado para utilizar el agua o el vapor calentados. En esta disposición es importante que los dispositivos sean eficientes a la hora de calentar el fluido de transferencia de calor, ya que cada dispositivo deberá elevar por sí solo la temperatura del fluido de transferencia de calor a la temperatura de uso.

La Fig. 5 es una gráfica del módulo de prueba de los inventores, en el que la insolación solar se mide como insolación incidente sobre una superficie horizontal, y demuestra la acción de regulación del sistema. Este gráfico compara la respuesta a la insolación de dos de los termopares en los bloques reguladores. Un termopar está en la interfaz entre el medio de regulación de calor y el dispositivo de captación de energía, mientras que el otro está situado adyacente a las tuberías del intercambiador de calor. En la línea horizontal de insolación del gráfico pueden observarse los dramáticos cambios en la tasa de insolación. La diferencia de temperaturas entre la posición adyacente a la entrada solar y las tuberías del intercambiador de calor representa la manera en la cual el sistema de regulación puede proporcionar un suministro ininterrumpido de vapor, con una calidad correcta.

La invención también proporciona un procedimiento para captar y regular la energía solar. De este modo, se configura un único dispositivo de captación, o un sistema de captación que comprenda una serie de tales dispositivos, según lo descrito anteriormente, de modo que pueda recibir energía solar. Se permite entonces que la energía solar incida sobre el concentrador del dispositivo, o sobre los concentradores del sistema. Esta energía se concentra y/o focaliza entonces mediante el/los concentrador/es, y se dirige la energía concentrada/focalizada al/a los captador/es. En particular, se dirige hacia la/s abertura/s del/los captador/es para captar la energía solar concentrada a través de las capas de protección y de captación. Estas capas no retienen cantidades sustanciales de energía térmica, sin embargo, son capaces de captar y transmitir la energía para calentar el medio de regulación de calor. El medio de regulación de calor calentado puede entonces transferir el calor hasta un fluido de transferencia de calor, contenido en el intercambiador de calor, permitiendo de este modo transferir la energía cuando se requiera.

Un aspecto importante de la invención es el hecho de que la gran masa térmica del medio de regulación de calor permite regular las fluctuaciones en la energía solar incidente, para generar una salida relativamente constante de fluido de transferencia de calor calentado en caso de que sea necesario. Tales fluctuaciones pueden ser a corto plazo, por ejemplo, debido a una nube que pase frente al sol, o pueden ser más largas, por ejemplo, debido a la noche. La capacidad del sistema para absorber e incluso regular tales fluctuaciones depende de la masa térmica del medio de regulación de calor. Así, cuanto más grande sea la masa térmica del fluido de transferencia de calor (es decir, cuanto mayor sea su masa y mayor sea su capacidad calorífica) y menor sea la velocidad de disipación de calor (es decir, cuanto menor sea el caudal de fluido de transferencia de calor), mayor será la capacidad del dispositivo/sistema para absorber fluctuaciones más agudas y/o más largas en la energía solar incidente.

La invención también proporciona un procedimiento para generar electricidad. Una vez que se ha captado la energía solar y se ha transferido a través del medio de regulación de calor a un fluido de transferencia de calor, como se ha descrito anteriormente, puede hacerse pasar el fluido de transferencia de calor calentado a uno o más generadores para hacer que el uno o más generadores conviertan la energía térmica en electricidad. En algunas realizaciones, el fluido de transferencia de calor se calienta hasta el punto en el que se evapore, y opcionalmente se sobrecaliente. El vapor resultante puede utilizarse para accionar una turbina, para generar electricidad. Son bien conocidos y están documentados otros procedimientos varios para convertir el fluido calentado en electricidad. Como se ha indicado anteriormente, los dispositivos de captación pueden conectarse en paralelo o en serie, o algunos pueden ponerse en paralelo y algunos en serie (por ejemplo, pueden conectarse en serie grupos de más de un dispositivo que estén conectados en paralelo). Un fluido de transferencia de calor adecuado es el agua, que puede convertirse en vapor. El vapor puede entonces sobrecalentarse, y puede mantenerse a presión antes de su uso para generar electricidad. La temperatura del vapor puede ser superior a 100 °C, pero puede sobrecalentarse por lo menos a 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 600, 700, 800, 900 o 1400 °C, o aproximadamente entre 150 y 1200 °C, entre 200 y 1200 °C, entre 500 y 1200 °C, entre 1000 y 1200 °C, entre 150 y 1000 °C, entre 150 y 500 °C, entre 500 y 1000 °C, o entre 250 y 1000 °C, por ejemplo aproximadamente a 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 550, 600, 650, 700, 750, 800, 850, 900, 950, 1000, 1050, 1100, 1150 o 1200 °C. El vapor puede estar a una presión de hasta aproximadamente 200 bar, o de hasta aproximadamente 150, 100, 50, 20 o 10 bar, o de entre aproximadamente 1 y aproximadamente 200 bar, o aproximadamente de entre 5 y 200 bar, de entre 10 y 200 bar, de entre 20 y 200 bar, de entre 50 y 200 bar, de entre 100 y 200 bar, de entre 1 y 100 bar, de entre 1 y 50 bar, de entre 1 y 20 bar, de entre 1 y 10 bar, de entre 5 y 100 bar, de entre 5 y 50 bar, de entre 5 y 20 bar, de entre 10 y 100 bar, de entre 50 y 100 bar, o entre 10 y 50 bar, por ejemplo aproximadamente 1, 2, 3, 4, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 110, 120, 130, 140, 150, 160, 170, 180, 190 o 200 bar. En algunos casos, el vapor puede estar a una presión superior a aproximadamente 200 bar, por ejemplo, de hasta aproximadamente 300, 400 o 500 bar, o aproximadamente de entre 200 y 500 bar, de entre 300 y 500 bar, de entre 200 y 400 bar, o de entre 300 y 400 bar, por ejemplo, de aproximadamente 250, 300, 350, 400, 450 o 500 bar. En las plantas comerciales supercríticas generalmente se utilizan presiones de hasta 350 bar. El captador solar de la presente invención normalmente se opera de modo que el medio de regulación de calor esté a una temperatura de entre aproximadamente 400 y aproximadamente 1000 °C, o aproximadamente de entre 400 y 800 °C, de entre 400 y 600 °C, de entre 500 y 1000 °C, de entre 500 y 800 °C, o de entre 600 y 800 °C, por ejemplo de aproximadamente 400, 450, 500, 550, 600, 650, 700, 750, 800, 850, 900, 950 o 1.000 °C. Habitualmente, cuando se inicia la operación, la porción inferior de la cavidad se calentará más rápidamente que la porción superior. Esto se debe a que la energía solar incidirá

- directamente sobre las zonas inferiores del dispositivo de captación de energía, ya que la energía solar se refleja en la cavidad con un ángulo. Las zonas superiores del dispositivo de captación de energía se calentarán en parte por la conducción térmica a través del medio de regulación de calor y del dispositivo de captación de energía, en parte por la reflexión de la energía solar dentro de la cavidad, y en parte por la convección de gas calentado dentro de la cavidad. Como la tubería de intercambio de calor habitualmente está presente a todo lo alto del medio de regulación de calor, la energía térmica total transferida al fluido de transferencia de calor contenido en la tubería de intercambio de calor no se verá afectada sustancialmente por este fenómeno. Si es necesario, puede ajustarse la temperatura del medio de regulación de calor durante el uso, mediante la alteración del caudal del fluido de transferencia de calor a través de la tubería de intercambio de calor embebida en el mismo.
- 5
- 10 La presente invención está diseñada para abordar las desventajas del hecho de que la energía solar sólo esté disponible durante las horas de luz diurna, y también el problema de las variaciones en la calidad de salida (a medida que pasen nubes, por ejemplo). La invención se refiere a la generación de energía térmica solar. Se refiere a la regulación de la conversión de la energía solar para asegurar una producción consistente de la calidad de la energía convertida, y para permitir también la producción de la misma en cualquier momento según la demanda.
- 15 En el presente documento se desvela un dispositivo que puede absorber la energía solar concentrada, reflejada desde una serie de espejos que siguen la posición del sol, y permite regular el tiempo de uso de la energía térmica solar, con fines tales como el calentamiento o generación de electricidad, utilizando un sistema de generación de vapor incorporado en el dispositivo.
- 20 En algunas realizaciones, la presente invención utiliza la tecnología de un sistema de captación con múltiples torres. Sin embargo, en lugar de contar con una unidad de captadores/caldera en cada torre (como se ha utilizado anteriormente), cada torre cuenta con una unidad de captador/regulador/caldera. De esta manera, la energía térmica se mantiene en un medio de regulación de calor en el punto de captación, habitualmente un medio de regulación de calor termoconductor sólido, hasta que sea necesario utilizar la misma para su conversión a electricidad u otros fines. Esto evita la necesidad de convertir inmediatamente la energía térmica en electricidad, o de tener que transferir la misma a un sistema de regulación mediante fluido. En realizaciones particulares, puede extraerse la energía térmica contenida en un captador solar de acuerdo con la invención para su transferencia a un fluido de trabajo de un intercambiador de calor, en comunicación térmica con el medio de regulación de calor, y convertirla en energía eléctrica, pudiendo utilizarse un ciclo de Rankine (orgánico o de vapor), un ciclo de Brayton, un ciclo de Camot, generación termoiónica, generación termo-fotovoltaica, generación magnetohidrodinámica o un proceso termodinámico similar para convertir energía térmica en energía de trabajo (es decir, energía eléctrica). Cuando haya 2 o más captadores solares de la invención (por ejemplo, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 6, 17, 18, 19, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 60, 70, 80, 90, o 100 o más), el fluido de trabajo calentado de cada captador podrá combinarse en un captador único en proporciones iguales o no iguales, para formar un fluido de trabajo combinado calentado antes de convertir en energía eléctrica (ca o cc) el calor del fluido de trabajo calentado combinado. El fluido de trabajo calentado (o fluido de trabajo combinado calentado) puede pasar a través de un atemperador, para enfriarlo a una temperatura deseada antes de convertir en energía eléctrica (ca o cc) el calor del fluido de trabajo calentado combinado. El aparato de conversión de calor en energía eléctrica puede comprender una o más turbinas, o combinaciones de turbina/s y generador/es, que también pueden comprender sistemas compresores, sistemas condensadores y/o sistemas refrigerantes como apreciarán los expertos en la materia a la hora de implementar un proceso termodinámico particular. El proceso termodinámico puede ser un proceso de circuito cerrado o un proceso de circuito abierto. En realizaciones particulares, la conversión de energía térmica en energía eléctrica podrá llevarse a cabo en más de un proceso termodinámico, en las que por ejemplo se convierta en energía eléctrica parte de la energía térmica a través de un primer proceso termodinámico, por ejemplo un proceso termodinámico de circuito abierto tal como como un proceso en ciclo de Brayton, y cualquier energía térmica residual del primer proceso podrá convertirse posteriormente en energía eléctrica a través de un segundo proceso termodinámico, por ejemplo un proceso termodinámico de circuito cerrado tal como un proceso en ciclo de Rankine. Por supuesto, se apreciará que el primer termodinámico y cualquier proceso termodinámico posterior podrían ser los mismos procesos, en los que en una etapa principal se convierta en energía eléctrica una primera parte de la energía térmica, y cualquier posible energía térmica residual de la etapa anterior pueda convertirse en unas posteriores etapas secundaria, terciaria, cuaternaria, etc., según sea necesario.
- 25
- 30
- 35
- 40
- 45
- 50
- 55 En una realización ejemplar, la conversión de calor a energía eléctrica puede efectuarse, al menos inicialmente, en una disposición de motor térmico en ciclo de circuito abierto. En esta disposición, el motor térmico en ciclo de Brayton comprende un compresor para comprimir un fluido de trabajo gaseoso de circuito abierto, que se transfiere a un segundo intercambiador de calor que comprende tubos en los que la energía térmica se transfiere al fluido de trabajo gaseoso comprimido en ciclo de circuito abierto, desde un primer fluido de trabajo calentado contenido en los mismos. En un captador solar de la invención, el primer fluido de trabajo se calienta mediante un primer intercambiador de calor que está en comunicación térmica con un medio de regulación de calor, para recuperar el calor almacenado en el medio de regulación de calor, comprendiendo el primer intercambiador de calor tubos para calentar el primer fluido de trabajo contenido en los mismos. Un compresor puede estar operativamente acoplado con el intercambiador de calor, para comprimir el primer fluido de trabajo antes de su calentamiento. El fluido de trabajo gaseoso calentado en ciclo de circuito abierto se transfiere entonces a una turbina de gas, que está acoplada con un generador de electricidad, en la que la energía térmica del fluido de trabajo gaseoso calentado en ciclo de Brayton se convierte en energía eléctrica, habitualmente mediante la expansión del fluido de trabajo gaseoso
- 60

calentado en ciclo de circuito abierto, que proporciona un accionamiento giratorio a un eje conectado al generador. Por ejemplo, el primer fluido de trabajo puede ser un fluido vaporoso, por ejemplo, vapor, o un fluido gaseoso tal como un gas inerte (por ejemplo, Ar, He, Ne) o un gas no inerte (por ejemplo, aire o nitrógeno). El primer fluido de trabajo puede comprimirse (por ejemplo, a 1,1-30 bar, o a 1,1-20 bar, o a 1,1-10 bar, o a 1,1-5 bar, o a 2-10 bar, o a 3-8 bar, o a 4-8 bar) o no comprimirse. El fluido de trabajo en ciclo de circuito abierto puede ser, por ejemplo, o un fluido gaseoso tal como un gas inerte (por ejemplo, Ar, He, Ne) o un gas no inerte (por ejemplo, aire o nitrógeno), y puede comprimirse (por ejemplo, a 1,1-30 bar, o a 1,1-20 bar, o a 1,1-10 bar, o a 1,1-5 bar, o a 2-10 bar, o a 3-8 bar, o a 4-8 bar) o no comprimirse. Cualquier calor residual en el fluido de trabajo en ciclo de circuito abierto puede transferirse posteriormente a una etapa secundaria de conversión de calor. Por ejemplo, el calor residual en el fluido de trabajo en ciclo de circuito abierto puede extraerse opcionalmente a través de un intercambiador de calor adicional, y almacenarse opcionalmente en un medio de almacenamiento térmico (por ejemplo, grafito sintético o grafito no sintético). El intercambiador de calor adicional puede estar acoplado con la etapa de conversión de calor secundaria. En una disposición ejemplar, la etapa de conversión de calor secundaria puede ser un sistema termodinámico de circuito cerrado, tal como un motor térmico en ciclo de Rankine.

Por lo tanto, la invención se extiende a una planta de producción de electricidad, opcionalmente durante las horas punta, que comprenda uno o más captadores solares (por ejemplo 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 60, 70, 80, 90 o 100 o más captadores solares) de acuerdo con la invención, comprendiendo cada captador solar un medio de regulación de calor, un (primer) intercambiador de calor que comprende tubos de evaporación o calentamiento de un (primer) fluido de trabajo contenidos en los mismos, estando los tubos en comunicación térmica con el medio de regulación de calor para recuperar el calor almacenado en el medio de regulación de calor. El calor puede recuperarse desde el medio de regulación de calor durante los periodos de demanda máxima de electricidad, o en otras ocasiones según se requiera. El primer fluido de trabajo calentado de cada captador puede combinarse en un captador único, en proporciones iguales o diferentes, para formar un fluido de trabajo calentado combinado antes de convertir en energía eléctrica (ca o cc) el calor del fluido de trabajo combinado calentado. El primer fluido de trabajo calentado de cada captador puede combinarse en proporciones iguales o diferentes, con el fin de producir un fluido de trabajo calentado a temperatura y presión constantes. El fluido de trabajo calentado (o el fluido de trabajo combinado calentado) puede hacerse pasar a través de un atemperador, para enfriarlo a una temperatura deseada antes de alcanzar el grafito no sintético en el que se ha almacenado calor, de acuerdo con la invención. Con el fin de mejorar la eficacia del medio de recuperación asociado con un captador solar de la invención, el vapor puede sobrecalentarse en tubos de sobrecalentamiento que también estén en comunicación térmica con el medio de regulación de calor (por ejemplo, grafito sintético o grafito no sintético). Los tubos y los tubos de sobrecalentamiento pueden ser tubos continuos, por ejemplo, tal como se utilizan en un sistema "de generador de vapor de paso único". Cuando haya más de un captador solar, el vapor de cada captador puede combinarse en proporciones iguales o diferentes en un captador único, para formar un vapor de salida combinado a presión y temperatura constantes o sustancialmente constantes.

Por lo tanto, la invención puede extenderse a una planta de producción de vapor que comprenda uno o más captadores solares (por ejemplo 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 60, 70, 80, 90 o 100 o más captadores solares) de acuerdo con la invención, que comprendan un medio de regulación de calor, un (primer) intercambiador de calor que comprende tubos de evaporación o de calentamiento de un (primer) fluido de trabajo contenido en los mismos, estando los tubos en comunicación térmica con el medio de regulación de calor para recuperar o extraer calor almacenado en el medio de regulación de calor. El calor puede recuperarse o extraerse del medio de regulación de calor durante periodos de demanda máxima de vapor, o en otras ocasiones según se requiera. La planta también puede comprender un segundo intercambiador de calor que comprenda tubos que comprendan un segundo fluido de trabajo en los mismos, de modo que el segundo fluido de trabajo del segundo intercambiador de calor se vea calentado por el primer fluido de trabajo calentado contenido en los tubos que están en comunicación térmica con los tubos del segundo calor intercambiador de calor (comprendiendo el captador solar un medio de regulación de calor, un intercambiador de calor y un primer fluido de trabajo que están en un sistema de circuito cerrado). El sistema de circuito cerrado puede comprender un refrigerador para enfriar el primer fluido de trabajo, una vez que haya salido del segundo intercambiador de calor. El sistema de circuito cerrado puede comprender un compresor, para comprimir el primer fluido de trabajo tras el enfriamiento. El segundo fluido de trabajo puede ser agua/vapor (cuando el producto final sea vapor o se utilice una turbina de vapor para generar electricidad), o un gas inerte o no inerte (cuando se utilice una turbina de gas o una turbina de gas reactiva para generar electricidad). En algunas realizaciones, el primer fluido o primeros fluidos de trabajo puede/n ser agua/vapor o un gas (inerte o no inerte). En uso, se calienta el primer fluido de trabajo (que puede ser un primer fluido de trabajo comprimido cuando se trate de un gas) en los tubos del (primer) intercambiador de calor como consecuencia de su comunicación térmica con un medio de regulación de calor (por ejemplo, grafito sintético o grafito no sintético) en el que se ha almacenado calor de acuerdo con la invención, y dicho calor se transfiere al segundo fluido de trabajo en el que se convierte en vapor o, si ya está en forma de vapor, eleva la temperatura de dicho vapor, como se ha descrito anteriormente, o, si es un gas (gas inerte o no inerte), eleva la temperatura del gas. Cuando hay más de un captador solar, el primer fluido de trabajo de cada captador puede combinarse en proporciones iguales o diferentes en un captador único, para formar un primer fluido de trabajo de salida combinado con presión y temperatura constantes, o sustancialmente constantes, para producir desde el segundo intercambiador de calor un vapor o un gas calentado a presión y temperatura constantes o sustancialmente constantes.

La invención puede extenderse alternativamente a una planta de producción de vapor o de un gas caliente, que comprenda uno o más captadores solares (por ejemplo 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 60, 70, 80, 90 o 100 o más captadores solares) de acuerdo con la invención, comprendiendo cada captador solar un medio de regulación de calor, un intercambiador de calor que comprende tubos para evaporar o calentar un fluido de trabajo contenido en los mismos, estando los tubos en comunicación térmica con el medio de regulación de calor para recuperar el calor almacenado en el medio de regulación de calor. El calor puede recuperarse del medio de regulación de calor durante los periodos de demanda máxima de vapor, o en otras ocasiones según se requiera. El fluido de trabajo puede ser agua/vapor, de modo que, en uso, el fluido de trabajo se caliente en los tubos del intercambiador de calor que están en comunicación térmica con el medio de regulación de calor (por ejemplo, grafito sintético o grafito no sintético), en el que se ha almacenado calor de acuerdo con la invención, en el que se convierte en vapor o, si ya está en forma de vapor, se eleva la temperatura de dicho vapor tal como se ha descrito anteriormente, de tal manera que el vapor pueda salir de la planta para su uso en una aplicación deseada. Antes de darse salida al mismo, el vapor puede combinarse en proporciones iguales o diferentes en un captador con vapor generado en otra ubicación (por ejemplo, en otro captador solar de acuerdo con la invención, o en un aparato de almacenamiento de calor que comprenda un medio de regulación de calor, un intercambiador de calor que comprenda tubos de evaporación o de calentamiento de un fluido de trabajo contenido en los mismos, estando los tubos en comunicación térmica con el medio de regulación de calor para recuperar el calor almacenado en el medio de regulación de calor, y una o más resistencias eléctricas asociadas operativamente con el medio de regulación de calor para calentar el mismo – algunos ejemplos de tales aparatos de almacenamiento de calor se describen en el documento WO2005088218, cuyo contenido se incorpora por referencia cruzada). El vapor del captador solar de la invención puede combinarse con vapor de otra fuente, en proporciones iguales o diferentes, con el fin de suministrar vapor a una presión y temperatura constantes. El fluido de trabajo puede ser un gas inerte o no inerte. Un captador solar de la invención puede comprender un captador, para comprimir el gas inerte o no inerte. Un captador solar de la invención puede comprender un refrigerador, para enfriar el gas inerte o no inerte. El gas inerte o no inerte puede enfriarse antes de comprimir el mismo. El gas inerte o no inerte puede comprimirse, por ejemplo, a 1,1-30 bar, o a 1,1-20 bar, o a 1,1-10 bar, o a 1,1-5 bar, o a 2-10 bar, o a 3-8 bar, o 4-8 bar. El vapor puede generarse por contacto térmico del agua/vapor, que pasa a través de un segundo intercambiador de calor, con el gas inerte o no inerte calentado del intercambiador de calor en el medio de regulación de calor. Después de pasar el gas inerte o no inerte a través del segundo intercambiador de calor, puede entonces enfriarse, comprimirse y reciclarse de vuelta al intercambiador de calor en el medio de regulación de calor.

A lo largo de la memoria descriptiva y las reivindicaciones, el término "fluido de trabajo" se utiliza indistintamente con el término "fluido de transferencia de calor".

El uso del medio de regulación de calor, situado entre el receptor solar y los intercambiadores de calor, sirve para regular el flujo de energía térmica desde la cavidad del receptor solar hasta los intercambiadores de calor, regulando así los efectos de las fluctuaciones en la entrada de energía solar, tales como nubes que pasen entre el sol y el captador, y asegurando que la energía de salida permanezca relativamente constante. Esto favorece la operación eficiente de la planta de generación. Dependiendo de la cantidad utilizada de medio de regulación, la función de regulación puede operar durante segundos, minutos, horas o días.

Por lo tanto, la invención abarca la posibilidad tanto de una baja capacidad de regulación del dispositivo, para cubrir la pérdida o reducción a corto plazo de la entrada de energía solar, como de una elevada capacidad de regulación que pueda proporcionar energía térmica solar de forma continua, por ejemplo, durante la noche cuando no haya sol. En ambos casos, el dispositivo puede proporcionar una salida de energía al mismo tiempo que recibe la energía.

Una característica importante del presente dispositivo es que el regulador de energía está situado en el punto de captación. Esto proporciona una alta eficiencia.

Una característica adicional de este sistema es que puede ser modular. En cada módulo, la unidad de receptor solar/regulador/caldera tiene un tamaño tal que puede soportarse sobre una estructura de torre de bajo coste, a entre aproximadamente 5 y aproximadamente 100 m por encima del suelo, o entre aproximadamente 15 y aproximadamente 100 m por encima del suelo, o a entre aproximadamente 15 y aproximadamente 50 m por encima del suelo, para absorber durante un día la energía reflejada desde aproximadamente 1000 m² de heliostatos, por ejemplo. Con el fin de obtener una central eléctrica con un requisito de salida particular, estos módulos pueden disponerse lado a lado en una formación de rejilla sobre el suelo, y luego conectarse entre sí antes de conectarlos a un generador de turbina de vapor. Por lo tanto, teóricamente no hay tamaño límite para la central eléctrica que puede crearse con estos módulos, conectados entre sí.

Los sistemas de heliostatos con las características de concentración solar y las capacidades de sistema de control de seguimiento requeridas para operar con la invención están comercialmente disponibles.

En una realización particular, la presente invención comprende tres componentes, que pueden contenerse dentro de una caja y situarse encima de una torre. Estos son:

- un receptor solar (capa de acumulación de energía solar), que está abierto en la parte inferior de la caja (la abertura) de modo que los rayos solares concentrados puedan pasar a través de la abertura, entrar en la cavidad

del receptor solar e incidir sobre el lado de cavidad del receptor solar.

- una masa sólida de un medio de regulación de calor, situada dentro de la caja y en contacto directo con la superficie interna del receptor solar.
- un intercambiador de calor tubular, situado dentro de la caja en contacto térmico con el medio de regulación de calor, a cierta distancia de la pared de la cavidad del receptor solar, a través del cual puede hacerse pasar un fluido para extraer la energía térmica del medio sólido.

La caja en la que están ubicados estos componentes puede fabricarse con acero dulce, y el receptor solar está unido en la abertura a la caja de tal manera que forme parte de la carcasa y haga que la carcasa sea continua, estando así sellada la caja frente a la atmósfera. Puede proporcionarse en la caja un gas inerte y/o una atmósfera a baja presión para inhibir, o preferentemente prevenir, la oxidación de cualquiera de los componentes que, de otro modo, podría producirse a temperaturas elevadas.

Todos los componentes funcionales de la caja se aíslan térmicamente con respecto a la carcasa usando materiales aislantes, excepto el medio de regulación, que está en contacto directo con la carcasa del receptor solar dentro de la abertura.

A continuación, se ofrece una descripción de cada uno de los componentes anteriores:

El receptor solar se fabrica con una aleación especial de acero inoxidable, resistente a las altas temperaturas. Está conformado de tal manera que minimice los efectos de una nueva irradiación de energía térmica que se fugue a través de la abertura tras haber sido absorbida en el medio de regulación, cuando la temperatura dentro de dicho medio exceda la temperatura ambiente. El medio de regulación de calor se fabrica de manera que forme una envuelta alrededor de la cavidad receptora. El espesor de esta envuelta determina la capacidad de regulación térmica del sistema. La cantidad de energía del sistema es proporcional a la masa del medio de regulación, y a la capacidad calorífica del medio.

Deseablemente, el medio de regulación es un material con propiedades que incluyan la capacidad de soportar temperaturas muy altas (hasta 1200 °C), que presente una conductividad térmica alta (superior a 100 W/m²/K), que sea térmicamente estable (que no modifique su forma a altas temperaturas), que presente una baja emisividad (bajos niveles de radiación térmica que impliquen pérdidas de lo almacenado), que presente un calor específico alto (la relación entre el calor suministrado a la unidad masa de una sustancia y el consiguiente aumento de su temperatura), que sea químicamente inerte de modo que no reaccione con los demás materiales del sistema, y que no sea tóxico ni peligroso de modo que presente un peligro mínimo para los trabajadores o el medio ambiente.

Algunos materiales que poseen estas propiedades incluyen materiales con un alto contenido de carbono, tales como grafito, carbono puro y carbones duros (antracita), sílice, carburo de silicio, etc., o combinaciones de estos materiales, tales como mezclas de materiales a base de carbono y metales altamente conductores (cobre, oro, aluminio). Otros materiales adecuados incluyen hierro fundido, acero, aluminio, cobre, alúmina, sílice, aluminosilicatos, carburo de silicio, nitruro de silicio, ladrillos refractarios, cromita, magnetita, hormigón refractario denso, óxidos metálicos tales como óxido de berilio, óxido de magnesio, óxido de calcio, óxido de estroncio, óxido de osmio, trióxido de lantano, trióxido de itrio, trióxido de escandio, dióxido de titanio, dióxido de circonio, dióxido de hafnio, pentóxido de tantalio, pentóxido de niobio, alúmina, sílice, óxido de níquel, y otros materiales inorgánicos tales como nitruro de silicio, carburo de silicio, carburo de tantalio, carburo de titanio, carburo de tungsteno, carburo de circonio, nitruro de aluminio, boruro de circonio, espinela, mullita, forsterita, arcilla, dolomita, magnesita, porcelanas de alta alúmina, porcelanas de alta magnesia, silimanita, cianita, silicato de circonio y mezclas de dos o más cualesquiera de los materiales anteriores.

El espesor de la envuelta del medio de regulación alrededor del receptor solar puede ser tan delgado como 40-50 mm, lo que proporcionará una atenuación de la transferencia de energía desde el receptor solar a los intercambiadores de calor, para cubrir las fluctuaciones y las interrupciones a corto plazo (del orden de segundos a minutos) en la entrada de energía solar, o puede ser un espesor de 200-1000 mm que, dependiendo de la masa total del medio de regulación, podrá proporcionar energía de salida durante varias horas o días.

El sistema de intercambiador de calor está embebido en el medio de regulación de calor, pero en los bordes exteriores de la envuelta del material de medio de regulación. El intercambiador de calor puede estar compuesto por una tubería de una aleación rica en níquel o de una aleación de acero inoxidable que pueda soportar temperaturas de hasta 1000 °C y presiones de 200 bar, aunque no necesariamente ambas al mismo tiempo.

La tubería de intercambio de calor está diseñada para producir vapor utilizando el ciclo de vapor de una pasada. En este sistema, que se utiliza habitualmente en las plantas de cogeneración de vapor, el agua de alimentación se precalienta y bombea directamente en la tubería de intercambio de calor, embebida en el bloque. El agua hierve, sufre el cambio de fase de agua a vapor saturado, luego se sobrecalienta en su totalidad en el tramo de tubería, antes de volver a emerger como vapor sobrecalentado en la condición requerida para accionar una turbina de vapor, habitualmente a entre aproximadamente 150 °C y aproximadamente 550 °C y a entre aproximadamente 10 bar y aproximadamente 80 bar.

Alternativamente, los intercambiadores de calor del medio de regulación pueden estar conectados en series de 1, 2,

3, 4 o más, extrayéndose la energía progresivamente como agua caliente a presión muy elevada, habitualmente aproximadamente a 300 °C y a 200 bar de presión, y convirtiéndola después en vapor mediante la reducción de la presión, para crear vapor una vez que haya salido de los primeros bloques y utilizar luego el calor de los últimos bloques en serie para el sobrecalentamiento, antes de que el vapor alcance la turbina. De esta manera, pueden minimizarse los costes y pérdidas asociados con el transporte del fluido de transferencia de calor entre las unidades de almacenamiento/caldera y la turbina.

Como se ha explicado anteriormente, puede utilizarse un sistema de acuerdo con la invención para producir vapor. Puede usarse cualquier fluido de trabajo adecuado para extraer energía térmica del calor almacenado. La siguiente descripción es ilustrativa de un sistema adecuado.

El controlador de estación se programa para la temperatura, presión y caudal de vapor requeridos. El controlador de estación controla la presión de entrada de agua y determina cuáles de los reguladores solares individuales (dispositivos de captación de energía solar) se emplearán para la producción de vapor. El controlador de la estación utilizará tantos reguladores térmicos solares como sea necesario para lograr la temperatura y cantidad de vapor requeridas. El controlador de estación recibe información sobre la temperatura media desde el controlador de módulo de cada regulador térmico solar individual, y está programado para predecir la velocidad a la que cada bloque particular producirá vapor. El controlador de estación decide qué reguladores térmicos solares se pondrán en uso y, partiendo de la temperatura media del bloque, está programado para determinar la tasa de disminución de la salida de vapor.

También está presente un atemperador de vapor, que utiliza agua pulverizada en la línea de vapor, antes de que se envíe el vapor a un requerimiento del proceso o a una turbina de vapor y el controlador de estación pueda hacer un ajuste final a la temperatura del vapor, para asegurarse de que es la requerida. El controlador de estación recibe el caudal de agua desde el controlador de módulo para cada regulador térmico solar y para el atemperador de vapor. El controlador de estación determina el flujo total procedente de estas fuentes, para confirmar que la cantidad final total de vapor es la requerida. El controlador de estación evalúa continuamente el flujo de vapor, y predecirá cuándo será necesario iniciar el siguiente regulador térmico solar.

El controlador de módulo está programado para introducir agua en el intercambiador de calor, embebido dentro del regulador térmico solar, a una velocidad tal que el vapor producido esté dentro del intervalo predeterminado para la temperatura del vapor. Si la temperatura del vapor es demasiado alta, entonces el agua se introducirá a una mayor velocidad. Por lo tanto, cada regulador térmico solar puede tener un controlador de caudal para controlar el caudal de agua.

A medida que se extrae la energía del medio de regulación de calor, y como resultado disminuye la temperatura del mismo, se disminuirá la velocidad a la que se introduce agua en el intercambiador de calor, para mantener la temperatura de salida del vapor dentro del intervalo predeterminado para la temperatura del vapor. El controlador de módulo gestiona la producción de vapor para el regulador térmico solar individual, manteniendo la producción de vapor dentro del intervalo de temperatura predeterminado mediante el control de la velocidad a la que se introduce el agua en el intercambiador de calor embebido. El controlador de módulo está programado para ajustar la velocidad de introducción del agua, en función de la temperatura media del material de regulación de calor. El controlador de módulo abre o cierra la válvula de control, para asegurar que se mantenga la temperatura de vapor requerida. El caudal variable se mide en un medidor de flujo, y el controlador de módulo envía dicho caudal al controlador de estación.

Dado que con el tiempo la producción de vapor de un regulador térmico solar individual disminuirá, para mantener una salida constante del sistema general, se utilizan múltiples reguladores. Potencialmente, los reguladores a mayor temperatura podrán producir vapor en la franja superior del intervalo predeterminado de temperaturas, mientras que los reguladores a menor temperatura podrán producir vapor en la franja inferior del intervalo predeterminado. El controlador de estación aprovecha la diferente salida de los reguladores individuales.

En la Fig. 1 se muestra un captador para su uso en un dispositivo de captación de energía solar de acuerdo con la presente invención. Las principales características del concentrador de la Fig. 1 son:

1. Capa 1 de captación de energía - funciona como un receptor solar y está configurada para definir una cavidad dentro del captador solar. La capa de captación de energía está construida con acero inoxidable, y recubierta con una capa protectora (no mostrada) que comprende un material protector.
2. Medio sólido 2 de regulación de calor, que presenta un elevado calor específico, una tolerancia a las altas temperaturas, una alta conductividad térmica, una baja emisividad, es térmicamente estable, no tóxico y presenta un bajo riesgo ambiental.
3. Tubería 3 de intercambio de calor, embebida en la matriz del medio 2 de regulación de calor,
4. Material aislante 4, que rodea el medio 2 de regulación de calor para reducir las pérdidas de calor.
5. Válvula 5 de suministro y control de gas inerte, para suministrar gas inerte al material aislante 4 para reducir o minimizar la oxidación térmica.
6. Sistema 6 de válvulas de control de entrada de agua de alimentación. Se proporciona con el fin de alimentar un fluido de transferencia de calor a la tubería 3 de intercambio de calor.

7. Sistema 7 de válvulas de control y salida de vapor/agua caliente. Se proporciona para permitir que el fluido de transferencia de calor calentado (ya sea en forma de líquido o de vapor) salga del captador para su uso, por ejemplo, para generar electricidad.

8. Material aislante poroso 8 (por ejemplo, ladrillos aislantes), para soportar el medio 2 de regulación.

5 9. Abertura 9 al receptor/captador solar. Habitualmente el concentrador (no mostrado en la Fig. 1) focalizará energía dentro de la abertura 9, de manera que se proporcione la máxima energía disponible a la cavidad.

10. Carcasa 10 de acero dulce del captador. Rodea el aislamiento 4.

10 11. Pantalla protectora térmica 11, construida con un material de reborde para altas temperaturas alrededor de la abertura 9. Se proporciona para evitar daños a los materiales circundantes debido a las altas temperaturas generadas alrededor de la abertura, debido a la concentración de energía solar en dicha zona.

12. Estructura 12 de soporte de acero para caja. Está aislada con respecto al medio 2 de regulación de calor por el aislamiento poroso 8, y puede utilizarse para montar el captador sobre una torre.

En uso, la energía solar procedente del concentrador se focaliza en la abertura 9. Luego pasa dentro del captador e incide en la capa 1 de captación de energía. La capa protectora situada sobre la capa 1 mejora la absorción de la energía solar, y también puede inhibir una nueva irradiación de la energía que escape del captador. La capa 1 de captación de energía transfiere la energía solar en forma de calor al medio 2 de regulación de calor, que calienta el fluido de transferencia de calor en la tubería 3 de intercambio de calor. Como se ha indicado anteriormente, debido a la elevada masa térmica del medio 2, se regulan las fluctuaciones de energía solar que entran en la abertura 9 de manera que pueda proporcionarse un suministro constante de fluido de transferencia de calor calentado. El suministro 5 de gas inerte suministra gas inerte al aislamiento 4, para evitar o inhibir la oxidación de materiales en el captador. El aislamiento 4 reduce la pérdida de calor desde el medio 2 de regulación de calor hacia el exterior, y está contenido en la carcasa 10 de acero dulce en pos de la integridad estructural. El fluido de transferencia de calor calentado sale del captador a través de la salida 7. A continuación puede utilizarse directamente para fines de calentamiento, o puede convertirse en electricidad usando medios convencionales.

25 Las Figs. 6 a 8 muestran fotografías de la invención, o porciones de la misma. Así, la Fig. 6 muestra una torre que tiene un captador solar de acuerdo con la invención y un concentrador de energía solar, que comprende un conjunto de espejos para concentrar energía sobre el captador solar. Las Figs. 7 y 8 muestran vistas más cercanas del captador, en las que se mira hacia arriba hacia la cavidad.

La Fig. 9 muestra un captador solar de acuerdo con la invención, que presenta las siguientes especificaciones:

30 Dimensiones 2,8 m * 2,8 m * 2,8 m

Peso aproximado 14-15 toneladas (bruto); aproximadamente 10 toneladas (contenido de grafito)

Capacidad de almacenamiento térmico 11,5 GJ (3,2 MWhth)

Capacidad de salida térmica hasta 1500 kW

Tasa de entrada térmica máxima 500 kW a 1000 °C

35 Servicio nominal habitual de la caldera (puede variar): capacidad de generación de agua caliente (en la salida), presión de 150 bar absolutos (máximo 200 bar absolutos), temperatura de 280 °C (máximo 320 °C); capacidad de generación de vapor (en la salida), presión de 40 bar absolutos (máximo 50 bar absolutos), temperatura de 400 °C (máximo 550 °C)

Las características de la presente invención incluyen:

- 40
- La elevación del bloque regulador sobre una torre permite alcanzar altas temperaturas.
 - La invención proporciona una alta densidad de regulación térmica y una eficiente generación de electricidad;
 - Un sistema de regulación térmica totalmente integrado en el punto de captación proporciona una alta eficiencia;
 - El diseño modular facilita la ampliación, una construcción sencilla y un despliegue fácil.

En una forma, la invención proporciona un sistema de captación solar que comprende:

45 una pluralidad de placas de un medio de regulación de calor, de grafito, dispuestas alrededor de una cavidad y en contacto con un dispositivo de captación de energía;

un concentrador de energía solar para concentrar los rayos del sol, para calentar el dispositivo de captación de energía y, de este modo, calentar el medio de regulación de calor;

50 un primer intercambiador de calor situado al menos parcialmente en el interior o en proximidad del medio de regulación de calor, para recuperar la energía calorífica del medio de regulación de calor mediante un fluido de transferencia de calor; y

un circuito de fluido de transferencia de calor para transferir el calor del fluido de transferencia de calor a un segundo intercambiador de calor, para generar vapor.

55 En otra forma, la invención proporciona un procedimiento de captación de energía solar y de recuperación de energía térmica, comprendiendo dicho procedimiento:

disponer una pluralidad de placas de un medio de regulación de calor, de grafito, alrededor de una cavidad y de forma que hagan contacto con un dispositivo de captación de energía a calentar;

concentrar los rayos solares para calentar el dispositivo de captación de energía y, de este modo, calentar el

medio de regulación de calor;

recuperar la energía calorífica del medio de regulación de calor, mediante un fluido de transferencia de calor; y transferir el calor del fluido de transferencia de calor a un intercambiador de calor, para generar vapor.

5 El medio de regulación de calor de grafito puede ser un medio de regulación de calor de grafito sintético. El medio de regulación de calor de grafito puede ser un medio de regulación de calor de grafito no sintético. La Fig. 11 muestra la construcción de un captador solar de acuerdo con la presente invención. Así, las placas 1110 (sólo se indican dos específicamente, aunque la figura muestra un gran número de las mismas) se muestran apiladas en los cuatro lados de una abertura cuadrada 1120, que está revestida con un dispositivo de captación de energía (no mostrado). Por simplicidad, las placas 1110 se muestran con una forma aproximadamente rectangular, sin embargo, como se muestra en la Fig. 10, la forma real es algo más compleja. El conjunto de placas 1110 se sitúa dentro de una carcasa 1130, y la zona entre las placas 1110 y la carcasa 1130 se llena con un material aislante, habitualmente un material aislante fibroso o poroso. La ilustración A de la Fig. 11 muestra una vista en perspectiva del captador, y la ilustración B muestra una sección transversal tomada por X-X'. La ilustración B muestra la placa superior 1140 (que necesariamente tendrá una forma y tamaño diferentes a los de las placas laterales 1110), que se asienta encima del dispositivo de captación de energía que recubre la abertura 1120. La ilustración B también muestra la disposición de las tuberías de intercambio de calor dentro del conjunto de placas 1110. Como puede observarse, las tuberías de intercambio de calor encajan dentro de unas cavidades (por ejemplo, con la referencia 1150) que están formadas por dos ranuras coincidentes de dos placas adyacentes. En cada cara del conjunto de placas hay dos tuberías de intercambio de calor paralelas. Éstas se han etiquetado con los números 1160 y 1165 para el conjunto de placas de la derecha, en la ilustración B. Debe comprenderse que otras porciones de tubería (sin marcar) situadas más arriba en el conjunto también están conectadas a las mismas. Las conexiones para fluido entre estas tuberías están situadas en espacios en las esquinas del ensamblaje, etiquetadas por ejemplo con el número 1170 en la ilustración A, aunque por fines de simplicidad las conexiones no se muestran explícitamente (se muestran en las figuras posteriores). Los extremos inferiores de estas tuberías están conectados a un anillo principal (no mostrado), y los extremos superiores a un captador que pasa por encima de la carcasa 1130.

La Figura 12 muestra una sección transversal más detallada de un captador solar, similar al de la Fig. 11. Las características adicionales de la Fig. 12 incluyen ladrillos térmicamente aislantes 1210, que soportan las placas del medio de regulación de calor y que las protegen en caso de radiación solar, que incida desde abajo. Entre las placas y la carcasa 1225 se muestra un aislamiento térmico 1220. Se muestran unos termopares (por ejemplo, con la referencia 1230) situados a diferentes profundidades dentro de las placas, para monitorear la temperatura del captador solar y para proporcionar datos para el control del captador. Desde los termopares se retransmiten señales relacionadas con la temperatura, a través de conexiones eléctricas (por ejemplo, con la referencia 1235) que llegan hasta un controlador de módulo (no mostrado). Las tuberías de intercambio de calor situadas entre las placas salen de la carcasa a través de unos tubos 1240, y sus salidas combinadas (por ejemplo, de vapor o agua caliente) pasan a través del captador 1245. Se proporciona una pantalla protectora 1250 para proteger la porción inferior de la carcasa 1225 antes los daños por radiación solar, y se extiende dentro de las zonas inferiores de la cavidad 1265. Tiene una abertura de pantalla protectora, que está alineada con la abertura 1255 para permitir que la radiación solar entre en la cavidad 1265. Presenta un aislamiento 1260 sobre una superficie de parte de la misma, para proporcionar una protección adicional. De este modo, en uso, se focaliza la energía solar procedente de un concentrador de energía solar a través de la abertura de la pantalla protectora y de la abertura 1255, al interior de la cavidad 1265 en donde impacta sobre el dispositivo 1270 de captación de energía. Este calienta el dispositivo 1270, que transfiere la energía térmica a las placas, y desde allí al fluido de transferencia de calor contenido en las tuberías de intercambio de calor. En un ejemplo, éste se convierte en vapor, que pasa a través de los tubos 1240 hasta el captador 1245. Puede hacerse pasar el mismo hasta un intercambiador de calor externo, o puede utilizarse como vapor de proceso o para generar electricidad directamente, según se requiera,

La Figura 13A muestra un diagrama de un dispositivo de captación de energía solar de acuerdo con la invención. Así, un captador solar 1300 está soportado sobre una torre 1305 por medio de unos postes verticales 1310. Debajo del captador 1300 se muestra una pantalla protectora circular 1315, y se proporciona a modo de protección para el captador 1300 ante la radiación solar. Se proporciona un concentrador de energía solar en forma de unos reflectores 1320. Éstos están dispuestos para dirigir la radiación solar hacia la cavidad 1325. Como se ha descrito anteriormente, la radiación solar que entra en la cavidad 1325 se utiliza para calentar un fluido de transferencia de calor, contenido en una tubería de intercambio de calor embebida en el captador 1300. Dicho fluido sale del captador 1300 a través de unos tubos 1330, y hacia el colector 1335 que lo conduce a la ubicación en la que se utilizará posteriormente. La pantalla protectora circular 1315 presenta una abertura circular 1315a.

55 La Figura 13B muestra un diagrama de un dispositivo de captación de energía solar de acuerdo con la invención, tal como el representado en la Figura 13A excepto porque la pantalla protectora 1317 es una pantalla protectora cuadrada, con una abertura cuadrada 1317a. Pueden utilizarse formas alternativas para la pantalla protectora y/o la abertura, según se requiera (por ejemplo, una forma rectangular, ovalada, elíptica, prismática, poligonal, etc.).

La Figura 14 ilustra algunos de los elementos del sistema de control de un dispositivo de captación de energía solar. El dispositivo 1400 comprende un captador solar 1405. Un controlador 1410 de módulo es un procesador, por ejemplo, un ordenador o PLC (controlador lógico programable), que sirve para controlar la operación de un captador 1405. Se proporciona un controlador 1415 de estación para controlar una serie de dispositivos similares al

dispositivo 1400, y está acoplado a un controlador 1410 de módulo con el fin de enviar señales de control al dispositivo 1400 y recibir señales de datos desde el mismo. En diversas posiciones dentro del medio de regulación de calor del captador 1405 están situados unos termopares 1420, para monitorear las temperaturas en diferentes ubicaciones. Estos envían señales tal como se ha indicado, ya sea al controlador 1410 de módulo o directamente al controlador 1415 de estación. Una válvula 1425 controla el flujo de un fluido de transferencia de calor hacia la tubería de intercambio de calor del captador 1405, y las válvulas 1430 controlan el flujo del fluido de transferencia de calor desde la tubería de intercambio de calor al distribuidor 1435. Las válvulas 1430 son opcionales y pueden no estar presentes. En el caso de que no estén presentes, el fluido de transferencia de calor calentado puede pasar directamente al distribuidor 1435. Se proporciona una pantalla protectora 1445 para proteger la cara inferior del captador 1405 frente a la radiación solar incidente, y presenta un aislamiento sobre una parte de su superficie (ilustrada, pero no numerada). Se extiende parcialmente hacia dentro de la cavidad 1453 para proteger la porción inferior frente a la radiación solar. Presenta una abertura 1450 de pantalla protectora, que permite que la radiación solar procedente de unos reflectores 1455 entre en la cavidad 1453. Los reflectores 1455 están provistos de motores (no mostrados) que pueden desplazar los reflectores 1455, en respuesta a las señales de control del controlador 1410 de módulo. Se proporciona un tapón 1460 de manera que pueda insertarse en la abertura 1445 de pantalla protectora, para impedir la pérdida de calor desde la cavidad 1453 en aquellos momentos en los que no entre energía solar en la cavidad. El tapón 1460 está soportado en un mecanismo 1465 de inserción de tapón, que puede insertar y retirar el tapón 1460 y que responde a una señal de control procedente del controlador 1410 de módulo. Se proporciona un sistema de gas inerte, para evitar que penetren oxígeno y materiales oxidantes (por ejemplo, el medio de regulación de calor) en el captador 1405. Así, una válvula 1470 de entrada controla el flujo de gas inerte desde una fuente (1475) de gas inerte. En algunos casos puede estar presente una válvula 1480 de salida, para controlar el flujo de gas inerte al exterior del captador 1405, aunque en algunos casos no estará presente y cualquier posible cantidad de gas inerte que escape del captador 1405 lo hará a través de puntos menores de fuga no intencionales, situados en la carcasa del captador 1405. Se proporciona un sensor 1485 de presión dentro del captador 1405 para monitorizar la presión de gas inerte en el mismo, y para proporcionar una señal de presión al controlador 1405 de módulo. Esto permite que el controlador 1405 de módulo controle la válvula 1470 de entrada.

En uso, cuando el aislamiento es suficiente, el controlador 1410 de módulo envía señales al mecanismo 1465 de inserción de tapón para que retire el tapón 1460, para permitir que la radiación solar entre en la cavidad 1453 a través de la abertura 1450 de pantalla protectora. También envía señales a los motores de los reflectores 1455, para dirigir la radiación solar hacia dentro de la cavidad 1453 como ya se ha descrito. El controlador 1415 de estación envía señales a las válvulas 1425 para que se abran y permitan el paso de la cantidad requerida de fluido de transferencia de calor a través del captador 1405, calentando de este modo el fluido de transferencia de calor. En un ejemplo, dicho fluido es agua, que se convertirá en vapor a medida que pase a través del captador 1405. El controlador 1415 de estación también envía señales a las válvulas 1430 para que permitan la salida del vapor y controlen la presión del vapor, a medida que sale hacia el distribuidor 1435. En el captador 1405 se mantiene una presión adecuada del gas inerte, ligeramente superior a la presión ambiental. Así, cuando el sensor 1485 indica al controlador 1410 de módulo que la presión está por debajo de una presión predeterminada, se envía una señal a la válvula 1470 para que se abra durante un tiempo suficiente como para aumentar la presión del gas inerte, hasta el intervalo requerido. Este aumento de la presión desencadena una señal de control para cerrar la válvula 1470, para evitar la acumulación de presión adicional en el captador 1405. Los termopares 1420 proporcionan señales constantes de realimentación de temperatura al controlador 1410 de módulo. En la situación mostrada en la Fig. 14, la temperatura ha aumentado hasta un límite superior. Esto ha activado el controlador 1410 de módulo para que envíe señales al reflector 1455 del lado derecho para que dirija la radiación solar fuera de la cavidad 1453, para evitar un aumento adicional de la temperatura. A medida que el fluido de transferencia de calor pase a través del captador 1405, se perderá energía, lo que resultará en un enfriamiento. Esto activará finalmente una señal para los reflectores 1455, de modo que ambos dirijan la radiación solar a la cavidad 1453 para aumentar así la entrada de energía. La función del controlador 1415 de estación es controlar la operación combinada de una serie de controladores, tales como los controladores 1410. Así, puede desconectar y conectar los controladores según sea necesario para proporcionar la calidad y la cantidad requeridas de energía de salida (por ejemplo, en forma de vapor desde el distribuidor 1435).

En uso, el medio de regulación de calor puede calentarse a una temperatura de entre aproximadamente 500 y 1000 °C, o de entre aproximadamente 500 y 700 °C, de entre 700 y 1000 °C o de entre 600 y 800 °C (por ejemplo, aproximadamente 500, 550, 600, 650, 700, 750, 800, 850, 900, 950 o 1000 °C). Si existe el riesgo de que la temperatura exceda una temperatura límite superior, un sistema de control puede aumentar la cantidad de fluido de transferencia de calor que pasa a través de la tubería de intercambio de calor, con el fin de aumentar la disipación de calor del medio, o bien puede apagar (estacionar) uno o más reflectores para reducir la energía entrante en el captador. El calentamiento del medio de regulación de calor se hace por medio de transferencia de calor desde el dispositivo de captación de energía. Así, al menos una parte de la superficie del dispositivo de captación de energía, que esté orientada hacia la cavidad, se verá calentada por la radiación solar que entre en la cavidad a través de la abertura.

La Figura 15 ilustra un dispositivo de captación solar en el que la energía solar se dirige hacia unas aberturas situadas en el lado del captador solar, en lugar de hacia su superficie inferior. Así, en el dispositivo 1500, un captador solar 1505 está soportado sobre una torre 1510 por medio de cuatro postes verticales 1515. Un conjunto

de reflectores 1520 está dispuesto en o cerca del nivel del suelo, para captar la radiación solar. Habitualmente, al igual que ocurre con los otros dispositivos de captación solar descritos en el presente documento, dichos postes estarán dispuestos alrededor de la torre 1510, aunque en algunos casos pueden estar situados solamente en un lado de la misma. Por razones de simplicidad sólo se muestran 6 reflectores 1520, pero en la práctica es probable que se utilizara un campo mucho mayor de reflectores. Esto se ilustra en una figura posterior. La disposición de los reflectores 1520 presenta unos pasillos sin reflectores - estos pasillos están dispuestos de manera que los reflectores no dirijan la energía solar hacia los postes 1515. Los reflectores 1525 están dispuestos en elevación, para reflejar la radiación solar procedente de los reflectores 1520 hacia el captador solar 1505. El captador solar 1505 tiene dos cavidades 1530, que están dispuestas para aceptar la radiación solar concentrada desde los reflectores 1525 a través de las aberturas 1535. En algunos casos, las aberturas 1535 permiten la radiación solamente en una porción inferior de las cavidades 1530. Esto facilita la contención de aire caliente dentro de las cavidades 1530. Se proporcionan unas salidas 1540 para transportar el fluido de transferencia de calor calentado desde la tubería de intercambio de calor (no mostrada) del captador 1505 hasta el distribuidor 1545. Se proporcionan unas pantallas protectoras 1550 con el fin de proteger el material que rodea las aberturas 1535, frente a los daños causados por la radiación solar dispersa durante el uso.

En uso, la radiación solar incide sobre los reflectores 1520, que se han orientado por medio de un sistema de control (similar al descrito en relación con la Fig. 14) para dirigir la radiación solar a unos espejos elevados 1525. Como se muestra, sólo hay presentes dos espejos elevados y dos cavidades. En la práctica puede haber más cavidades en el captador 1505. Cada cavidad puede estar asociada con un único reflector elevado, o cada reflector puede dirigir la radiación solar hacia más de una cavidad (opcionalmente, a diferentes horas del día), o puede haber más de un reflector elevado que dirija la radiación hacia cada cavidad. Cuando la radiación incide sobre un dispositivo de captación de energía dispuesto en la cavidad, el dispositivo de captación de energía se calienta y transfiere energía térmica al medio de transferencia de calor del captador. Esto calienta a su vez el fluido de transferencia de calor contenido en la tubería del intercambiador de calor dentro del captador. El fluido de transferencia de calor calentado (habitualmente agua caliente o vapor) sale entonces del captador 1505 y pasa a un conducto 1545, a través de unas salidas 1540.

La Figura 16 (A y B) muestra un dispositivo de captación solar en el que puede utilizarse una fuente de energía suplementaria, para complementar la energía solar a modo de entrada de energía. Así, en la Fig. 16, un captador solar 1600 comprende una cavidad 1605 para aceptar la radiación solar de unos reflectores 1610, como se ha analizado anteriormente. El captador 1600 también comprende unas resistencias 1615 embebidas en unas cavidades 1620 para resistencia. Habitualmente están aisladas eléctricamente con respecto al medio de regulación de calor del captador 1600. Los detalles del calentamiento eléctrico de un medio de regulación de calor, tal como grafito, se proporcionan en el documento WO95/25416, cuyo contenido se incorpora en el presente documento por referencia cruzada. La Fig. 16A muestra una situación en la que las cavidades 1620 para resistencia son horizontales y la Fig. 16B muestra unas cavidades verticales 1620 para resistencia. Resultará evidente que las cavidades 1620 para resistencia pueden estar en cualquier ángulo deseado, y que pueden pasar desde la parte superior, inferior o lateral del captador 1600 (o pueden pasar desde más de una de dichas partes). Puede haber solamente una cavidad 1620 para resistencia, o pueden ser dos tal como se muestra en la Fig. 16, o pueden ser 2, 3, 4, 5 o más de 5, según se requiera. Se proporciona un circuito 1625 para transmitir una corriente eléctrica desde la fuente 1630. Habitualmente, la fuente 1630 será capaz de generar electricidad a partir de una fuente de energía renovable, tal como la energía eólica, etc. Puede ser un generador hidroeléctrico. En uso, el captador 1600 absorberá la radiación solar desde los reflectores 1600, como se ha descrito anteriormente. También puede absorber la energía térmica generada a partir de la electricidad que pasa a través de las resistencias 1615. Esto facilita la provisión de energía desde el captador 1600 de manera continua, puesto que, cuando la energía solar no esté disponible (por ejemplo, en condiciones de nubosidad o durante la noche), la entrada de energía desde la fuente 1630 podrá continuar llegando al captador 1600 de calor y le permitirá producir una salida de energía. En la construcción de un captador tal como el de la Fig. 16A, una o más de las placas (véase la Fig. 11) pueden contar con una cavidad 1620 para resistencia preformada, en la que se monten las resistencias 1615 antes o después del ensamblaje. En la construcción de un captador, tal como el de la Fig. 16B, las placas apropiadas pueden presentar unos orificios que, cuando se monten las placas, queden alineados para formar unas cavidades 1620 para resistencia. En este caso, es preferible insertar las resistencias 1615 tras ensamblar las placas.

En algunas formas del presente sistema, encima de la cavidad se proporciona una altura adicional formada por el medio de regulación de calor, para acomodar las resistencias 1615. Así, durante la construcción del captador pueden añadirse placas adicionales del medio de regulación de calor, estando adaptadas dichas placas adicionales para alojar las resistencias 1615.

Las Figuras 17 a 21 ilustran la construcción de un captador solar. En la Fig. 17, puede observarse un bastidor que soporta y forma parte de una carcasa del captador solar. Puede observarse una cara inferior del captador solar, sobre la cual se colocan ladrillos cerámicos. Estos soportarán las placas del medio de regulación de calor. Por encima de los ladrillos puede observarse la tubería de intercambio de calor, soportada sobre un bastidor. En este caso sólo puede observarse un juego de tubería, sin embargo, habrá una tubería similar en cada una de las cuatro caras. Detrás de la tubería de intercambio de calor puede observarse una cara del dispositivo de captación de energía, que tiene forma de paralelepípedo de sección cuadrada. La Figura 18 muestra una etapa adicional de construcción del captador solar. Se han colocado varias de las placas del medio de regulación de calor en cada cara

del captador. Pueden observarse cómo las curvas de la tubería de intercambio de calor sobresalen de los extremos de las placas montadas. La Fig. 19 muestra una vista lateral de una etapa temprana de la construcción de un captador solar. Esto proporciona una visión clara de la tubería de intercambio de calor. En algunas realizaciones de la invención, está presente una segunda tubería de intercambio de calor (que estaría situada entre la tubería mostrada en la Fig. 19 y el dispositivo de captación de energía, visible a la derecha de la figura). En este caso, puede alimentarse las mismas desde abajo mediante un único anillo principal, y pueden estar conectadas por encima del captador a un colector de salida. La Figura 20 muestra una etapa adicional de construcción, en la que la mayor parte de las placas del medio de regulación de calor están en su sitio. La Figura 21 muestra la parte superior del captador durante la construcción. La tubería de intercambio de calor, cuya mayor parte está embebida en el conjunto de placas de regulación de calor, pasa a lo largo de la parte superior del dispositivo de captación de energía de modo que, en uso, el fluido de transferencia de calor contenido en el mismo pueda absorber una cantidad adicional de energía. Puede observarse cómo los tubos de salida para la tubería de intercambio de calor se extienden verticalmente desde el bastidor, a través del borde más cercano del bastidor.

La Figura 22 muestra una vista de la parte superior del captador, que ilustra el colector de salida hacia cuyo interior se abren los tubos de salida del intercambiador de calor. La Figura 23 muestra cómo en cada cara del conjunto están dispuestos dos pares de tuberías de intercambio de calor, y cómo la tubería de intercambio de calor encaja en unos agujeros tubulares situados entre dos placas formadas por dos ranuras complementarias de sección transversal semicircular situadas en las dos placas. También puede observarse un espacio de expansión de esquinas entre las placas, para permitir la expansión térmica durante el uso. La Fig. 24 muestra una vista del interior de la cavidad, desde abajo. Puede observarse un aislamiento en la pantalla protectora. La Figura 25 muestra una vista del captador, desde abajo. Puede observarse fácilmente la pantalla protectora debajo del captador, al igual que el aislamiento proporcionado en los cuatro postes verticales que sujetan el captador. Además, los postes verticales presentan un aislamiento en la parte superior de la torre, para protegerlos de la radiación solar dispersa. La Figura 26 muestra un tapón que puede encajar en la abertura de pantalla protectora, cuando los reflectores están en una orientación de no captación. El tapón está montado en un mecanismo de inserción de tapón, en este caso en forma de mecanismo elevador de tipo tijera. En la parte trasera pueden observarse los reflectores, en una orientación sustancialmente horizontal de no captación, la Figura 27 muestra una pila de placas del medio de regulación de calor. En ella se ilustra una forma adecuada para las placas, y se muestran las ranuras situadas en la cara de la placa en las que se instalará la tubería de intercambio de calor. La Figura 28 muestra un captador solar encima de una torre y rodeado por una serie de reflectores, para captar la energía solar y dirigirla hacia el captador. En ella se muestran los reflectores dispuestos en una serie de círculos concéntricos, y también se muestran ciertos pasillos del conjunto en los que no hay reflectores para evitar que se dirija radiación solar a los postes, que soportan el captador sobre la torre, reduciendo así la posibilidad de daños en los postes.

La Figura 28A representa el fluido de transferencia de calor calentado como vapor, que se emite directamente desde el colector 1335 del captador solar, representado en las Figuras 13A y 13B, o desde el colector 1545 representado en la Fig. 15, hacia el tubo 2801 de salida desde el que emerge como vapor que podrá utilizarse según sea necesario.

Las Figuras 28B y 28C muestran el fluido de transferencia de calor calentado (que puede ser vapor, o un gas inerte o no inerte) que sale directamente desde el colector 1335 del captador solar, representado en las Figuras 13A y 13B, o desde el colector 1545 representado en la Fig. 15, hacia el tubo 2802 que está en comunicación térmica con el segundo intercambiador de calor 2803, y pasa a través del mismo. El tubo 2802 está acoplado al refrigerador 2804 que, a su vez, está acoplado al compresor 2805 (que puede ser un soplador o un ventilador) mediante un tubo 2806. Un tubo 2807 acopla el compresor 2805 a la entrada B. Un tubo 2808 está en comunicación térmica con el segundo intercambiador de calor 2803, y pasa a través del mismo, hasta una turbina 2809 de vapor. La turbina 2809 de vapor está acoplada a un generador eléctrico 2810 (ca o cc). En uso, un fluido de transferencia calentado A entra en el segundo intercambiador 2803 de calor, a través del tubo 2802, y el agua contenida en el tubo 2808 también entra en el segundo intercambiador 2803 de calor. El fluido de transferencia calentado A puede ser un gas inerte o no inerte, o puede ser vapor. El fluido de transferencia calentado A puede estar a una presión y temperatura constantes, o a una temperatura y presión sustancialmente constantes. Esto puede lograrse mediante el control y ajuste del caudal de fluido de transferencia de calor hacia el medio de regulación de calor, según sea necesario. A medida que el fluido de transferencia de calor contenido en el tubo 2802 pasa a través del segundo intercambiador 2803 de calor, transfiere su calor al agua contenida en el tubo 2808, convirtiéndola de este modo en vapor. Debido a que el fluido de transferencia de calor está a una presión y temperatura constantes, o sustancialmente constantes, el vapor generado en el tubo 2808 a partir del agua contenida en el mismo (que también se suministra habitualmente a una presión y temperatura constantes) también estará a una presión y temperatura constantes, o sustancialmente constantes. El vapor que sale del tubo 2808 acciona la turbina 2809 de vapor que, a su vez, acciona el generador eléctrico 2810 a través de un eje 2811. Tras pasar a través del segundo intercambiador 2803 de calor, el fluido de transferencia de calor contenido en el tubo 2802 pasa al refrigerador 2804, donde se enfría, y luego pasa a través del tubo 2806 hasta el compresor 2805, donde se comprime. El fluido de transferencia de calor enfriado y comprimido se recicla entonces hasta la entrada B, a través del tubo 2807.

La Figura 28D muestra el fluido de transferencia de calor calentado, que sale directamente desde el colector 1335 en el captador solar representado en las Figuras 13A y 13B, o desde el colector 1545 representado en la Fig. 15, hacia el tubo 2820 que llega hasta la turbina 2821 de vapor. La turbina 2821 de vapor está acoplada al generador

eléctrico 2822 (ca o cc) a través del eje 2823. En uso, el fluido de transferencia calentado A entra en el tubo 2820 a una presión y temperatura constantes, o a una temperatura y presión sustancialmente constantes. Esto puede conseguirse mediante el control y ajuste del caudal de fluido de transferencia de calor contenido en el medio de regulación de calor (que puede ser grafito sintético o grafito no sintético, por ejemplo), según sea necesario. El fluido de transferencia de calor A (que es vapor o, en otras realizaciones, puede ser un gas inerte o no inerte) que emerge desde el tubo 2820 acciona la turbina 2821 de vapor (o la turbina 2821 de gas, cuando el fluido de transferencia de calor A sea un gas inerte o no inerte) que, a su vez, acciona el generador eléctrico 2822 a través del eje 2823.

La Figura 29A representa tres captadores solares 2900, 2901 y 2902 de la invención, que emiten respectivamente unos fluidos de transferencia de calor calentados A, E y C (podría haber, por ejemplo, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 60, 70, 80, 90 o 100 o más captadores – en este caso se describen 3 captadores para ilustrar diversas configuraciones), desde unos colectores AA, EE y CC respectivamente. Cada uno de los captadores 2900, 2901 y 2902 es esencialmente igual a los descritos en detalle en las Figuras 13A y 13B (o, alternativamente, podrían ser como el descrito en detalle con referencia a la Figura 15, o podrían ser una combinación de las torres de las Figuras 13A y 13B y de la Figura 15, o variaciones de los mismos).

Como se representa en la Figura 29B, los fluidos de transferencia de calor calentados A, E y C de la Figura 29A se combinan en un colector 2910 a través de unos tubos 2911, 2912 y 2913 de entrada, para formar en el colector 2910 un fluido de transferencia de calor calentado combinado. El fluido de transferencia de calor calentado combinado procedente del colector 2910 puede mezclarse con un fluido de transferencia de calor adicional, procedente de un tubo 2913A, de un colector 2911A opcional que esté acoplado al colector 2910 a través de un tubo 2912A. Alternativamente, el fluido de transferencia de calor calentado combinado procedente del colector 2910 puede calentarse con un fluido de transferencia de calor adicional, procedente de un tubo 2913A en comunicación térmica con un intercambiador 2911A de calor opcional (en lugar del colector 2911A opcional), que esté acoplado al colector 2910 a través del tubo 2912A. El fluido de transferencia de calor calentado adicional contenido en el tubo 2913A puede originar de un aparato 2914 de almacenamiento de calor que puede comprender un medio de regulación de calor, un intercambiador de calor que comprenda tubos de evaporación o de calentamiento de un fluido de trabajo contenido en el mismo, estando los tubos en comunicación térmica con el medio de regulación de calor, para recuperar el calor almacenado en el medio de regulación de calor, y una o más resistencias eléctricas asociadas operativamente con el medio de regulación de calor, para calentar el medio de regulación de calor - ejemplos de tales aparatos de almacenamiento de calor se describen en el documento WO2005088218, cuyo contenido se incorpora por referencia cruzada. La electricidad utilizada para calentar el aparato 2914 de almacenamiento de calor puede ser electricidad de las horas de menos consumo o electricidad de una fuente renovable, tal como energía eólica de un molino de viento o energía solar procedente de un aparato de conversión de energía solar en eléctrica, o energía hidroeléctrica o energía eléctrica procedente de energía mareomotriz, o energía eléctrica derivada de una fuente geotérmica de calor. El fluido de transferencia de calor calentado procedente de 2911A puede pasar a través de un atemperador 2915 opcional, a través de un tubo 2916, donde puede enfriarse a una temperatura deseada mediante la pulverización de gotitas de agua a través del fluido de transferencia de calor calentado. Un tubo 2917 está acoplado a una turbina 2918 de vapor y al atemperador 2915. La turbina 2918 de vapor está acoplada a un generador eléctrico 2920 (ca o cc) a través de un eje 2919. Durante el uso, los fluidos de transferencia de calor calentados A, E y C (que pueden ser gas o vapor) entran en el colector 2911, 2912 y 2913, para formar un fluido de transferencia de calor combinado calentado. El fluido de transferencia de calor combinado puede combinarse con un fluido de transferencia de calor calentado adicional, en el colector 2911A opcional o, si se usa un segundo intercambiador 2911A de calor opcional en lugar del colector 2911A, el fluido de transferencia de calor combinado puede calentarse a una temperatura deseada. Posteriormente, la temperatura del fluido de transferencia de calor combinado puede ajustarse en el atemperador 2915. El fluido de transferencia de calor combinado contenido en el tubo 2917 puede estar a una presión y temperatura constantes, o a una temperatura y presión sustancialmente constantes. Esto se puede lograr mediante el control y ajuste necesarios del caudal de fluido de transferencia de calor hacia los medios de regulación de calor de los captadores 2900, 2901 y 2902, según se requiera. El vapor que sale del tubo 2917 acciona la turbina 2918 de vapor que, a su vez, acciona el generador eléctrico 2920 (que puede ser de ca o de cc), a través del eje 2919.

Como se representa en la Figura 29C, los fluidos de transferencia de calor calentados A, E y C de la Figura 29A pasan a través de un bloque 2950 de soporte, a través de unos tubos 2951, 2952 y 2953 de entrada, hacia un atemperador 2954 opcional a través de unos tubos 2955, 2956 y 2957, donde pueden ajustarse (es decir, enfriarse) las temperaturas de los fluidos de transferencia de calor calentados A, E y C, según sea necesario. Los fluidos de transferencia de calor calentados A, E y C con temperatura ajustada pasan entonces a través de un intercambiador 2958 de calor, por unos tubos 2959, 2960 y 2961 que están en comunicación térmica con el intercambiador 2958 de calor. A medida que el fluido de transferencia de calor contenido en los tubos 2959, 2960 y 2961 pasa a través del intercambiador 2958 de calor, transfiere su calor al agua contenida en un tubo 2962, convirtiéndola de este modo en vapor. Los fluidos de transferencia de calor contenidos en los tubos 2959, 2960 y 2961 pueden estar a una presión y temperatura constantes, o sustancialmente constantes, en cuyo caso el vapor generado en el tubo 2962 (que también se suministra habitualmente a una presión y temperatura constantes) también estará a una presión y temperatura constantes o sustancialmente constantes. El vapor que sale del tubo 2962 puede utilizarse para cualquier uso deseado, tal como un uso industrial o para accionar una turbina de vapor (no mostrada) que, a su vez,

5 puede accionar un generador eléctrico (no mostrado). Después de pasar a través del intercambiador 2958 de calor, el fluido de transferencia de calor contenido en los tubos 2959, 2960 y 2961 puede pasar a unos refrigeradores (no mostrados) en los que se enfriará, y luego puede pasar a unos compresores (no mostrados) en los que se comprimirá. El fluido de transferencia de calor enfriado y comprimido puede reciclarse entonces hasta las entradas B, F y D, respectivamente, de los colectores de la Figura 29A.

10 Como se representa en la Figura 29D, los fluidos de transferencia de calor calentados A, E y C de la Figura 29A se combinan en un colector 2980, a través de unos tubos 2981, 2982 y 2983 de entrada, para formar un fluido de transferencia de calor calentado combinado en el colector 2980. El fluido de transferencia de calor calentado combinado procedente del colector 2980 puede pasar a través de un atemperador 2984 opcional, a través de un tubo 2985, en el que puede enfriarse a una temperatura deseada mediante la pulverización de gotitas de agua en el fluido combinado de transferencia de calor calentado. Un tubo 2986 está acoplado al intercambiador 2987 de calor y al atemperador 2984, y está en comunicación térmica con un intercambiador 2987 de calor. El intercambiador 2987 de calor está acoplado a un refrigerador 2988 a través de un tubo 2989. Un compresor 2990 está acoplado al refrigerador 2988 mediante un tubo 2991. Un divisor 2992 está acoplado al compresor 2990, mediante un tubo 2993.

15 El intercambiador 2987 de calor tiene un tubo 2994, que está en comunicación térmica con el intercambiador 2987 de calor. Durante el uso, los fluidos de transferencia de calor calentados A, E y C (que pueden ser gas o vapor) entran en los colectores 2981, 2982 y 2983 para formar un fluido de transferencia de calor combinado calentado. Posteriormente, la temperatura del fluido de transferencia de calor calentado combinado puede ajustarse en un atemperador 2984. El fluido de transferencia de calor calentado combinado contenido en el tubo 2986 puede estar a una presión y temperatura constantes, o a una presión y temperatura sustancialmente constantes. Esto puede lograrse mediante el control y ajuste necesarios del caudal de fluido de transferencia de calor hacia los medios de regulación de calor de los captadores 2900, 2901 y 2902, según se requiera. En el intercambiador 2987 de calor, el calor del fluido de transferencia de calor calentado combinado, contenido en el tubo 2986, se transfiere al agua contenida en el tubo 2994, para formar vapor que se emitirá desde el intercambiador 2987 de calor. El vapor de salida puede estar a una presión y temperatura constantes, o a una presión y temperatura sustancialmente constantes. El vapor que sale del tubo 2995 puede utilizarse como vapor para cualquier uso requerido, o puede usarse para accionar una turbina de vapor (no mostrada) que, a su vez, puede accionar un generador eléctrico (no mostrado - que puede ser de ca o de cc) a través de un eje (no mostrado). El fluido de transferencia de calor combinado que sale del intercambiador 2987 de calor pasa a través del tubo 2989 hasta un refrigerador 2988, en el que se enfría a una temperatura deseada, y desde allí a un compresor 2990 (en el que se comprime) y después a un divisor 2992, que divide el fluido de transferencia de calor combinado en unos fluidos de transferencia de calor B, F y D que se reciclan a las respectivas entradas de los captadores 2900, 2901 y 2902, como se muestra en la Figura 29A.

20

25

30

REIVINDICACIONES

1. Un captador solar, que comprende:

5 un medio (2) de regulación de calor, que define una cavidad (1265) en el mismo y que tiene una abertura (9) que comunica con la cavidad, para permitir que la energía solar incidente sobre la abertura (9) entre en la cavidad a través de la abertura (9), estando dicho medio (2) de regulación de calor dispuesto dentro de una carcasa (10); una atmósfera de gas y/o de baja presión dentro de la carcasa (10), siendo dicho gas un gas que no reacciona sustancialmente con el medio (2) de regulación de calor a la temperatura máxima de operación del medio (2); un dispositivo (1) de captación de energía, dispuesto en la cavidad y en contacto térmico con el medio (2) de regulación de calor, para captar la energía solar que entra en la cavidad; y
10 un intercambiador (3) de calor, en contacto térmico con el medio (2) de regulación de calor; **caracterizado porque** el medio (2) de regulación de calor comprende grafito, partículas de grafito embebidas en una matriz termoconductora, carbono puro o una mezcla de cualquiera de dos o más de los mismos.

2. El captador solar de la reivindicación 1, que comprende una capa protectora sobre una superficie del dispositivo de captación de energía, que hace contacto con la cavidad.

15 3. El captador solar de la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en el que el intercambiador de calor comprende una tubería (3) de intercambio de calor que puede aceptar un fluido de transferencia de calor, en el que la tubería de intercambio de calor está embebida al menos parcialmente en el medio de regulación de calor, y en el que diferentes porciones de la tubería de intercambio de calor están embebidas en el medio de regulación de calor, a diferentes distancias del dispositivo de captación de energía.

20 4. El captador solar de la reivindicación 3, en el que el medio (2) de regulación de calor está formado por una pluralidad de placas (1110) reguladoras de calor contiguas, teniendo al menos algunas de dichas placas unas ranuras (1150) en las mismas, de modo que la tubería (3) de intercambio de calor quede dispuesta dentro de dichas ranuras.

25 5. El captador solar de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, que comprende una pantalla protectora (11, 1250) dispuesta por debajo de la carcasa (1225) para proteger una porción inferior de la carcasa contra los daños, teniendo dicha pantalla protectora una abertura (9, 1255) de pantalla protectora para permitir que la energía solar pase a través de la pantalla protectora, hacia el interior de la cavidad (1265).

6. El captador solar de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, que comprende un tapón extraíble (1460) para impedir una re-radiación desde la cavidad (1453).

30 7. El captador solar de la reivindicación 6, que comprende un mecanismo (1465) de inserción de tapón para insertar y retirar el tapón (1460), en el que el mecanismo de inserción de tapón está acoplado a un controlador (1410) de módulo, pudiendo dicho controlador de módulo controlar el mecanismo de inserción de tapón, a fin de insertar el tapón en los momentos en los que deje de dirigirse la energía solar a la abertura (1450), y para retirar el tapón en los momentos poco antes de que comience a dirigirse la energía solar a la abertura.

35 8. El captador solar de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, que comprende adicionalmente un concentrador (21) de energía solar capaz de concentrar la energía solar, y que está dispuesto de manera que pueda dirigir la energía solar concentrada a través de la abertura (9) y hacia el interior de la cavidad (1265).

40 9. El captador solar de la reivindicación 8, que comprende adicionalmente un dispositivo de seguimiento para desplazar el concentrador (21) de energía solar, o una o más partes del mismo, para dirigir la energía solar concentrada a través de la abertura (9) del captador solar y hacia el interior de la cavidad (1265) del mismo.

10. El captador solar de la reivindicación 8 o la reivindicación 9, en el que el concentrador de energía solar comprende un conjunto de reflectores (1520).

45 11. El captador solar de la reivindicación 10, que comprende una estructura (12) de soporte sobre la que está montada la carcasa (10), en el que la estructura de soporte comprende una torre (1305) y la carcasa está montada sobre dicha torre, por medio de al menos tres postes (1310) sustancialmente verticales, y en el que dicho conjunto comprende un pasillo correspondiente a cada uno de los postes (1310, 1515) sustancialmente verticales, estando dichos pasillos exentos de reflectores en los mismos, de modo que el conjunto pueda dirigir la energía solar concentrada entre los postes y a través de la abertura (1535).

50 12. El captador de energía solar de una cualquiera de las reivindicaciones 8 a 11, que comprende un controlador (1410) de módulo para controlar la operación del captador de energía solar, en el que dicho controlador de módulo puede controlar al menos uno de:

el movimiento del concentrador (21) de energía solar, para dirigir la energía solar concentrada a través de la abertura (9) y hacia el interior de la cavidad (1265), si es necesario, o para colocar el concentrador de energía solar, o al menos un reflector (1455) de dicho concentrador de energía solar, en una orientación de no captación

si fuera necesario;

la inserción o extracción de un tapón (1460), si está presente, en la abertura (9) o en una abertura (1450) de pantalla protectora, si está presente;

la entrada de agua en el captador; y

5 la salida de agua caliente o de vapor del captador.

13. El captador de energía solar de una cualquiera de las reivindicaciones 8 a 12, en el que el intercambiador (3) de calor está acoplado a un generador (37) de electricidad que puede ser accionado mediante un fluido de transferencia de calor calentado, de manera que, en uso, la energía solar incidente sobre el concentrador se transmite en forma de calor a un fluido de transferencia de calor, contenido en el intercambiador de calor, fluido de intercambio de calor que es transferido al generador de electricidad para generar electricidad.

10

14. Un procedimiento para captar y regular energía solar, comprendiendo dicho procedimiento:

a) proporcionar un captador de energía solar de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 8 a 13; y

b) controlar el concentrador (21) de energía solar, para dirigir la energía solar concentrada hacia la abertura (9) y permitir así que la energía solar incida sobre el dispositivo (1) de captación de energía solar;

15

concentrando de este modo dicha energía solar sobre el dispositivo (1) de captación de energía, para calentar el medio (2) de regulación de calor.

15. El procedimiento de la reivindicación 14, en el que el concentrador de energía solar comprende un conjunto de reflectores (1520), y en el que la etapa de control comprende detectar una temperatura en una posición dentro del captador de energía solar y, si es necesario, orientar al menos uno de dichos reflectores a una orientación de no captación a fin de evitar que dicha temperatura supere un límite superior predeterminado.

20

16. El procedimiento de la reivindicación 14 o la reivindicación 15, que comprende adicionalmente las etapas de:

c) controlar el concentrador (21) de energía solar de manera que dicho concentrador esté en una orientación de no captación; y

25

d) insertar un tapón (1460) en la abertura (9) del captador de energía solar, o en la abertura (1450) de pantalla protectora situada en la pantalla protectora (1445), si está presente, para restringir la pérdida de calor desde la cavidad (1453) del captador de energía solar;

cuando no se desee captar energía solar, y que comprende adicionalmente las etapas de:

30

e) retirar el tapón (1460) para permitir que la energía térmica concentrada entre en la cavidad (1453) a través de la abertura (1450); y

f) controlar el concentrador (21) de energía solar, de modo que dicho concentrador quede en una orientación de captación en la que dirija la energía solar concentrada a través de la abertura (1450) al interior de la cavidad (1453);

35

cuando se desee captar nuevamente la energía solar.

17. Un procedimiento de preparación de un captador solar de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13, comprendiendo dicho procedimiento:

40

proporcionar un tubo (3) de intercambio de calor que comprenda una pluralidad de porciones de tubería paralelas, dispuestas alrededor de un dispositivo (1) de captación de energía y montadas sobre una base (12), comprendiendo dicho dispositivo de captación de energía cuatro paneles rectangulares verticales, dispuestos en un cuadrado, y una parte superior cuadrada unida a un borde horizontal superior de los cuatro paneles verticales;

y

45

ensamblar entre dichas porciones de tubería una pluralidad de placas (1110) del medio de regulación de calor, de manera que el medio de regulación de calor haga contacto con las cuatro caras verticales exteriores y con la parte superior del dispositivo de captación de energía.

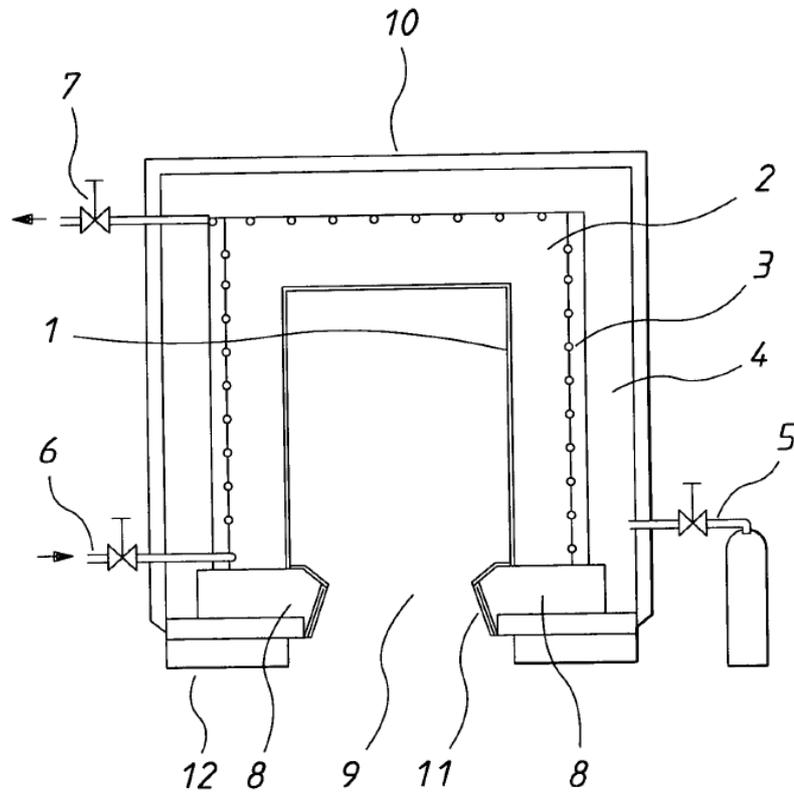


FIG. 1

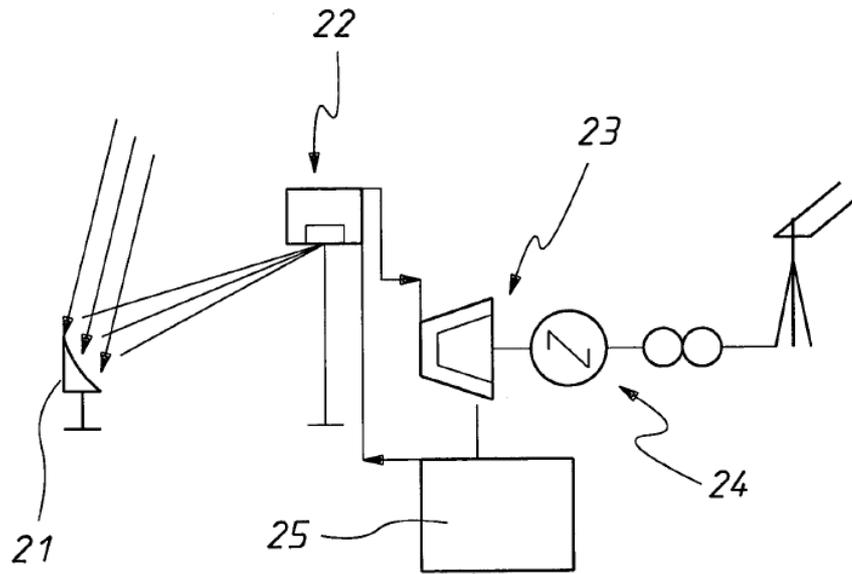


FIG. 2

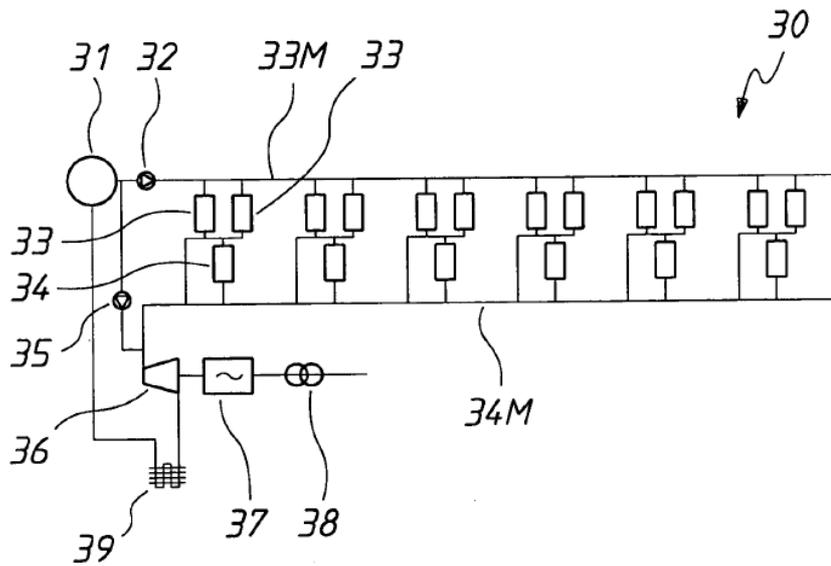


FIG. 2a

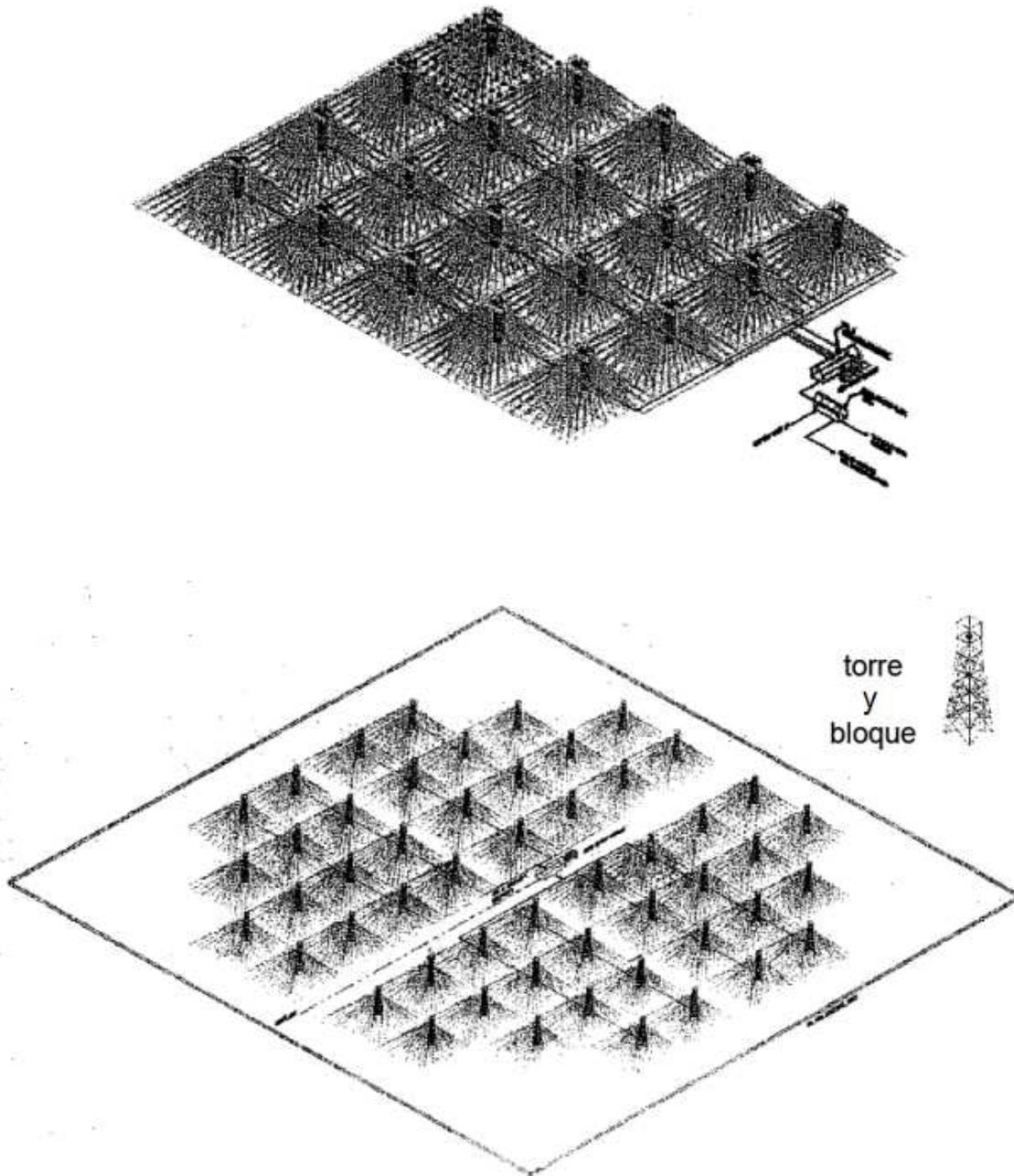


Fig. 3

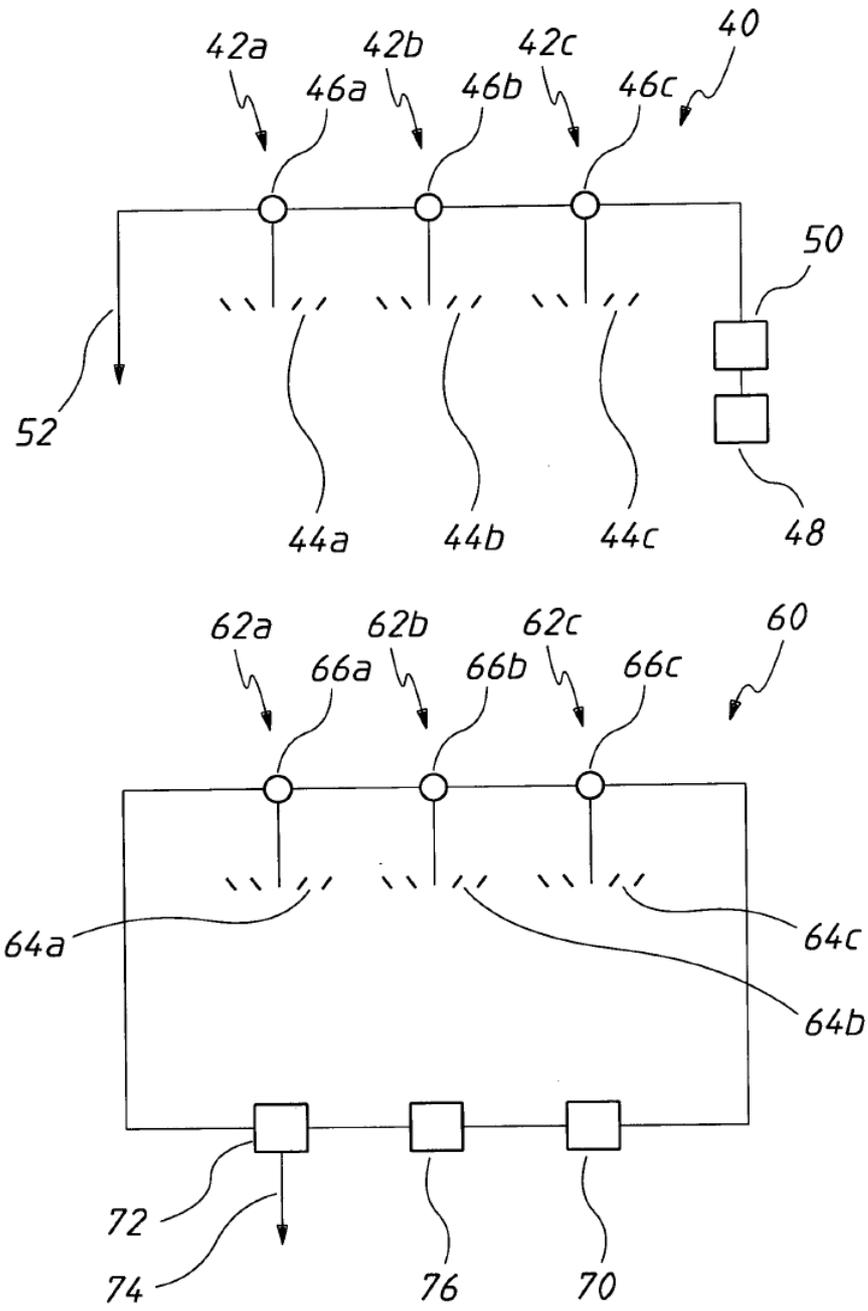


FIG.4

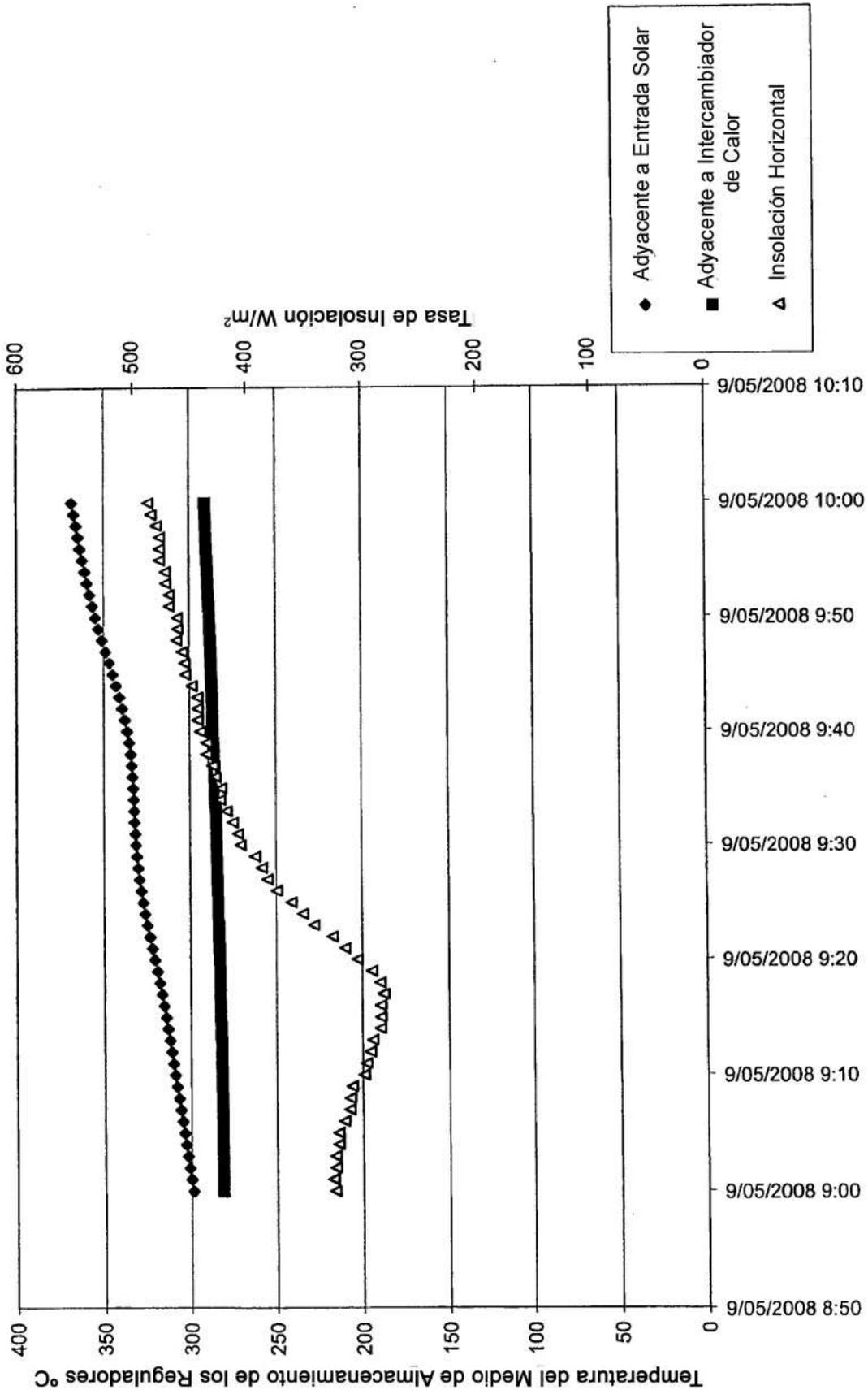


Fig. 5

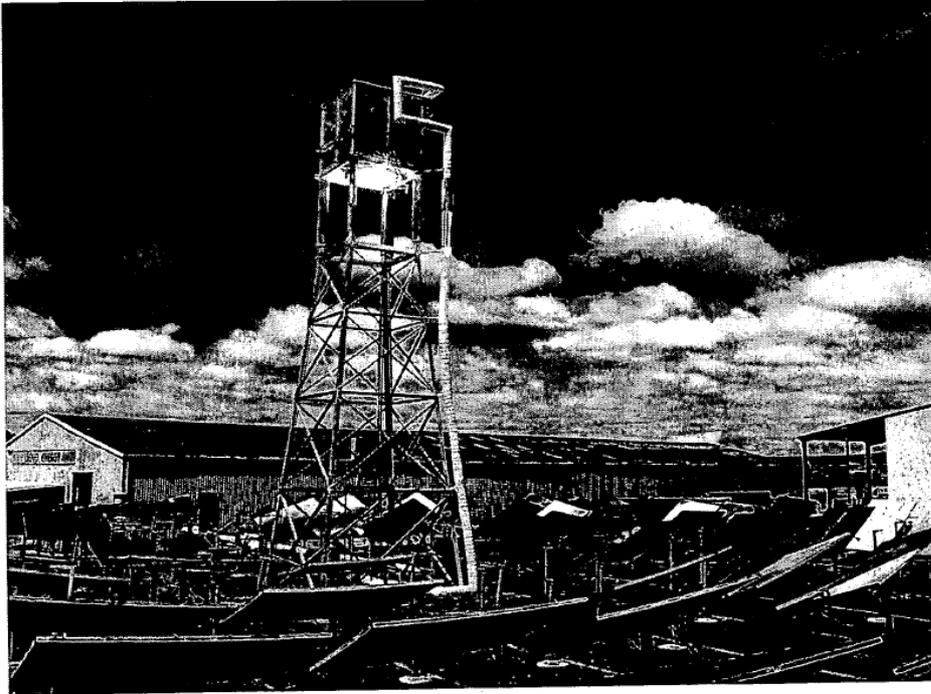


Fig. 6



Fig. 7

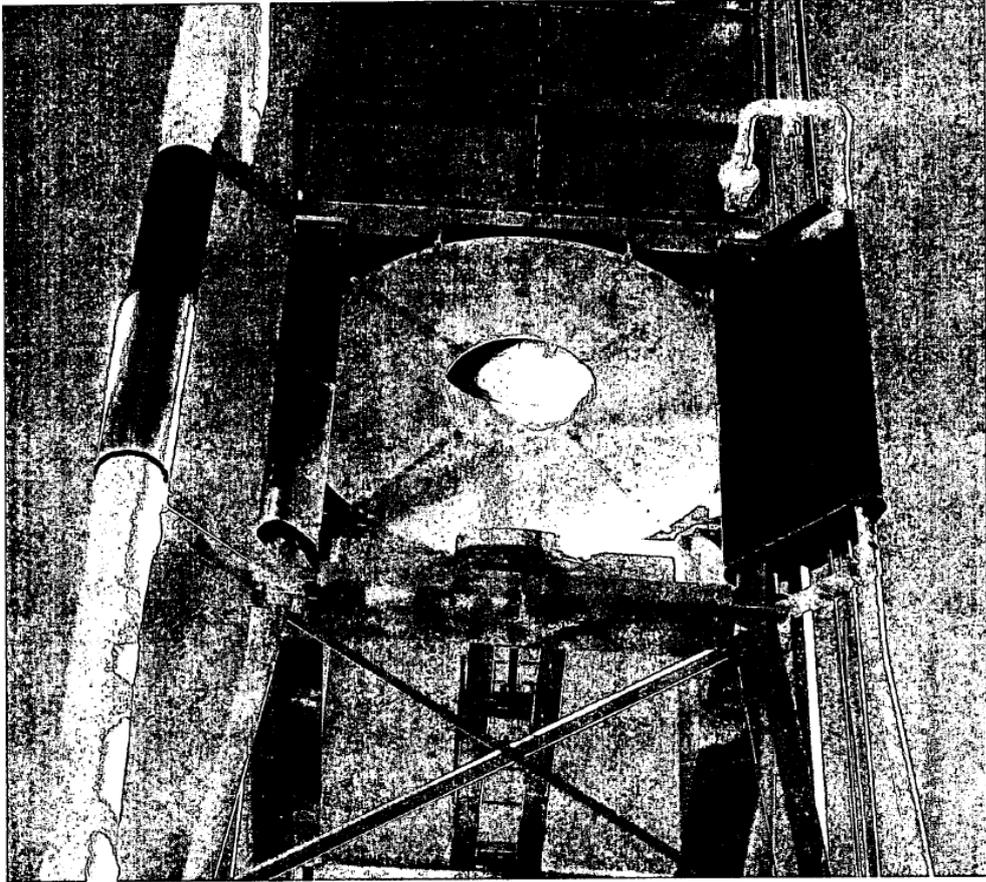


Fig. 8

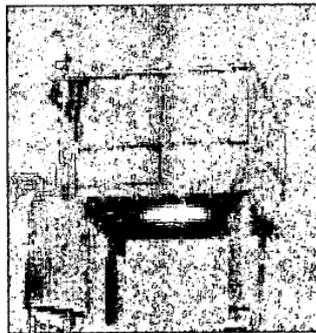


Fig. 9

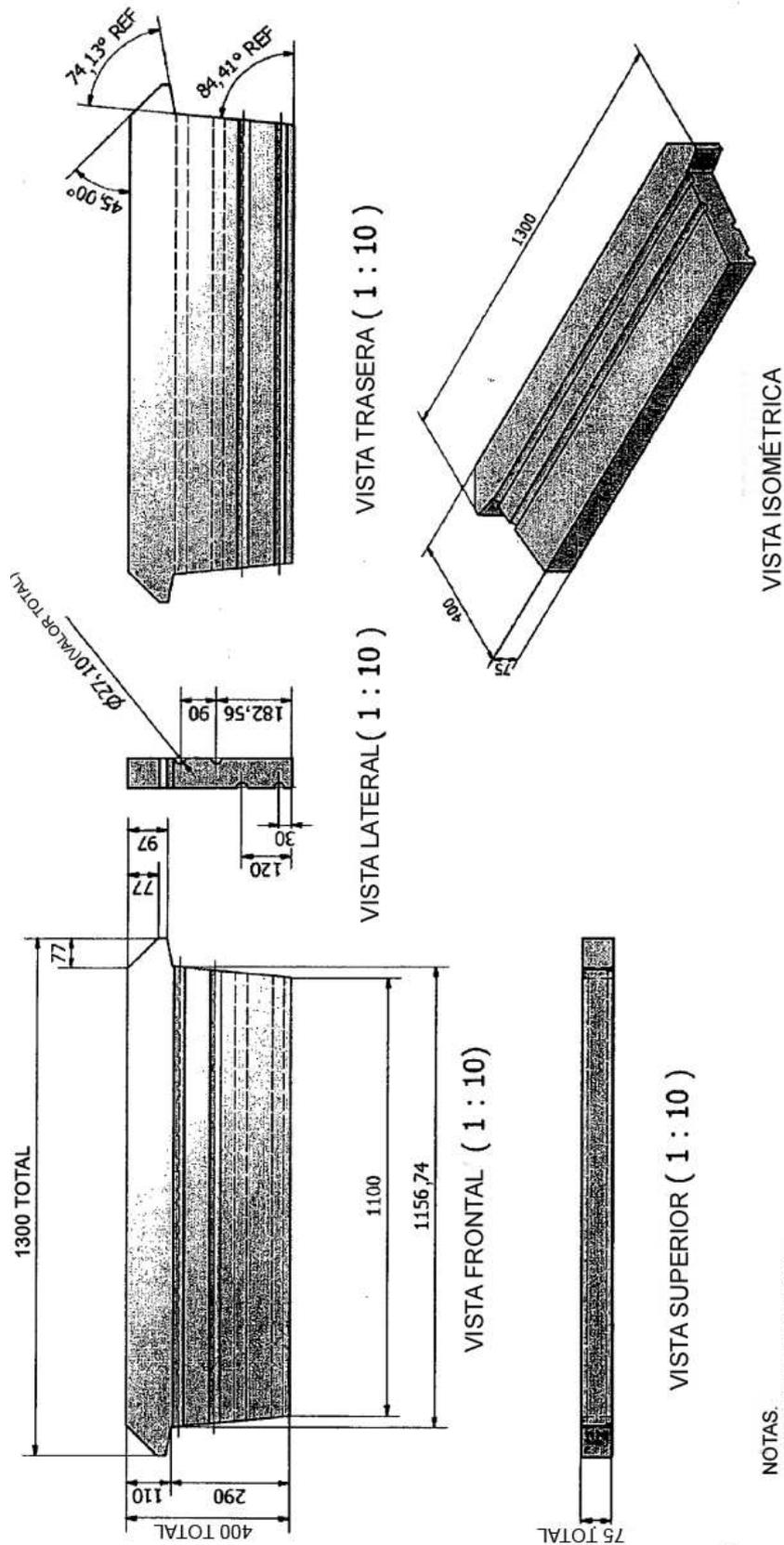


FIG.10

- NOTAS:
1. MATERIAL: GRAFITO
 2. SUPERFICIE: FINA, BUEN ACABADO MECÁNICO
 3. PESO: 66 KG

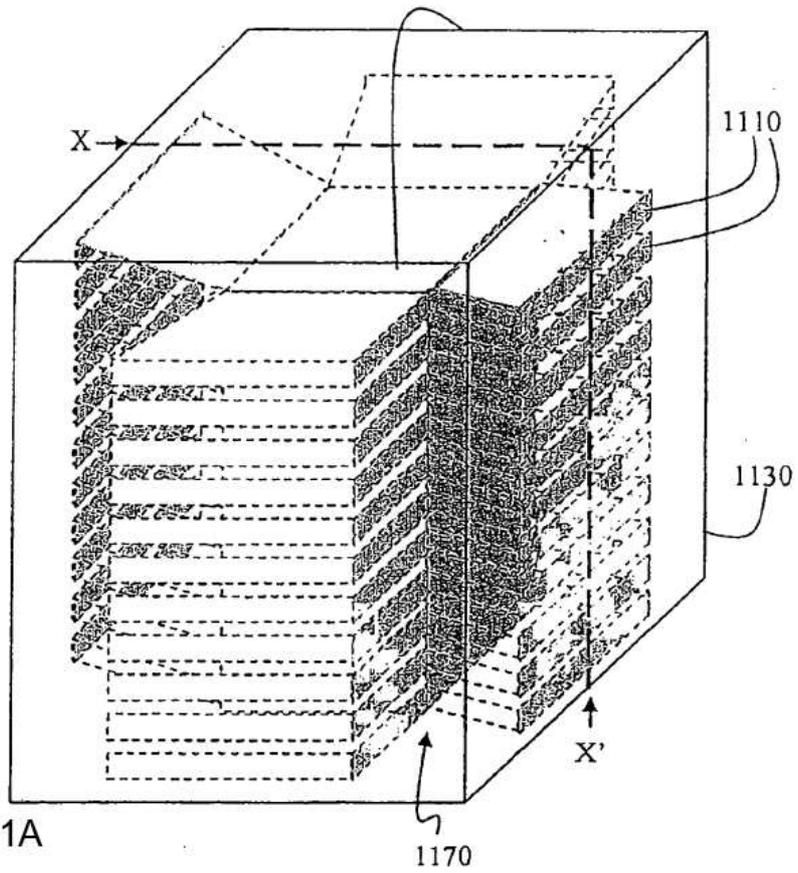


Figura 11A

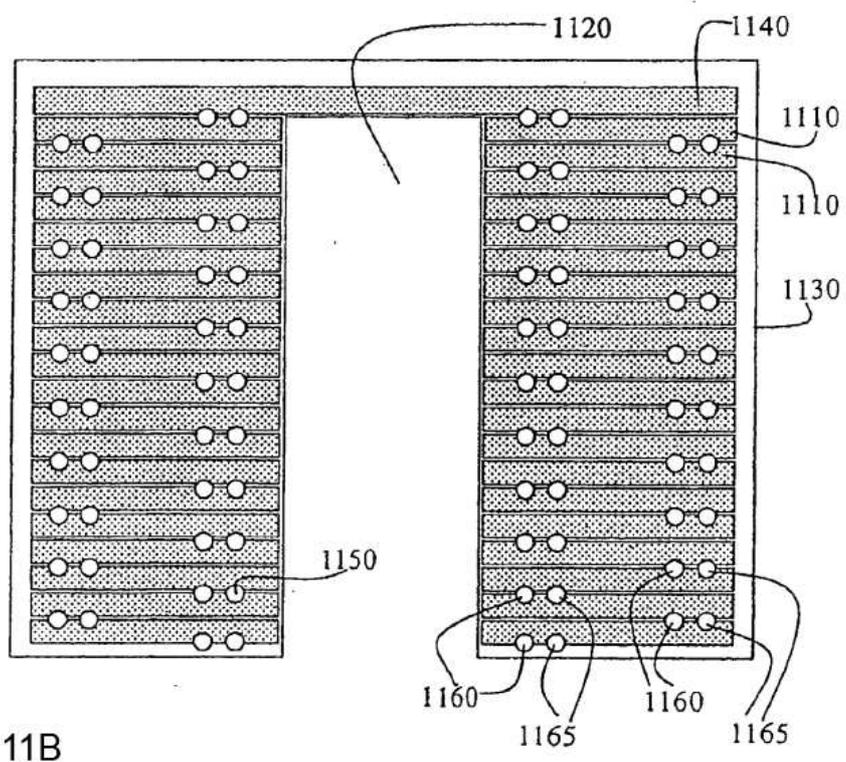


Figura 11B

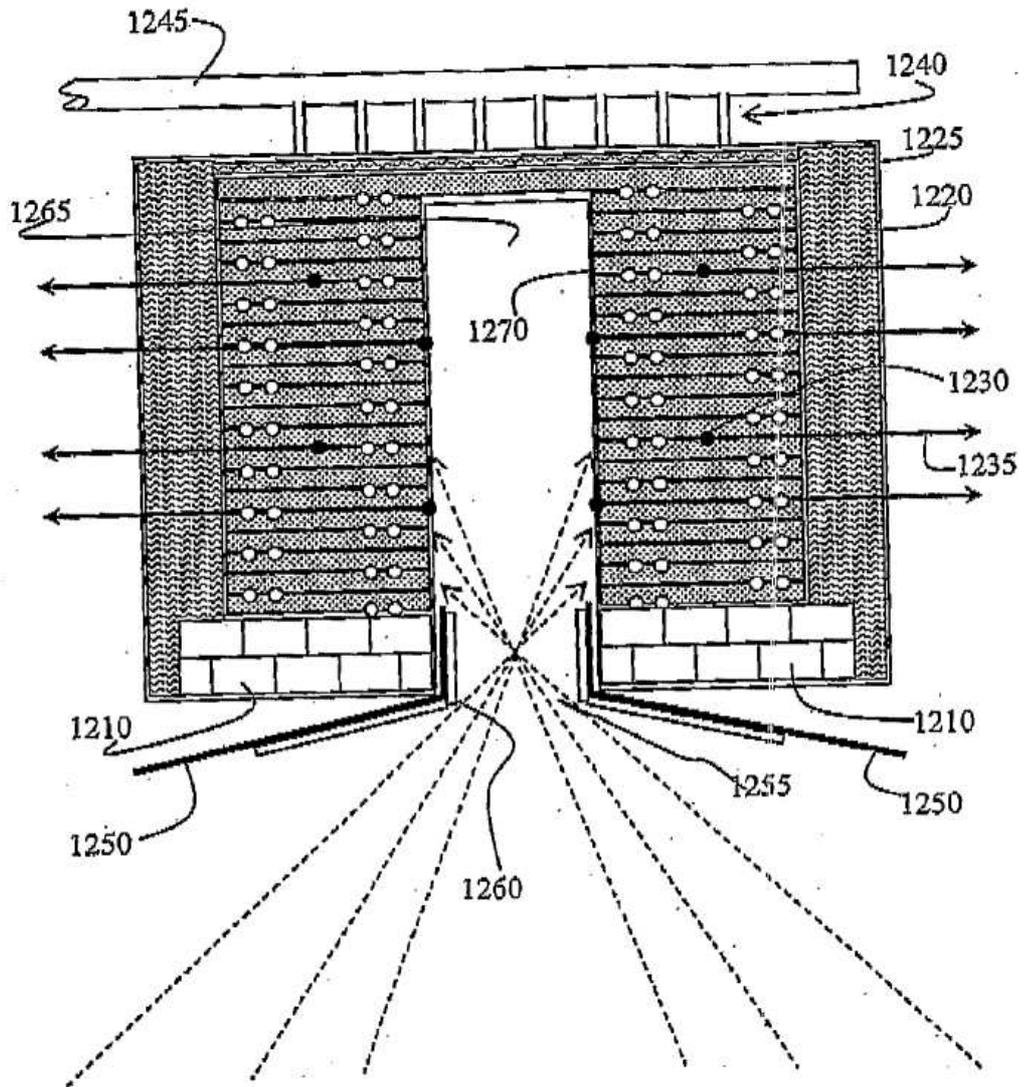


Figura 12

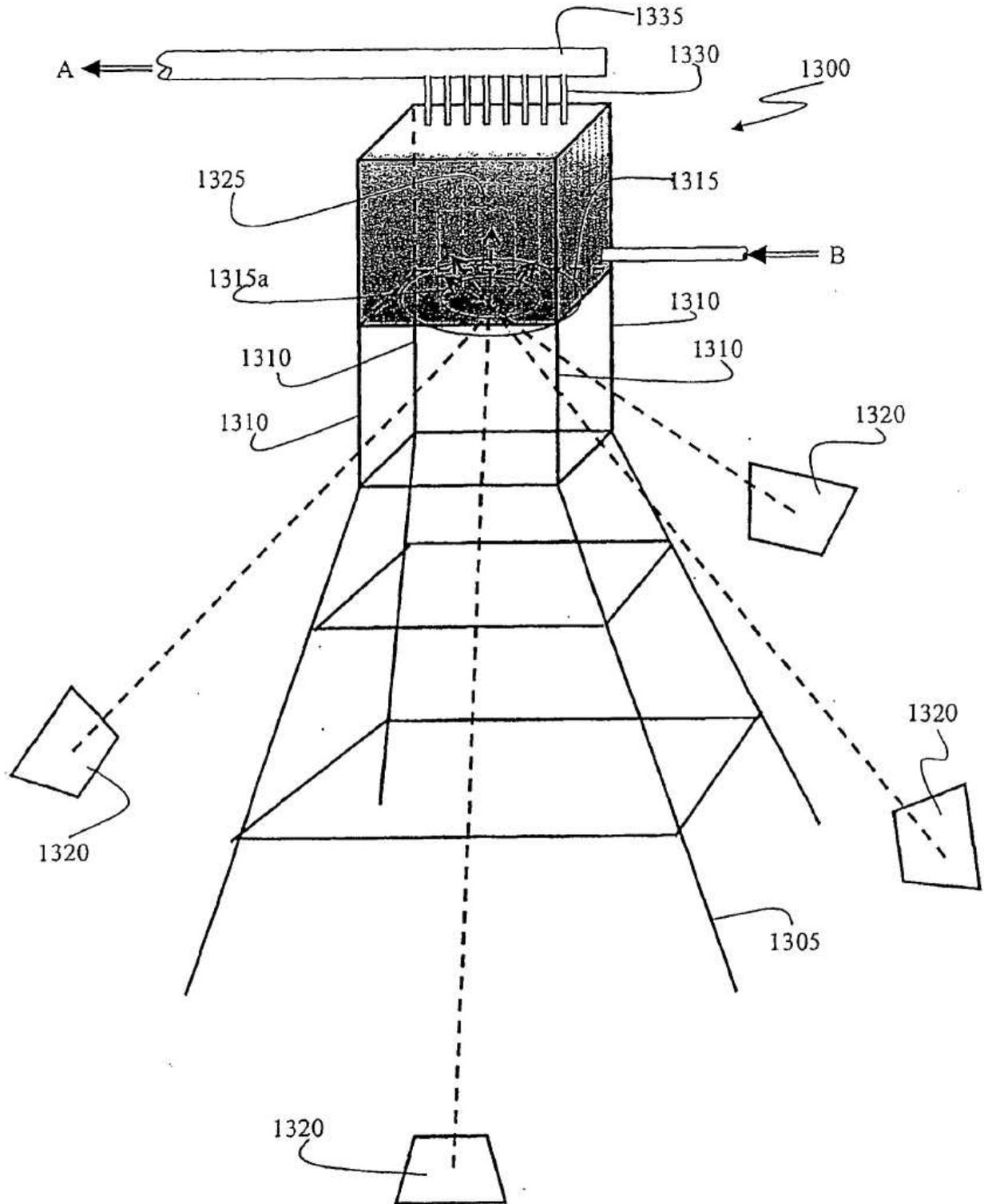


Figura 13A

Figura 13B

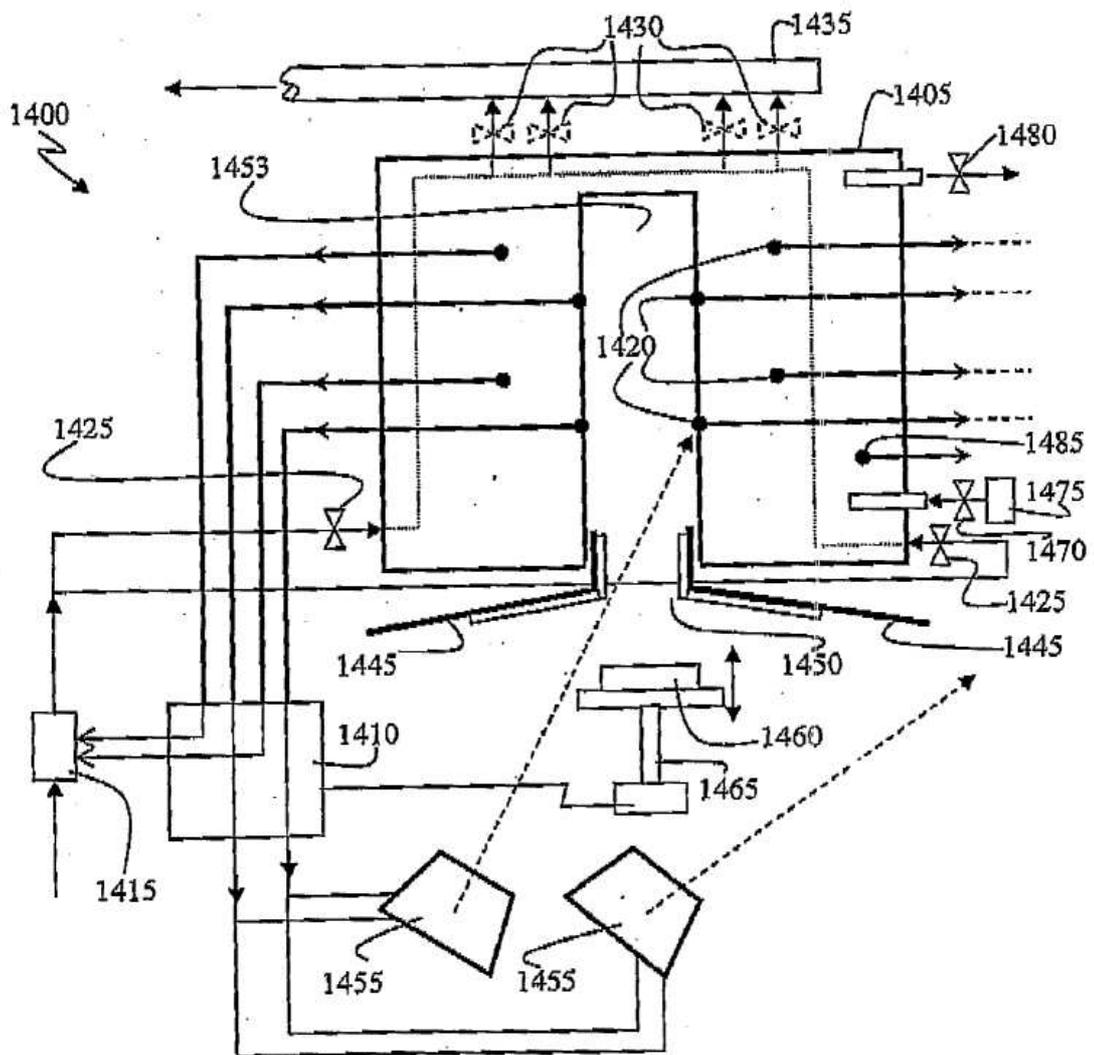
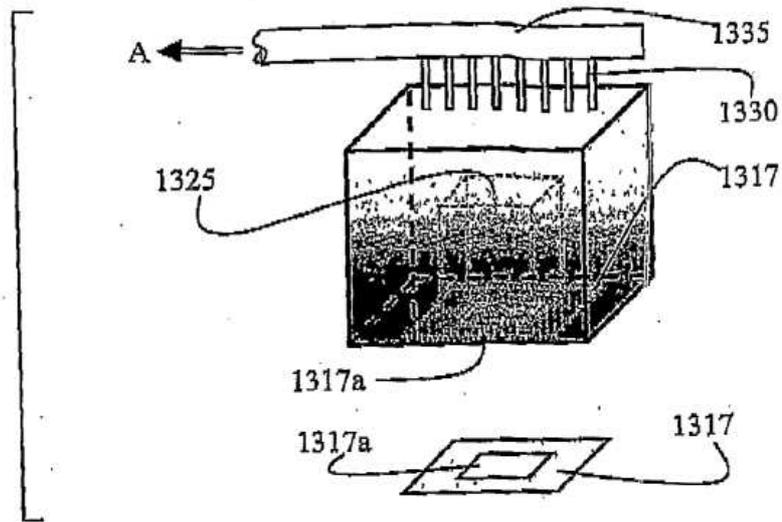


Figura 14

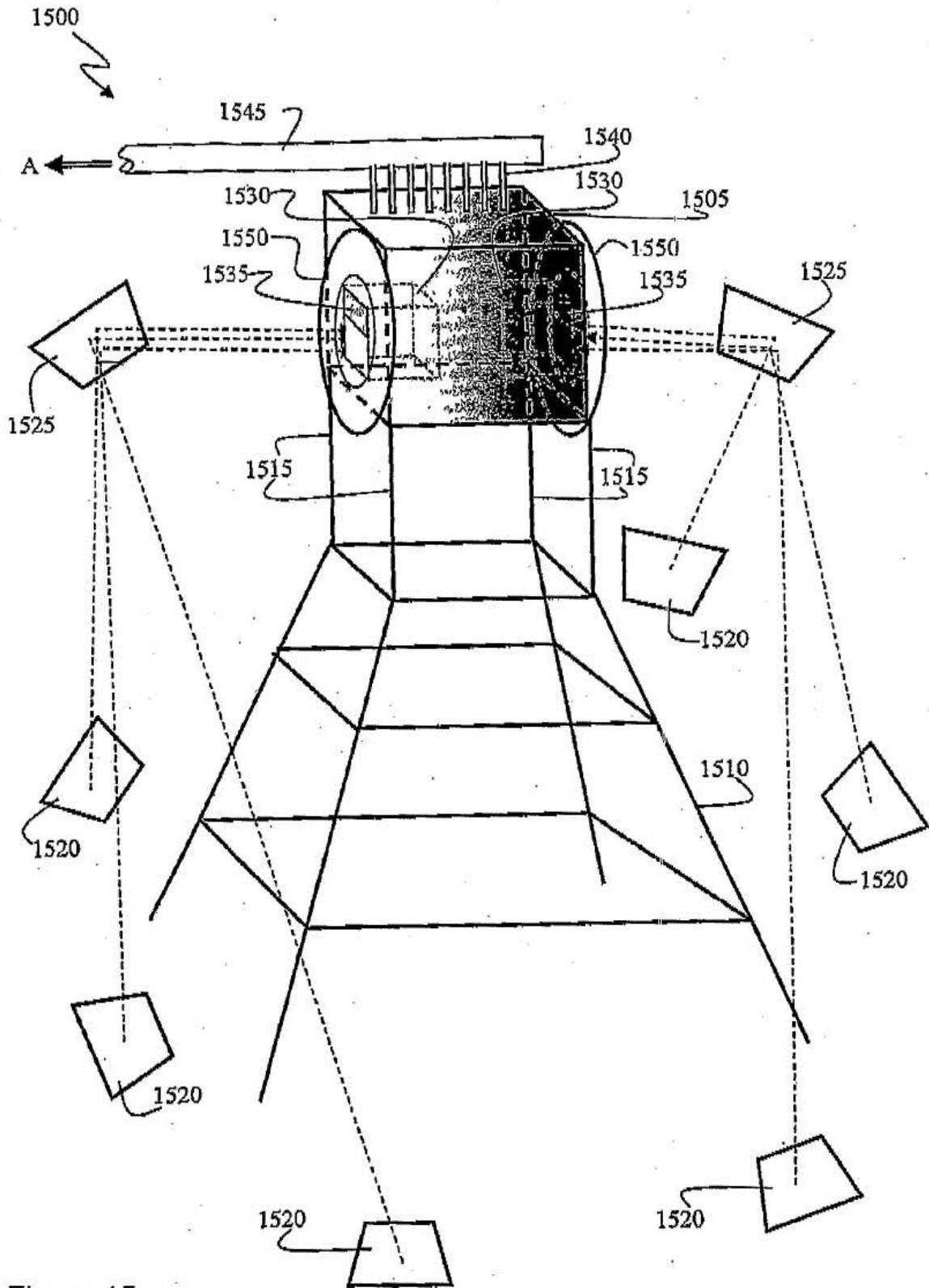


Figura 15

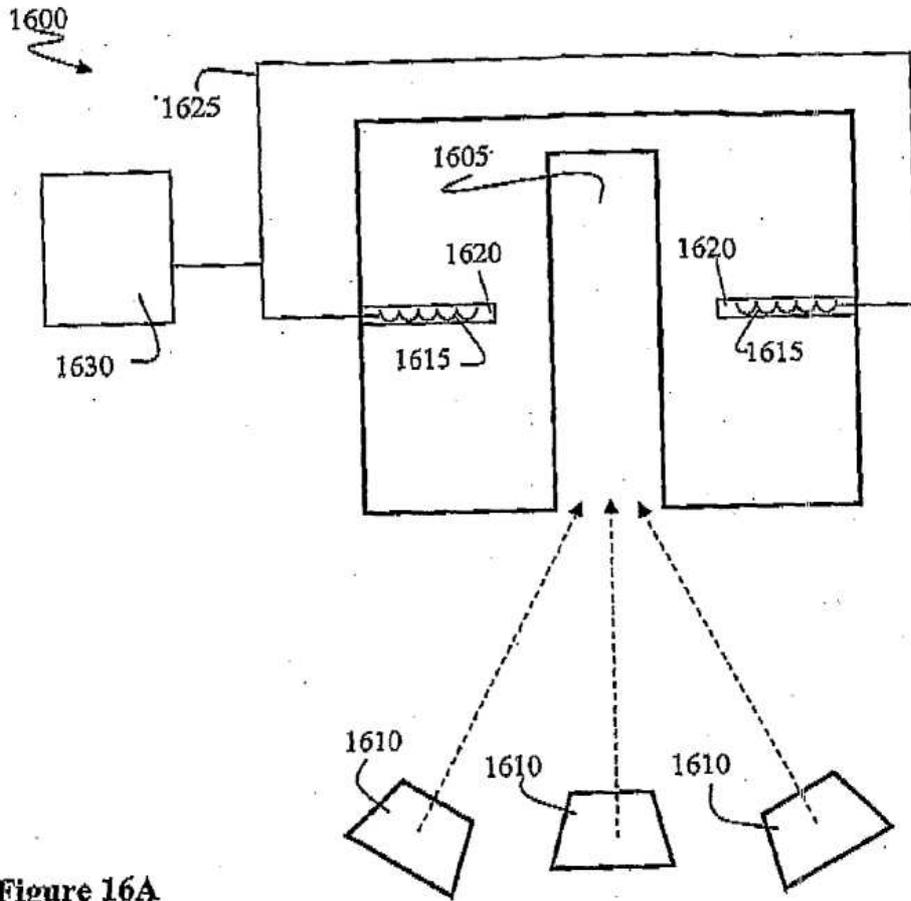


Figure 16A

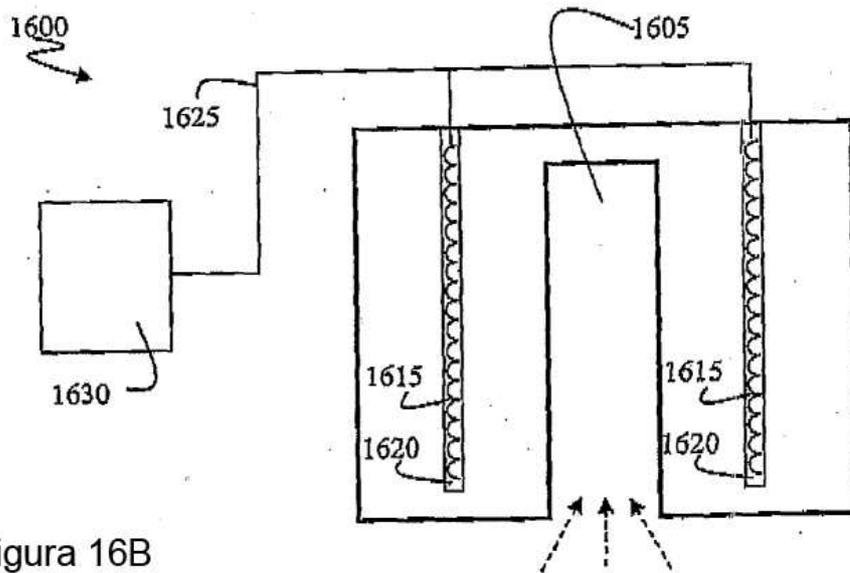


Figure 16B

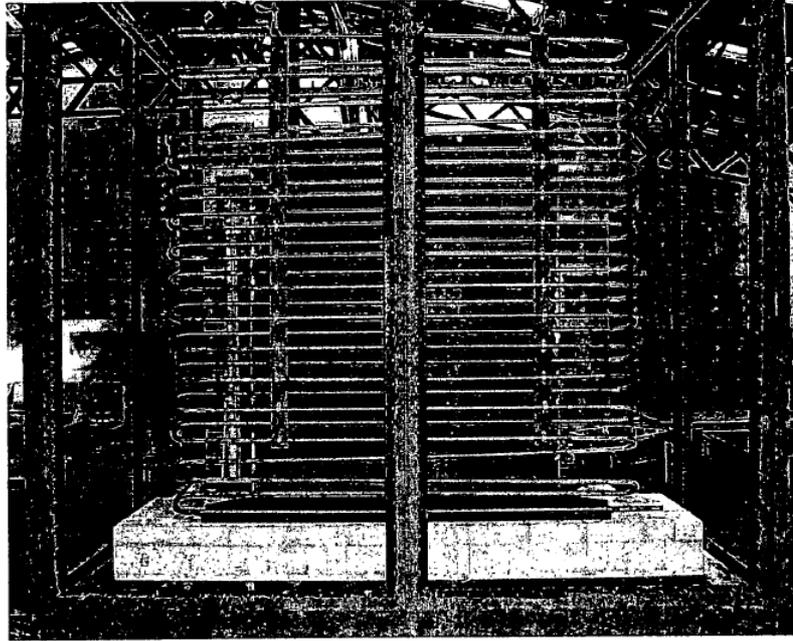


Fig. 17

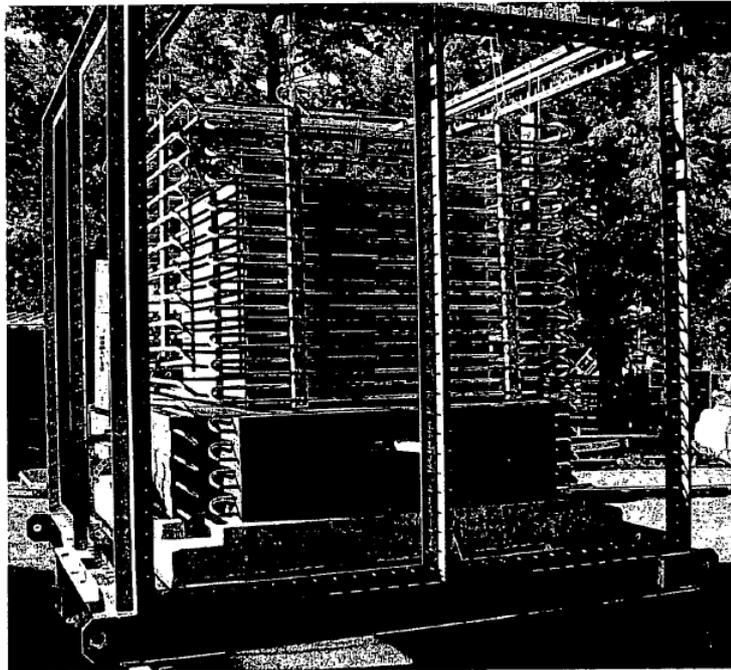


Fig. 18

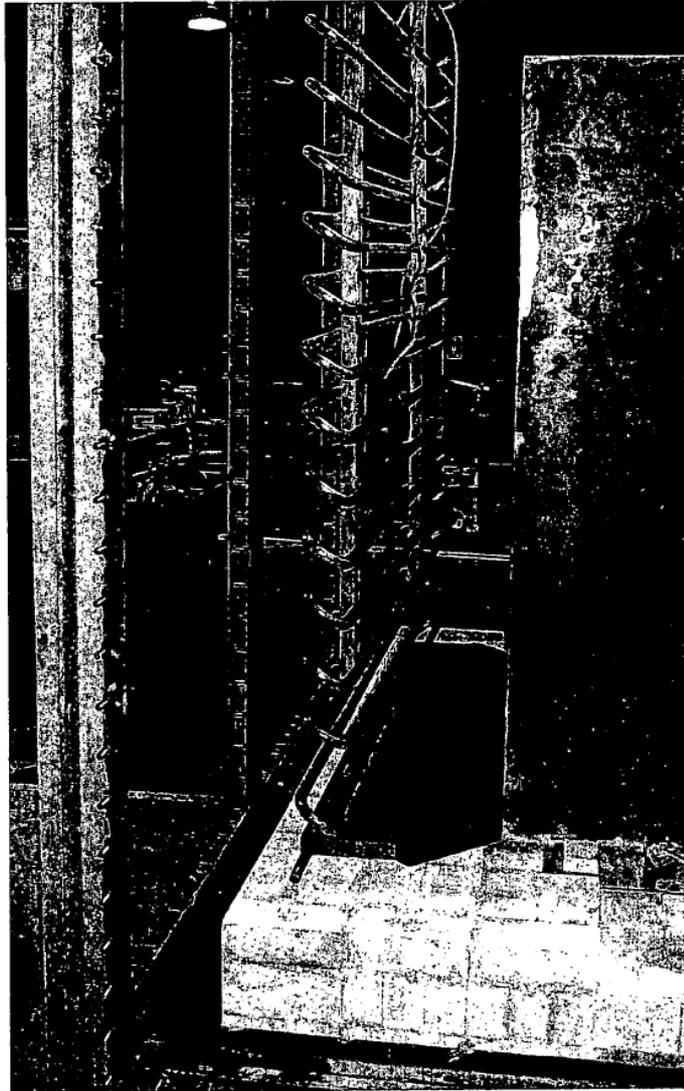


Fig. 19

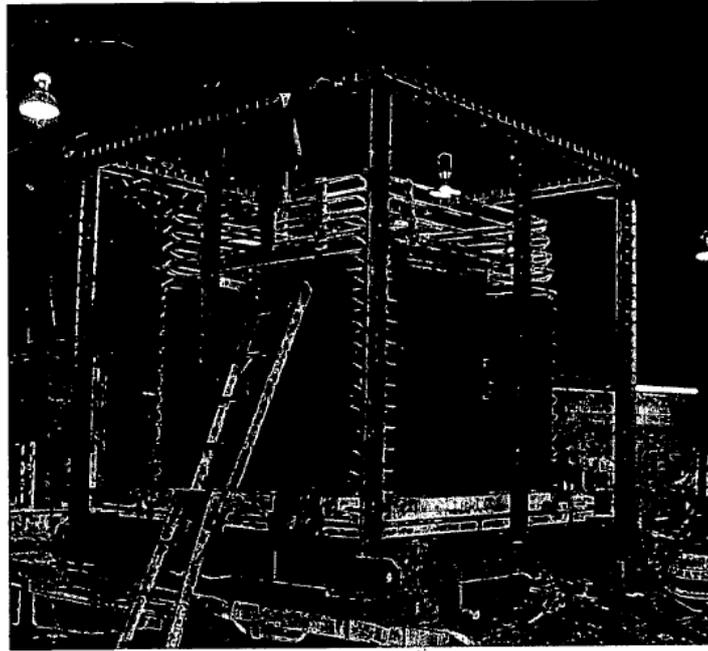


Fig. 20

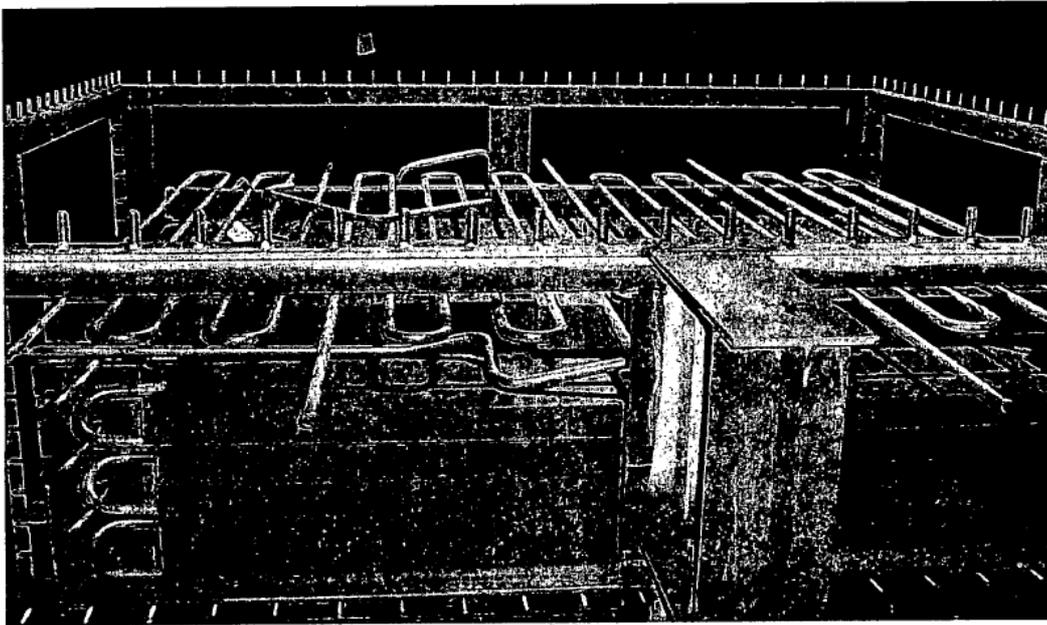


Fig. 21

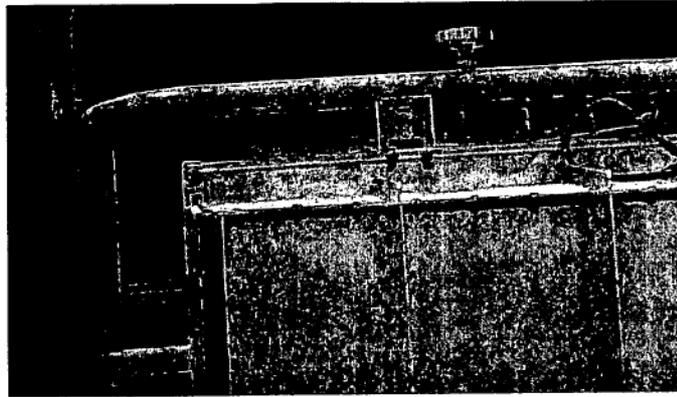


Fig. 22

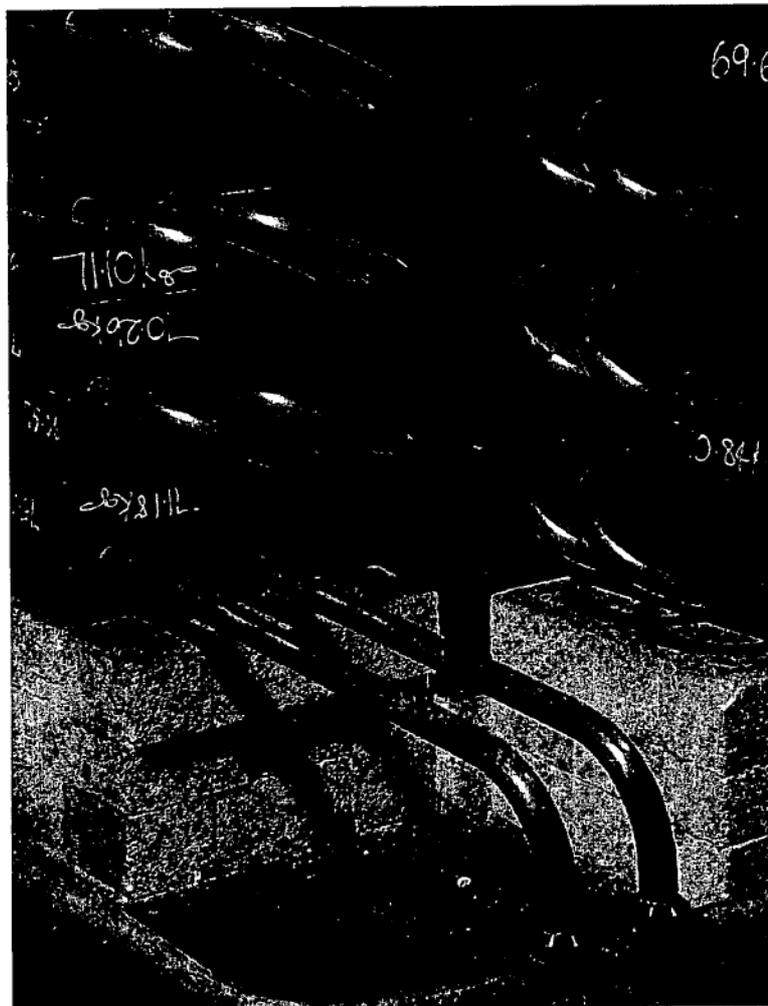


Fig. 23

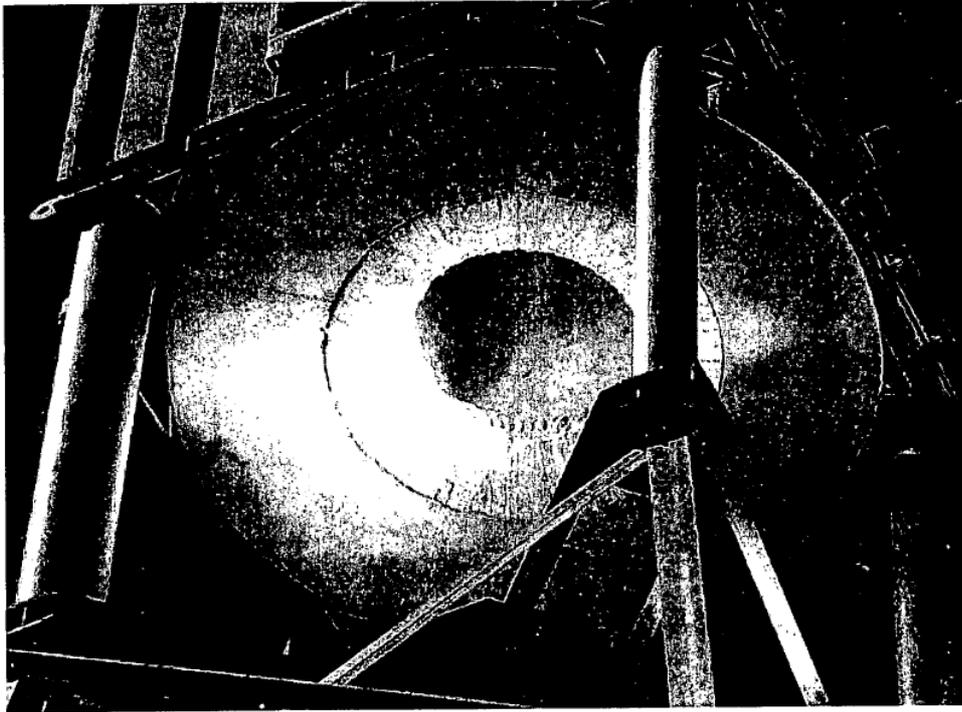


Fig. 24



Fig. 25

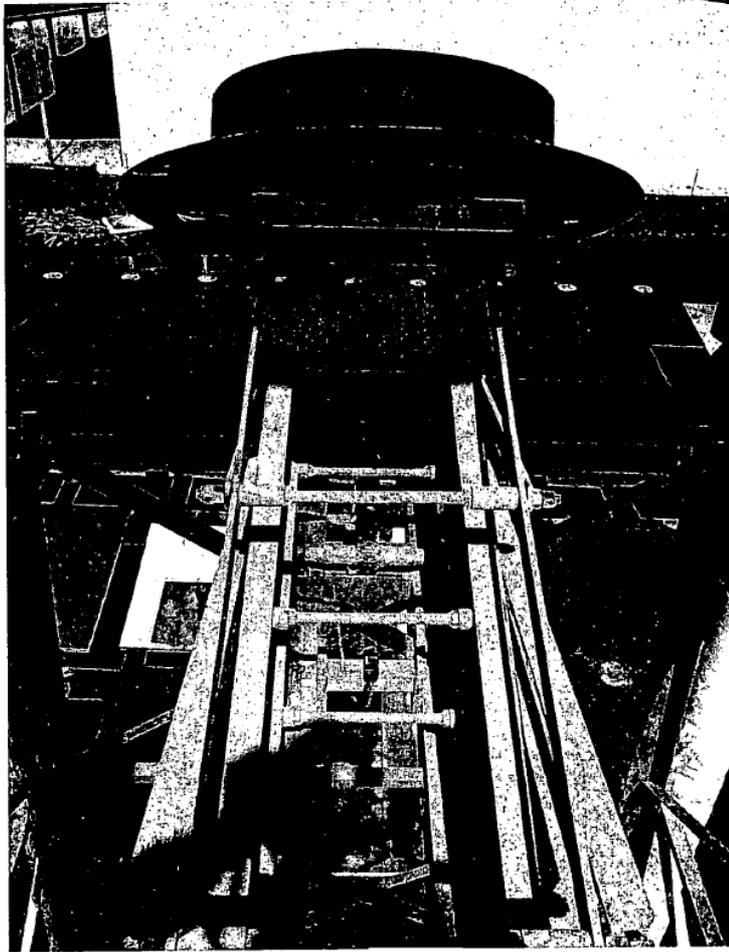


Fig. 26

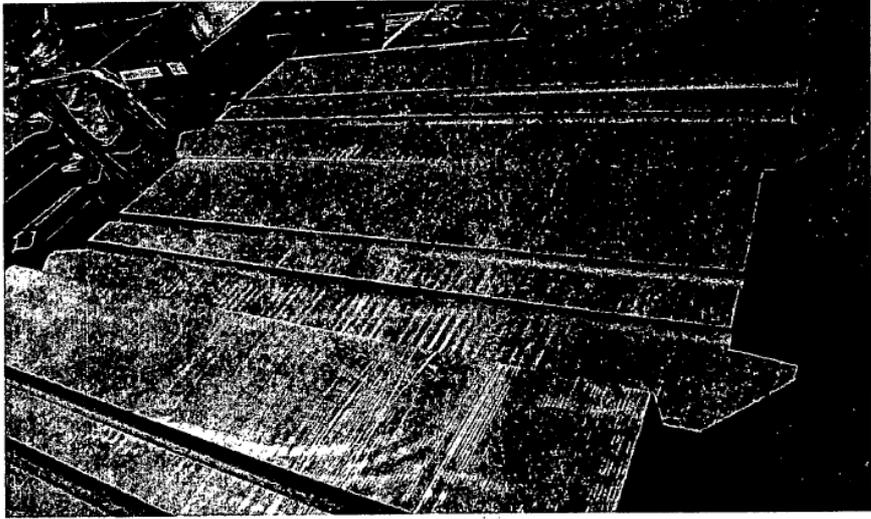


Fig. 27

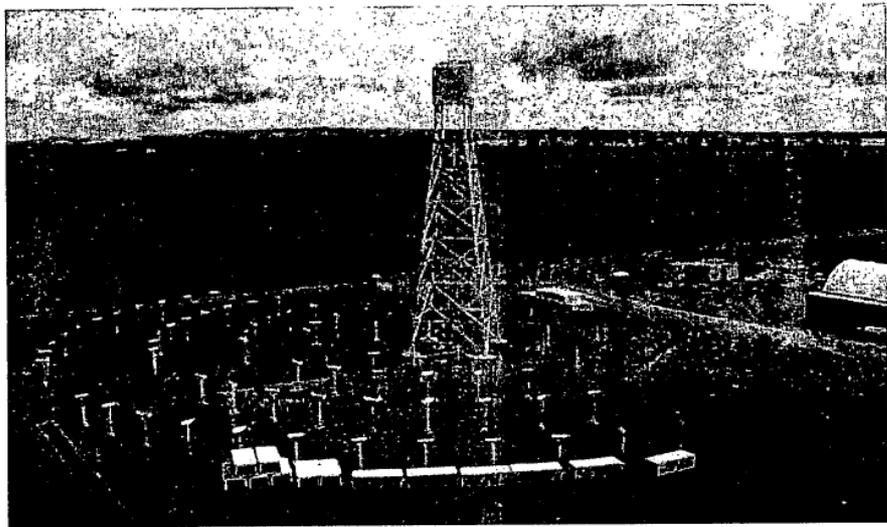


Fig. 28

Figura 28A

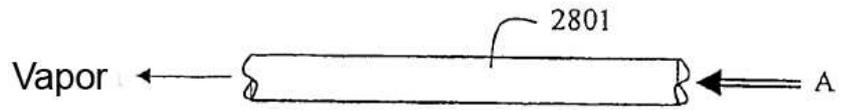


Figura 28B

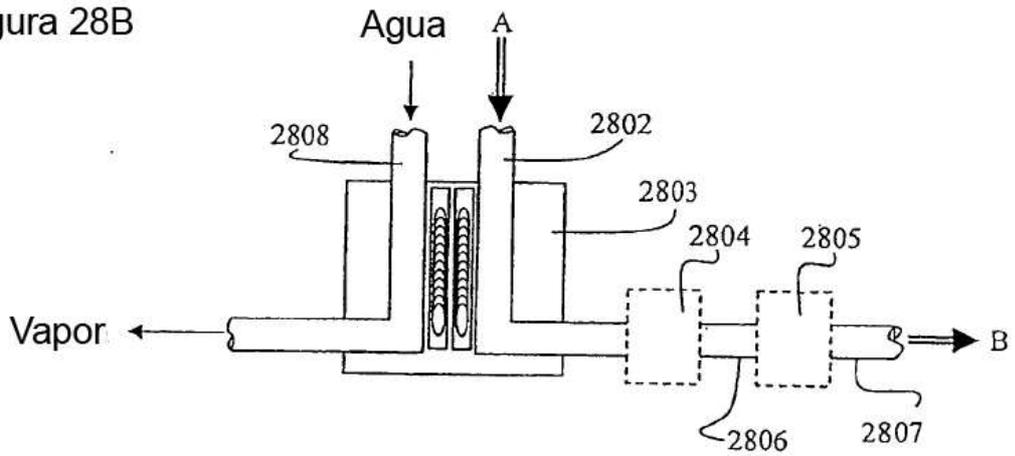


Figura 28C

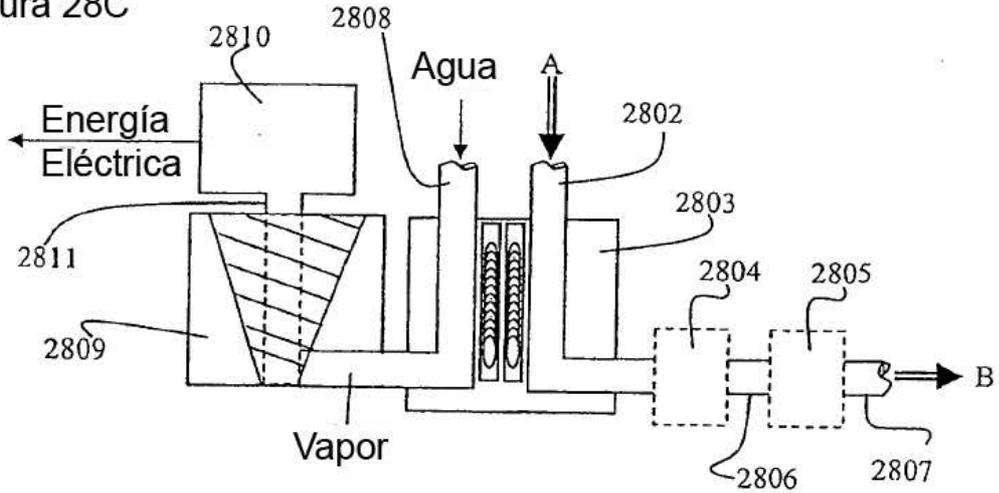
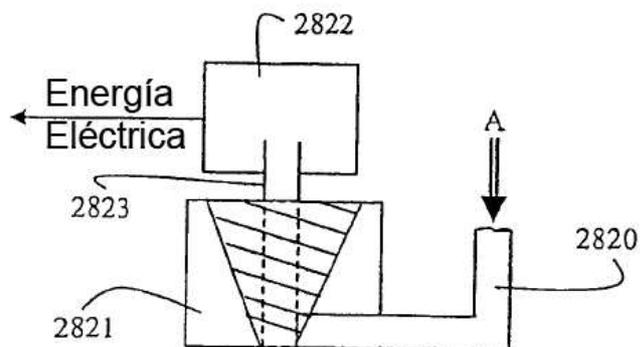


Figura 28D



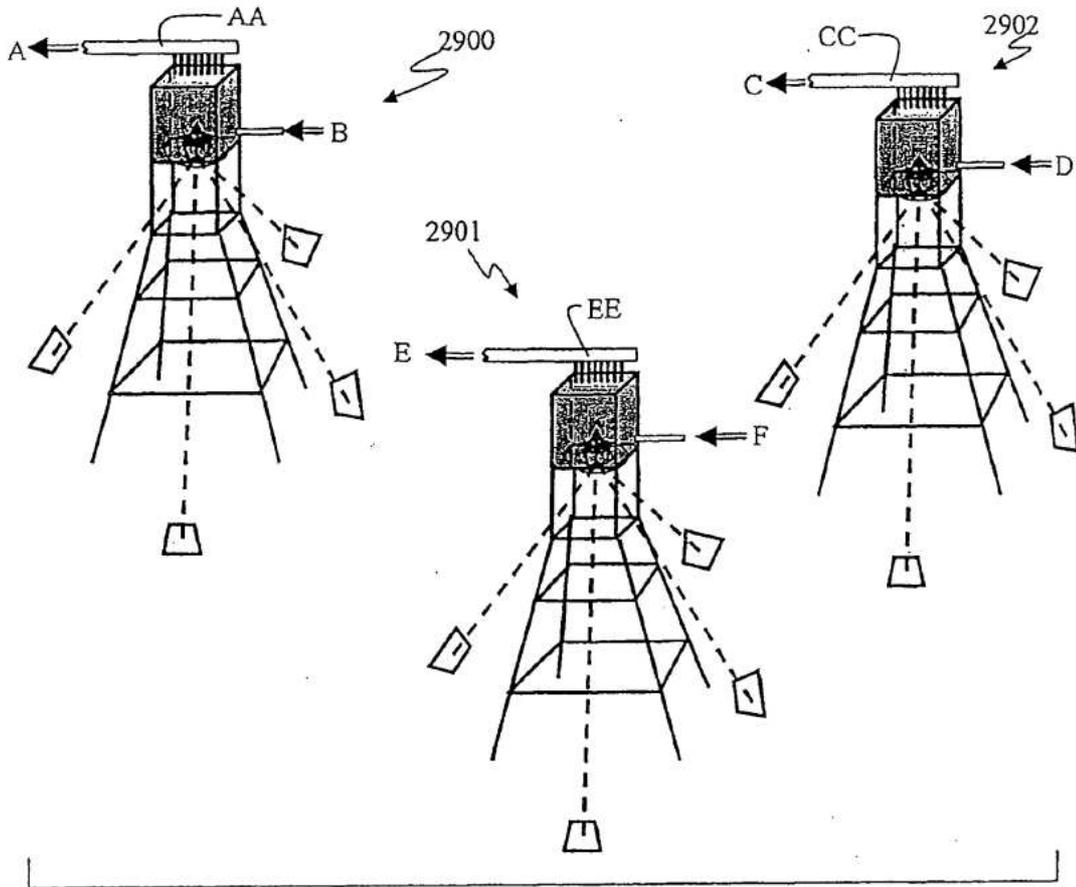


Figura 29A

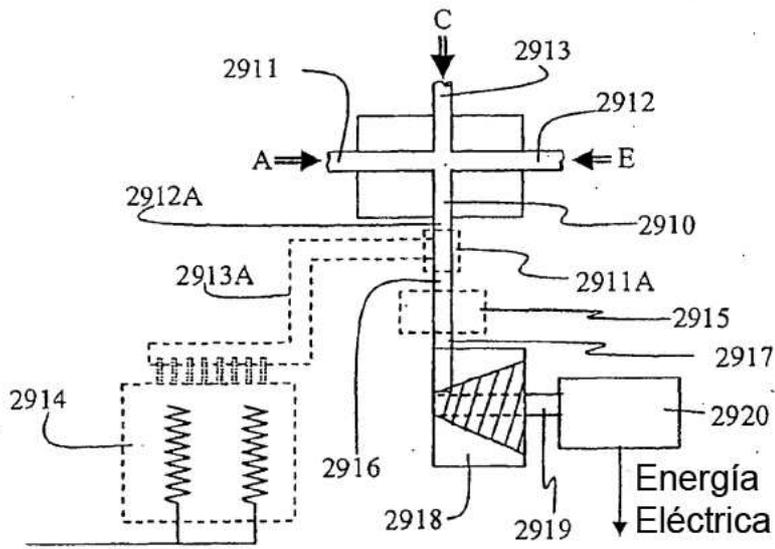


Figura 29B

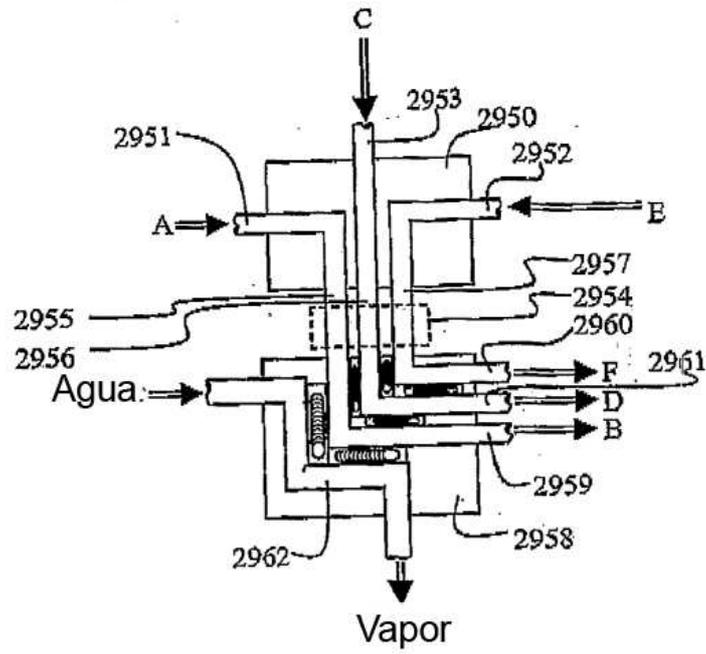


Figura 29C

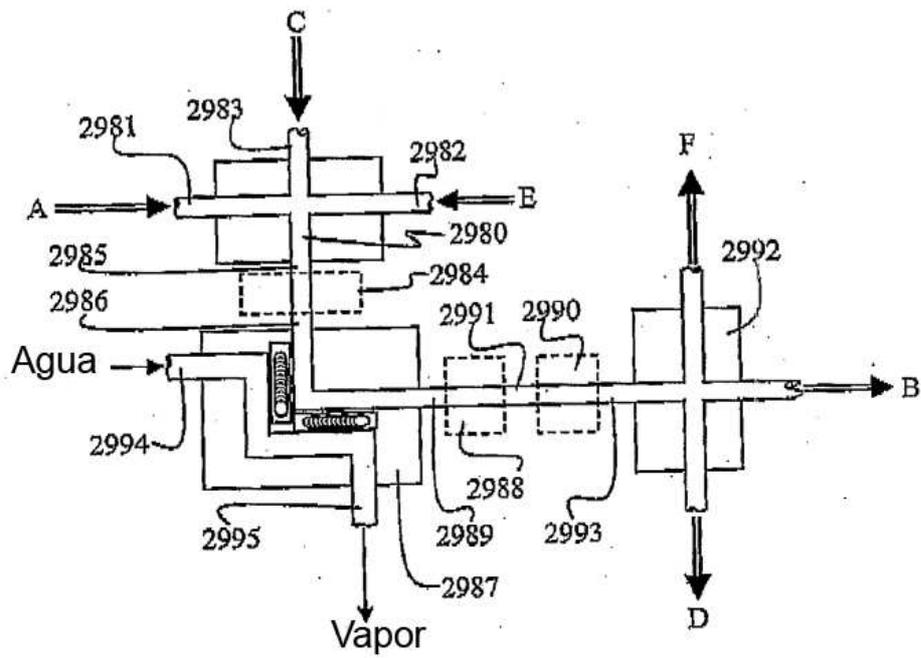


Figura 29D