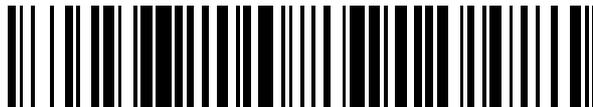


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 587 031**

51 Int. Cl.:

F24J 2/00	(2014.01)
F24J 2/07	(2006.01)
F24J 2/48	(2006.01)
F03G 6/06	(2006.01)
F24J 2/10	(2006.01)
F24J 2/16	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **23.11.2012 PCT/IB2012/056678**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **10.10.2013 WO13150347**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.11.2012 E 12806694 (1)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.05.2016 EP 2834519**

54 Título: **Dispositivo, sistema y método para alto nivel de eficacia energética para el almacenamiento y uso de energía térmica de origen solar**

30 Prioridad:

03.04.2012 IT RM20120135

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

20.10.2016

73 Titular/es:

**MAGALDI INDUSTRIE S.R.L. (100.0%)
Via Irno 219
84135 Salerno, IT**

72 Inventor/es:

**MAGALDI, MARIO;
DE MICHELE, GENNARO y
DONATINI, FRANCO**

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 587 031 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

Dispositivo, sistema y método para alto nivel de eficacia energética para el almacenamiento y uso de energía térmica de origen solar

5 Campo de la invención

La presente invención se refiere a una planta para la producción de energía basada en el uso y almacenamiento de energía solar, a un método relacionado y a un dispositivo para almacenamiento y transferencia de energía térmica de origen solar adecuado para el uso en tal planta.

10

Antecedentes de la invención

El uso de energía solar concentrada mediante heliostatos se conoce en la técnica. También se conoce la posibilidad de almacenar calor no inmediatamente usado, mediante dispositivos basados en lechos de partículas fluidificadas expuestos a radiación solar concentrada mediante heliostatos.

15

Normalmente, los dispositivos para almacenamiento de energía térmica de origen solar y/o los dispositivos para el correspondiente intercambio de calor se ubican en una posición elevada con respecto al plano de instalación del campo de heliostatos, para recibir desde abajo la radiación solar concentrada. Por tanto, la configuración típica proporciona un dispositivo de almacenamiento o intercambio colocado en una estructura de torre, en la que los llamados componentes de "servicio" pueden encontrar acomodo, mientras que el campo de heliostatos, basado en espejos, se instala en el suelo.

20

Las plantas para la producción de calor/energía eléctrica de origen solar basadas en tales dispositivos pueden concebir una o más unidades de almacenamiento y/o intercambio, dependiendo de la potencia calorífica que se obtenga. Con el incremento en la potencia de la planta, el peso del dispositivo que contiene el medio de almacenamiento se incrementa, el número de espejos dedicados a cada dispositivo se incrementa, y por consiguiente, la altura a la que el propio dispositivo debe colocarse para mantener razonable la extensión del campo de espejos se incrementa, asegurando simultáneamente que la radiación solar se concentre adecuadamente sobre el mismo. Las plantas industriales típicas conciben valores muy altos de las alturas de los dispositivos de almacenamiento y/o intercambio, alturas que alcanzan incluso más de 100 m.

25
30

Una criticidad adicional presente en las configuraciones de planta conocidas está vinculada con la presencia de aparatos que, funcionando a alta temperatura, se fabrican de materiales valiosos y costosos y simultáneamente provocan reducciones en la eficacia general de la planta debido a mayores dispersiones de calor asociadas.

35

La configuraciones de planta conocidas antes descritas implican inconvenientes significativos, vinculados también a la dificultad y coste de operaciones de mantenimiento a una altitud, necesitando, entre otras cosas, importantes medios de elevación.

40

Además, en el caso de dispositivos con un lecho de partículas fluidificables, la rotura accidental del propio dispositivo puede provocar que el material a alta temperatura se filtre y caiga por gravedad, con peligro para las personas y objetos.

45

Como consecuencia de lo que se ha mencionado, los dispositivos conocidos para almacenamiento y transferencia de energía térmica de origen solar pueden tener costes de producción de energía eléctrica todavía altos, y de cualquier manera lejos de la llamada "red de paridad".

El documento WO 2011/027309, considerado como la técnica anterior más cercana, divulga un sistema para almacenamiento de energía térmica mediante radiación solar directa. El sistema se basa en un lecho de partículas sólidas en movimiento continuo y casual recibidas dentro de un envase. En unas realizaciones, la curación de las partículas mediante radiación solar se obtiene de manera indirecta, a través de la intermediación de un dispositivo, por ejemplo una tubería de calor.

50
55

El documento US 4.455.153 divulga un proceso para producir un combustible sintético gasificado. La pieza de almacenamiento de calor del proceso se realiza mediante un medio de gasificación fundido, en particular sales fundidas calentadas mediante radiación solar.

El documento JP 1 151 757 divulga un motor Stirling que tiene un intercambiador de calor. Este último se asocia con una funda que recibe un lecho fluidificado que se calienta mediante radiación solar.

60

Sumario de la invención

El problema técnico subyacente en la presente invención es por tanto superar los inconvenientes antes mencionados en referencia a la técnica anterior.

65

El problema antes mencionado se soluciona mediante un dispositivo de acuerdo con la reivindicación 1 y un método de acuerdo con la reivindicación 33.

Las características preferentes de la invención son objeto de las reivindicaciones dependientes.

5 La invención proporciona un dispositivo para almacenamiento y transferencia de energía térmica de origen solar basándose en un medio de almacenamiento sólido que consiste en un lecho de partículas fluidificables.

10 Dicho dispositivo permite altas eficacias de producción, bajos costes de inversión y mantenimiento y una alta seguridad de funcionamiento. Esto se logra gracias a la simplicidad constructiva del propio dispositivo y a la posibilidad de colocarlo en el suelo, proporcionando una irradiación solar desde arriba.

15 El dispositivo de la invención está ideado para una colocación en el suelo, y la irradiación desde arriba puede llevarse a cabo mediante sistemas ópticos de reflejo, por ejemplo de acuerdo con una llamada configuración "de haz descendente" explicada a continuación, o mediante una mera colocación de un espejo o medio equivalente a una altitud, por ejemplo en inclinaciones naturales o en estructuras elevadas dedicadas.

20 De acuerdo con una configuración de planta preferente, las eficacias de producción alta antes mencionadas y bajos costes se obtienen también mediante una especialización de construcción del dispositivo para almacenamiento y transferencia en dos o más llamadas "categorías térmicas", asociada cada una con temperaturas específicas y condiciones de desarrollo.

25 Los dispositivos con una categoría térmica diferente pueden conectarse eficazmente en serie entre ellos en la misma planta. En dicho contexto, el dispositivo de la invención es adecuado para insertarse como módulo de base en plantas para producción de energía eléctrica y/o térmica, preferentemente dando servicio a consumos de calor tal como, por ejemplo, ventajosamente sistemas de retirada de sal.

30 La especialización de construcción de los dispositivos en categorías térmicas permite ventajas notables en términos de incremento de eficacia y reducción de costes, sobre todo cuando estos dispositivos se insertan en plantas de producción de energía eléctrica de gran potencia.

Las ventajas relacionadas con la especialización de los dispositivos de la invención y los modos de conexión entre ellos cuando se insertan en plantas de alta potencia se describen a continuación.

35 El dispositivo de la invención comprende el lecho fluidificable antes mencionado de partículas confinado dentro de una funda que lo aísla del entorno exterior. La funda es preferentemente metálica y está aislada térmicamente en sus propias superficies externas. Dicha funda define una o más cavidades que se extienden a través del lecho de partículas y recibe radiación solar concentrada que llega desde arriba. Las paredes de las cavidades se fabrican preferentemente y/o se revisten de metal y/o de material cerámico y no están térmicamente aisladas.
40 Preferentemente, las cavidades tienen una geometría cilíndrica o sustancialmente cilíndrica.

La disposición y configuración antes mencionadas de cada cavidad de recepción permiten maximizar la absorción de radiación solar y por tanto la eficacia general de la planta que usa el dispositivo de la invención.

45 El lecho fluidificable antes mencionado de partículas puede llevar a cabo la función dual de almacenar calor transferido desde las paredes de la cavidad de recepción y transferir tal calor a elementos de intercambio de calor adicionales, estos últimos en haces de tuberías particulares sumergidas en el lecho de partículas o de cualquier modo tocadas por dicho lecho.

50 Dichas etapas de almacenamiento y transferencia también pueden activarse selectivamente y una independientemente de la otra. Esto se obtiene ventajosamente mediante una fluidificación controlada de porciones seleccionadas del lecho de partículas.

55 En particular, en una realización preferente, el dispositivo proporciona dos zonas o porciones de lecho independientemente fluidificables, específicamente una primera porción de lecho en contacto con la cavidad de recepción y asignada al almacenamiento de energía térmica, y una segunda porción de lecho, adyacente a la primera, en la que está sumergido un manojo de tuberías de intercambio de calor (o un medio equivalente) que se cruza con un fluido de trabajo, preferentemente agua.

60 El intercambio de calor entre la cavidad de recepción y el lecho de almacenamiento ocurre mediante la fluidificación de dicha primera porción de lecho, mientras que la segunda porción de lecho asignada a la transferencia de calor puede fluidificarse solo en una condición operativa de producción de energía de la planta o el aparato en el que se inserta el dispositivo. Preferentemente, la sección de primera porción más cerca de la pared de la cavidad se fluidifica con una mayor velocidad de fluidificación con respecto a la primera porción restante, tal como se describe mejor a continuación.
65

5 En una configuración preferente, el sistema óptico que permite dirigir la radiación solar a una cavidad está compuesto de un campo de heliostatos que concentra la radiación en un segundo reflector, que a su vez concentra tal radiación en las cavidades de recepción del dispositivo de lecho fluidificado. Preferentemente, el reflector secundario está dispuesto en una torre, o de cualquier manera en una estructura elevada, mientras que el dispositivo para almacenamiento y transferencia está dispuesto (como se ha mencionado) en el suelo, preferentemente en una posición centrada con respecto al reflector secundario.

10 En otra configuración igualmente preferente, los heliostatos pueden estar dispuestos en una inclinación natural o artificial y concentrar la radiación solar en una o más cavidades adecuadamente dispuestas en el lecho de partículas.

Por tanto, la radiación solar concentrada es incidente desde arriba en la o cada cavidad interna en el lecho fluidificado, y se concentra preferentemente en una región central de dicha cavidad.

15 Tal como se ha dicho antes, la o cada cavidad de recepción se cruza con el lecho fluidificable. El extremo inferior de la cavidad puede coincidir con la base de dicho lecho, mientras que el extremo superior puede definir una porción superior de la funda que recibe el lecho de partículas. Las paredes de la cavidad por tanto confinan el lecho con respecto al entorno exterior, evitando contactos directos entre el lecho y el entorno.

20 Tal como se ha dicho antes, preferentemente la cavidad tiene una geometría cilíndrica. Incluso más preferentemente, tiene una relación de diámetro/altura comprendida en el intervalo de 0,2-0,5. Tal relación asegura, tal como se ilustrará en mayor detalle a continuación, una alta absorción de radiación solar y por tanto una baja pérdida de reflejo. En particular, el intervalo propuesto de proporciones provoca que la radiación incidente en la pared lateral de la cavidad se absorba después de varios reflejos parciales a lo largo de la extensión longitudinal de la cavidad a través del lecho de partículas, reduciendo a un mínimo las pérdidas al exterior.

25 En una configuración preferente adicional, correspondiente a las plantas de producción de gran potencia térmica, el dispositivo de lecho fluidificado de la invención puede tener además haces de tuberías, o medios de intercambio de calor equivalentes, directamente expuestos a la radiación incidente. Preferentemente, dichos medios de intercambio de calor adicionales están dispuestos en la parte superior de la funda que recibe el lecho de partículas. En particular, dicho medio de intercambio de calor adicional expuesto a la radiación solar puede colocarse (también) alrededor de la entrada de la cavidad.

30 En una configuración preferente que proporciona el reflector secundario antes mencionado, en el medio de intercambio de calor es incidente la radiación solar que llega desde heliostatos más alejados del dispositivo de lecho fluidificado, normalmente asociados con los flujos de calor reducidos, compatible con las características de resistencia térmica del manojó de tuberías. En la cavidad de recepción del dispositivo se transporta en cambio la radiación solar de gran flujo de calor que llega desde heliostatos más cerca del reflector secundario. Tal extensión diferente del flujo de calor asociado con la ubicación espacial de los heliostatos se debe a la distribución gaussiana de la radiación solar, provocando que el centro de la cavidad reciba flujos de calor mucho mayores, que son resultado de la superposición de las llamadas "huellas" de todos los heliostatos.

35 Tal como se ilustra mejor a continuación, el manojó de tuberías antes mencionado u otro medio de intercambio de calor expuesto a la radiación solar puede formar un único circuito operativo con los otros elementos de intercambio de calor en contacto con el lecho de partículas, o definir un circuito independiente, o apto para hacerse selectivamente independiente de dicho lecho. La configuración antes considerada, basada en elementos de intercambio de calor expuestos directamente a la radiación solar y en elementos de intercambio de calor en contacto con el lecho de partículas, se optimiza en términos de eficacia de la planta ya que permite explotar todo el flujo de calor disponible, simultáneamente manteniendo el diámetro de la cavidad cilíndrica reducido para minimizar las pérdidas de calor mediante la reirradiación al entorno exterior. Las temperaturas de trabajo de los elementos de intercambio de calor expuestos a radiación directa pueden de hecho ser tales que provocan pérdidas insignificantes debido a la irradiación.

40 En caso de que el fluido de trabajo que se cruza con los elementos de intercambio de calor sea agua, una configuración de proceso preferente concibe que durante el día los elementos de intercambio expuestos reciban la radiación solar y la transfieran directamente al fluido de trabajo, haciendo que la energía térmica relacionada esté inmediatamente disponible para la producción de energía eléctrica a través de una turbina y/o para producir agua desalada. Simultáneamente, las cavidades reciben la radiación concentrada y la energía térmica relacionada se almacena en el lecho de partículas. Durante la noche, o debido a una ausencia prolongada de sol, la energía térmica almacenada en el lecho de partículas puede transferirse al fluido de trabajo que se cruza con los elementos de intercambio de calor internos en la funda y dicha energía térmica puede usarse para continuar con la producción de energía eléctrica y/o la producción de agua desalada. Opcionalmente, durante las horas de sol, parte de la energía almacenada en el lecho de partículas puede transferirse al fluido de trabajo de los elementos de intercambio de calor internos en la funda y cooperar en la producción de energía eléctrica y/o agua desalada.

65

La configuración de tipo poligenerativo descrita en el presente documento, es decir, una configuración que proporciona la posible producción de energía eléctrica (mediante asociación del dispositivo con una turbina) y, por ejemplo, de agua fresca (mediante la asociación del dispositivo con un sistema de retirada de sal), permite maximizar la eficacia, en el sentido de explotación de radiación solar disponible.

5 Dicha configuración poligenerativa puede realizarse incluso en la ausencia de elementos de intercambio de calor directamente expuestos a radiación solar.

10 La elección de configuración operativa óptima entre la poligenerativa y la monogenerativa depende del tamaño de la planta basándose en el dispositivo de la invención y en las necesidades de la zona de instalación. Debido a razones de eficacia de la planta, para plantas de pequeño tamaño es preferente la producción exclusiva de agua desalada, tal como se ha dicho, también en la ausencia de elementos de intercambio expuestos, mientras que la poligeneración es ventajosa para plantas de potencia media y alta.

15 De nuevo, para plantas de generación basadas en el dispositivo de la invención que operan a bajas temperaturas de fluido de trabajo, o de cualquier manera en un caso de plantas de pequeño tamaño, es ventajosa la asociación de las mismas con ciclos ORC (Ciclo Orgánico de Rankine).

20 En los ciclos de Rankine con fluido orgánico, estos últimos constituyen en dichos casos el fluido de trabajo del dispositivo de la invención. La asociación con ciclos orgánicos es particularmente ventajosa para plantas de pequeña potencia, donde los ciclos de vapor tradicionales serían más costosos.

25 El dispositivo de la invención puede por tanto usarse tanto como módulo de una planta de cualquier tamaño como para las llamadas aplicaciones "autónomas" para las operaciones antes mencionadas de retirada de sal o para dar servicio a pequeños consumos de calor, a los que puede conferir una gran eficacia.

30 En el caso de altas potencias producidas, el dispositivo de la invención es particularmente adecuado para insertarse en plantas híbridas en las que la generación de energía eléctrica se coloca junto con la producción de vapor para consumos de calor tales como, por ejemplo, sistemas de retirada de sal, sistemas de aire acondicionado, etc.

35 En una configuración preferente, también se proporciona el uso de combustible dentro del lecho fluidificado, para compensar ausencias prolongadas de insolación y/o asegurar que se logra un nivel térmico determinado. Esto permite mejorar drásticamente la flexibilidad y la eficacia general del sistema.

40 En otra configuración igualmente preferente se proporciona un componente de cierre de cavidad, que puede activarse en la presencia de mal tiempo y/o en la ausencia temporal o prolongada de insolación, para evitar la dispersión de calor desde el dispositivo al entorno exterior.

45 Tal como se ha dicho antes, en una configuración preferente de planta de producción de energía eléctrica, el dispositivo para almacenamiento y transferencia puede especializarse en dos tipologías. En particular, se proporciona una primera tipología, que se denominará Unidad de Generación Solar de baja temperatura, UGS-L, destinada a la producción de vapor saturado seco desde agua de alimentación como fluido de trabajo. Además, se contempla una segunda tipología, que se denominará Unidad de Generación Solar de alta temperatura, UGS-H, destinada al supercalentamiento, y opcionalmente, al resupercalentamiento del vapor producido mediante la UGS-L.

50 En general, en relación con la función llevada a cabo, el dispositivo UGS-L funciona a temperaturas sensiblemente inferiores que el UGS-H.

Además, como se ha mencionado antes, las unidades con una especialización diferente se conectan en serie.

55 Las UGS antes introducidas retienen las características aquí mencionadas del dispositivo de la invención e implican ventajas relacionadas con la disminución sensible de pérdidas de calor mediante convección e irradiación al entorno exterior a través de las cavidades de recepción de la UGS-L, con un incremento de la eficacia general del dispositivo y de la planta.

60 Además, la reducción de costes para los materiales de construcción de la UGS-L y para los artilugios de fabricación asociados con ello representa una ventaja general adicional de la planta que los comprende. De hecho, en un ciclo termodinámico, el intercambio de energía relacionado con la producción de vapor saturado, y por tanto la parte de intercambio de módulos que consiste en las UGS-L es de aproximadamente el 60 %; por tanto, las ventajas citadas se aplican al 60 % de la planta de generación, con reducciones de costes e incrementos de eficacia vinculados de la propia planta.

65 Otras ventajas, características y las etapas de funcionamiento de la presente invención serán aparentes en la siguiente descripción detallada de algunas realizaciones de la misma, aportada a modo de ejemplo y no con fines limitativos.

Breve descripción de las figuras

Ahora se hará referencia a las figuras de los dibujos adjuntos, en los que:

- 5 - la Figura 1 muestra una representación esquemática de una primera realización de una planta en la configuración de "haz descendente" que comprende un dispositivo para almacenamiento y transferencia de energía térmica de origen solar de acuerdo con una realización preferente de la invención;
- 10 - la Figura 1A muestra una vista ampliada de parte de la planta de la Figura 1;
- 15 - la Figura 1B muestra una planta análoga a la de la Figura 1, con una disposición diferente de heliostatos mediante irradiación del dispositivo desde arriba;
- 20 - las Figuras 2A y 2B se refieren a resultados de simulaciones numéricas que ilustran, respectivamente, la huella solar generada en un plano en la entrada de una cavidad cilíndrica del dispositivo de las Figuras 1 y 1 B y la distribución de flujo solar dependiente de la distancia desde el centro de dicha cavidad;
- 25 - la Figura 3 muestra una representación esquemática de una segunda realización de una planta que comprende el dispositivo para almacenamiento y transferencia de energía térmica de origen solar, de acuerdo con otra realización preferente de la invención;
- 30 - la Figura 3A muestra una vista ampliada de parte de la planta de la Figura 3;
- 35 - la Figura 4 muestra una representación esquemática de una variante de realización de la planta de la Figura 3;
- 40 - la Figura 5 muestra una representación esquemática de otra variante de realización de la planta de la Figura 3;
- 45 - la Figura 5A muestra una vista ampliada de parte de la planta de la Figura 5;
- 50 - la Figura 6 muestra una representación esquemática de una variante de realización del dispositivo para almacenamiento y transferencia de energía térmica de origen solar de acuerdo con la invención;
- 55 - la Figura 7 muestra un diagrama de conexión general entre dispositivos UGS especializados, aplicables en una de las plantas de las figuras anteriores; y
- 60 - la Figura 8 muestra un diagrama de una planta de producción de energía eléctrica basándose en dispositivos UGS especializados de la Figura 6.

Descripción detallada de realizaciones preferentes de la invención

40 Inicialmente en referencia a las Figuras 1 y 1A, una planta solar para la producción de energía, basada en una configuración de "haz descendente", se indica generalmente mediante 100. La planta 100 de la presente realización es adecuada para la producción de vapor y vapor para usos industriales.

45 La planta 100 comprende un dispositivo para almacenamiento y transferencia de energía térmica asociado con una radiación solar incidente de acuerdo con una realización preferente de la invención, dispositivo que se indica generalmente con 1. La planta 100 puede comprender más de un dispositivo del tipo antes mencionado.

50 La planta 100 también comprende un medio de captación de radiación solar que define, junto con el dispositivo 1, la configuración de irradiación de "haz descendente" antes mencionada. En particular, la planta 100 comprende medios de captación primarios, en el presente ejemplo un campo 200 de heliostatos, directamente afectados por la radiación solar y aptos para transportar esta última en medios de captación secundarios 300, preferentemente un reflector o espejo, apto para recibir la radiación solar desde los medios primarios 200 y a su vez transportarla a una cavidad de recepción 20 del dispositivo 1.

55 En la presente disposición, el reflector secundario 300 se ubica en una torre u otra estructura elevada, mientras que el campo 200 de heliostatos y el dispositivo 1 están dispuestos en el suelo. Preferentemente, el dispositivo 1 está en una posición centrada con respecto al reflector secundario 300.

60 El dispositivo 1 comprende una funda de contención 2, que tiene una cavidad de recepción 20 para recibir la radiación solar concentrada mediante el medio de captación y que acomoda en su interior un lecho 3 de partículas fluidificables.

65 Las variantes de realizaciones pueden proporcionar más de una cavidad de recepción obtenida en la funda 2.

La funda de contención 2 está aislada térmicamente para reducir a un mínimo la dispersión de calor en el entorno exterior, y se fabrica preferentemente de metal.

5 De acuerdo con la invención, la cavidad de recepción 20 se extiende a través de un lecho 3 de partículas preferentemente por toda la altura de la funda de contención 2.

10 En el presente ejemplo, la cavidad de recepción 20 tiene una geometría sustancialmente alargada y en particular sustancialmente cilíndrica, que se extiende a lo largo de un eje longitudinal que está dispuesto, durante el uso, preferentemente en vertical.

15 La cavidad 20 está definida por un primer extremo longitudinal abierto, o entrada 21, mediante un segundo extremo longitudinal 22, preferentemente cerrado mediante una parte inferior y mediante un faldón lateral 23 dispuesto entre la entrada 21 y la parte inferior 22 y apto para recibir la radiación solar concentrada y para transferir energía térmica asociada con ella al lecho 3 de partículas.

20 En el presente ejemplo, la entrada 21 de la cavidad 20 está definida por superficies sustancialmente planas y sustancialmente en ángulo recto.

25 Preferentemente, la cavidad 20 tiene un diámetro d y una altura h en una relación comprendida en un intervalo de aproximadamente 0,2-0,5. Dicha relación es adecuada para maximizar la absorción de la radiación solar concentrada. En particular, cuanto más pequeño sea el valor de dicha relación, mejor será la eficacia de absorción de la radiación solar incidente en las paredes de la parte superior del faldón 23. Dicha radiación incidente se absorbe a través de dicho faldón 23 después de múltiples reflejos parciales hacia la parte inferior 22 de la cavidad 20.

30 Preferentemente, el faldón lateral 23 de la cavidad 20 está compuesto de material de absorción de radiación solar, mientras que la parte inferior 22 es de material que refleja la radiación solar, por lo que la parte inferior 22 refleja precisamente de nuevo hacia el faldón lateral 23 cualquier radiación que incida sobre ella, y esto con el fin de conseguir una gran absorción de la radiación incidente.

35 El faldón lateral 23 puede proporcionar una superficie exterior fabricada de, o revestida con, un material metálico y/o cerámico. La superficie interior del faldón 23 en contacto con el lecho 3 de partículas puede proporcionar un revestimiento antidesgaste.

40 Tal como se ha dicho antes, la cavidad de recepción 20 se extiende a través del lecho 3 de partículas y se separa de este último mediante su propio faldón lateral 23. El lecho 3 de partículas está dispuesto por tanto circunscrito a, y en contacto con la superficie interior de dicho faldón lateral 23.

45 Preferentemente, la parte inferior 22 de la cavidad 20 está dispuesta sustancialmente en o en las proximidades de la parte inferior de la funda 2 que define la base del lecho de partículas 3.

50 Preferentemente, la configuración general es tal que la radiación solar se transporta dentro de la cavidad 20 en una porción central de la propia cavidad y a la altura de la superficie expuesta del lecho 3 de partículas. En otras palabras, una configuración preferente para apuntar el sistema óptico es colocar el foco f secundario, es decir, el punto de convergencia de los rayos reflejados mediante el reflector secundario 300, en el centro de la entrada superior 21 de la cavidad 20, a una altura igual a la del lecho de partículas.

55 El lecho 3 de partículas es apto para moverse selectivamente mediante un gas de fluidificación, preferentemente aire, para almacenar energía térmica recibida desde la radiación solar a través del faldón lateral 23 de la cavidad 20. La fluidificación del lecho 3 de partículas asegura precisamente un intercambio de calor eficaz y uniforme con el faldón lateral 23 de la cavidad 20.

60 La elección de material de partículas para el lecho 3 de partículas se basa en particular en la mala capacidad de abrasión y fragmentación, en respuesta a la necesidad de minimizar el fenómeno de la elutriación de las partículas del lecho para limitar la producción y transporte de menudos en el aire de fluidificación. Basándose en estas consideraciones, una configuración preferente favorece el uso, para partículas de lecho, de material granular inerte a la oxidación, como por ejemplo, carburo de silicio o cuarzo, con una forma regular, preferentemente esférica y/o preferentemente con el tamaño del orden de 50 a 500 micrómetros, y de manera que dicho tamaño pueda ser preferentemente nativo, que no sea resultado de la agregación de partículas más pequeñas.

65 Basándose en la presente realización, el lecho 3 de partículas se forma eficazmente mediante una primera porción de almacenamiento 31 y una segunda porción de transferencia 32, esta última preferentemente circunscrita a y en contacto con la porción de almacenamiento 31.

70 En particular, la porción de almacenamiento 31 es apta para almacenar energía térmica recibida desde la radiación solar a través del faldón lateral 23 de la cavidad 20, y por tanto está dispuesta en esta última. La porción de transferencia 32 está dispuesta adyacente a la porción de almacenamiento 31, periféricamente con respecto a la

cavidad 20, y es apta para transferir energía térmica almacenada en la porción de lecho 31 a los elementos de intercambio de calor 41 recibidos dentro de la funda 2 y que se describirán a continuación.

5 Preferentemente, durante el uso, la porción de almacenamiento 31 y la porción de transferencia 32 son fluidificables de manera selectiva e independiente para conseguir una etapa de almacenamiento de energía térmica y una etapa de transferencia de dicha energía almacenada, respectivamente. En particular, la transferencia de calor a los elementos de intercambio de calor 41 puede detenerse mediante el cese de la fluidificación de la porción de intercambio 32.

10 De acuerdo con los modos operativos típicos de la planta 100, la etapa de almacenamiento mediante la porción de lecho 31 se activa durante el día y en la presencia de irradiación solar, y la etapa de transferencia, mediante la activación también de la porción de lecho 32, tanto durante el día como durante la noche.

15 El gas de fluidificación se suministra dentro de la funda 2 a las porciones de lecho 31 y 32 mediante respectivas entradas de alimentación 51 y 52 de tipo de caja de aire, conocidas *per se* y representadas esquemáticamente en las figuras.

20 En tales entradas 51 y 52 se proporciona preferentemente un septo de distribución u otro distribuidor de gas de fluidificación, apto para permitir una entrada uniforme de este último y asegurar simultáneamente un soporte para el lecho 3 de partículas, contribuyendo a conseguir la parte inferior de la funda 2.

25 Las porciones de almacenamiento 31 y de intercambio 32 pueden ser continuas o separarse mediante septos no representados en las figuras. En una variante de realización preferente, las dos porciones de lecho 31 y 32 pueden constituir porciones adyacentes de un mismo lecho, fluidificable selectivamente mediante separación de las cajas de aire.

30 Preferentemente, se proporcionan medios aptos para variar selectivamente la velocidad y/o el caudal del gas de fluidificación para ajustar la extensión del intercambio y transferencia de calor. En particular, al cambiar la velocidad de cruce del gas de fluidificación es posible controlar y modificar el coeficiente de intercambio térmico general entre el lecho fluidificado y la superficie de intercambio, con una posterior flexibilidad en el ajuste de la cantidad de potencia térmica transferida.

35 En la presente realización, también se proporciona un intercambiador de calor de gas/gas 71 en particular aire/ aire, en comunicación con el circuito de gas de fluidificación. En particular, durante el uso, en dicho intercambiador 71 se suministra un primer gas frío, que es el gas de fluidificación a usar para la fluidificación del lecho 3 de partículas, y un segundo gas caliente, que es el gas de fluidificación que sale del lecho 3 de partículas. Por tanto, el intercambiador 71 permite un precalentamiento del aire de fluidificación, recuperando parte del calor del aire de fluidificación que se expulsa.

40 El circuito del gas de fluidificación comprende normalmente también un ventilador o compresor 72, o un medio equivalente para recoger el aire ambiental.

45 Dicho circuito se equilibra normalmente mediante un aspirador, no ilustrado y colocado corriente abajo del intercambiador 71, en la línea del aire de fluidificación caliente que llega desde el dispositivo 1.

Tal como se ha dicho antes, dentro de la funda 2 se proporcionan elementos de intercambio de calor 41, en particular haces de tuberías, cruzadas, durante el uso, mediante un fluido de trabajo, en el presente ejemplo agua/vapor.

50 Los haces de tuberías 41 se sumergen en la segunda porción 32 del lecho, o de cualquier manera están dispuestos para tocarse con ella cuando se fluidifican, es decir, durante dicha etapa de transferencia de energía térmica.

55 Los haces de tuberías 41 son parte de un circuito de intercambio de calor adecuado para producir vapor para expandirse en una turbina 81 de la planta 100. En particular, como se ha dicho, el fluido de trabajo es preferentemente agua en un estado líquido que recibe, durante el cruce de los haces de tuberías 41, energía térmica para convertirse en vapor supercalentado. Dicho valor supercalentado, en condiciones predeterminadas de temperatura y presión, se utiliza para producir energía eléctrica expandiéndose en la turbina de vapor 81 asociada con un generador de energía eléctrica 82.

60 El circuito de fluido de trabajo incluye también, de acuerdo con una configuración conocida *per se*, un condensador 84, un desgaseador 85 con un flujo en la turbina 81 y una bomba de suministro 86, o un medio equivalente a los anteriormente mencionados.

65 En el presente ejemplo se proporciona que parte o todo el vapor supercalentado que sale de los elementos de intercambio 41 puede enviarse a uno o más consumos de calor 90 conectados a la planta 100, por ejemplo sistemas de retirada de sal, sistemas industriales, sistemas de acondicionamiento, etc. En el caso de tal poligeneración, la

alimentación de vapor puede obtenerse mediante medios de ajuste de flujo 83 dispuestos corriente arriba de la turbina 81.

5 El circuito de fluido de trabajo proporciona también la recuperación de fluido enviado a los consumos de calor 90, que ha escapado precisamente de su contribución de calor, mediante una conexión 900 con el circuito de base, preferentemente corriente abajo del condensador 84.

10 En una configuración diferente, la asociación del dispositivo 1 con los consumos de calor 90 puede proporcionarse como una alternativa a una producción de energía eléctrica, es decir, sin la producción de potencia eléctrica en la planta.

15 Se entenderá que tanto el circuito de gas de fluidificación como el circuito de fluido de trabajo pueden proporcionar medios de ajuste de flujo y/o interdicción, de un tipo conocido *per se*, para cumplir necesidades operativas específicas.

20 La planta 100 y el dispositivo 1 también puede proporcionar medios para suministrar un combustible a quemar dentro del lecho 3 de partículas o dentro de una parte del mismo, y esto es para compensar las ausencias prolongadas de insolación y/o para asegurar que se logra un nivel de potencia determinado dependiendo de las necesidades corriente abajo de la planta de producción.

25 En este caso, el dispositivo 1 es tal que se proporcionan entradas independientes de combustible, preferentemente gaseoso, en el lecho de partículas, una o más antorchas insertadas en el entorno del dispositivo 1 para la activación de la combustión y para asegurar el sistema contra cualquier acumulación peligrosa de combustible dentro del dispositivo, y uno o más discos de ruptura en la funda 2. Estos recursos, al igual que otros que pueden ser aplicables, van destinados a evitar el riesgo de explosión. En cuanto a la ignición del combustible *per se*, esta es una técnica conocida y no se describirá en más detalle a continuación. Una ventaja importante se deriva de la posibilidad de quemar dicho combustible directamente dentro del lecho fluidificable. Normalmente, de hecho, para dispositivos de la técnica anterior, esta operación se lleva a cabo en unidades de producción separadas de la planta de fabricación principal.

30 Las Figuras 2A y 2B muestran, a modo de ejemplo, los resultados de una simulación numérica para una distribución típica de radiación solar concentrada desde arriba.

35 En particular, la Figura 2A resalta los flujos de calor en un sistema de ejes cartesianos cuyo centro coincide con el centro de la sección transversal superior de la cavidad cilíndrica 20. La huella generada a partir de la radiación solar resalta que el flujo máximo se encuentra en el centro de dicha sección, ya que es el resultado de todas las huellas que se derivan de los heliostatos. Moviéndose lejos del centro el valor de flujo disminuye rápidamente, tal como se desprende también a partir de la Figura 2B.

40 El resultado de estas simulaciones numéricas es útil para el dimensionamiento del diámetro de la cavidad cilíndrica para un campo de referencia determinado de heliostatos y para la predicción de la cantidad de energía que puede absorberse mediante la propia cavidad.

45 Las Figuras 1 B y 3 a 5A se refieren a realizaciones y variantes adicionales del dispositivo y de la planta de la invención. Estas realizaciones adicionales y variantes se describirán a continuación solo en referencia a las diferencias con respecto a lo que ya se ha divulgado en relación con las Figuras 1 y 1A.

50 En la variante de la Figura 1 B, se proporciona una planta del mismo tipo que en la Figura 1, indicada en este caso globalmente mediante 110, realizando una configuración de irradiación desde arriba alternativa a la llamada "de haz descendente". La planta 110 proporciona un sistema óptico basado en un medio de captación primario 210 elevado, directamente afectado por la radiación solar y dispuesto precisamente en una posición elevada con respecto al dispositivo 1. En particular, el medio de captación primario 210 elevado está dispuesto en inclinaciones naturales y/o en estructuras de soporte adecuadas.

55 Las realizaciones y variantes de las Figuras 3 a 5A son particularmente adecuadas para el caso de altas potencias técnicas requeridas y son comparables con ambas configuraciones de irradiación de las Figuras 1 y 1B.

60 En particular, las realizaciones y variantes de las Figuras 3 a 5A comparten la provisión de elementos de intercambio de calor adicionales con respecto a la primera realización, elementos adicionales que están expuestos directamente a la radiación solar incidente. De esta manera, se recupera el flujo de calor solar externo a la cavidad de recepción, evitando pérdidas de eficacia que pueden ocurrir en soluciones que proporcionan un incremento en la dimensión transversal de la cavidad de recepción justo para lograr potencias altas captando toda la radiación.

65 Las Figuras 3 y 3A muestran una segunda realización de una planta, indicada en este caso mediante 101, similar a la de la primera realización.

En ese caso, la planta 101 comprende un dispositivo para almacenamiento y transferencia de energía térmica de origen solar, indicado generalmente mediante 10.

5 El dispositivo 10 proporciona elementos adicionales de intercambio de calor, en particular en este caso también haces de tuberías 42, cruzadas, durante el uso, mediante un fluido de trabajo y dispuestas externamente a la funda 2 para verse afectadas directamente mediante la radiación solar incidente. En particular, tales haces de tuberías 42 adicionales se ubican en la parte superior 25 de la funda 2, en la entrada 21 de la cavidad 20 y/o para cubrir parcialmente dicha entrada.

10 Los haces de tuberías 42 son parte de un circuito de intercambio de calor adicional dispuesto completamente fuera de la funda 2, y que pueden añadirse al circuito referente a los haces de tuberías 41 en la primera realización.

15 En los haces de tuberías 42 expuestos es incidente la radiación solar que llega desde los espejos 201 del campo 200 de heliostatos más lejos desde el reflector secundario 300, asociado con flujos de calor reducidos. La cavidad cilíndrica 20 recibe en su lugar la radiación solar de flujo de mucho calor de los espejos 202 del campo 200 de heliostatos más cerca del reflector secundario 300.

20 En el presente ejemplo, dichos dos circuitos están en comunicación. En particular, se proporciona que el fluido de trabajo cruza en secuencia los haces de tuberías 42 expuestos y después aquellos se sumergen en la segunda porción 32 del lecho de partículas. En particular, el fluido de trabajo, en el ejemplo, agua líquida, circula por los haces de tuberías 42 expuestos incrementando la temperatura sin tránsito de fase, para introducirse después en los haces de tuberías 41 internos al lecho de fluido 3, en este caso continuando el calentamiento hasta el tránsito de fase en vapor saturado y posteriormente supercalentamiento. Esto último se introduce entonces en la turbina 81 de acuerdo con lo que se ha descrito en referencia a la primera realización.

25 El circuito global del fluido de trabajo también puede proporcionar un depósito de almacenamiento 86, dimensionado para permitir el almacenamiento de agua de temperatura, que llega desde el manido de tuberías 42 expuesto, sin enviarlo a los elementos de intercambio de calor 41 sumergidos en el lecho de partículas. Esto permite cumplir necesidades operativas específicas de suspensión en producción de energía, es decir, intercambio de calor con la porción de lecho 32. En más detalle, para necesidades de planta puede ser necesario detener la producción de vapor; en el caso de que esta necesidad se manifieste durante las horas de sol, la presencia del depósito de almacenamiento 86 permite recuperar la radiación solar incidente en el manido de tuberías 42 expuesto, almacenando en su interior agua calentada mediante dicha radiación, y para continuar el almacenamiento de energía térmica en el lecho de almacenamiento 31 a través de la cavidad cilíndrica 20. En estas condiciones, la porción de lecho 32 a cargo del cambio no se fluidifica. Cuando termina el evento de "detención de producción", es posible abrir el circuito de conexión para la conexión con los haces de tuberías 41 internos al dispositivo 10 y continuar la producción.

40 Como alternativa o junto con el almacenamiento de agua caliente en el depósito 86, o de cualquier manera en un modo de funcionamiento ordinario, la energía absorbida mediante los haces expuestos 42 puede utilizarse, enviándola por medio de un circuito de derivación 861 directamente a los consumos de calor 90 opcionalmente disponibles.

45 Una configuración de proceso adicional proporciona que la energía térmica absorbida mediante los haces de tuberías 42 expuestos puede utilizarse exclusivamente para suministrar a los consumos de calor 90 mediante el circuito de derivación 861, mientras que la radiación solar restante continúa absorbiéndose mediante la cavidad cilíndrica 20, almacenada en la porción de lecho de almacenamiento 31 y transferida, de manera simultánea o en la ausencia de sol, a los haces de tuberías 41 para la producción de vapor apto para enviarse a la turbina 81.

50 En referencia ahora a la realización de la Figura 4, en este caso se proporciona un dispositivo para almacenamiento y transferencia de energía térmica de origen solar, en este caso indicado globalmente mediante 11, insertado en una planta indicada mediante 102.

55 El dispositivo 11 proporciona una entrada 210 de la cavidad cilíndrica 20 definida mediante una superficie troncocónica. En dicha entrada 210, para seguir su perfil, están dispuestos unos elementos de intercambio de calor adicionales, expuestos a radiación solar, en el presente caso indicados mediante 420.

De otra manera, la planta 102 y el dispositivo 11 son análogos a los ya descritos en referencia a las Figuras 3 y 3A.

60 Tal como ya se ha dicho, también en el caso de la planta 101 y 102 de las Figuras, respectivamente 3 y 4, una configuración preferente adicional, que no se ilustra, puede proporcionar una asociación exclusivamente con un consumo de calor, por ejemplo, un sistema de retirada de sal, sin producción de energía eléctrica.

65 En referencia a la realización de las Figuras 5 y 5A, en este caso se proporciona un dispositivo para almacenamiento y transferencia de energía térmica de origen solar, indicado globalmente mediante 12, insertado en una planta indicada mediante 103.

En el dispositivo 12 se proporcionan elementos de intercambio de calor expuestos, indicados globalmente mediante 421, de superficie en su totalidad mayor que los casos de las Figuras 3 y 4. Tales elementos de intercambio de calor 421 están dimensionados precisamente para absorber un mayor flujo de calor solar, para provocar el calentamiento, la evaporación y supercalentamiento del sobrecalentamiento del fluido de trabajo y por tanto, como alternativa o en conjunto, la entrada directa de vapor en la turbina 81 y/o su uso en uno o más consumos de calor 90.

Esta configuración con una mayor extensión del intercambiador de tuberías 421 expuesto es particularmente conveniente para plantas de alta potencia, ya que en ese caso, debido al mayor tamaño del campo 200 de heliostatos y la distancia desde el dispositivo 12, la huella de la radiación solar sobre el mismo se incrementa. Una mayor extensión del intercambiador de tuberías expuesto permite por tanto interceptar toda la radiación incidente disponible, evitando el incremento del diámetro de la cavidad 20 con pérdidas implicadas mediante la reirradiación al entorno.

En el presente ejemplo, los elementos de intercambio de calor 421 se extienden tanto en la parte superior 25 de la funda 2 como en la entrada 210, por ejemplo, troncocónica, de la cavidad 20.

El agua en estado líquido se suministra entonces mediante la bomba 86 ya mencionada, y puede seguir dos circuitos, el primero en relación con los elementos de intercambio externos 421 y el segundo relativo a los elementos de intercambio internos 441 sumergidos en el lecho de partículas.

En la configuración considerada en el presente documento, los elementos de intercambio de calor 421 expuestos se asocian con un circuito dividido en diferentes sectores, que pueden conectarse entre ellos, para permitir el precalentamiento, la evaporación y sobrecalentamiento antes mencionados del fluido de trabajo. En particular, los elementos de intercambio de calor 422 expuestos se proporcionan, dispuestos periféricamente respecto a la cavidad 20 y adecuados para producir un precalentamiento del fluido de trabajo, y además los elementos de intercambio de calor 423 expuestos, dispuestos en proximidad con o en la entrada 210 de la cavidad 20, se proporcionan en serie con respecto a los elementos 422 y adecuados para producir una evaporación y sobrecalentamiento del fluido de trabajo.

Se proporciona preferentemente un cuerpo cilíndrico 87 que conecta los elementos de intercambio de calor 422 y 423 y permite separar la fase de líquido de la gaseosa y funcionar como un medio de almacenamiento de vapor en caso de una ausencia momentánea de insolación.

Una configuración de proceso preferente proporciona, durante las horas de irradiación del día, la producción de vapor supercalentado mediante los únicos intercambiadores de tubo 421 expuestos y, simultáneamente, el almacenamiento de energía térmica en la porción de lecho de almacenamiento 31. Durante la noche y/o durante la ausencia prolongada del sol, la energía almacenada en el lecho 31 se utiliza para producir vapor supercalentado, y esto mediante la fluidificación de la porción de lecho de intercambio 32 y el medio de intercambio 41.

Una variante de realización se muestra esquemáticamente en la Figura 6. En dicha variante, que puede asociarse con cada una de las otras realizaciones antes descritas, las entradas de alimentación de aire, o cajas de aire, se subdividen además en tres secciones, respectivamente indicadas con 510, 511 y 520. En particular, el suministro de aire a la porción de almacenamiento 31 del lecho de partículas se subdivide precisamente a través de dos entradas 510 y 511, por lo que la porción de lecho 31 más cerca de la cavidad 20 puede fluidificarse a mayor velocidad que la porción de lecho de almacenamiento 31 más lejos de la misma cavidad, es decir, cerca de la porción de transferencia 32. Por tanto, la porción de almacenamiento 31 se subdivide a su vez, es decir, se fluidifica de manera selectiva, en la zona cerca de la pared de la cavidad de recepción y en la zona más lejos de la misma.

Las ventajas de esta subdivisión adicional descansan en la posibilidad de incrementar la velocidad del aire de fluidificación para la zona cerca de la cavidad, incrementando por tanto el coeficiente de intercambio entre la pared y la porción de lecho adyacente. De esta manera, se minimizan los consumos de energía que se deberían a la fluidificación en el caso de velocidad alta igual de toda la porción de almacenamiento. Además, se reduce la pérdida de calor sensible producida por el caudal reducido de aire de fluidificación de la primera porción del lecho de almacenamiento.

Se entenderá que, en todas las realizaciones y variantes antes descritas, las diferentes partes del circuito de fluido de trabajo son aptas para establecerse selectivamente en comunicación y/o para activarse independientemente entre sí.

Además, se entenderá que en cada una de dichas realizaciones y variantes, la cavidad de recepción y sus diversas partes, en particular la entrada, pueden tener formas y configuraciones diferentes de las anteriormente consideradas; además, es posible proporcionar varias cavidades de recepción sumergidas en el lecho 3 de partículas.

Para cada una de las configuraciones descritas, para la cavidad cilíndrica 20, un dispositivo de cierre, no ilustrado, puede proporcionarse, que en la presencia de mal tiempo y/o en la ausencia temporal o prolongada de insolación

evita las dispersiones de calor desde el dispositivo al entorno exterior. Tal dispositivo de cierre es ventajoso durante las horas nocturnas, cuando el intercambio de calor ocurre entre el lecho de almacenamiento y el de intercambio en favor de los elementos de intercambio de calor internos a la funda.

5 Tal como se ha mencionado en la introducción, basándose en una variante de realización preferente, la configuración de la planta proporciona una especialización de grupos de dispositivos en diferentes categorías o tipologías térmicas, cada una adecuada para llevar a cabo una etapa termodinámica determinada para el fluido de trabajo.

10 Particularmente preferente, en el caso de agua como fluido de trabajo, es la especialización de los dispositivos en dos categorías térmicas. En particular, una primera tipología proporciona una unidad de generación solar de baja temperatura, UGS-L, que transforma agua en vapor saturado, mientras que una segunda tipología proporciona una unidad de generación solar de alta temperatura, UGS-H. Esta última recibe, durante el uso, el vapor saturado desde la UGS-L y devuelve vapor supercalentado, u opcionalmente resupercalentado de acuerdo con las demandas de ciclo termodinámico, para enviarse a la turbina. Cada unidad puede formarse mediante uno o más dispositivos para
15 almacenamiento y transferencia tal como se ha descrito antes, opcionalmente conectados en serie o para formar la propia unidad, y a su vez conectados en serie a los dispositivos de la otra unidad.

20 Tal especialización ofrece la posibilidad de hacer descender los regímenes térmicos de más del 50 % de los dispositivos que constituyen la planta de generación, con una reducción notable de pérdidas mediante irradiación y convección desde tales dispositivos y ahorros en costes de materiales de construcción, provocando un incremento en la eficacia general de la planta de generación.

25 Tal configuración que proporciona el uso de dispositivos de acuerdo con las categorías térmicas antes mencionadas es particularmente adecuada para la generación de alta potencia.

En referencia a la Figura 7, se ilustra un diagrama de conexión entre las UGS especializadas, en el que por el bien de la simplicidad solo las unidades únicas UGS insertadas en una planta para la producción de energía eléctrica se ilustran. En dicha figura, "Bloque de Potencia" se refiere preferentemente al conjunto de algunos de los componentes de planta ya descritos anteriormente en referencia a la Figura 2, preferentemente la turbina de vapor 81, el generador 82, la bomba de suministro 86, los precalentadores (no ilustrados), el desgaseador 85 y el condensador 84.
30

35 La UGS-L recibe la radiación solar y transfiere energía térmica al fluido de trabajo de las maneras y métodos preferentes y ya descritos. El vapor saturado que sale de la UGS-L ("vapor") representa la entrada de UGS-H (SH), que a su vez recibe la radiación solar y la transfiere al fluido de trabajo (vapor saturado) de las maneras y métodos ya descritos.

40 La salida de UGS-H es vapor supercalentado (SH) que se envía al Bloque de Potencia.

45 Como se ha dicho, en relación con las demandas del ciclo térmico, la producción de vapor resupercalentado también es posible; este caso se ilustra en la Figura 7 mediante una segunda unidad, UGS-H (RH), que tiene las mismas características térmicas de la UGS-H (SH) que recibe irradiación solar y vapor resupercalentado frío como entrada desde el Bloque de Potencia y lo devuelve al Bloque de Potencia en la forma de vapor caliente resupercalentado. A modo de ejemplo, la temperatura del vapor frío resupercalentado es de 300 °C, mientras que la temperatura del vapor caliente resupercalentado que llega desde la UGS-H (RH) es de 500 °C.

50 Las conexiones en la Figura 7, indicadas como RH frío y RH caliente, son respectivamente vapor recogido mediante la turbina de temperatura media y vapor producido mediante la UGS-H (RH) a una temperatura adecuada para el ciclo térmico, preferentemente a la temperatura máxima de la turbina de vapor.

Los diagramas de ciclo térmico son conocidos para un experto en la materia y por tanto no se ilustran adicionalmente en el presente documento.

55 A partir de dicho diagrama simplificado ilustrado en la Figura 7, la Figura 8 muestra un diagrama de planta de generación de potencia con numerosas unidades UGS especializadas de temperatura alta y baja.

60 En la Figura 8 se esquematiza el concepto básico, ya ilustrado en la Figura 7, de conexión en serie térmica entre las unidades de generación solar de temperatura baja y alta.

En particular, la Figura 8 resalta los grupos UGS-L 500 y UGS-H 600, formado cada uno mediante unidades de la misma categoría térmica establecidas en paralelo entre ellas. Los grupos UGS-L 500 y UGS-H 600 están dispuestos, en general, en serie térmica.

65 En más detalle, los grupos UGS-H se subdividen en UGS-H (SH), dedicados a la producción de vapor supercalentado, y UGS-H (RH), dedicados a la producción de vapor resupercalentado. La UGS-L del grupo de baja

temperatura 500 recibe, mediante un circuito de recogida 501, el agua precalentada que llega desde el ciclo térmico indicado en la figura mediante "Bloque de Potencia". La salida de cada UGS-L se transporta y distribuye mediante un circuito de distribución 502 a cada UGS-H (SH) del grupo 600 de unidades de alta temperatura.

5 La salida de UGS-H (SH) en la figura se esquematiza como el circuito 601 de vapor supercalentado enviado al Bloque de Potencia. La esquematización representa también el caso de producción de vapor resupercalentado como salida de la UGS-H (RH). En ese caso, se muestra el circuito 602 del vapor frío resupercalentado que llega desde la turbina y se envía a cada UGS-H (RH) y el circuito 603 de vapor caliente resupercalentado enviado a la fase de turbina a presión y temperatura máximas.

10 El diagrama de la Figura 8 muestra también una disposición preferente de las UGS con respecto al Bloque de Potencia, para instalar las unidades con un régimen térmico alto, la UGS-H, cerca del Bloque de Potencia para reducir a un mínimo la superficie y por tanto las dispersiones térmicas de los conductos de distribución de fluido de trabajo, aunque están aislados.

15 Finalmente, en otra variante de realización preferente, el fluido de trabajo que circula en los elementos de intercambio de calor internos y/o expuestos puede ser aire en lugar de agua/vapor. En ese caso, los componentes del circuito de fluido de trabajo son apropiados, por ejemplo, para el desarrollo de un ciclo de Brayton-Joule. En dicho ciclo, el aire se comprime y posteriormente se precalienta mediante el dispositivo para almacenamiento y transferencia de la invención antes de expandirse en una turbina de gas. Para incrementar la eficacia del sistema antes de la expansión en la turbina, es preferente elevar adicionalmente el contenido de calor de aire mediante la combustión del combustible de gas en la misma cámara de combustión de la turbina de gas.

20 La presente invención se ha descrito en este documento en referencia a las realizaciones preferentes de la misma. Se entiende que otras realizaciones pueden existir, entrando todas dentro del concepto de la misma invención, tal como se define mediante el alcance de protección de las reivindicaciones a continuación.

25

REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo (1; 10; 11; 12) para almacenamiento y transferencia de energía térmica asociado con una radiación solar incidente, dispositivo (1) que es apto para usarse en una planta solar para la producción de energía basándose en una configuración de "haz descendente, en el que se irradia desde arriba por radiación solar, dispositivo (1) que comprende:
- una funda de contención (2), y
 - un medio de almacenamiento sólido que consiste en al menos un lecho (3) de partículas fluidificables recibidas dentro de dicha funda (2), lecho de partículas que está adaptado para fluidificarse en uso mediante un gas de fluidificación,
- caracterizado por que dicha funda (2) tiene al menos una cavidad de recepción (20) que se extiende a través de dicho lecho (3) de partículas y tiene un primer extremo longitudinal (21) abierto que define una boca de entrada para la radiación solar incidente y un segundo extremo longitudinal (22) cerrado, opuesto a dicho primer extremo abierto (21) y que define una parte inferior de la cavidad, definiéndose un faldón lateral (23) de la cavidad entre dichos extremos,
- siendo tal la disposición general que dicho lecho (3) de partículas está dispuesto circunscrito a dicho faldón lateral (23) de dicha cavidad (20) y es apto para moverse mediante dicho gas de fluidificación para almacenar energía térmica recibida desde la radiación solar a través de dicho faldón lateral (23), en el que dicho segundo extremo longitudinal (22) de dicha cavidad (20) está dispuesto en una base de dicho lecho (3) de partículas.
2. El dispositivo (1) de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dicha cavidad (20) tiene una geometría sustancialmente alargada, preferentemente y sustancialmente cilíndrica.
3. El dispositivo (1) de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en el que dicha cavidad (20) tiene un eje longitudinal (l), siendo tal la configuración general que dicho eje longitudinal (l) está dispuesto, durante el uso, en una dirección sustancialmente vertical.
4. El dispositivo (1) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicho faldón lateral (23) de dicha cavidad (20) tiene una superficie externa de un material metálico y/o de un material cerámico.
5. El dispositivo (1) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicho faldón lateral (23) absorbe la radiación solar.
6. El dispositivo (1) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicha parte inferior (22) de dicha cavidad (20) refleja la radiación solar.
7. El dispositivo (1) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicha cavidad (20) tiene una dimensión transversal, preferentemente un diámetro (d) y una altura (h) ortogonal a dicha dimensión trasversal en una relación comprendida en un intervalo de aproximadamente 0,2-0,5.
8. El dispositivo (1) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicho lecho (3) de partículas está formado a su vez por:
- una primera porción de almacenamiento (31), apta para almacenar energía térmica recibida desde la radiación solar y dispuesta en dicho faldón lateral (23) de dicha cavidad (20); y
 - una segunda porción de transferencia (32), dispuesta adyacente a dicha primera porción (31), periféricamente con respecto a dicha cavidad (20) y apta para transferir energía térmica almacenada mediante esta última al medio de intercambio de calor (41) dispuesto dentro de dicha funda (2),
- en el que dicha primera porción de almacenamiento (31) y dicha segunda porción de transferencia (32) pueden fluidificarse de manera selectiva e independiente para llevar a cabo una etapa de almacenamiento de energía térmica y una etapa de transferencia de dicha energía almacenada, respectivamente.
9. El dispositivo (1) de acuerdo con la reivindicación anterior, en el que dicha primera porción de almacenamiento (31) se subdivide en al menos dos porciones adicionales, una de las cuales es adyacente al faldón lateral de dicha cavidad y una más remota respecto al último faldón lateral, dos porciones adicionales que son fluidificables de manera selectiva e independiente para incrementar el intercambio de calor con dicha cavidad.
10. El dispositivo (1) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende medios aptos para variar selectivamente la velocidad del gas de fluidificación y/o el caudal.
11. El dispositivo (1) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende un intercambiador de calor (71) de gas/gas, preferentemente aire/ aire, en el que la disposición general es tal que,

durante el uso, en dicho intercambiador (71) se suministra un primer gas frío, que es el gas de fluidificación a usar para la fluidificación de dicho lecho (3) de partículas, y un segundo gas caliente, que es la salida de gas de fluidificación desde dicho lecho (3) de partículas.

- 5 12. El dispositivo (1) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende medios de intercambio de calor (41, 42), preferentemente uno o más haces de tuberías, cruzadas, durante el uso, mediante un fluido de trabajo.
- 10 13. El dispositivo (1) de acuerdo con la reivindicación anterior, que comprende primeros medios de intercambio de calor (41) cruzados, durante el uso, mediante un fluido de trabajo y dispuestos dentro de dicha funda (2) para sumergirse en, o tocarse con, dicho lecho (3) de partículas fluidificables, preferentemente dicha segunda porción de transferencia (32) de este último.
- 15 14. El dispositivo (10) de acuerdo con la reivindicación 12 o 13, que comprende segundos medios de intercambio de calor (42) cruzados, durante el uso, mediante un fluido de trabajo y dispuestos externamente a dicha funda (2) para irradiarse mediante la radiación solar incidente.
- 20 15. El dispositivo (10) de acuerdo con la reivindicación anterior, en el que la configuración general es tal que dicho segundo medio de intercambio de calor (42) está dispuesto, durante el uso, en una parte superior (25) de dicha funda (2), preferentemente en dicha entrada (21).
- 25 16. El dispositivo (10) de acuerdo con la reivindicación anterior, en el que dicha entrada (21) de dicha cavidad (20) está definida por superficies en ángulo recto.
- 30 17. El dispositivo (11) de acuerdo con la reivindicación 15, en el que dicha entrada de cavidad (210) está definida por una superficie troncocónica.
- 35 18. El dispositivo (1) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende un primer circuito de intercambio de calor dispuesto parcialmente dentro de dicha funda (2) para permitir un intercambio de calor con dicho lecho (3) de partículas, preferentemente dicha segunda porción (32) del mismo.
- 40 19. El dispositivo (10) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende un segundo circuito de intercambio de calor dispuesto fuera de dicha funda (2) para permitir un intercambio de calor directo con una radiación solar incidente.
- 45 20. El dispositivo (12) de acuerdo con la reivindicación anterior, en el que dicho segundo circuito se divide en diferentes sectores para permitir un precalentamiento y una evaporación del fluido de trabajo.
- 50 21. El dispositivo (10) de acuerdo con la reivindicación 18 y de acuerdo con la reivindicación 19 o 2D, en el que dicho primer y segundo circuito están en comunicación uno con otro, son aptos para establecerse selectivamente en comunicación o son completamente independientes y/o pueden activarse de manera independiente uno de otro.
- 55 22. El dispositivo (1) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende medios para suministrar un combustible, preferentemente gaseoso dentro de dicho lecho (3) de partículas o dentro de parte del mismo.
- 60 23. El dispositivo (1) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que es adecuado para conectarse en serie térmica con dispositivos en un régimen de temperatura diferente, dispuestos entre ellos para asumir temperaturas crecientes con respecto al sentido de cruce del fluido de trabajo.
- 65 24. El dispositivo (1) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la disposición general es tal que dicho lecho (3) de partículas está dispuesto en contacto con dicho faldón lateral (23) de dicha cavidad (20).
25. Una planta de producción de energía (100), que comprende uno o más dispositivos (1) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores y un medio de captación de radiación solar (200, 300; 210) que define conjuntamente con dichos dispositivos (1), una configuración de irradiación que hace que la radiación solar converja desde arriba.
26. La planta (100) de acuerdo con la reivindicación anterior, en la que el medio de captación de radiación solar comprende medios de captación primarios (200), preferentemente un campo de heliostatos, directamente afectado por la radiación solar y medios de captación secundarios (300), preferentemente un reflector, apto para recibir la radiación solar desde dichos medios primarios y transportarla a dicha cavidad (20) de dichos dispositivos (1).
27. La planta (100) de acuerdo con la reivindicación 25 o 26, en la que la configuración general es tal que la radiación solar se transporta dentro de dicha cavidad (20) en la superficie expuesta de dicho lecho (3) de partículas.

- 5 28. La planta (100) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 25 a 27 cuando dependen de dichas 18 y 19, en la que la configuración general es tal que se permite una producción de vapor o energía térmica en dicho primer circuito de intercambio de calor y opcionalmente también de dicho segundo circuito de intercambio de calor, y en la que preferentemente dicho primer y segundo circuito de intercambio de calor pueden activarse independientemente entre sí.
- 10 29. La planta (100) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 25 a 28 cuando dependen de dichas 18 y 19, en la que la configuración general es tal que se permite una generación de vapor o calor para producción de energía eléctrica en dicho primer circuito de intercambio de calor y la generación de energía térmica para uno o más consumos de calor (90) en dicho segundo circuito de intercambio de calor.
- 15 30. La planta (100) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 25 a 29, que proporciona una producción de vapor y/o una producción de calor para consumos de calor conectados, preferentemente para un sistema de retirada de sal.
- 20 31. La planta (100) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 25 a 30, que proporciona una producción de vapor y/o una producción de energía eléctrica, que comprende dos o más dispositivos (1) conectados en serie térmica.
- 25 32. La planta (100) de acuerdo con la reivindicación anterior, que comprende uno o un primer grupo de dispositivos (UGS-L) configurados para transformar agua de trabajo en vapor saturado, y uno o un segundo grupo de dispositivos (UGS-H) configurados para transformar dicho vapor saturado en vapor supercalentado o incluso en vapor resupercalentado.
- 30 33. Un método de producción de energía a partir de radiación solar, que proporciona el uso de una planta (100) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 25 a 32.
- 35 34. El método de acuerdo con la reivindicación anterior, que proporciona irradiación solar que llega desde arriba mediante la colocación de medios de captación primarios (210) en inclinaciones naturales o artificiales.
- 40 35. El método de acuerdo con la reivindicación 33 o 34, que proporciona una producción simultánea de energía eléctrica y energía térmica, esta última preferente para la producción de agua desalada.
- 45 36. El método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 33 a 35, que comprende un dispositivo (1) de acuerdo con la reivindicación 9, método que comprende:
- una etapa de almacenamiento de energía térmica recibida desde la radiación solar concentrada mediante dicha primera porción (31) del lecho (3) de partículas; y
 - una etapa de transferencia de la energía térmica almacenada en dicha etapa de almacenamiento a los medios de intercambio de calor (41) cruzados mediante un fluido de trabajo, efectuada mediante la fluidificación de dicha segunda porción (32) de lecho,
- 50 en el que dichas etapas de almacenamiento y transferencia se activan una independiente de la otra, preferentemente una durante el día y la otra durante el día y la noche.
- 55 37. El método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 33 a 36, en el que dicho gas de fluidificación es aire.
- 60 38. El método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 33 a 37, en el que se proporciona una variación selectiva de la velocidad y/o el caudal del gas de fluidificación.
39. El método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 33 a 38, que comprende un dispositivo de acuerdo con la reivindicación 18 y 19, en el que dicho segundo circuito de intercambio de calor se activa durante el día y dicho primer circuito de intercambio de calor se activa durante la noche.
40. El método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 33 a 39, que usa agua o aire como fluido de trabajo.
41. El método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 33 a 40, que proporciona el uso de uno o de un primer grupo de dispositivos (UGS-L) configurados para transformar agua de trabajo en vapor saturado, y uno o un segundo grupo de dispositivos (UGS-H) configurados para transformar tal vapor saturado en vapor supercalentado o incluso en vapor resupercalentado.

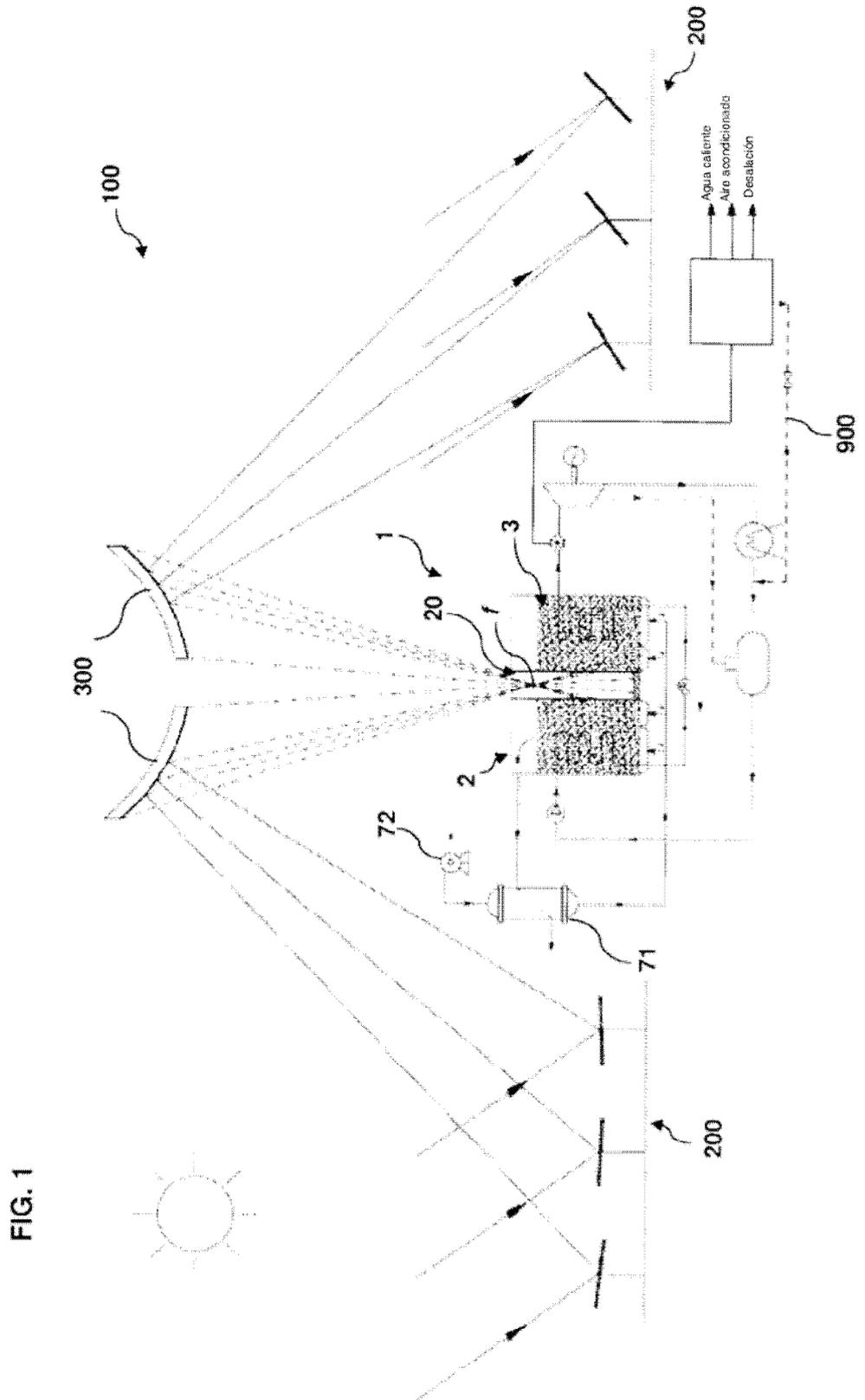
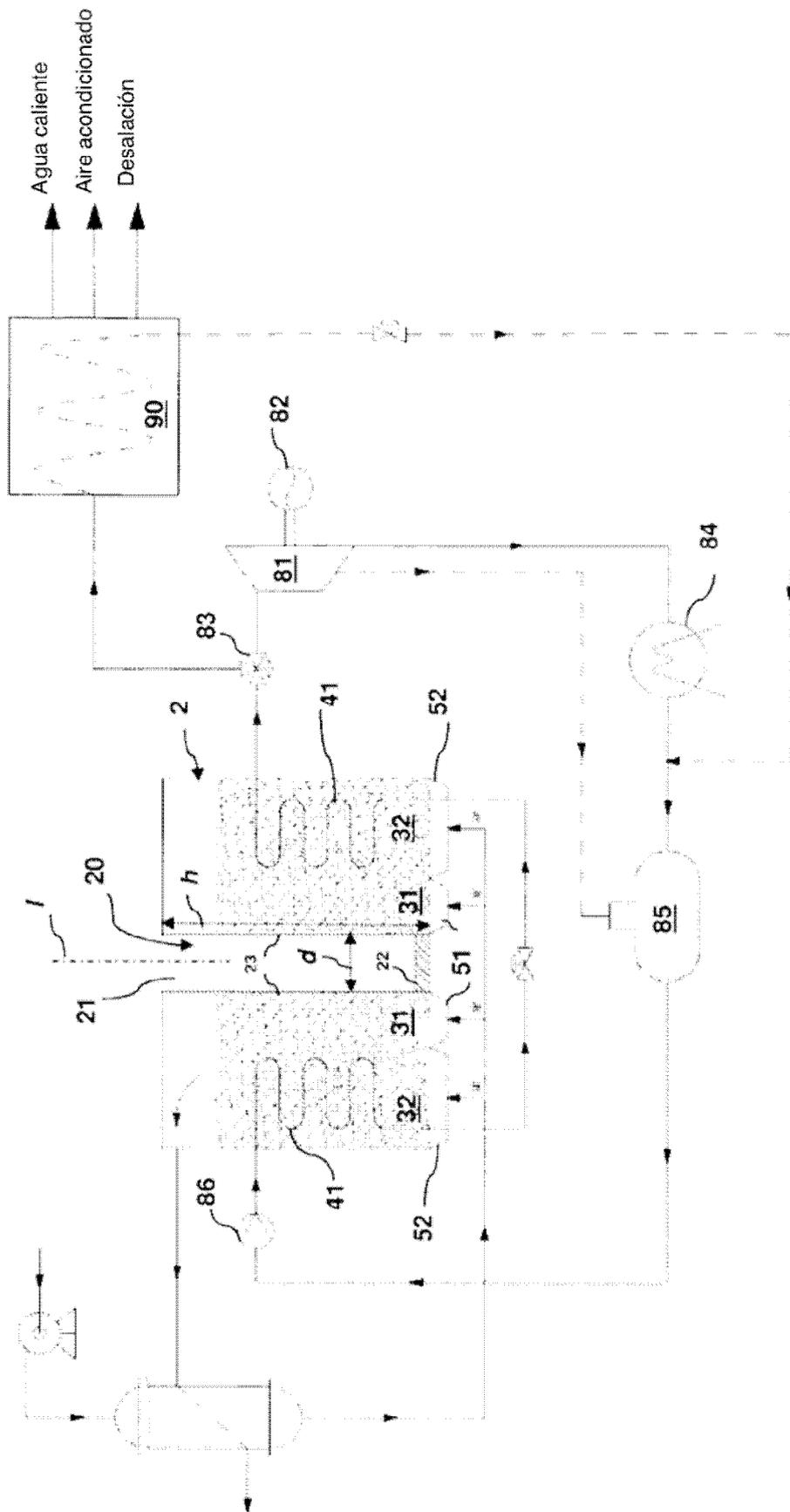


FIG. 1A



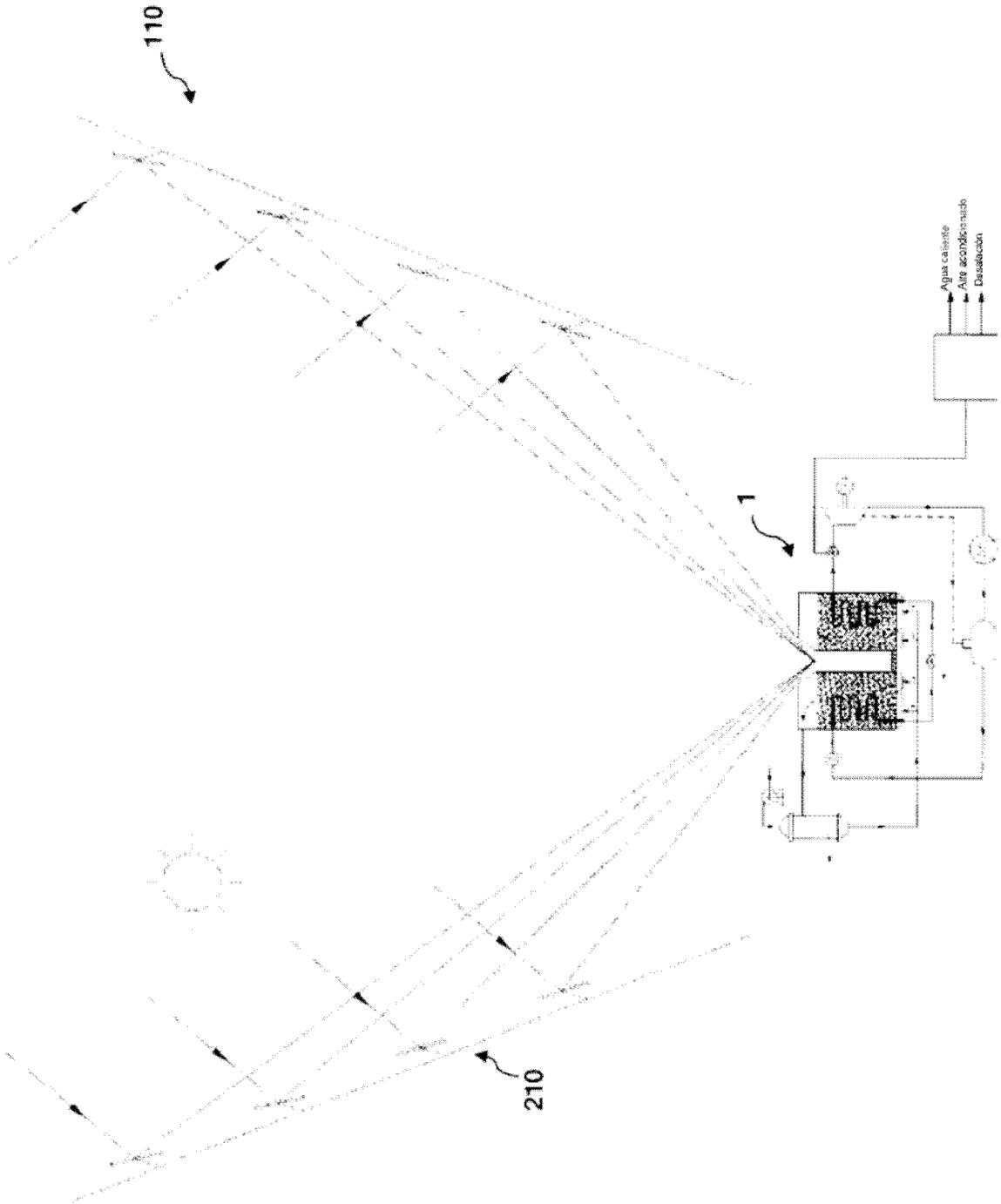


FIG. 1B

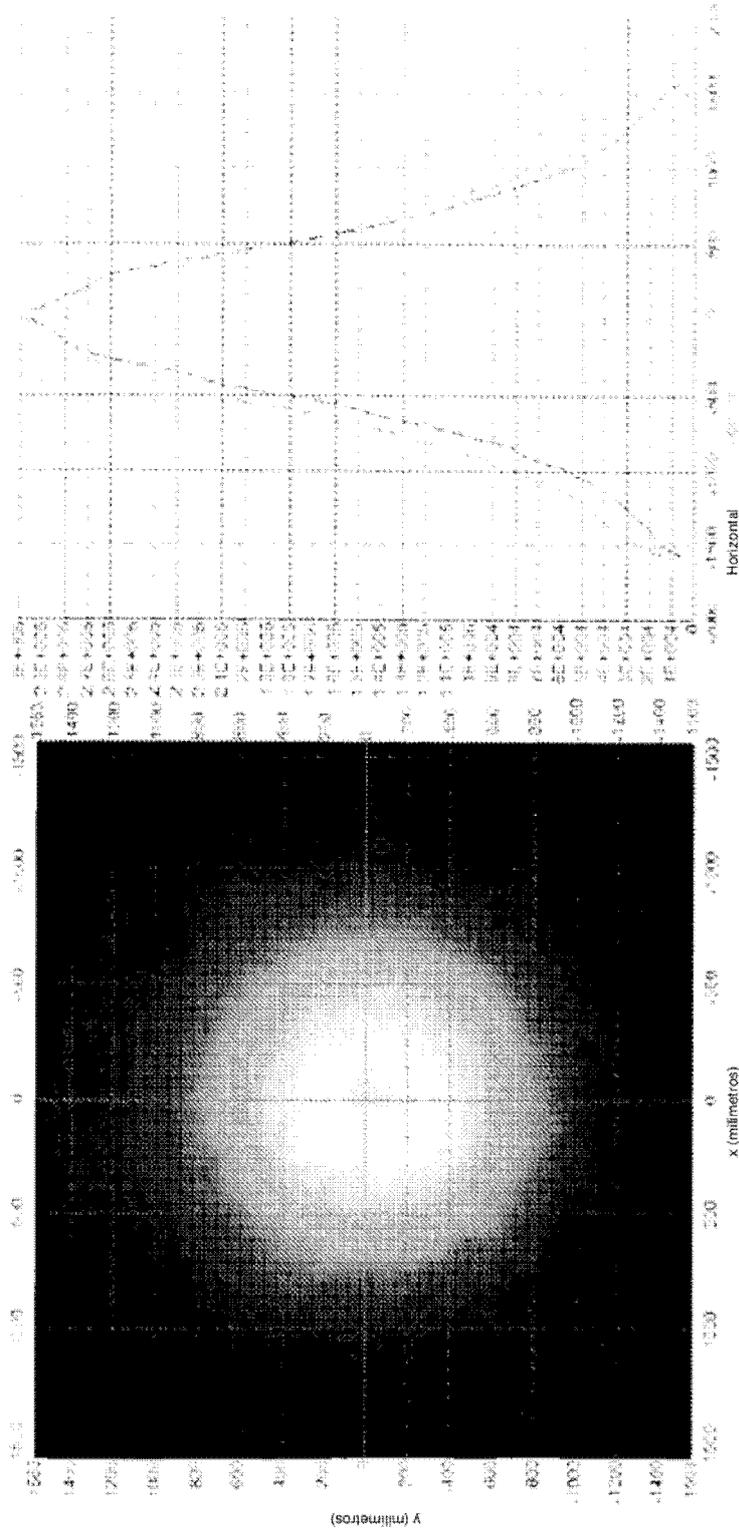


FIG. 2B

FIG. 2A

FIG. 3

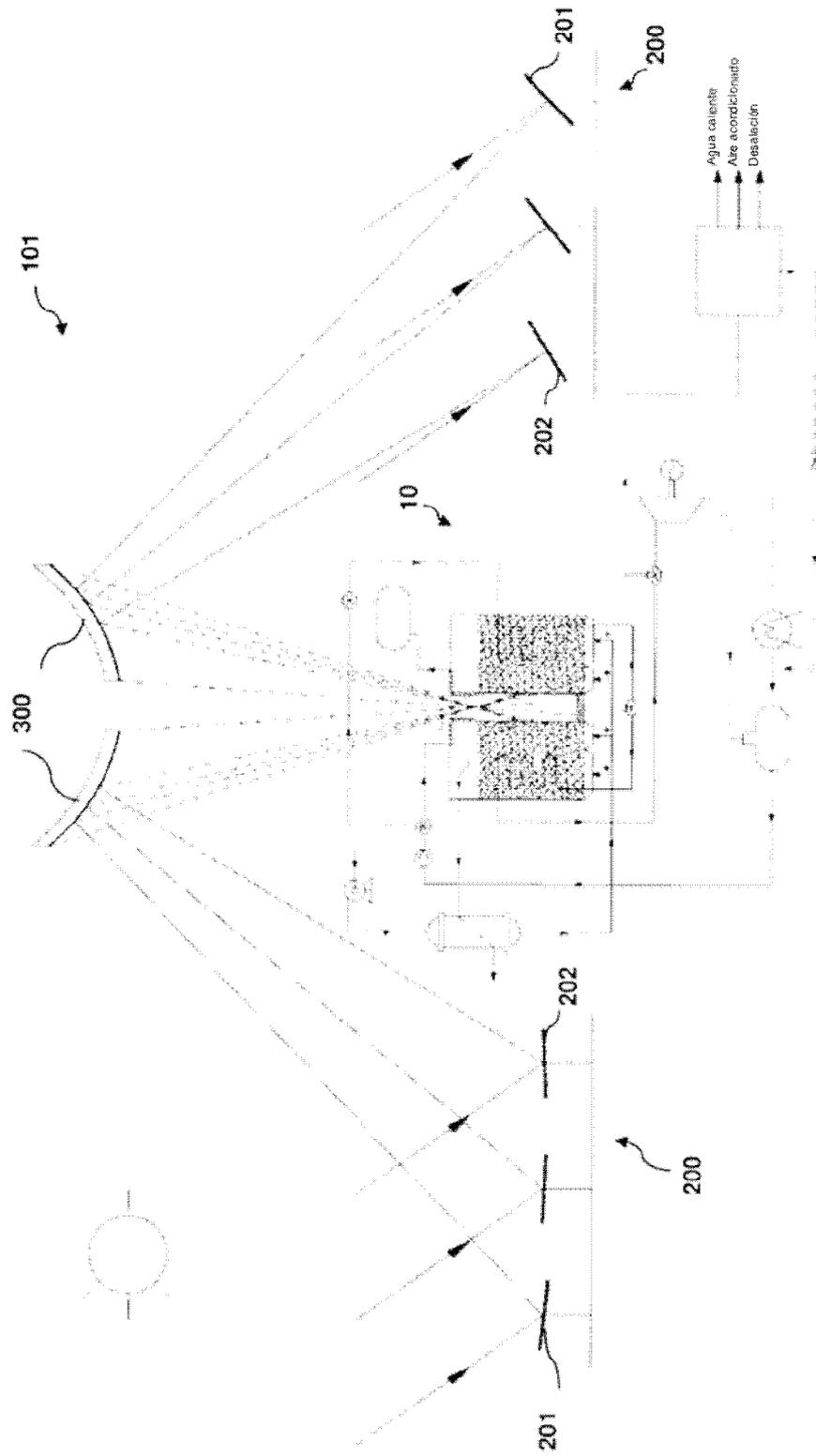


FIG. 3A

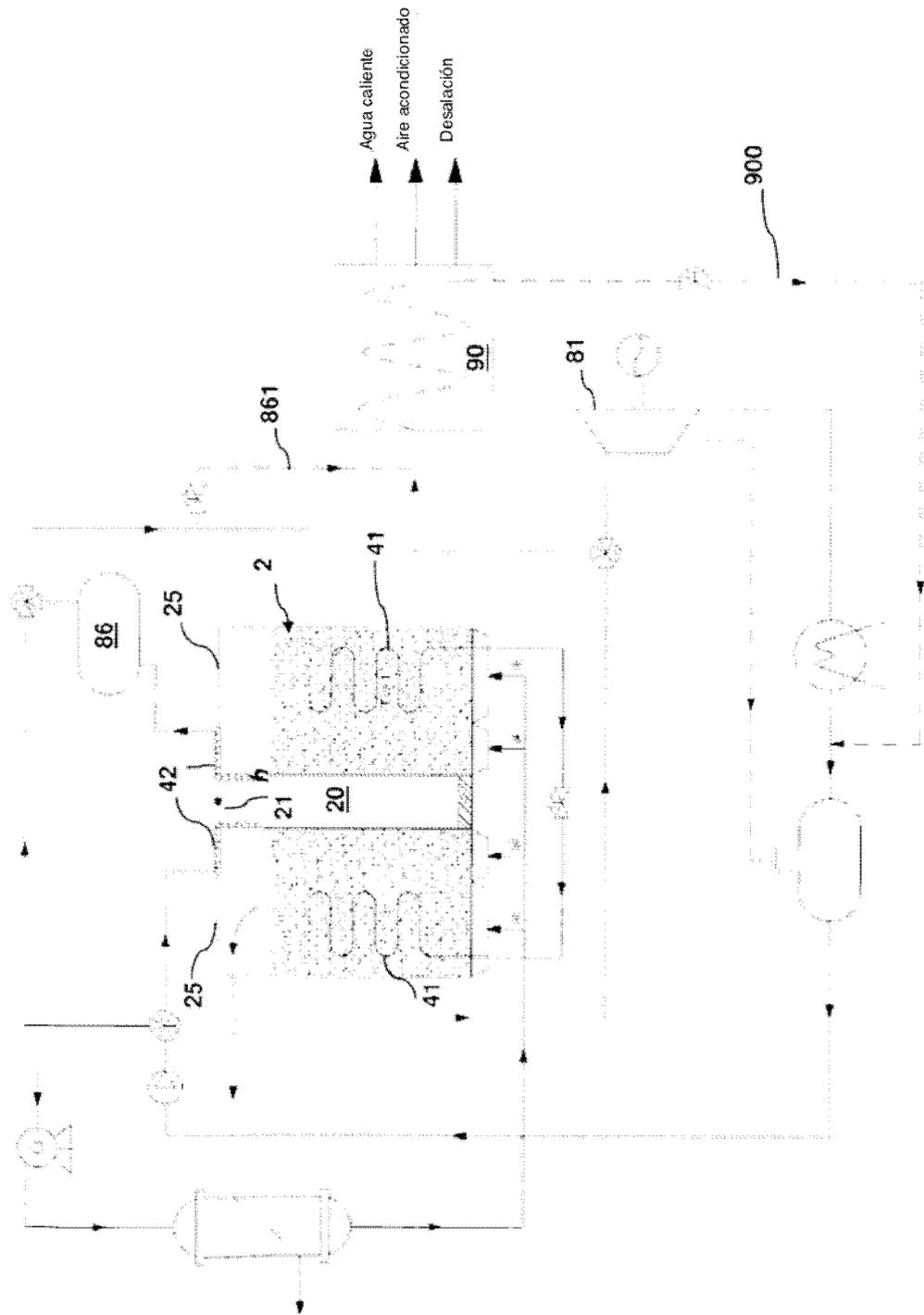


FIG. 4

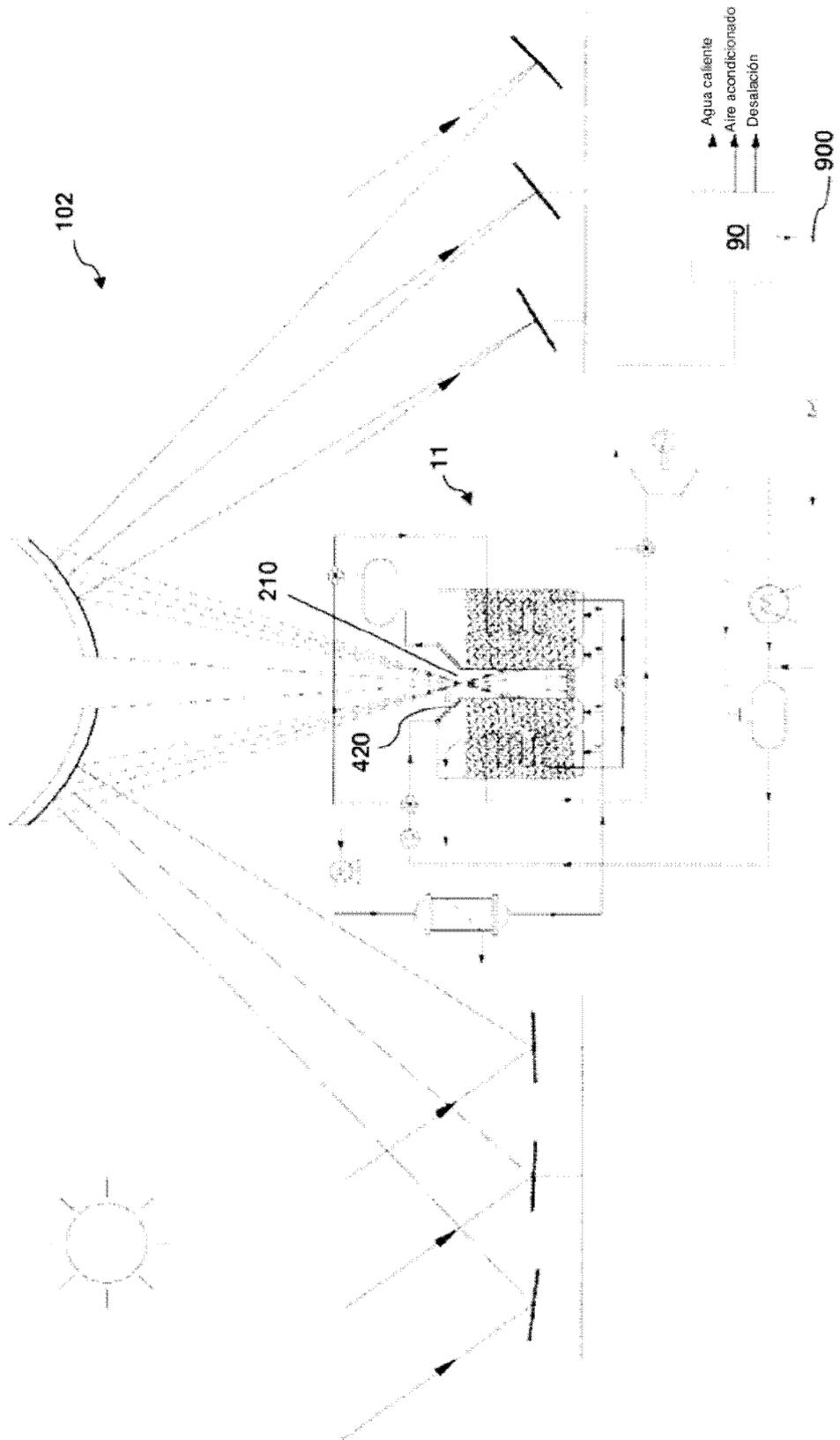


FIG. 5

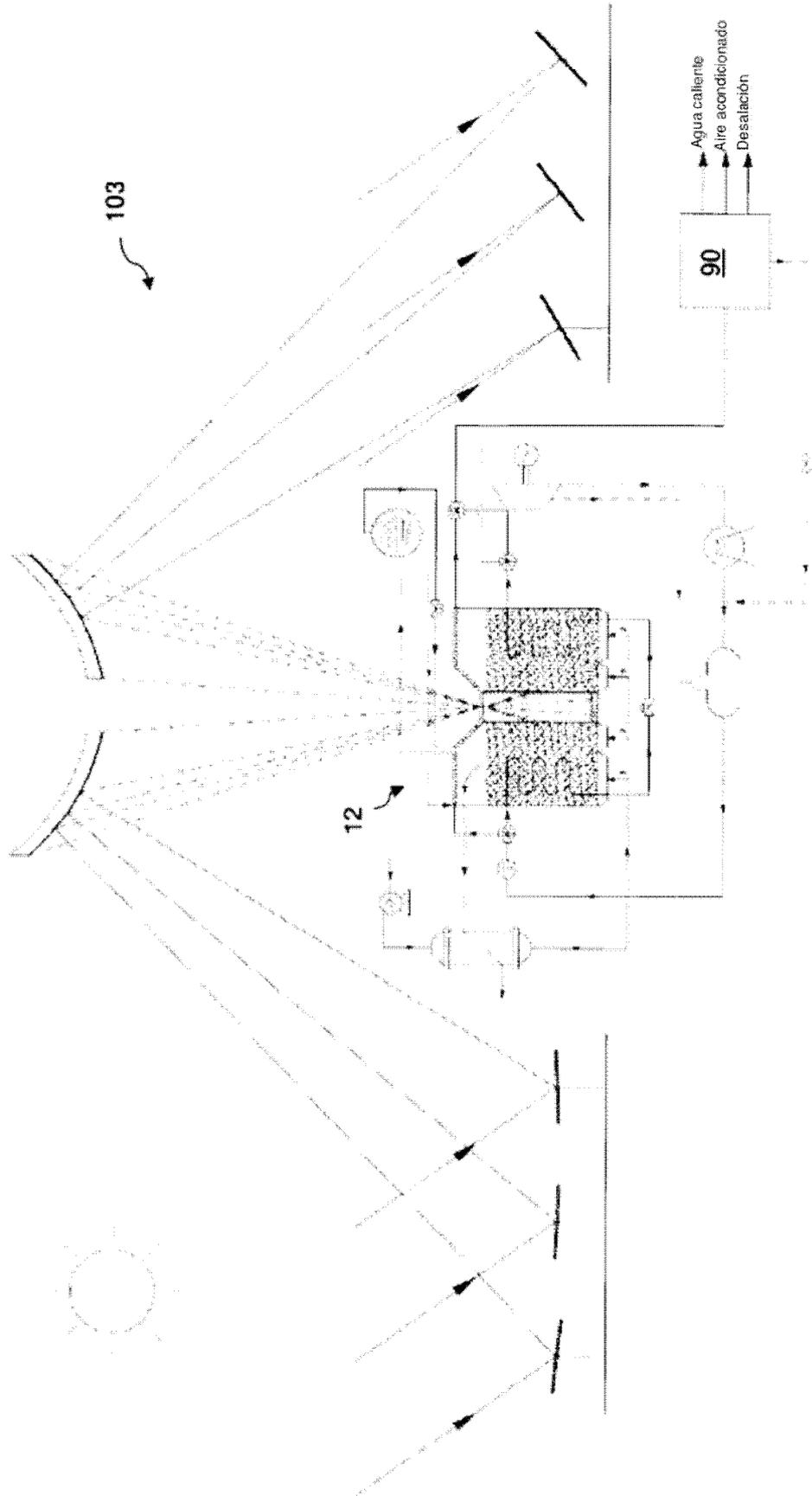
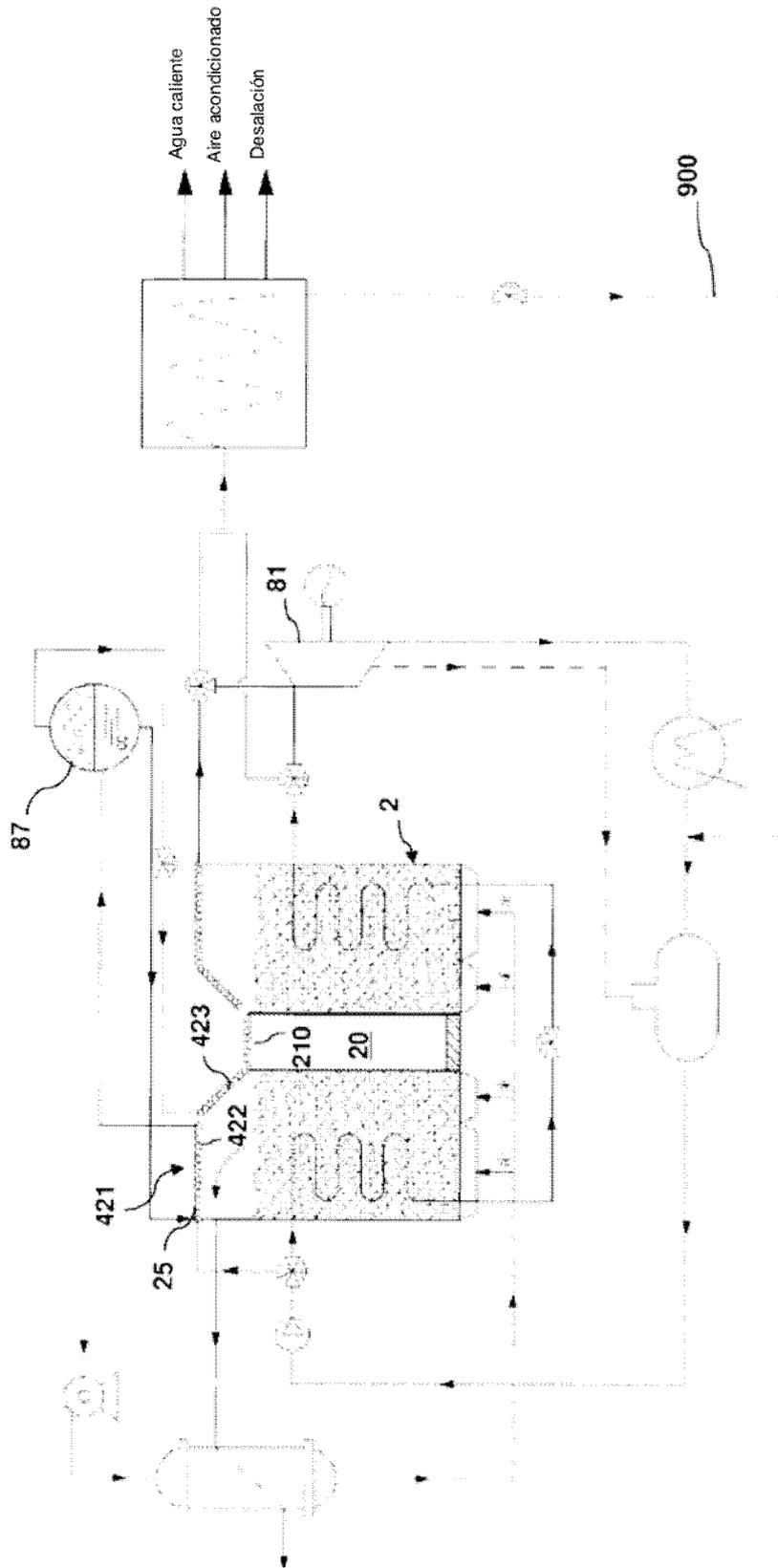


FIG. 5A



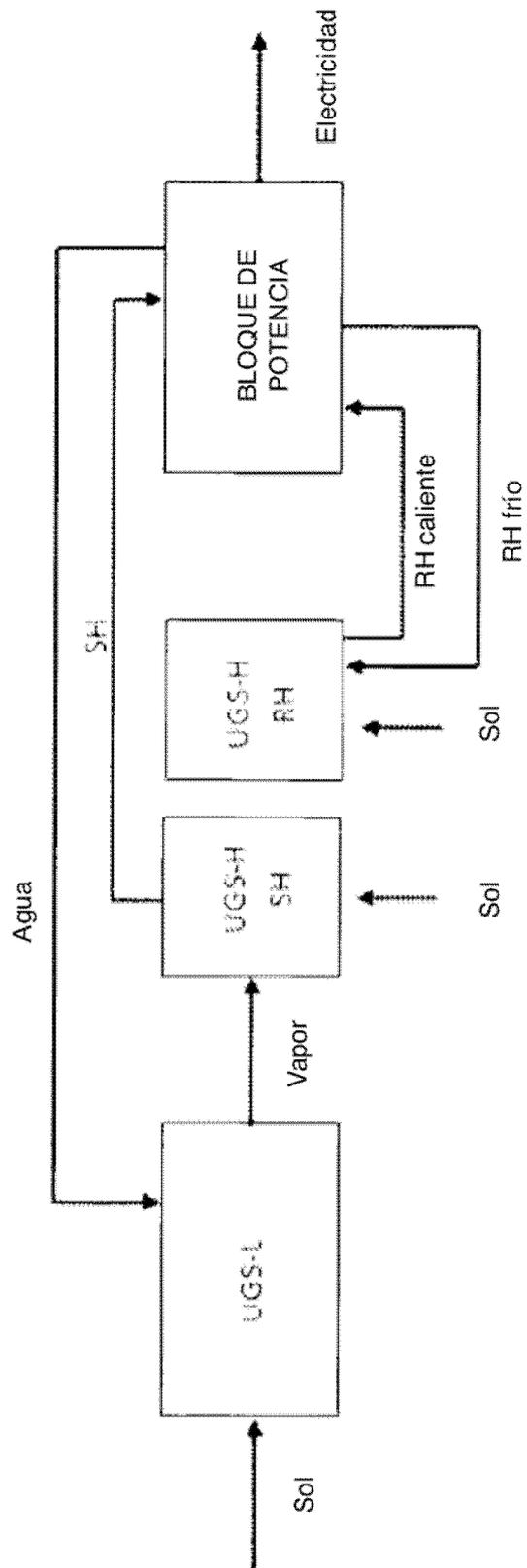


FIG. 7

