

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **3 010 473**

51 Int. Cl.:

F24S 10/30 (2008.01)
F24S 20/20 (2008.01)
F24S 23/79 (2008.01)
F24S 60/00 (2008.01)
F24S 80/20 (2008.01)
F28D 13/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **03.02.2020 PCT/IB2020/050828**

87 Fecha y número de publicación internacional: **12.08.2021 WO21156649**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.02.2020 E 20713088 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.01.2025 EP 4100685**

54 Título: **Dispositivo para almacenar energía térmica de origen solar con reflexión múltiple**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
03.04.2025

73 Titular/es:

**MAGALDI POWER S.P.A. (100.00%)
Piazza Capranica, 95
00186 Roma (RM), IT**

72 Inventor/es:

**MAGALDI, MARIO y
BASSETTI, FULVIO**

74 Agente/Representante:

DURAN-CORRETJER, S.L.P

ES 3 010 473 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 para almacenar energía térmica de origen solar con reflexión múltiple

5 Sector técnico de la invención

La presente invención se refiere a un dispositivo, a una planta y a un procedimiento para el almacenamiento y la transferencia de energía térmica de origen solar.

10 En particular, la presente invención se refiere al campo de los dispositivos para el almacenamiento de energía térmica que utilizan un lecho de partículas fluidizables.

Estado de la técnica

15 Se conocen plantas para la producción de energía eléctrica partiendo de la energía térmica asociada a una radiación solar concentrada. Algunas de estas plantas se basan en los denominados dispositivos de lecho fluidizado que reciben la radiación solar. Estos últimos incluyen generalmente un sistema óptico del tipo de "haz descendente" (*beam down*), configurado para concentrar la radiación solar, que incide desde arriba, sobre un lecho de partículas sólidas fluidizables que actúan como almacenamiento de energía térmica. Tal energía, en forma directa o forma transformada en energía eléctrica, se puede utilizar a continuación, incluso de manera diferida, para utilizaciones industriales.

20 El sistema óptico mencionado anteriormente asociado a este tipo de plantas consiste en uno o varios campos de heliostatos dispuestos sobre el terreno, que transportan la radiación solar sobre un espejo secundario posicionado a gran altitud con respecto al receptor de lecho fluidizado y que reflejan la radiación concentrada en el interior del propio receptor.

25 Algunos de los mayores problemas de la configuración de planta mencionada anteriormente están realmente vinculados con el sistema óptico asociado a la misma.

30 En particular, el espejo secundario de la técnica conocida mencionado anteriormente puede funcionar a temperaturas máximas limitadas (normalmente de hasta aproximadamente 200 °C), lo que impone una limitación restrictiva al flujo solar que se puede concentrar sobre el mismo y demanda, siendo el flujo igual, superficies reflectantes bastante extendidas. Tales superficies reflectantes, y las estructuras relativas para elevación y soporte a gran altitud, tienen que diseñarse para resistir grandes golpes de viento e, incluso por este motivo, tienen un impacto considerable en los costes de la planta. Además, en algunos emplazamientos en los que los vientos son particularmente fuertes, resulta en que se impide la utilización del sistema óptico de "haz descendente".

35 Otro aspecto crítico de las plantas conocidas se refiere a la eficacia energética del sistema mencionado anteriormente para captar la radiación solar. En particular, el espejo secundario tiene una eficacia de reflexión evaluable entre el 80 % y el 95 %, dependiendo del material utilizado y las propiedades de las superficies reflectantes adoptadas.

40 Además, el reflector secundario del sistema óptico de "haz descendente" de la técnica conocida implica problemas adicionales de carácter práctico, que afectan negativamente a la capacidad de concentrar la energía solar en el interior del receptor. En particular, el reflector secundario está sometido a: posible inexactitud de montaje; una planitud no perfecta de la superficie reflectante, que se puede deformar localmente debido a distorsiones térmicas; fenómenos de ensuciamiento, con la necesidad de que se realicen procedimientos de mantenimiento complejos, a gran altitud; deformaciones debidas a golpes de viento y/o a variaciones climáticas.

45 La Patente EP 3 332 177 A1 da a conocer un dispositivo para el almacenamiento y la transferencia de energía térmica de origen solar, dispositivo que comprende una carcasa de contención, que tiene una abertura de irradiación configurada para permitir la entrada de una radiación solar incidente en una zona de irradiación definida dentro de dicha carcasa y un lecho de partículas fluidizables recibidas dentro de dicha carcasa.

Características de la invención

60 El problema técnico planteado y resuelto por la presente invención es entonces dar a conocer un dispositivo, una planta y un procedimiento para el almacenamiento y la transferencia de energía térmica de origen solar que permita superar los inconvenientes mencionados anteriormente con referencia a la técnica conocida.

65 El problema técnico mencionado anteriormente se resuelve mediante un dispositivo según la reivindicación 1 y un procedimiento según la reivindicación 18.

Se exponen características preferentes de la presente invención en las reivindicaciones dependientes.

- 5 La presente invención da a conocer un dispositivo, una planta y un procedimiento basados en un lecho de partículas fluidizables que se expone a una radiación solar después de una reflexión de esta última en una o varias paredes internas, o superficies, que pertenecen a, o que están alojadas en una carcasa que incluye el propio lecho.
- 10 En particular, la radiación solar se concentra por un campo de heliostatos dispuestos sobre el terreno y entra en el dispositivo receptor a través de una abertura, realizada esta última preferentemente en una pared lateral de la carcasa mencionada anteriormente. La radiación solar que entra a través de la abertura incide sobre una o varias paredes interiores dispuestas en una zona vacía colocada por encima del lecho fluidizado de partículas, que es la *superficie libre (freeboard)* del mismo. Tales paredes interiores tienen superficies reflectantes y/o de radiación secundaria configuradas para recibir la radiación solar concentrada incidente y para reflejarla hacia el lecho de partículas tanto directamente, como indirectamente después de reflexiones múltiples sobre otras superficies interiores.
- 15 La fracción de energía no reflejada por las paredes interiores se absorbe por las mismas. En una realización preferente, se impide la transmisión de tal energía absorbida al entorno externo gracias a la utilización de materiales o medios aislantes térmicos asociados a las propias paredes, en un caso como porciones integrantes de las mismas. De este modo, las superficies reflectantes elevan su propia temperatura y vuelven a irradiar la energía térmica hacia el lecho de partículas, tanto directamente como indirectamente a través de radiaciones secundarias entre las otras superficies internas.
- 20 En otras palabras, el área vacía, o zona de irradiación, delimitada por la superficie superior, o superficie libre, del lecho de partículas y por las paredes interiores del dispositivo colocado por encima de dicha superficie de lecho se comporta como una cavidad radiante, en la que las superficies reflejan y vuelven a irradiar la radiación solar entrante según sus propiedades específicas, directa o indirectamente hacia el lecho de partículas.
- 25 Gracias a la alta difusividad térmica del lecho fluidizado, se transmite la energía reflejada, y en un caso se irradia de nuevo, por las paredes a la masa completa que constituye el lecho fluidizado, que a continuación puede contenerla y almacenarla hasta su utilización posterior.
- 30 En una realización preferente, el lecho fluidizado está constituido por partículas sólidas preferentemente con un mayor valor de absorbanza que el de las paredes reflectantes mencionadas anteriormente, para favorecer la rápida transferencia de la energía reflejada, y en un caso irradiada de nuevo, por las paredes hacia el propio lecho fluidizado.
- 35 En variantes de realización, el lecho fluidizado puede consistir en partículas compuestas por arena u otro material granular.
- 40 En configuraciones preferentes, las partículas del lecho alcanzan temperaturas máximas preferentemente ≥ 620 °C.
- 45 En una realización preferente, las superficies reflectantes tienen una alta resistencia a altas temperaturas, preferentemente de más de 1000 °C, y/o una mayor reflectividad que la del lecho de partículas, preferentemente mayor del 60 % si se calcula con referencia a los reglamentos estándar ASTM G173 e ISO7668.
- 50 El lecho de partículas se fluidiza por medio de un sistema para suministrar y distribuir un gas de fluidización, normalmente aire.
- 55 La fluidización puede implicar una zona de funcionamiento específica del lecho o el lecho completo de partículas. Ventajosamente, el sistema de fluidización puede proporcionar varias unidades de fluidización que se pueden activar independientemente entre sí.
- 60 En variantes de realización, el dispositivo puede proporcionar una alimentación térmica adicional del lecho de partículas con componentes de calentamiento, tales como por ejemplo resistencias eléctricas, bombas de calor o intercambiadores de calor dedicados, en particular sumergidos en el propio lecho. Tales intercambiadores de calor dedicados pueden proporcionar una circulación de aire, u otro fluido de funcionamiento, en haces de tubos o elementos equivalentes.
- 65 En variantes de realización, se pueden proporcionar componentes de calentamiento adicionales, por ejemplo resistencias eléctricas, que suministran energía térmica al lecho de partículas calentando el aire de fluidización que entra en el propio lecho.

Ventajosamente, dichos componentes de calentamiento y/o componentes de calentamiento adicionales se pueden alimentar, directa o indirectamente, mediante una fuente de energía eléctrica disponible preferentemente en exceso, es decir residual, con respecto a las necesidades del usuario.

5

En estas realizaciones con componentes de calentamiento, la energía térmica acumulada en el lecho de partículas pueden proceder entonces de dos contribuciones: una contribución de energía primaria, es decir la radiación solar concentrada por el sistema óptico y absorbida por el propio lecho, y una contribución de energía secundaria, es decir la energía eléctrica convertida en energía térmica por medio de los componentes de calentamiento mencionados anteriormente.

10

Tales realizaciones son particularmente ventajosas cuando es necesario garantizar una mayor disponibilidad de energía térmica en cualquier condición meteorológica para alimentación a procedimientos industriales que requieren continuidad.

15

Se apreciará a continuación que la presente invención permite eliminar la necesidad de utilizar un sistema óptico del tipo de "*haz descendente*", superando los aspectos críticos asociados al mismo tal como se describe con referencia a la técnica conocida. En particular, el dispositivo, la planta y el procedimiento de la presente invención resultan ser particularmente eficaces para garantizar una condición de mayor eficacia de captación, una simplificación de la planta y una reducción de costes.

20

De manera simultánea o diferida, la energía térmica acumulada en el lecho de partículas se puede transformar a continuación en energía eléctrica, utilizarse como energía térmica o utilizarse incluso de manera combinada, y flexible, en tales dos formas.

25

El dispositivo, la planta y el procedimiento de la presente invención se pueden utilizar a continuación para la producción programable de energía eléctrica, para el ajuste de las redes eléctricas y/o como energía térmica en otros usuarios.

30

El dispositivo de la presente invención puede constituir una unidad modular multiplicable dependiendo de las necesidades específicas para producir con continuidad (24 h/365 días al año) energía eléctrica y/o térmica al servicio de comunidades y plantas industriales.

35

La energía térmica acumulada en el lecho de partículas se puede utilizar incluso directamente a través del gas de fluidización calentado que sale del propio lecho.

40

Se pueden proporcionar medios de intercambio térmico configurados para recuperar y/o dispersar la energía térmica procedente de las superficies reflectantes y/o de radiación secundaria mencionadas anteriormente si la temperatura alcanzada de ese modo va a alterar el estado o a comprometer la funcionalidad de las mismas.

45

La presente invención representa una alternativa compatible a nivel ecológico, duradera, eficaz y económica a los sistemas actuales para la producción de térmica o energía eléctrica de origen solar.

50

Resultarán evidentes ventajas, características y modos de utilización adicionales de la presente invención a partir de la siguiente descripción detallada de algunas realizaciones de la misma, mostradas a modo de ejemplo y no con fines limitativos.

Breve descripción de las figuras

55

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

- La figura 1 muestra una representación de conjunto esquemática, en sección lateral y longitudinal parcial, de un dispositivo para el almacenamiento y la transferencia de energía térmica según una primera realización preferente de la presente invención, que destaca la interacción entre el propio dispositivo y un sistema para captar la radiación solar asociada al mismo;
- la figura 2 se refiere a la misma representación de conjunto de la figura 1, en vista superior;
- la figura 3 muestra una vista ampliada, en sección lateral y longitudinal parcial, de un dispositivo para el almacenamiento y la transferencia de energía térmica de una segunda realización preferente de la presente invención, destacando un modo de reflexión del tipo "*brillante*" (*glossy*) del mismo;
- la figura 4 muestra una vista ampliada, en sección lateral y longitudinal parcial, de un dispositivo para el almacenamiento y la transferencia de energía térmica de una tercera realización preferente de la presente invención, que proporciona un modo de reflexión del tipo "*difuso*" (*diffuse*).

60

65

Las representaciones de las figuras mencionadas anteriormente pretenden ser meramente a modo de ejemplo y los componentes y las distancias no se muestran necesariamente en proporción.

Descripción detallada de realizaciones preferentes

5 Se describirán a continuación en el presente documento realizaciones y variantes de la presente invención, y haciendo referencia a las figuras mencionadas anteriormente.

Se designan componentes análogos en las diversas figuras con el mismo número de referencia.

10 En la siguiente descripción detallada, se ilustrarán realizaciones y variantes adicionales con respecto a realizaciones y variantes ya tratadas en la propia descripción, limitándose a las diferencias con lo ya ilustrado.

Además, es probable que se utilicen en combinación las diversas realizaciones y variantes descritas a continuación en el presente documento, cuando sea compatible.

15 Haciendo referencia a la figura 1, un dispositivo para el almacenamiento e intercambio de energía térmica de origen solar, o receptor, según una primera realización preferente de la presente invención se designa como un todo con 1.

20 Se pretende que el dispositivo 1 de la presente realización se inserte en una planta para la producción de energía, que incluye en un caso una pluralidad de dispositivos tales como el considerado en el presente documento.

25 Tal como se muestra también en la figura 2, el dispositivo 1 está asociado ventajosamente a un sistema óptico para captar la radiación solar, designado como un todo con 500 y configurado para concentrar una radiación solar incidente sobre el dispositivo 1 (o sobre una pluralidad de dispositivos como el considerado en el presente documento). En particular, el sistema óptico 500 puede incluir una pluralidad de heliostatos 501, o medios ópticos reflectantes equivalentes, dispuestos sobre el terreno y adecuados para captar la radiación solar incidente para desviarla/concentrarla en el dispositivo 1 y en particular, en el presente ejemplo, en un foco común F.

30 Los heliostatos 501 se pueden organizar en subcampos, por ejemplo dispuestos según los puntos cardinales.

35 En la configuración mostrada, el dispositivo 1 se posiciona por encima del plano de apoyo de los heliostatos 501, para recibir la radiación solar concentrada de ese modo según una configuración de "haz ascendente" (*beam-up*). Por tanto, el dispositivo 1 está soportado a gran altitud por medio de una estructura, por ejemplo estructura metálica, mostrada esquemáticamente y designada con 800.

40 Ahora se hará referencia a la vista ampliada de la figura 3 para ilustrar algunos componentes del dispositivo que son comunes a las diversas realizaciones ilustradas en el presente documento. El dispositivo mostrado en el presente documento, todavía designado con 1, comprende en primer lugar una carcasa de contención 2, que tiene, o que define, un compartimento interior 20, siendo este último adecuado para alojar un lecho de partículas fluidizables 3 sobre el que se hablará en breve. La carcasa 2 puede tener una forma geométrica poligonal, por ejemplo cúbica o paralelepípedica, o cilíndrica. En el presente ejemplo, la carcasa 2 tiene una pared superior, o parte de arriba, 21, una pared lateral, o faldón 22 y una pared inferior, o base, 23.

45 La carcasa 2 se implementa para aislar térmicamente el compartimento 20 con respecto al exterior.

La carcasa 2 puede tener una construcción de múltiples capas.

50 Con respecto a la forma geométrica del dispositivo 1, y en particular de su carcasa 2, es posible definir una dirección longitudinal L, en el presente ejemplo vertical, y una dirección transversal T, en un plano ortogonal a la dirección longitudinal L y, en este ejemplo, a continuación, horizontal.

55 La carcasa 2 tiene una abertura de irradiación 10. En la presente realización, los reflectores mencionados anteriormente 501 concentran la radiación solar incidente que entra de hecho por tal abertura 10, o en o cerca de la misma. Ventajosamente, tal como se ha dicho ya, la radiación se concentra en un único foco F. La posición mutua del dispositivo receptor 1 y de los heliostatos del campo que hace que el foco F corresponda a la abertura 10 permite reducir al mínimo los tamaños de la propia abertura y, por consiguiente, disminuir las pérdidas por radiación y las pérdidas por convección natural a su través.

60 En términos generales, la configuración es de modo que la radiación se conduzca dentro del compartimento 20.

65 En la presente realización, la abertura 10 pone en comunicación directa el compartimento interior 20, y a continuación el lecho de partículas 3 alojado en el mismo con el entorno exterior. En particular, la abertura 10, cuando se utiliza, no tiene medios de cierre o protección tales como, por ejemplo, ventanas transparentes o

similares. En otras palabras, el dispositivo 1 está configurado para funcionar sin medios de cierre o protección. Durante periodos no operativos, la abertura se puede cerrar de nuevo por medio de medios retirables, aislados térmicamente de manera adecuada, para proteger el sistema y eliminar o reducir la dispersión de energía térmica hacia el entorno externo.

5

Cerca de la abertura 10 mencionada anteriormente, se pueden posicionar componentes, por ejemplo protecciones o barreras, adecuados para limitar la entrada, en el dispositivo, de flujos de aire o vientos procedentes del entorno externo, sin interferir en la radiación concentrada que entra en el propio dispositivo. Además, alrededor de la abertura 10 se puede proporcionar un aparato óptico adicional, por ejemplo en forma de CPC (*Compound Parabolic Concentrator*, concentrador parabólico compuesto), conocido en sí mismo en el estado de la técnica, para permitir recuperar la totalidad o una porción de la radiación solar concentrada que, en ausencia del mismo, podría fugarse al exterior de la propia la abertura 10.

10

Se pueden dar a conocer también realizaciones en las que la abertura 10 se protege por medio de una ventana transparente u otro medio equivalente incluso durante el funcionamiento.

15

En el presente ejemplo, la abertura 10 se muestra dispuesta en el faldón lateral 22 de la carcasa 2, cerca de la pared superior 21. Sin embargo, tal representación pretende ser a modo de ejemplo. La abertura está limitada por un margen inferior 230.

20

Preferentemente, la superficie libre 35 del lecho de partículas 3, tanto en condiciones estáticas como en condiciones de fluidización en funcionamiento, se encuentra por debajo del margen inferior 230.

Preferentemente, la abertura 10 está dispuesta en una zona libre, o espacio vacío, 350 del compartimento 20, limitado en el lado inferior por la superficie libre 35 del lecho de partículas, lateralmente por la porción superior del faldón 22 y en la parte de arriba por la pared 21. Tal zona 350 se puede definir como zona de irradiación.

25

El lecho de partículas fluidizables 3 es de tipo granular, es decir, formado por partículas sólidas.

30

El tipo de material granular preferente para el lecho de partículas del dispositivo 1 es del tipo con propiedades térmicas con alta capacidad y difusividad térmicas. Un ejemplo de material granular preferente es la arena de río que, aparte de tener dichas propiedades térmicas, tiene una forma redondeada natural de las partículas que minimiza el fenómeno de abrasión mutua de las mismas.

35

Las paredes interiores de la carcasa 2 que se encuentran por encima del lecho de partículas 3, incluso cuando se fluidiza, se ven afectadas directa o indirectamente por la radiación solar concentrada por los heliostatos 501. Tales paredes de la zona de irradiación 350 tienen superficies reflectantes expuestas dentro del compartimento 20 compuestas por materiales y/o procesamiento que pueden tener propiedades de reflectividad de diferente tipo, tal como se describe a continuación en el presente documento.

40

- Especular - La superficie refleja la luz en una única dirección. La dirección de la radiación de salida es en el plano incidente y el ángulo de reflexión es igual al ángulo de incidencia.
- Difusa - La superficie refleja la luz igualmente en todas direcciones y la reflexión de la luz es independiente de la dirección y la reflexión de la luz es independiente de la dirección y el plano de entrada/incidente.
- Brillante - La superficie tiene un comportamiento mixto de especular a difuso.

45

En la primera realización de la figura 1, se proporciona una pared interna inclinada 701, que recibe directamente la radiación solar concentrada y tiene una superficie reflectante y/o de radiación secundaria, identificada también con 701, que funciona en modo especular. La disposición es de modo que la radiación solar incidente se refleja casi completamente en la superficie libre 35 del lecho 3, según un área de reflexión correspondiente a la sección transversal de la carcasa 2.

50

En la segunda realización de la figura 3, la pared, esquematizada mediante la protección inclinada 702, tiene un comportamiento óptico "brillante".

55

En la tercera realización de la figura 4, se da a conocer un comportamiento "difuso" por medio de una superficie reflectante y/o de radiación secundaria 703 perteneciente a una pared curva 24 que se une entre el faldón lateral 22 y la pared superior 21 de la carcasa 2. Además, en la configuración de la figura 4 se da a conocer también una pared inclinada adicional, o protección, 25, que tiene una superficie reflectante auxiliar y/o de radiación secundaria opuesta a la superficie 24.

60

Todavía haciendo referencia a la figura 4, se muestra una esquematización de un sistema 101 para cerrar la abertura de irradiación 10, en forma de una protección abisagrada y en posición abierta relacionado con la fase para adquirir la radiación concentrada. El dispositivo 101 se puede cerrar cuando no se requiere que adquiera energía, sino más bien que la conserve.

65

- 5 Otras configuraciones preferentes pueden dar a conocer que (también o solo) las paredes interiores de la carcasa 2, en particular la porción del faldón lateral 22 que define la zona de irradiación 350 y/o la pared superior 21 y/o todavía porciones de unión entre estas últimas, tienen directamente una o varias superficies reflectantes.
- 10 La(s) superficie(s) de las paredes interiores de la carcasa 2 puede(n) resultar ser plana(s) o con un perfil seleccionado, para permitir, incluso gracias a los factores de visión mutuos, la minimización del flujo radiante total que sale de la abertura 10 y la maximización del flujo total que entra en el lecho fluidizado.
- 15 Dichas superficies reflectantes y/o de radiación secundaria están constituidas por materiales resistentes a altas temperaturas, inducidas por los altos flujos térmicos a las mismas a los que están sometidas, tales como baldosas preferentemente cerámicas, cementos refractarios y/o materiales análogos.
- 20 En las configuraciones descritas anteriormente, la energía electromagnética emitida como un todo por las superficies interiores 2, suma de las radiaciones emitidas y las reflejadas, a través de los factores de visión mutuos, por las superficies 701 a 703 se absorbe por el lecho de partículas 3, seleccionado ventajosamente con un mayor coeficiente de absorción que todas las superficies expuestas a la radiación solar concentrada.
- 25 En particular, la radiación solar reflejada por las superficies interiores de la zona 350 incide sobre, directamente o hacia abajo de reflexiones múltiples, según los factores de visión mutuos, sobre el lecho de partículas 3. Además, dichas superficies interiores absorben, según sus propios coeficientes de absorción y reflectividad, una fracción de energía no reflejada, que provoca el aumento de temperatura de tales superficies que vuelven a irradiar a continuación la energía solar hacia el lecho de partículas, tanto directa como indirectamente a través de radiaciones secundarias entre las superficies interiores, según los factores de visión mutuos.
- 30 Tal configuración determina un comportamiento de dispositivo similar al de una cavidad radiante o cuerpo negro, cuando dicha cavidad está equipada con una abertura hacia el exterior con tamaños reducidos con respecto a los tamaños promedio de la propia cavidad. En tales condiciones, casi toda la radiación solar concentrada incidente sobre la abertura de manera repetida se refleja, se absorbe y se vuelve a irradiar en el interior de la cavidad, de modo que solo una fracción mínima de la misma logra salir y la energía solar así capturada permanece acumulada en el lecho fluidizado de partículas.
- 35 En las configuraciones de las figuras ilustradas anteriormente, el lecho de partículas 3 se pone en movimiento por medio de medios de fluidización 4 configurados para suministrar y distribuir un gas de fluidización, en particular aire, dentro del compartimento 20. En la presente realización, los medios 4 comprenden una pluralidad de elementos que suministran o dejan entrar aire de fluidización 41, dispuestos en la base inferior 23 de la carcasa 2 que es la base del lecho de partículas 3. La ruta del aire de fluidización dentro del lecho de partículas 3 es entonces desde abajo hacia arriba, en particular en vertical o sustancialmente vertical. En términos más generales, la entrada de gas de fluidización tiene lugar según la dirección longitudinal L.
- 40 En el presente ejemplo, se proporciona una fluidización uniforme o sustancialmente uniforme del lecho de partículas 3.
- 45 El régimen dinámico de fluido del lecho 3 permite un intercambio de calor eficaz entre las partículas de sus diversas porciones. Esto se ve favorecido por el hecho de que las partículas del lecho están sometidas a un intercambio y recirculación continuos. Cuando se utilizan, las partículas dispuestas sobre la superficie libre 35 o cerca de la misma, absorben energía térmica por la radiación solar reflejada o irradiada de nuevo y la ceden a las otras partículas del lecho.
- 50 El intercambio térmico entre las partículas se ve favorecido por movimientos convectivos determinados por el régimen de fluidización.
- 55 Variantes de realización pueden proporcionar una fluidización diferenciada en diferentes zonas o porciones del lecho 3. La fluidización de varias zonas o porciones del lecho, o los regímenes de fluidización que se pueden seleccionar para las mismas, se pueden diferenciar por velocidad, y en un caso caudal, del flujo de aire de fluidización que entra en el lecho de partículas 3.
- 60 Puede resultar que los elementos de fluidización estén dispuestos uniformemente en la base del lecho de partículas 3, tal como en el presente ejemplo, o se posicionen de una manera diferenciada.
- 65 También se pueden proporcionar elementos de fluidización análogos estructuralmente entre ellos y en un caso controlados de diferente manera, por ejemplo en cuando a velocidad y/o caudal.

ES 3 010 473 T3

El régimen de fluidización puede ser incluso del tipo de ebullición y/o, generalmente, un régimen que favorece movimientos convectivos de partículas en el lecho 3 o en zonas o porciones del mismo.

5 En algunas variantes de realización, el régimen de fluidización seleccionado para todo el lecho o para una zona o porción del mismo puede ser incluso del tipo denominado "*en surtidor*" (*spouted*), por ejemplo como en chorro, fuente o impulso. El lecho fluidizado de tipo *en surtidor* tiene generalmente un régimen hidrodinámico caracterizado por un chorro de gas de fluidización central en la base del mismo lecho que, debido a la fuerte diferencia de velocidad entre partículas expuestas directamente al chorro y las partículas circundantes, crea un movimiento arrastrado por la columna del lecho persistiendo sobre el chorro en sí mismo y las áreas enfrentadas (cilíndricas) creando, de hecho, un efecto similar a una fuente en la porción central alimentada por el sólido arrastrado en las porciones laterales del chorro.

15 Dentro del lecho 3 están alojados elementos de intercambio térmico 5, en particular haces de tubos. Tales intercambiadores, con continuidad o en condiciones de funcionamiento seleccionadas, pueden ser atravesados por un fluido de funcionamiento, por ejemplo vapor o CO₂.

20 En particular, en una fase de intercambio térmico, es decir una fase de utilizar la energía térmica acumulada en el lecho de partículas 3, se puede hacer que el fluido de funcionamiento fluya en los haces de tubos 5 y que reciba calor de las partículas del lecho. Al contrario, durante una fase de mero almacenamiento, los haces de tubos 5 pueden estar en reposo, es decir en ausencia de circulación de fluido de funcionamiento.

25 La fase de almacenamiento se activa en presencia de sol. La fase de intercambio térmico, es decir la transferencia de la energía térmica al fluido de funcionamiento, se puede activar preferentemente incluso en ausencia de sol.

30 Se puede hacer que el fluido de funcionamiento que sale del dispositivo 1 en las condiciones de temperatura y presión de diseño se expanda en una turbina acoplada a un generador para la producción de energía eléctrica o se puede utilizar para otros propósitos industriales, por ejemplo para la producción de portadores fluidos que van a utilizarse en procedimientos industriales, en particular cuando se requiere con continuidad energía térmica incluso a muy altas temperaturas. En otras palabras, en el presente ejemplo los haces de tubos 5 se conectan a componentes adicionales de la planta, por ejemplo una o varias turbinas, condensadores, intercambiadores de calor, bombas y así sucesivamente, cada uno conocido en sí mismo.

35 El dispositivo 1 comprende también medios 6 para la aspiración de aire de fluidización que ha terminado su propia ruta dentro del lecho de partículas 3 y sale del mismo en la zona de irradiación 350. Tales medios de aspiración 6 se configuran a continuación para aspirar aire dentro de la carcasa 2 por encima de la superficie libre 35 del lecho de partículas 3. En el presente ejemplo, los medios de aspiración 6 comprenden elementos 61 para captar aire del espacio vacío 350, por ejemplo en forma de campana, dispuestos en la pared superior 21 de la carcasa 2.

40 Preferentemente, los medios de aspiración 6 están configurados incluso para evitar una emisión, o una emisión masiva, de aire de fluidización y/o de las partículas arrastradas por el mismo en el entorno externo a través de la abertura 10.

45 Ventajosamente, los medios de aspiración 6 proporcionan (no representado) medios de control, preferentemente sensores de caudal que, en sinergia con medios de control adicionales (no ilustrados) asociados a los medios de fluidización 4, determinan un flujo de aire extraído del dispositivo 1 igual a o mayor que el flujo de aire de fluidización introducido en el lecho de partículas 3.

50 Ventajosamente, el dispositivo 1 proporciona un intercambio de calor entre el aire de fluidización (calentado) que sale del lecho de partículas 3 en la superficie libre 35 de este último y se aspira por los medios 6 y el aire de fluidización que entra en el lecho de partículas 3 por medio de los medios de fluidización 4. En otras palabras, se proporciona una regeneración de calor, obtenida por medio de medios de intercambio térmico. Esto se representa esquemáticamente en las figuras por medio de componentes de intercambio térmico 512, componentes 513 para extracción de polvo del aire de fluidización, componentes 514 para la aspiración de aire de fluidización desde el entorno externo y componentes para dejar entrar aire 515 en el sistema de fluidización perteneciente a los medios de fluidización 4.

60 En una variante de realización, el dispositivo 1 tiene una cámara de calma por encima de la superficie libre 35 del lecho de partículas 3. Tal cámara de calma pretende ser un área de velocidad baja o nula de las partículas del lecho y está definida, en el presente ejemplo, por el espacio vacío 350.

65 Incluso la cámara de calma contribuye a evitar una fuga, o una fuga masiva, de aire y/o partículas a través de la abertura 10.

Una configuración a modo de ejemplo de una planta como la considerada anteriormente, que incluye un lecho

de partículas de 350 toneladas, puede implementarse con uno o varios de los siguientes parámetros dimensionales:

- 5 - heliostatos de campo de aproximadamente 10000 m² de superficie reflectante;
- distancia focal mínima de 60 m y máxima de 200 m en la que la distancia focal se define como la distancia entre el centro del heliostato y el punto de focalización de los rayos solares paralelos que inciden sobre el mismo;
- posicionamiento de la abertura de entrada del dispositivo a aproximadamente 40 m en elevación con respecto al campo de heliostatos, es decir sobre el terreno;
- 10 - proporción dimensional entre la extensión total de las superficies reflectantes interiores del dispositivo y de la superficie de la abertura de entrada igual a aproximadamente 15 - 20.

15 El dispositivo de la presente invención tiene naturaleza modular, que se adapta bien para conectarse a uno o varios dispositivos análogos en serie o en paralelo con respecto al intercambio térmico.

Además, se pueden asociar favorablemente los tipos de dispositivos según las diferentes formas y variantes de realización descritas para una mayor producción y/o flexibilidad de funcionamiento de la planta industrial.

20 Todavía en una configuración preferente, la planta basada en uno o varios de los dispositivos de la presente invención se puede asociar ventajosamente a un sistema fotovoltaico que proporciona la producción diaria de energía eléctrica. En tal configuración, los dispositivos de almacenamiento y transferencia se pueden gestionar en un régimen de almacenamiento de energía térmica de origen solar durante las horas de sol y en un régimen de transferir energía térmica desde el atardecer.

25 Además, en la misma configuración, la planta se puede asociar a una planta para desalinización u otro sistema para aprovechar la energía térmica de origen solar. En este caso, los dispositivos se pueden gestionar en un régimen mixto: tanto para el almacenamiento, para la producción nocturna de energía eléctrica, como para la transferencia diaria simultánea, dedicando la transferencia relacionada de energía térmica al funcionamiento continuo de la planta, por ejemplo operación de desalinización.

30 El dispositivo de la presente invención se puede integrar con plantas alimentadas por otras fuentes de energía renovable (por ejemplo, fotovoltaica, eólica, geotérmica) o no renovable para garantizar la continuidad de la producción de energía con el propósito de reducir o eliminar la producción de energía producida por fuentes no renovables.

35 La presente invención también da a conocer un procedimiento para el almacenamiento e intercambio de energía térmica de origen solar, basado en las funcionalidades ya descritas anteriormente en relación con el dispositivo y la planta de la presente invención.

40 El objetivo de la presente invención se ha descrito hasta ahora haciendo referencia a realizaciones preferentes de la misma. Se pretende que puedan existir otras realizaciones pertenecientes al mismo núcleo inventivo, todas dentro del alcance de protección de las reivindicaciones expuestas a continuación en el presente documento.

45

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo (1) para el almacenamiento y la transferencia de energía térmica de origen solar, dispositivo (1) que comprende:
- 5
- una carcasa de contención (2), que tiene una abertura de irradiación (10) configurada para permitir la entrada de una radiación solar incidente en una zona de irradiación (350) definida dentro de dicha carcasa (2), abertura de irradiación (10) que está dispuesta en un faldón lateral (22) de dicha carcasa (2);
 - un lecho (3) de partículas fluidizables recibidas dentro de dicha carcasa (2);
 - 10 - una pluralidad de superficies reflectantes (701; 702; 703) dispuestas dentro de dicha zona de irradiación (350), en el que cada una de dichas superficies reflectantes está configurada para reflejar la radiación solar que entra a través de dicha abertura de irradiación (10) directamente sobre una superficie libre (35) de dicho lecho de partículas (3) o sobre otra superficie reflectante de dicha zona de irradiación (350),
 - 15 siendo la configuración global tal que la radiación entrante incide sobre la superficie libre (35) del lecho de partículas (3) hacia abajo de reflexiones múltiples sobre dichas superficies reflectantes (701; 702; 703), en el que las partículas de dicho lecho (3) tienen mayor absorbancia que la de dichas superficies reflectantes (701; 702; 703).
- 20
2. Dispositivo (1), según la reivindicación 1, que comprende también medios de intercambio térmico (5), conectados térmicamente a dicho lecho de partículas (3) y que se pueden activar para recibir desde el mismo energía térmica, siendo la configuración global tal que dicha energía térmica se transfiere desde la radiación solar de entrada a las partículas de dicho lecho (3) y, en el mismo momento o uno posterior, desde dichas partículas a dichos medios de intercambio térmico (5), en el que dichos medios de intercambio térmico
- 25 comprenden preferentemente uno o varios de los siguientes componentes: elementos termoelectrónicos; elementos termoiónicos; elementos termofotovoltaicos; haces de tubos (5) configurados para ser atravesados, cuando se utilizan, por un fluido de funcionamiento.
3. Dispositivo (1), según la reivindicación 1 o 2, que comprende medios para suministrar un gas de fluidización calentado que sale de dicho lecho de partículas (3) a un usuario.
- 30
4. Dispositivo (1), según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicha abertura de irradiación (10) pone en comunicación directa dicha zona de irradiación (350) de dicha carcasa (2) con el entorno exterior, careciendo, cuando se utiliza, de medios de cierre o protección.
- 35
5. Dispositivo (1), según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicha abertura de irradiación (10) está dispuesta cerca de una pared superior (21) de la carcasa.
6. Dispositivo (1), según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la superficie libre (35) de dicho lecho de partículas (3) está dispuesta por debajo de un margen inferior (230) de dicha abertura de irradiación (10), también en la condición de fluidización.
- 40
7. Dispositivo (1), según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dichas superficies reflectantes (701; 702; 703) están configuradas para volver a irradiar dentro de dicha zona de irradiación (350) energía térmica absorbida por la radiación solar, ventajosamente según una configuración de cavidad radiante.
- 45
8. Dispositivo (1), según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que una superficie reflectante (701; 702; 703) se implementa sobre una pared inclinada alojada dentro de dicha zona de irradiación (350) o se asocia con una pared (21, 22) que define dicha carcasa (2), ventajosamente con factores de visión mutuos adecuados para reducir la energía radiante que sale por la abertura (10).
- 50
9. Dispositivo (1), según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dichas superficies reflectantes (701; 702; 703) tienen una reflectividad perteneciente a una de las siguientes esquematizaciones: reflectividad especular, con un ángulo de reflexión de la radiación igual al ángulo de incidencia; reflectividad difusa, con reflexión en todas direcciones, independientemente del plano de incidencia de la radiación; reflectividad brillante, con comportamiento híbrido entre reflectividad especular y difusa.
- 55
10. Dispositivo (1), según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicha carcasa (2), excepto dicha abertura de irradiación (10), está compuesta por materiales aislantes térmicamente.
- 60
11. Dispositivo (1), según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende medios de fluidización (4) configurados para dejar entrar un gas de fluidización, preferentemente aire, dentro de dicho lecho (3) de partículas sólidas fluidizables.
- 65
12. Dispositivo (1), según la reivindicación anterior, que comprende medios para variar selectivamente la

velocidad de flujo y/o el caudal del gas de fluidización.

- 5 13. Dispositivo (1), según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende medios de aspiración (6), en particular con una configuración sustancialmente de tipo campana (61), configurados para aspirar un gas de fluidización por encima de la superficie libre (35) de dicho lecho de partículas (3).
- 10 14. Dispositivo (1), según las reivindicaciones 11 y 13, que comprende medios de intercambio térmico (512) entre un gas de fluidización que sale del lecho de partículas (3) y un gas de fluidización que entra en el lecho de partículas (3).
- 15 15. Dispositivo (1), según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende medios de calentamiento conectados térmicamente a dicho lecho de partículas (3), medios de calentamiento que están configurados para transmitir energía térmica a dichas partículas.
16. Dispositivo (1), según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende una estructura de soporte (800) configurada para sostener dicha carcasa (2) en elevación por encima del terreno.
17. Planta para la producción de energía eléctrica y/o térmica, que comprende:
- 20 ▪ uno o varios dispositivos (1) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, dispuestos a gran altitud; y
- 25 ▪ medios para captar la radiación solar (500), dispuestos sobre el terreno y que comprenden preferentemente una pluralidad de heliostatos (501),
siendo la configuración tal que la radiación solar se capta por dichos medios de captación (500) y se concentra en la abertura de irradiación (10) del uno o varios dispositivos (1), en la que preferentemente dichos medios de captación (500), o un subgrupo de los mismos, concentran la radiación solar en un foco común (F) dispuesto en o cerca de la abertura de irradiación (10) de un dispositivo (1),
30 en la que dichos medios de captación (500) definen una configuración de irradiación que hace que converja la radiación solar desde la parte inferior sobre dicho uno o varios dispositivos (1).
- 30 18. Procedimiento para producir energía eléctrica y/o térmica partiendo de la energía térmica de una radiación solar, procedimiento que proporciona:
- 35 - una concentración de la radiación solar en una abertura de irradiación (10) de un dispositivo receptor (1) que comprende un lecho para el almacenamiento de energía térmica del tipo con partículas fluidizables (3), y
- 40 - reflexiones múltiples de la radiación solar sobre el lecho de partículas por una pluralidad de superficies reflectantes (701-703) dispuestas hacia abajo de la abertura de irradiación (10), procedimiento que utiliza un dispositivo o una planta según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 17.
- 40 19. Procedimiento, según la reivindicación anterior, que comprende una fase de transferir energía térmica por las partículas de dicho lecho (3), que se puede activar selectivamente en el mismo momento o uno posterior con respecto a una fase para el almacenamiento de energía térmica.
- 45 20. Procedimiento, según la reivindicación 18 o 19, que comprende una fase de utilización de un gas de fluidización calentado que sale de dicho lecho de partículas (3).
21. Procedimiento, según cualquiera de las reivindicaciones 18 a 20, que comprende una fase de fluidización de las partículas de dicho lecho (3), que se activa en condiciones de funcionamiento seleccionadas.
- 50 22. Procedimiento, según la reivindicación anterior, que proporciona un ajuste selectivo de la velocidad de flujo y/o el caudal de un gas de fluidización.

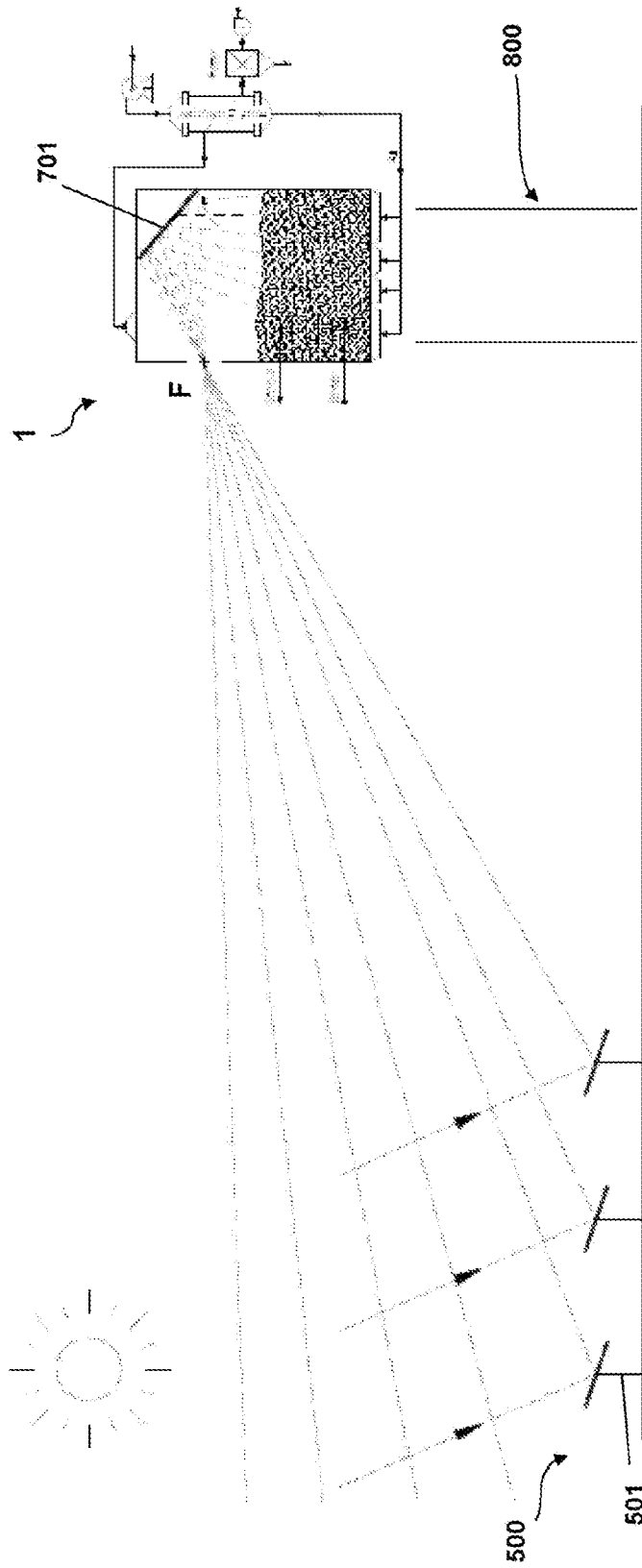


Fig. 1

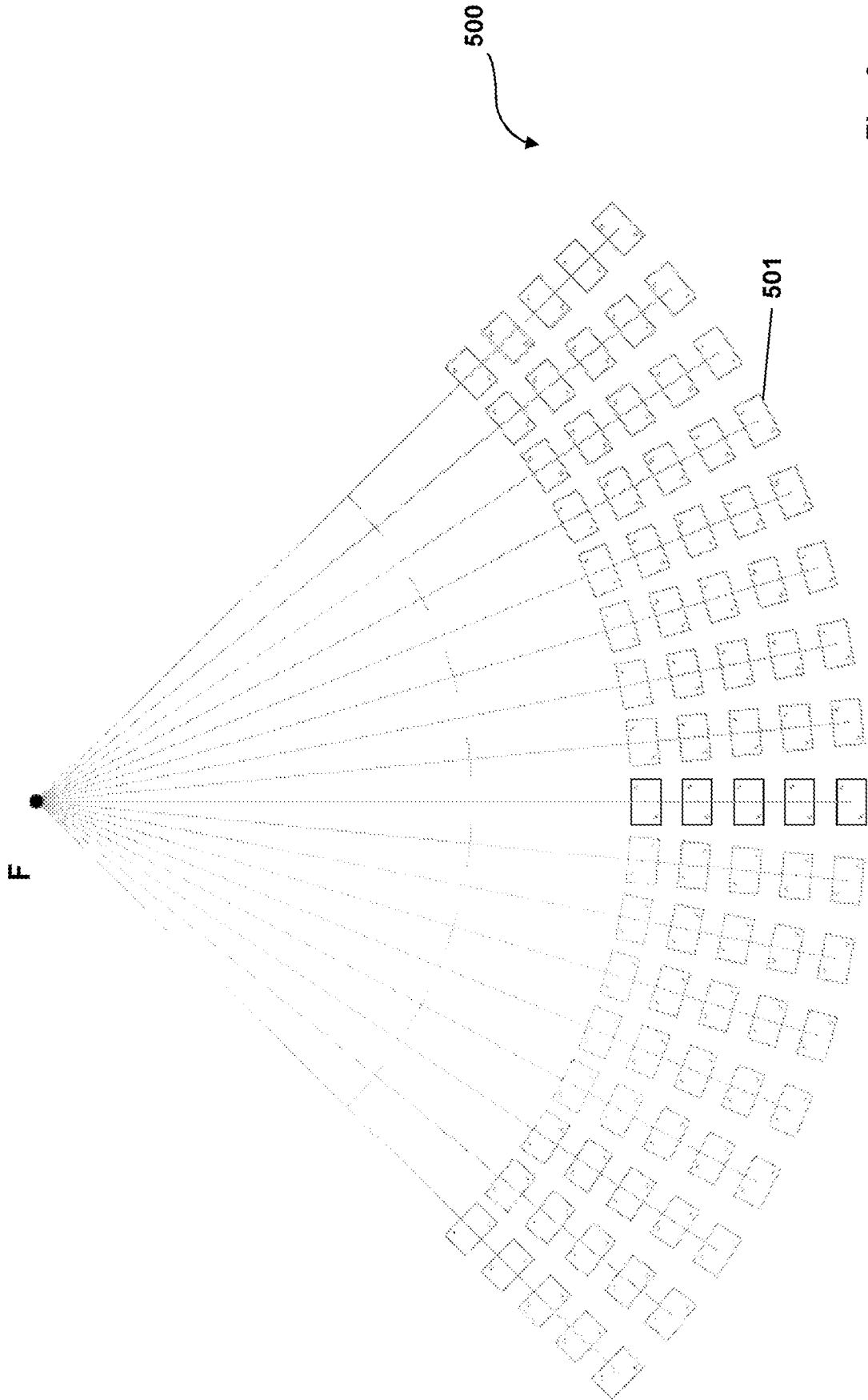


Fig. 2

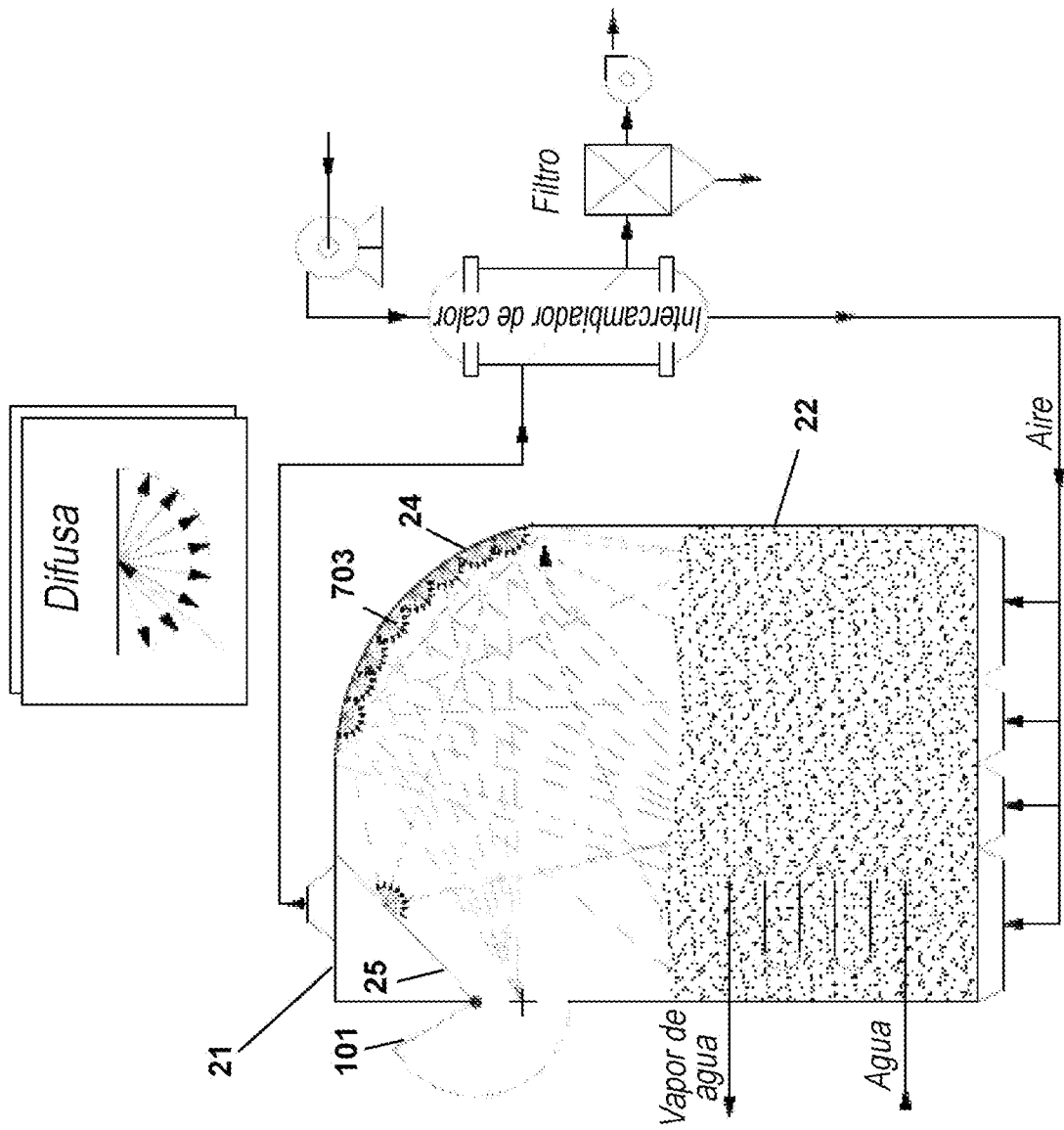


Fig. 4