



①9



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

①1 Número de publicación: **2 381 698**

②1 Número de solicitud: 201001406

⑤1 Int. Cl.:

F24J 2/18 (2006.01)

F24J 2/14 (2006.01)

①2

SOLICITUD DE PATENTE

A1

④2 Fecha de presentación: **03.11.2010**

④3 Fecha de publicación de la solicitud: **30.05.2012**

④3 Fecha de publicación del folleto de la solicitud:
30.05.2012

⑦1 Solicitante/s:
ABENGOA SOLAR NEW TECHNOLOGIES, S.A.
Avda. de la Buhaira, 2
41018 Sevilla, ES

⑦2 Inventor/es: **Núñez Bootello, Juan Pablo**

⑦4 Agente/Representante:
García-Cabrerizo y del Santo, Pedro María

⑤4 Título: **Colector solar con receptor multitubular, plantas termosolares que contienen dicho colector y método de operación de dichas plantas.**

⑤7 Resumen:

Colector solar con receptor multitubular, plantas termosolares que contienen dicho colector y método de operación de dichas plantas donde los receptores multitubulares cuentan con un reflector primario (5) formado por dos curvas paramétricas simétricas y continuas, un reconcentrador secundario (6) y un receptor (1) que comprende varios tubos (7) unidos de sección circular, situándose el centro de gravedad del colector muy próximo al eje de giro del propio colector y siendo la relación de concentración C/C_{max} mayor de 0,63, con una eficiencia de colección del 100% y con un número máximo de reflexiones de los rayos solares (8) de dos. Las plantas termosolares que contienen dichos receptores multitubulares los combinan con colectores cilindro paramétricos o cilindro parabólicos con receptor tubular y pueden ser para generación directa de vapor (con zona de saturado y sobrecalentado) o no (con los colectores conectados en serie).

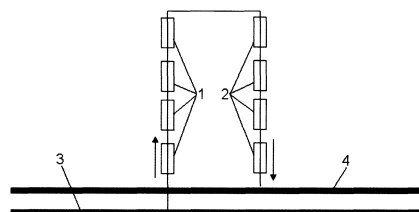


FIGURA 1

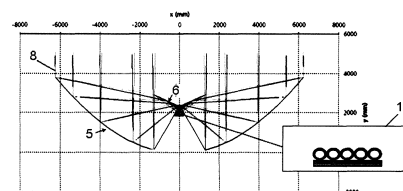


FIGURA 2

DESCRIPCIÓN

Colector solar con receptor multitubular, plantas termosolares que contienen dicho colector y método de operación de dichas plantas.

Sector técnico de la invención

La invención se encuadra en el sector técnico de la tecnología termosolar, más concretamente en el sector de los colectores cilíndricos así como las plantas en las que se instalan dichos colectores, ya sean plantas de producción directa de vapor como plantas que utilizan un fluido caloportador para producir vapor en un intercambiador posterior.

Antecedentes de la invención

El principio general de la tecnología termosolar está basada en el concepto de la concentración de la radiación solar para calentar un fluido caloportador y generar electricidad.

La captación de energía solar y su concentración es uno de los mayores retos en el desarrollo de plantas termosolares. Existen principalmente dos tipos de tecnologías de concentradores: la concentración puntual y la concentración lineal. La lineal es más fácil de instalar al tener menos grados de libertad, pero tiene un factor de concentración menor y por lo tanto puede alcanzar menores temperaturas que la tecnología de concentración puntual.

Dentro de los concentradores puntuales se distinguen los concentradores de disco parabólicos y las centrales de torre. Dentro de la tecnología lineal, el Concentrador Cilindro Parabólico (CCP) es el sistema de concentración más maduro y ahora empiezan a surgir los nuevos Colectores Lineales tipo Fresnel (CLF).

Los colectores Fresnel están compuestos por un sistema primario y un secundario. El primario lo forman una serie de filas paralelas de espejos reflectores, planos o ligeramente curvados, con estructuras móviles que son los que se encargan de emitir y orientar la radiación solar al secundario. La radiación llega a la apertura del secundario y es redireccionada por unos espejos a un "tubo" focal imaginario que es donde se coloca el tubo absorbedor.

Este sistema secundario queda elevado sobre el campo de espejos a varios metros de altura y se encarga de reconcentrar la radiación solar que emite el primario y direccionarla hacia un tubo absorbedor.

El absorbedor queda inmóvil en el espacio e independizado del colector que es el que realiza el seguimiento del sol. El reconcentrador tiene un doble efecto positivo:

permite aumentar la superficie colectora evitando que los rayos se escapen y permite aumentar la concentración del campo primario. Además, este tipo de colector permite un uso más compacto del terreno al quedar las filas muy próximas unas de otras.

Eventualmente, el terreno bajo los campos de espejos puede utilizarse para fines ajenos a la producción de energía. Las filas tienen un tamaño pequeño en comparación con un colector cilíndrico paramétrico por lo que las cargas de viento son menores y las estructuras son más livianas.

La tecnología cilindro-parabólica es una tecnología más madura que la de los colectores Fresnel y con un extenso historial que demuestra estar preparada para la instalación a gran escala. Esta tecnología lleva siendo instalada a nivel comercial desde los años 80 con un excepcional comportamiento. Desde entonces, ha experimentado importantes mejoras a nivel de costes y rendimientos. Actualmente hay 300 MWs en operación, 400 en construcción y alrededor de 6 GWs en promoción a nivel mundial.

La tecnología cilindro-parabólica basa su funcionamiento en seguimiento solar y en la concentración de los rayos solares en unos tubos receptores de alta eficiencia térmica localizados en la línea focal de los colectores cilindro parabólicos.

Los componentes principales del campo solar de la tecnología cilindro-parabólica son:

- El reflector cilindro-parabólico: La misión del reflector cilindro parabólico es reflejar y concentrar sobre el tubo absorbedor la radiación solar directa que incide sobre la superficie. La superficie especular se consigue a través de películas de plata o aluminio depositadas sobre un soporte que le da la suficiente rigidez. En la actualidad los medios de soporte más utilizados son la chapa metálica, el vidrio y el plástico. Se denomina reflector primario.

- El tubo absorbedor tubular: Por lo general, el tubo absorbedor denominado tubular, consta de dos tubos concéntricos separados o no por una capa de vacío. El tubo interior, por el que circula el fluido que se calienta es metálico y el tubo exterior de cristal.

ES 2 381 698 A1

- El sistema de seguimiento del sol: El sistema seguidor más común consiste en un dispositivo que gira los reflectores cilindro-parabólicos del colector alrededor de un eje longitudinal, de manera que los rayos incidan siempre perpendiculares a este eje y paralelos al eje óptico de la parábola.

- 5 • La estructura metálica: La misión de la estructura del colector es la de dar rigidez al conjunto de elementos que lo componen.

10 Tradicionalmente por el tubo absorbedor circula un fluido caloportador o transmisor de calor, generalmente aceite sintético, que es calentado a aproximadamente 400°C por los rayos solares concentrados. Este aceite a alta temperatura es bombeado a través de una serie de intercambiadores de calor para producir vapor de agua sobrecalentado.

15 Sin embargo, en los últimos años se está desarrollando la generación directa de vapor con colectores cilindro parabólicos. Esta tecnología (conocida como GDV) elimina la necesidad de un fluido intermedio de transferencia de calor en el campo solar.

El agua se introduce directamente por el interior de los tubos receptores y absorbe la energía reflejada por los colectores pasando de su estado líquido a vapor saturado y posteriormente a sobrecalentado.

- 20 En ambos casos, el calor presente en el vapor, se convierte en energía eléctrica mediante una turbina de vapor convencional y un alternador.

Frente a los aceites sintéticos la GDV tiene las siguientes características:

- 25 a) Se sustituye el uso del aceite por el agua.

b) Permite aumentar la temperatura máxima del campo solar que en el caso del aceite viene impuesta por la degradabilidad del mismo (400°C) y por tanto es posible ir a ciclos de potencia más eficientes.

- 30 c) Presenta mayor rendimiento del campo solar debido a que la temperatura media de operación de los colectores es ligeramente inferior a la de los sistemas con aceite y además se suprime el salto de temperatura necesario en el intercambiador aceite/agua.

- 35 d) Se reducen los costes de inversión del tren de intercambio, tanque de expansión y otros sistemas relacionados con la utilización del aceite.

e) Se reducen los autoconsumos.

- 40 f) Se evitan problemas de congelación de aceite en invierno puesto que el aceite térmico presenta una temperatura de congelación de 12°C.

En el caso de las plantas de GDV el vapor producido en el campo solar -en condiciones de presión en el rango 60 a 100 bar y de temperatura en el rango de 400°C a 525°C- alimenta directamente la turbina sin necesidad de intercambiador. En este tipo de plantas, el campo solar se divide en dos partes. Una parte (del orden del 80% del campo) se utiliza para generar vapor saturado a temperaturas del orden de 300°C y el resto del campo (del orden del 20% restante) se utiliza para sobrecalentar. Además, la temperatura de entrada del agua al campo solar se reduce al orden de los 240°C.

- 50 La temperatura promedio de trabajo para las plantas de GDV es pues, inferior al caso del aceite sintético. Ello limita las pérdidas radiantes y abre la puerta al uso de colectores con receptores sin vacío o con otro tipo de receptores que permitan minimizar las pérdidas por convección al menos para las zonas del campo solar que trabajen a menor temperatura.

- 55 Desde el punto de vista óptico, en el caso del colector cilindro parabólico actual todos los rayos que llegan a la parábola dentro del ángulo de incidencia de diseño, son reflejados al tubo absorbedor. La eficiencia de colección de este concentrador, definida como la fracción de potencia incidente dentro del ángulo de aceptación del primario, que alcanza el tubo absorbedor es del 100%. Es posible comprobar que la concentración del colector cilindro parabólico actual ronda los 26 soles mientras que el segundo principio de la termodinámica permite afirmar que, manteniendo los ángulos de aceptación actuales, es posible alcanzar los 83 soles. Quiere decir que, teóricamente, la concentración del colector actual podría aumentarse aún 3.2 veces.

A lo largo de la historia reciente se han realizado diferentes intentos de aumentar la concentración de los colectores cilindro parabólicos mediante el uso de reconcentradores secundarios:

- 65 - Para el caso de un único receptor tubular se ha demostrado que es posible alcanzar la concentración máxima con una eficiencia de colección del 100% con un reconcentrador secundario parabólico tipo CPC (Compound Parabolic Concentrator). Sin embargo, desde el punto de vista práctico, este reconcentrador presenta algunos inconvenientes

importantes que penalizan su utilización. En unos casos el secundario junto con el tubo absorbedor deben alejarse de la parábola primaria; y en otros se generan geometrías de secundario complejas y difíciles de fabricar. Otro inconveniente es que el reconcentrador debe mantenerse en contacto o muy cerca del tubo absorbedor lo cual obliga a los diseñadores a localizar el reconcentrador dentro del tubo de vidrio que mantiene el vacío o a irse a soluciones sin vacío y sin tubo de vidrio, conceptos ya probados en algunos concentradores tipo Fresnel.

- Otra posibilidad es usar reconcentradores tipo TERC (Tailored Edge Ray Concentrator). Este tipo de concentradores y de receptores está extendido en el caso de los colectores Fresnel, tal y como se demuestra en la patente WO2009023063 (A2) de Mills David R y Schramek Philipp, pero no en el caso de plantas con colectores cilindro parabólicos. Los inconvenientes de los colectores Fresnel son que las filas se dan sombra, se bloquean ópticamente unas a otras y aparece un efecto coseno transversal y longitudinal que reduce el rendimiento óptico del conjunto si lo comparamos con un colector cilindro parabólico. El desafío para los colectores Fresnel sigue siendo tener un coste inferior a los colectores cilindro parabólicos que compensen estas pérdidas ópticas.

Existe en el estado de la técnica otra solución, que no cuenta con los inconvenientes antes señalados y que aumenta la concentración en los colectores. Se trata de utilizar concentradores diseñados con el método de diseño óptico denominado "The Simultaneous Multiple Surface (SMS)" de Miñano, Benítez, *et al.* El método está bien descrito en el documento US 6,639,733 B2 y en otras publicaciones y permite diseñar una superficie para el primario y para el secundario que deja de ser parabólica y que mantiene la eficiencia de colección en el 100% para los rayos incidentes al colector, dentro de la aceptación de diseño, a la vez que permite maximizar la relación de concentración C/C_{max} . En este caso el número de reflexiones de los rayos solares es 2.

Así pues, la presente invención se centra en el desarrollo de un nuevo colector, basándose en el diseño óptico SMS el cual mejora considerablemente la eficiencia del mismo, pero en este caso aplicado a receptor multitubo sin vacío e introduciendo mejoras en su geometría, de manera que supere los inconvenientes encontrados en el estado de la técnica, controlando las pérdidas convectivas de forma que este colector sea posible utilizarlo a bajas temperaturas, donde controla las pérdidas por convección frente a la radiación.

También la invención desarrolla una planta termosolar de concentración que contiene los colectores reivindicados, combinados con colectores de receptor tubular, ya sean cilindro parabólicos o cilindro paramétricos. Esta planta con combinación de ambos tipos de colectores aumenta la eficiencia respecto a las plantas existentes ya que, gracias a la combinación de ambas tecnologías se optimiza el funcionamiento de cada tipo de colector y se minimizan las pérdidas convectivas.

Descripción de la invención

La presente invención se refiere al diseño de un colector con receptor multitubular sin vacío y a la planta termosolar que combina dichos colectores con colectores de receptores tubulares, con o sin vacío, ya sea para generación directa de vapor o no.

El colector cilindro paramétrico con receptor multitubular sin vacío, objeto de la invención, es un colector simétrico formado por un reflector primario de geometría optimizada ópticamente para maximizar la concentración total, un reconcentrador secundario optimizado y un receptor conformado por múltiples tubos circulares, cada uno con las características que se describen a continuación:

- La geometría del reflector primario son dos curvas simétricas y continuas que permiten aumentar la concentración C/C_{max} a más de 0.63 así como reducir las cargas de viento. La estructura está optimizada para soportar las diferentes cargas a las que está sometido el colector además, el centro de gravedad del colector se sitúa muy próximo al eje de giro del propio colector.

- La geometría del reconcentrador secundario está optimizada y la eficiencia de colección del colector es del 100%. En función de la solución elegida todos, o la gran mayoría de los rayos, se reflejan en el secundario antes de llegar al receptor (número de reflexiones de los rayos solares es menor o igual a 2).

Para diseñar el reflector primario y el secundario del colector se aplica el método de diseño denominado "The Simultaneous Multiple Surface (SMS)" de Miñano, Benítez, *et al.* El método está bien descrito en el documento US 6,639,733 B2 y en otras publicaciones y permite diseñar una superficie para el primario y para el secundario que deja de ser parabólica y que mantiene la eficiencia de colección en el 100% para los rayos incidentes al colector, dentro de la aceptación de diseño, a la vez que permite maximizar la relación C/C_{max} .

- El receptor por el que circula el fluido caloportador conformado por múltiples tubos circulares contempla varias opciones de diseño que consiguen controlar las pérdidas convectivas, de forma que este colector sea posible utilizarlo a bajas temperaturas, donde controla las pérdidas por convección:

- Receptor formado por una serie de tubos metálicos, normalmente de acero, colocados uno al lado de otro y paralelos, sobre el mismo plano horizontal. Los tubos se apoyan en una base aislante térmica.

- Receptor formado por una serie de tubos metálicos, normalmente de acero, colocados en tres tramos: dos tramos inclinados en los extremos y un plano horizontal en el medio. Cada tramo está formado por varios tubos paralelos. Ambos extremos tienen la misma inclinación respecto al plano horizontal. El tramo central horizontal, reposa sobre una base aislante térmica.

- Receptor formado por una serie de tubos metálicos, normalmente de acero, colocados en tres tramos: dos tramos inclinados en los extremos y un plano horizontal en el medio. El tramo central está formado por varios tubos y los de los extremos por tan sólo uno, en contacto con el tubo más extremo del tramo horizontal. El resto de plano inclinado, lo forma una aleta libre, sin tubos. Ambos extremos tienen la misma inclinación respecto al plano horizontal. El tramo central horizontal, reposa sobre una base aislante térmica.

- Receptor formado por una serie de tubos metálicos, normalmente de acero, colocados en tres tramos: dos tramos inclinados en los extremos y un plano horizontal en el medio. El tramo central está formado por varios tubos y los de los extremos por tan sólo uno, situado en el punto medio del plano. El resto de plano inclinado, a ambos lados del tubo, lo forman dos aletas libres, sin tubos, una de ellas uniéndose en su extremo al tramo horizontal. Ambos extremos tienen la misma inclinación respecto al plano horizontal. El tramo central horizontal, reposa sobre una base aislante térmica.

En cualquiera de las configuraciones anteriores, los tubos se pueden unir entre ellos por soldadura con o sin aletas adicionales o utilizando abrazaderas y, en todos los casos, será necesario la inclusión de mecanismos que permitan la dilatación longitudinal de los tubos.

En resumen, la geometría del colector multitubo que se plantea maximiza la relación de concentración C/C_{max} del colector cilindro paramétrico, hasta valores de 0.63, tiene una eficiencia de colección del 100% y un número de reflexiones de los rayos solares antes de llegar al receptor menor o igual a 2, además controla las pérdidas convectivas de forma que este colector puede ser utilizado a bajas temperaturas.

El colector propuesto se aleja de la convencional geometría parabólica actual, pero manteniendo los requerimientos estructurales y con un coste similar o inferior al actual.

En cuanto a la planta que contiene dichos colectores multitubulares se contemplan dos opciones: planta con cambio de fase para generación directa de vapor y planta sin cambio de fase.

La planta para generación directa de vapor hace uso de un fluido que cambia de fase a lo largo de su recorrido por la planta, para llegar a la turbina en forma de vapor. El fluido más común para este tipo de plantas es el agua.

La planta reivindicada se diseña dividiendo el campo solar en dos partes; una zona del campo solar se dedica a la generación de vapor saturado a temperaturas del orden de 300°C y otra zona del campo solar se dedica a la generación de vapor sobrecalentado a temperaturas del orden de 500°C.

Los colectores que trabajan en el campo de saturado a bajas temperaturas, son del tipo cilindro parabólico tubular con o sin vacío o del tipo paramétrico con receptor multitubo sin vacío y son alimentados con el agua de alimentación del circuito a baja temperatura. Este vapor se va calentando y va pasando de un colector al siguiente hasta alcanzar la temperatura de saturación del orden de 300°C.

Para aumentar la eficiencia del ciclo es conveniente trabajar a temperaturas más elevadas. Es por ello que los colectores del campo de sobrecalentado son del tipo colectores cilindro-parabólicos o cilindro-paramétricos con receptor tubular con vacío.

A la salida de estos colectores, se obtiene vapor sobrecalentado a una elevada temperatura, por encima de 500°C, El fluido a esta temperatura se envía directamente a la turbina, para producir electricidad.

El segundo tipo de planta de concentración, la planta cuyo fluido y rango de temperaturas de trabajo no producen cambio de fase, se diseña siguiendo un circuito con diversos colectores conectados en serie.

Los primeros colectores, es decir, los que trabajan a bajas temperaturas, son colectores cilindro parabólicos con o sin vacío o colectores paramétricos con receptor multitubo. El primero de todos los colectores de la serie es alimentado con el fluido de alimentación del circuito a baja temperatura. Este fluido se va calentando y va pasando de un colector al siguiente hasta alcanzar una temperatura superior a 300°C.

En serie con estos colectores y para trabajar a temperaturas más elevadas, se conectan colectores cilindro-parabólicos o paramétricos con receptor tubular de vacío.

A la salida de estos colectores, el fluido tiene una temperatura superior a 500°C, con presiones que pueden ser de hasta 200 bares para el caso de que el fluido caloportador sea el CO₂. El fluido a esta temperatura se hace circular por un intercambiador de calor; para generar vapor a temperaturas del orden de 500°C o superiores. Este vapor se envía a la turbina para producir electricidad.

Descripción de los dibujos

Para completar la descripción que se está realizando y con objeto de ayudar a una mejor comprensión de la invención, se acompaña un juego de dibujos donde con carácter ilustrativo y no limitativo, se ha representado lo siguiente:

Figura 1: Esquema de una planta para fluido y rango de temperaturas que no produzcan cambio de fase.

Figura 2: Colector cilindro paramétrico para receptor multitubular sin vacío.

Figura 3: Receptor multitubo según configuración 1.

Figura 4: Variante del colector según configuración 1.

Figura 5: Colector completo según configuración 1.

Figura 6: Receptor multitubo según configuración 2.

Figura 7: Colector completo según configuración 2.

Figura 8: Receptor multitubo según configuración 3.

Figura 9: Receptor multitubo según configuración 4.

Figura 10: Esquema de unión de los tubos por soldadura con o sin aletas.

Figura 11: Esquema de unión de los tubos con abrazaderas.

Figura 12: Esquema general del campo solar para planta sin cambio de fase.

Figura 13: Esquema general del campo solar para planta con cambio de fase.

Siendo las referencias:

1. Colectores con receptor multitubo sin vacío.

1'. Receptor multitubo sin vacío configuración primera.

1''. Receptor multitubo sin vacío configuración segunda.

1'''. Receptor multitubo sin vacío configuración tercera.

1^{iv}. Receptor multitubo sin vacío configuración cuarta.

2. Colectores con receptor tubular de vacío.

3. Fluido de alimentación a baja temperatura.

3'. Fluido a aprox. 300°C.

4. Vapor de salida a elevada temperatura.

5. Espejo o reflector primario (concentrador).

6. Reconcentrador secundario.

7. Tubos circulares sin vacío.

7'. Tubo individual.

7''. Tubo del extremo.

8. Rayos solares.

9. Base aislante térmica.

10. Tramos inclinados en los extremos.

11. Plano horizontal en el medio.
12. Aleta libre, sin tubos.
13. Soldadura.
14. Aleta de unión.
15. Abrazadera.
16. Tapas transparentes.
17. Campo solar.
18. Campo de saturado (colectores multitubo).
19. Campo de sobrecalentado (colectores cilindro-parabólicos o paramétricos con receptor tubular de vacío).
20. Bloque de potencia.

Realización preferente de la invención

Para lograr una mayor comprensión de la invención a continuación se va a describir la planta termosolar objeto de la invención así como el colector multitubo, según una realización preferente.

En primer lugar y según se observa en la figura 1, para una planta termosolar cuyo fluido y rango de temperaturas de trabajo no produzcan cambio de fase, la planta termosolar reivindicada se diseña siguiendo un circuito con diversos colectores conectados en serie.

Los primeros colectores, es decir, los que trabajan a bajas temperaturas, son del tipo concentradores cilindro parabólicos con receptor tubular con o sin vacío o concentradores paramétricos con receptor multitubo (1) y el primero de todos ellos es alimentado con el fluido de alimentación del circuito (3) a baja temperatura. Este fluido se va calentando y va pasando de un colector (1) al siguiente hasta alcanzar una temperatura por encima de 300°C.

En serie con los colectores multitubo (1) y para trabajar a temperaturas más elevadas, se conecta una serie de colectores cilindro-parabólicos o paramétricos con receptor tubular, pero con vacío (2). A la salida de estos colectores, el fluido se encuentra a elevada temperatura (4), por encima de 500°C. El fluido a esta temperatura se utiliza; gracias a un intercambiador de calor; para generar vapor a temperaturas del orden de 500°C o superiores.

El fluido sin cambio de fase que circula por este tipo de plantas puede ser CO₂.

En la figura 12 se muestra el esquema general de un campo solar (17) para una planta típica sin cambio de fase. En él se observan los distintos módulos de colectores, como el mostrado en la figura 1, que se alimentan con fluido a baja temperatura (3) y calientan el fluido conduciéndolo, en forma de vapor por la tubería de salida (4) hasta el bloque de potencia (20).

En segundo lugar, para una planta termosolar con fluido con cambio de fase, como por ejemplo el agua para generación directa de vapor y según se observa en la configuración mostrada en la figura 13, la planta termosolar reivindicada se diseña dividiendo el campo solar (17) en dos partes; una zona del campo solar (18) se dedica a la generación de vapor saturado a temperaturas del orden de 300°C (3') y otra zona del campo solar (19) se dedica a la generación de vapor sobrecalentado a temperaturas del orden de 500°C (4). Los colectores que trabajan en el campo de saturado (18) a bajas temperaturas, son del tipo cilindro parabólico con receptor tubular con o sin vacío o paramétrico con receptor multitubo (1) y son alimentados con el agua de alimentación del circuito (3) a baja temperatura (aproximadamente 240°C). Este vapor se va calentando y va pasando de un colector (1) al siguiente hasta alcanzar la temperatura de saturación del orden de 300°C (3'). Ese vapor saturado (3') se envía a la zona de sobrecalentado (19).

Para aumentar la eficiencia del ciclo es conveniente trabajar a temperaturas más elevadas. Es por ello que los colectores del campo de sobrecalentado (19) son del tipo colectores con receptor tubular con vacío de tipo cilindro-parabólicos o paramétricos (2). A la salida de estos colectores, se obtiene vapor sobrecalentado a una elevada temperatura (4), por encima de 500°C, en forma vapor. El fluido a esta temperatura se envía directamente a la turbina, para producir electricidad.

Como ya se dijo anteriormente, los colectores tubulares, ya sean cilindro-parabólicos o paramétricos y con o sin vacío, son conocidos en el estado de la técnica y por tanto no se incluye ninguna figura que los muestre.

En cuanto al nuevo colector cilindro paramétrico para receptor multitubular sin vacío o Multitube (1), se muestra en la figura 2. Se trata de un colector solar simétrico formado por un espejo primario (5) de geometría optimizada

ES 2 381 698 A1

ópticamente para maximizar la concentración total, un reconcentrador secundario optimizado (6) y un receptor (1) conformado por múltiples tubos circulares sin vacío (7).

Como se observa en la figura 2, la geometría del reflector primario (5) se compone de dos curvas paramétricas simétricas, que consiguen aumentar la concentración C/C_{max} a más de 0.63, así como reducir las cargas de viento.

La estructura está optimizada para soportar las diferentes cargas a las que está sometido el colector además, el centro de gravedad del colector se sitúa muy próximo al eje de giro del propio colector.

La geometría del reconcentrador secundario (6) está optimizada y la eficiencia de colección del colector es del 100%. En función de la solución elegida, todos o la gran mayoría de los rayos (8), se reflejan en el secundario (6) antes de llegar al receptor (1).

El receptor multitubo (1) está formado por múltiples tubos circulares sin vacío (7) y contempla varias opciones de diseño:

- Configuración primera: En la figura 3 se muestra el receptor multitubo (1') formado por una serie de tubos metálicos (7), normalmente de acero, colocados uno al lado de otro y paralelos, sobre el mismo plano horizontal. Los tubos se apoyan en una base aislante térmica (9).

La figura 4 muestra una alternativa para esta variante primera en la que se le añaden unas tapas transparentes (16) inclinadas y partiendo de la base aislante (9) para minimizar las pérdidas convectivas. Aunque sólo se muestra la figura con este tipo de configuración, podrían añadirse a cualquiera de los diseños que se muestran a continuación.

En la figura 5 se muestra el colector completo con el primario discontinuo (5), el reconcentrador secundario (6), el receptor multitubo (1') y los rayos solares (8).

- Configuración segunda: En la figura 6 se muestra otra alternativa para el diseño del receptor multitubo (1'') formado por una serie de tubos metálicos (7), normalmente de acero, colocados en tres tramos: dos tramos inclinados en los extremos (10) y un plano horizontal en el medio (11). Cada tramo está formado por varios tubos paralelos (7). Ambos extremos (10) tienen la misma inclinación respecto al plano horizontal (11). El tramo central horizontal (11), reposa sobre una base aislante térmica (9).

En la figura 7 se muestra el colector completo con el primario discontinuo (5), el reconcentrador secundario (6), el receptor multitubo (1'') según esta configuración y los rayos solares (8).

- Configuración tercera: La figura 8 muestra un receptor multitubo (1''') formado por una serie de tubos metálicos (7), normalmente de acero, colocados en tres tramos: dos tramos inclinados en los extremos (10) y un plano horizontal en el medio (11). El tramo central (11) está formado por varios tubos (7) y los de los extremos (10) por tan sólo uno (7'), y se sitúa haciendo contacto con el tubo más extremo (7'') del tramo horizontal (11). El resto de plano inclinado, lo forma una aleta libre (12), sin tubos. Ambos extremos (10) tienen la misma inclinación respecto al plano horizontal. El tramo central horizontal (11), reposa sobre una base aislante térmica (9).

- La figura 9 muestra un receptor multitubo (1'') formado por una serie de tubos metálicos (7), normalmente de acero, colocados en tres tramos: dos tramos inclinados en los extremos (10) y un plano horizontal en el medio (11). El tramo central (11) está formado por varios tubos (7) y los de los extremos (10) por tan sólo uno (7'), situado en el punto medio del tramo inclinado (10). El resto de plano inclinado, a ambos lados del tubo (7'), lo forman dos aletas libres (12), sin tubos, una de ellas uniéndose en su extremo al tramo horizontal. Ambos extremos (10) tienen la misma inclinación respecto al plano horizontal. El tramo central horizontal (11), reposa sobre una base aislante térmica (9).

En cualquiera de las configuraciones anteriores, los tubos (7) se unen entre ellos por soldadura. En unos casos se sueldan (13) directamente un tubo a otro (figura 10 abajo) y en otros casos se les añade una pequeña aleta (14) entre ellos (figura 10 arriba) o se utilizan abrazaderas (15) (figura 11).

Así pues, la planta solar reivindicada supone la combinación de dos tipos distintos de colectores, uno novedoso y el otro conocido, lo que supone un importante avance en el sector de la producción de energía a partir del sol, logrando aumentar considerablemente la eficiencia de la misma, al hacer trabajar a cada colector en el rango de temperaturas más adecuado.

REIVINDICACIONES

1. Colector solar con receptor multitubular **caracterizado** porque es de tipo paramétrico y cuenta con un reflector primario formado por dos curvas paramétricas, simétricas y continuas, un reconcentrador secundario y un receptor por el que circula el fluido caloportador, estando tanto el reflector primario como el reconcentrador secundario diseñados ópticamente siguiendo el método “The Simultaneous Multiple Surface (SMS)” de Miñano, Benítez, *et al.* y donde el receptor (1) comprende varios tubos metálicos de sección circular (7) colocados uno al lado de otro, paralelos y unidos entre ellos, apoyados todos en el mismo plano horizontal sobre una base aislante térmica (9).
2. Colector solar con receptor multitubular según reivindicación 1 **caracterizado** porque al plano horizontal del receptor multitubo (1'') se le añaden dos tramos inclinados en los extremos (10) formados por varios tubos paralelos (7) teniendo los dos tramos inclinados de los extremos (10) la misma inclinación respecto al plano horizontal (11).
3. Colector solar con receptor multitubular según reivindicación 1 **caracterizado** porque al plano horizontal del receptor multitubo (1''') se le añaden dos tramos inclinados en los extremos (10), los cuales tienen la misma inclinación respecto al plano horizontal estando los tramos inclinados de los extremos (10) formados por tan sólo un tubo (7') situándose este único tubo (7') en contacto con el tubo más extremo (7'') del tramo horizontal (11); el resto de plano inclinado, lo forma una aleta libre (12), sin tubos.
4. Colector solar con receptor multitubular según reivindicación 1 **caracterizado** porque al plano horizontal del receptor multitubo (1'') se le añaden dos tramos inclinados en los extremos (10), los cuales tienen la misma inclinación respecto al plano horizontal, estando los tramos inclinados de los extremos (10) por tan sólo un tubo (7'), situado en el punto medio de cada tramo inclinado (10); el resto de plano inclinado, a ambos lados del tubo (7'), lo forman dos aletas libres (12), sin tubos.
5. Colector solar con receptor multitubular según reivindicación 1 **caracterizado** porque se le añaden unas tapas transparentes (16) inclinadas y partiendo de la base aislante (9) las cuales minimizan las pérdidas convectivas.
6. Colector solar con receptor multitubular según reivindicación 1 **caracterizado** porque los tubos (7) se unen entre ellos por soldadura.
7. Colector solar con receptor multitubular según reivindicación 6 **caracterizado** porque a los tubos (7) se les añade una pequeña aleta (14) entre ellos.
8. Colector solar con receptor multitubular según reivindicación 1 **caracterizado** porque los tubos (7) se unen entre ellos con abrazaderas (15).
9. Planta termosolar que contiene colectores solares con receptores multitubulares como los descritos en reivindicaciones anteriores, cuyo fluido y rango de temperaturas de trabajo no produzcan cambio de fase, **caracterizada** porque se diseña siguiendo un circuito con diversos colectores conectados en serie y combina los colectores solares paramétricos con receptor multitubo (1) con una serie de colectores cilindro-parabólicos o paramétricos con receptor tubular con vacío (2).
10. Planta termosolar que contiene colectores solares con receptores multitubulares, según reivindicación 9, cuyo fluido y rango de temperaturas de trabajo no produzcan cambio de fase, **caracterizada** porque el fluido que circula es CO₂.
11. Planta termosolar que contiene colectores solares con receptores multitubulares como los descritos en reivindicaciones anteriores, para generación directa de vapor **caracterizada** porque la planta se diseña dividiendo el campo solar (17) en dos partes: una zona del campo solar (18) se dedica a la generación de vapor saturado con colectores paramétricos con receptor multitubo (1) y otra zona del campo solar (19) se dedica a la generación de vapor sobrecalentado, con colectores con receptor tubular cilindro-parabólicos o paramétricos con receptores tubulares de vacío (2).
12. Planta termosolar que contiene colectores solares con receptores multitubulares según reivindicación 11, cuyo fluido y rango de temperaturas de trabajo produzcan cambio de fase, **caracterizada** porque el fluido que circula es agua.
13. Método de operación de la planta termosolar descrita en la reivindicación 9 **caracterizado** porque se introduce fluido a baja temperatura en el primer colector del tipo paramétrico con receptor multitubo (1) y se va calentando al pasar de un colector (1) al siguiente hasta alcanzar una temperatura por encima de 300°C; tras alcanzar esta temperatura comienza a circular el fluido por una serie de colectores cilindro-parabólicos o paramétricos con receptor tubular de vacío (2) obteniéndose a la salida de estos colectores (2) el fluido a una temperatura (4) por encima de 500°C.
14. Método de operación de la planta termosolar descrita en la reivindicación 11 **caracterizada** porque los colectores que trabajan en el campo de saturado (18) a bajas temperaturas son alimentados con el agua de alimentación del circuito (3) a baja temperatura, a medida que circula por los colectores el agua se va calentando y va pasando de un

ES 2 381 698 A1

colector (1) al siguiente hasta alcanzar la temperatura de saturación del vapor del orden de 300°C, a continuación se envía el vapor saturado a los colectores del campo de sobrecalentado (19) y a la salida de estos colectores, se obtiene vapor sobrecalentado a una temperatura (4), por encima de 500°C, ese vapor se envía directamente a una turbina para producir electricidad.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

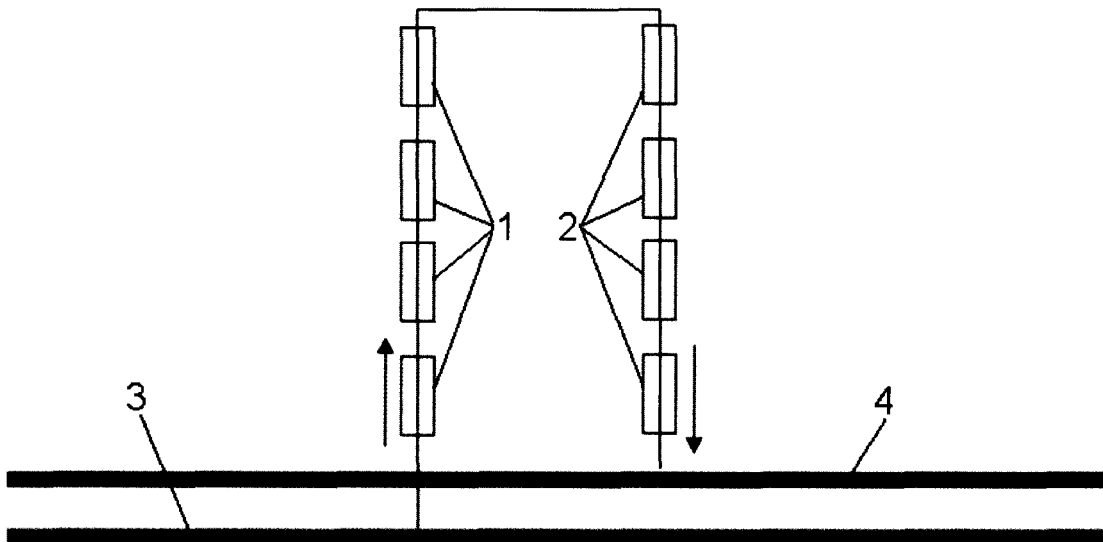


FIGURA 1

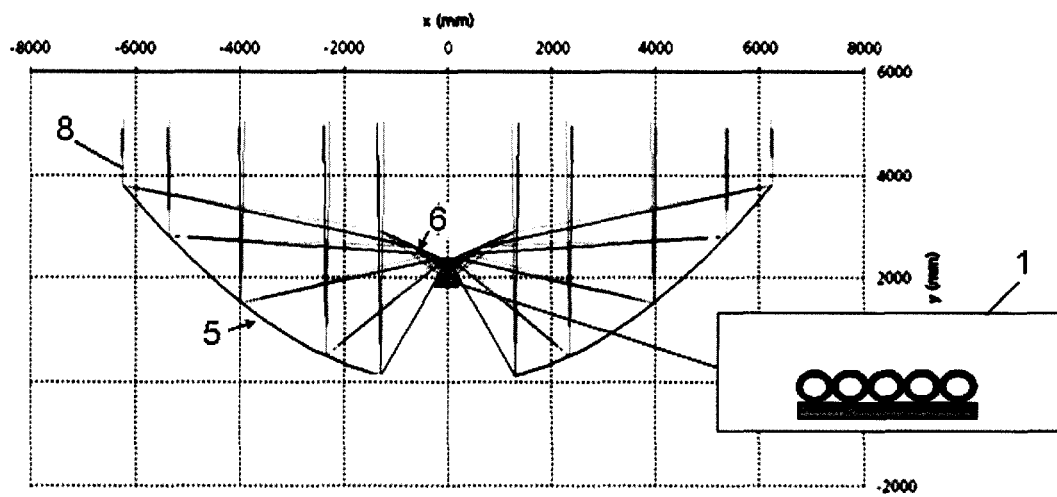
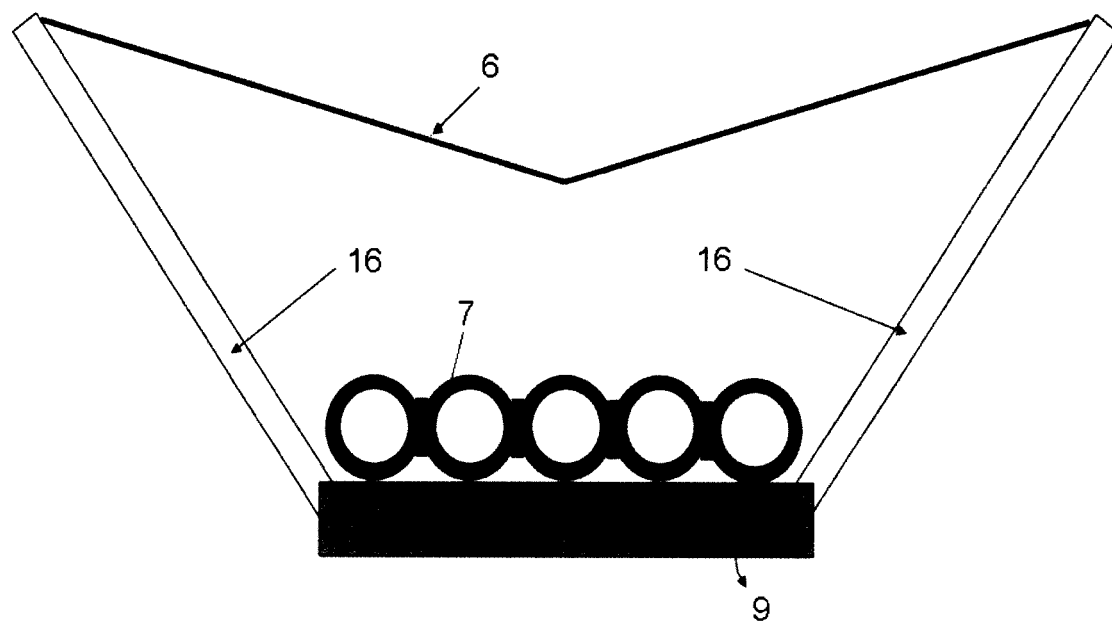
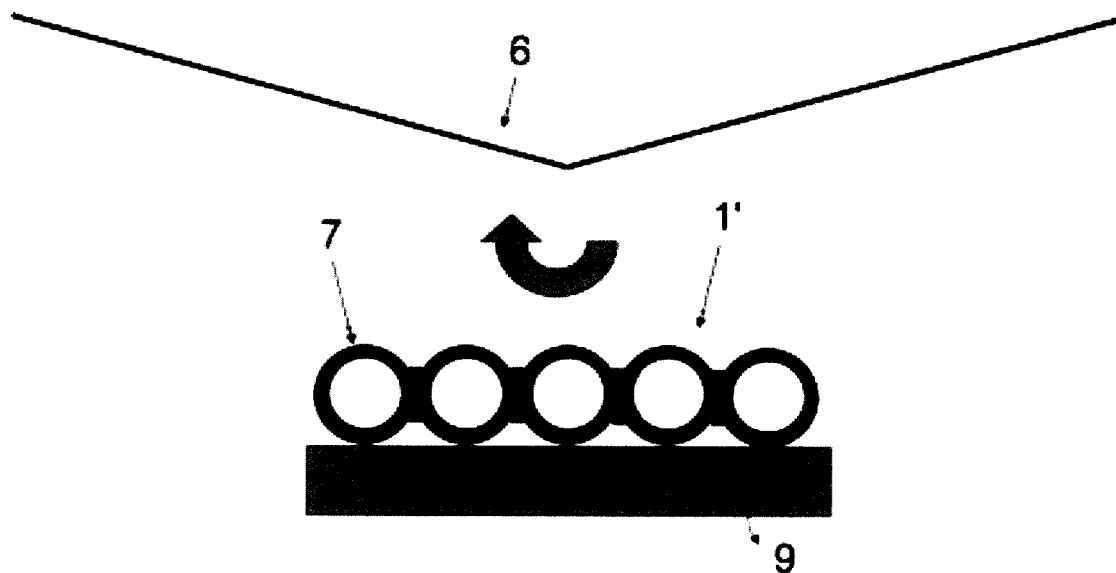


FIGURA 2



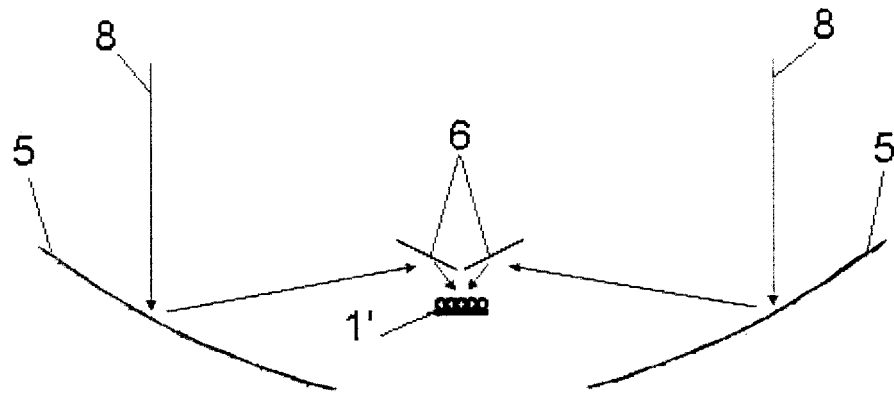


FIGURA 5

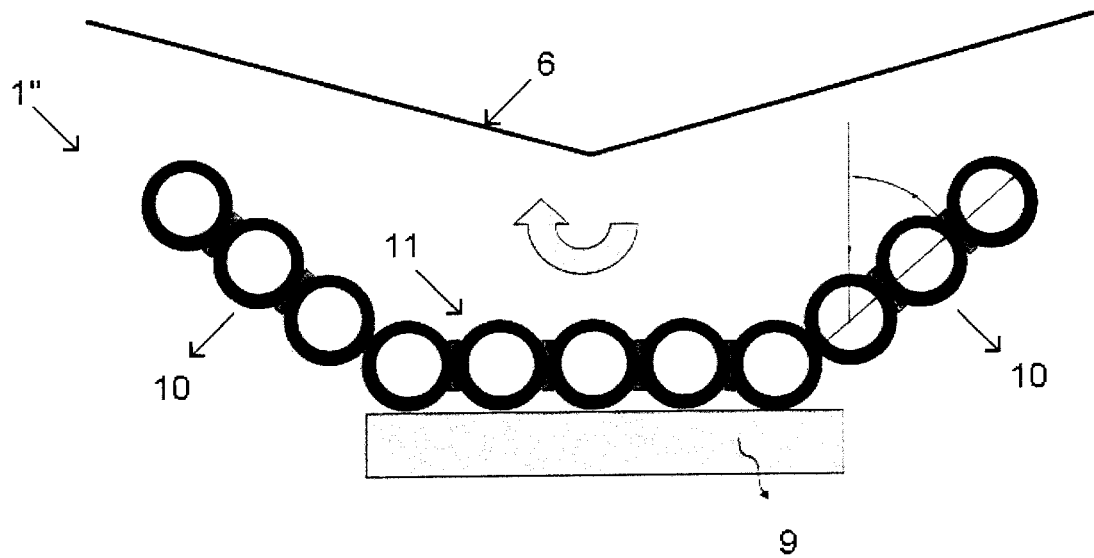


FIGURA 6

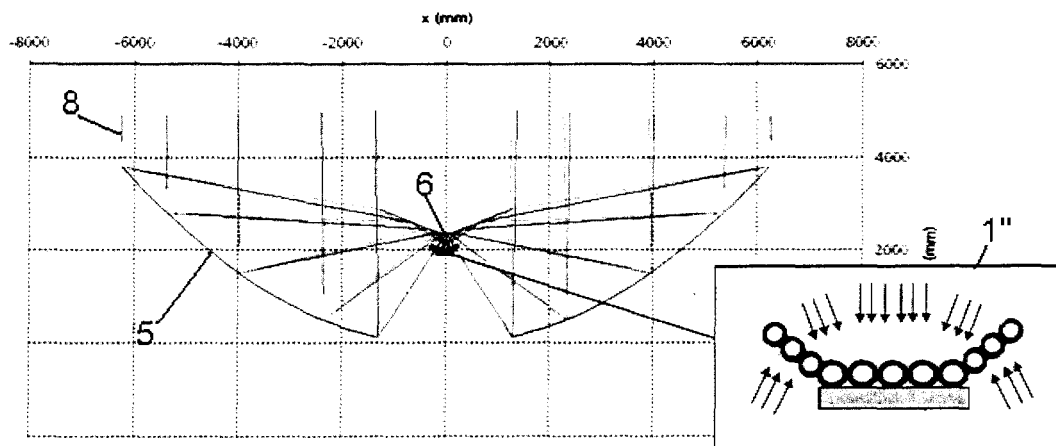


FIGURA 7

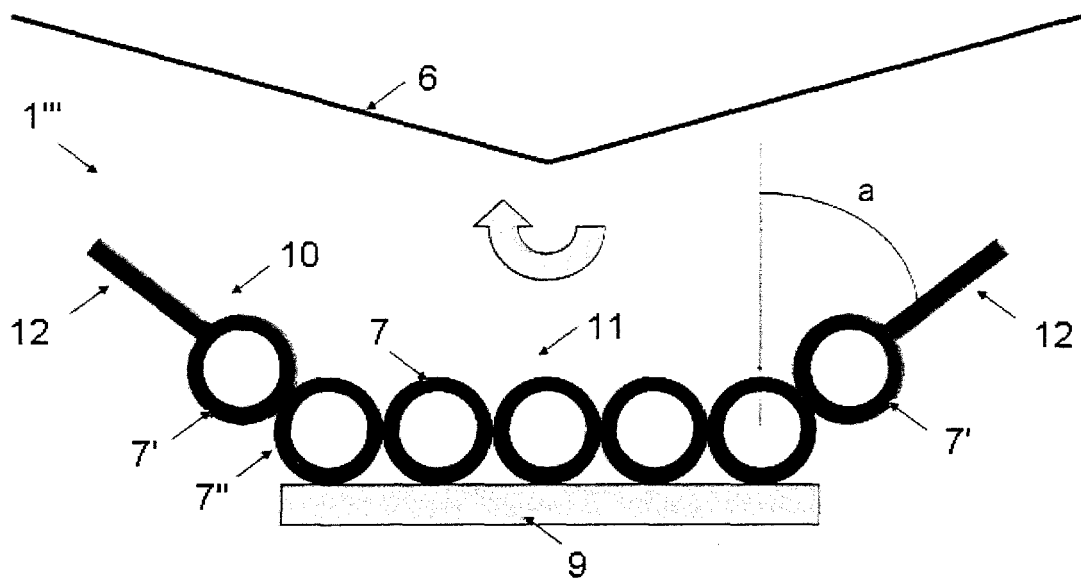


FIGURA 8

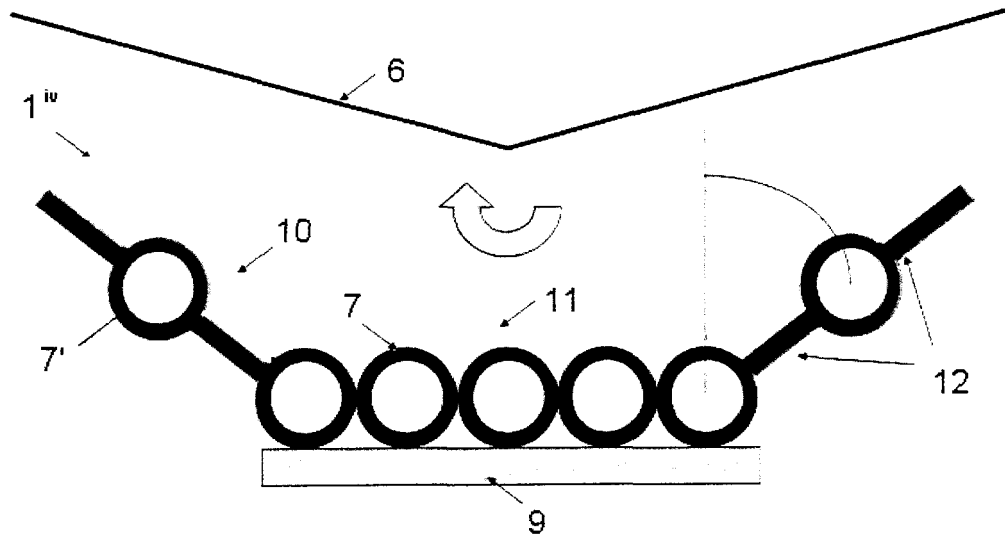


FIGURA 9

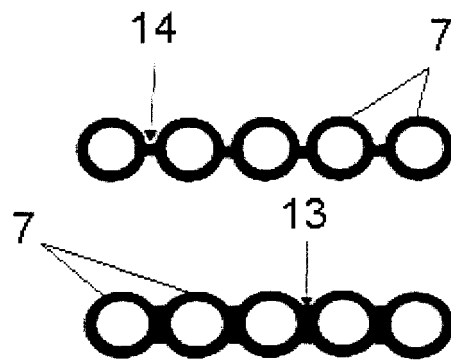


FIGURA 10

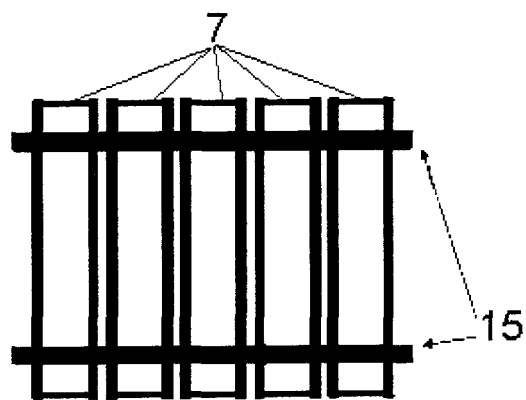


FIGURA 11

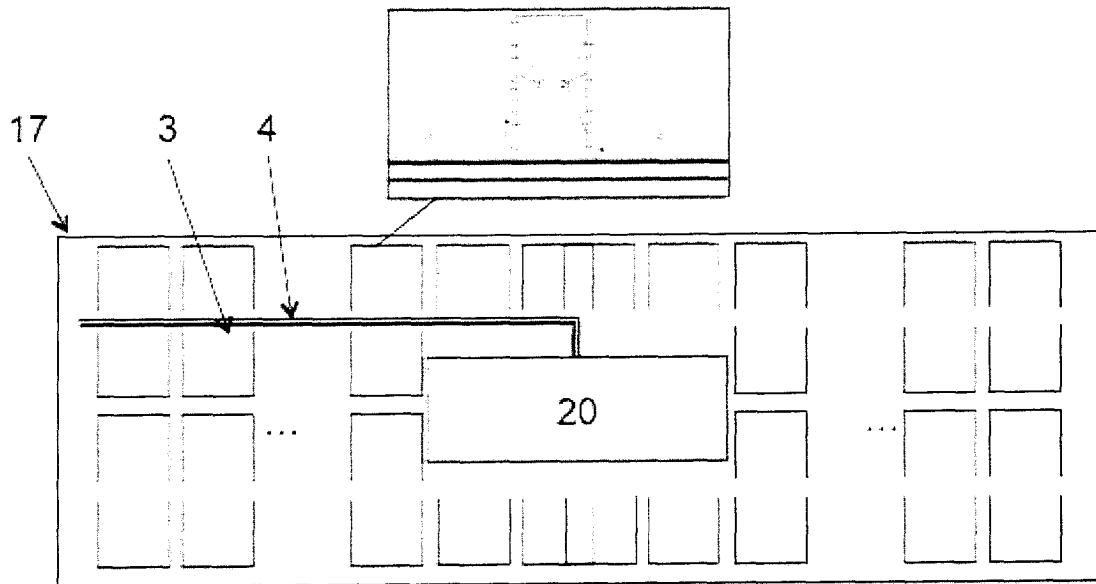


FIGURA 12

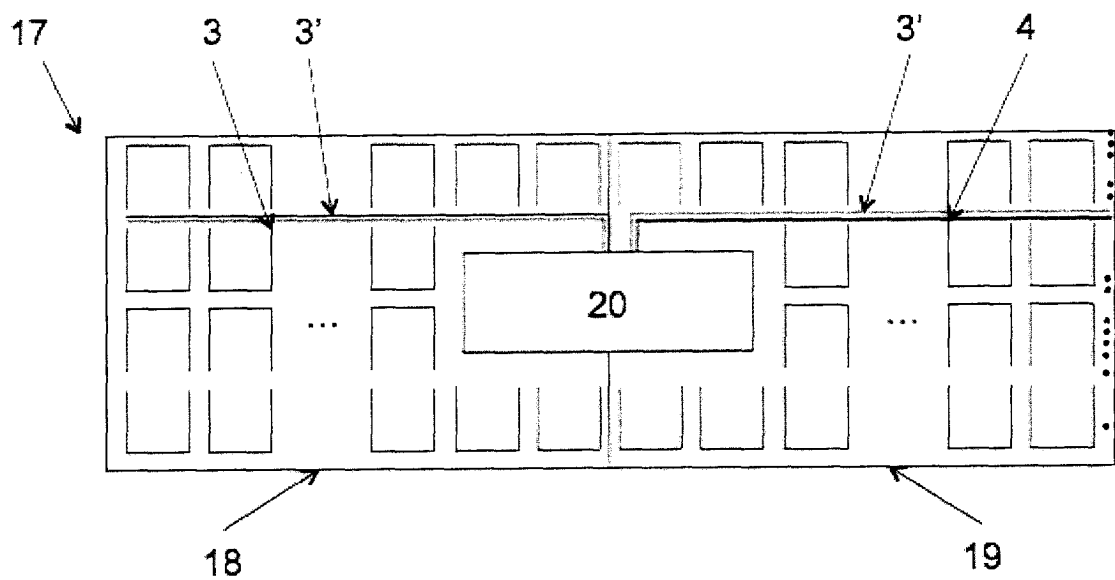


FIGURA 13



OFICINA ESPAÑOLA
DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

②① N.º solicitud: 201001406

②② Fecha de presentación de la solicitud: 03.11.2010

③② Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑤① Int. Cl.: **F24J2/18** (2006.01)
F24J2/14 (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑤⑥ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
A	US 6639733 B2 (MINANO JUAN C et al.) 28.10.2003, columna 29, líneas 11-56; figura 19.	1-14
A	US 2009084374 A1 (MILLS DAVID R et al.) 02.04.2009, figura 7A.	1
A	US 2010042363 A1 (MINANO JUAN CARLOS et al.) 18.02.2010, párrafo [149]; figura 31.	1
A	ES 2302485 A1 (MARTINEZ-VAL PELALOSA JOSE MA et al.) 01.07.2008, página 3, línea 61 – página 4, línea 54; figuras 3,4.	1

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

☒ para todas las reivindicaciones

☐ para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe
23.02.2012

Examinador
J. Merello Arvilla

Página
1/4

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

F24J

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC, WPI

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 23.02.2012

Declaración

Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)	Reivindicaciones 1-14	SI
	Reivindicaciones	NO
Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986)	Reivindicaciones 1-14	SI
	Reivindicaciones	NO

Se considera que la solicitud cumple con el requisito de aplicación industrial. Este requisito fue evaluado durante la fase de examen formal y técnico de la solicitud (Artículo 31.2 Ley 11/1986).

Base de la Opinión.-

La presente opinión se ha realizado sobre la base de la solicitud de patente tal y como se publica.

1. Documentos considerados.-

A continuación se relacionan los documentos pertenecientes al estado de la técnica tomados en consideración para la realización de esta opinión.

Documento	Número Publicación o Identificación	Fecha Publicación
D01	US 6639733 B2 (MINANO JUAN C et al.)	28.10.2003
D02	US 2009084374 A1 (MILLS DAVID R et al.)	02.04.2009
D03	US 2010042363 A1 (MINANO JUAN CARLOS et al.)	18.02.2010

2. Declaración motivada según los artículos 29.6 y 29.7 del Reglamento de ejecución de la Ley 11/1986, de 20 de marzo, de Patentes sobre la novedad y la actividad inventiva; citas y explicaciones en apoyo de esta declaración

El documento D01 se considera el más próximo en el estado de la técnica a la invención de acuerdo con las reivindicaciones de la solicitud de patente objeto de la presente Opinión Escrita. Las referencias numéricas utilizadas son relativas al documento D01. En adelante se utilizará la misma terminología que las reivindicaciones de la solicitud de patente en estudio. El documento D01 presenta un colector solar de tipo paramétrico que cuenta con un reflector primario (192), un reconcentrador secundario (194) y un receptor (195). Tanto el reflector primario (192) como el reconcentrador secundario (194) están diseñados ópticamente siguiendo el método "The Simultaneous Multiple Surface (SMS)" de Miñano, Benítez et al. El reflector primario de acuerdo con el documento D01 no se encuentra formado por dos curvas paramétricas simétricas y continuas, el documento D01 tampoco anticipa la utilización de un receptor formado por "varios tubos de sección circular colocados uno al lado de otro, paralelos y unidos entre ellos, apoyados todos en el mismo plano horizontal sobre una base aislante térmica" tal y como propone la primera reivindicación en estudio. En el estado de la técnica se conocen receptores solares formados por varios tubos de sección circular colocados uno al lado de otro, paralelos y unidos entre ellos (véase por ejemplo el documento D02) pero no se conoce la utilización de dicho tipo de receptores en combinación con un sistema de concentración solar como el propuesto en la primera reivindicación de la solicitud P201001406. Por otra parte no se considera obvio para un experto en la materia que partiera del documento D01 el realizar en el primario las modificaciones estructurales relativas a la diferencias antes señaladas y el adaptar al concentrador resultante un receptor del tipo divulgado por el documento D02. Por tanto la invención, de acuerdo con la primera reivindicación de la solicitud de patente, por no encontrarse recogida en el estado de la técnica es nueva (Ley 11/1986, Art.6.1.) y, por no resultar del mismo de una manera obvia para un experto en la materia, tiene actividad inventiva (Ley 11/1986, Art.8.1.). Por contar la primera reivindicación con novedad y actividad inventiva las reivindicaciones dependientes de la misma, es decir las reivindicaciones 2 a 8, presentan igualmente novedad (Ley 11/1986, Art.6.1.) y actividad inventiva (Ley 11/1986, Art.8.1.).

El documento D03, en su realización de la figura 31, sí anticipa la configuración general propuesta en la primera reivindicación en estudio en lo relativo a la configuración del reflector primario, la existencia de un reconcentrador secundario y el cálculo de ambos mediante el método SMS. Por el contrario dicha invención no se encuentra dentro del campo de la energía solar sino de la óptica de formación de imagen y, como sucede con el documento D01, el documento D03 no trata la configuración del receptor. No se considera obvio para un experto en la materia que partiera del documento D01 el realizar utilizar el dispositivo divulgado por D01 en el campo solar e incluir un receptor solar como el propuesto en la primera reivindicación en estudio. Por tanto el documento D01 tampoco afecta a la novedad ni a la actividad inventiva de la invención en estudio.

Las reivindicaciones 9 y 11 proponen plantas termosolares que contienen colectores solares con receptores multitubulares como los tratados anteriormente; como dichos colectores solares con receptores multitubulares cuentan con novedad y actividad inventiva se puede concluir que las plantas solares que los incluyen cuentan a su vez con novedad (Ley 11/1986, Art.6.1.) y actividad inventiva (Ley 11/1986, Art.8.1.). Por contar las reivindicaciones 9 y 11 con novedad y actividad inventiva las reivindicaciones dependientes de las mismas, es decir las reivindicaciones 10 y 12, presentan igualmente novedad (Ley 11/1986, Art.6.1.) y actividad inventiva (Ley 11/1986, Art.8.1.).

Las reivindicaciones 13 y 14 proponen métodos de operación de las plantas termosolares de las reivindicaciones 9 y 11, como dichas plantas termosolares cuentan con novedad y actividad inventiva se puede concluir que los métodos de operación de las mismas cuentan a su vez con novedad (Ley 11/1986, Art.6.1.) y actividad inventiva (Ley 11/1986, Art.8.1.).