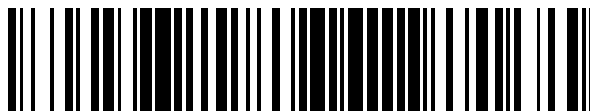


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 738 907**

21 Número de solicitud: 201830756

51 Int. Cl.:

**F24S 50/80** (2008.01)

**G01B 11/00** (2006.01)

**G01B 9/00** (2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A1

22 Fecha de presentación:

**25.07.2018**

43 Fecha de publicación de la solicitud:

**27.01.2020**

71 Solicitantes:

**FUNDACIÓN CENER-CIEMAT (100.0%)**  
**Ciudad de la Innovación nº 7,**  
**31621 Sarriguren (Navarra) ES**

72 Inventor/es:

**LES AGUERREA, Iñigo;**  
**MUTUBERRIA LARRAYOZ, Amaia;**  
**PEÑA LAPUENTE, Adrián;**  
**SÁNCHEZ GONZÁLEZ, Marcelino;**  
**HERAS VILA, Carlos;**  
**SALINA ÁRIZ, Iñigo y**  
**IZQUIERDO NÚÑEZ, David**

74 Agente/Representante:

**ARIZTI ACHA, Monica**

54 Título: **DISPOSITIVO, SISTEMA Y PROCEDIMIENTO DE CARACTERIZACION DE ELEMENTOS REFLECTORES A PARTIR DE LOS HACES DE LUZ REFLEJADOS EN LOS MISMOS**

57 Resumen:

Dispositivo, sistema y procedimiento de caracterización de elementos reflectores a partir de los haces de luz reflejados en los mismos y en concreto a partir de la calidad de dichos haces de luz. El dispositivo comprende al menos dos detectores de ganancia variable dispuestos sobre una estructura común, que puede ser portable o fija, y dispuesta para captar los haces de luz reflejados por al menos un elemento reflector, preferiblemente un heliostato, y a partir de al menos un procesador caracterizar la calidad de dichos haces de luz reflejados y por lo tanto evaluar la calidad del elemento reflector o heliostato a partir de su capacidad reflectora. Asimismo, cada detector comprende una lente para aumentar la relación señal-ruido del haz o haces reflejados, al menos un sensor de luz en el que se focalizan el haz o haces captados por la lente, un sistema automático de selección de la ganancia asociado al sensor óptico y unos medios de comunicación de datos asociados al propio dispositivo. Asimismo, la invención se refiere a un sistema y a un procedimiento de caracterización de elementos reflectores, heliostatos, a partir de la calidad de los haces de luz reflejados en al menos un elemento reflector o heliostato.

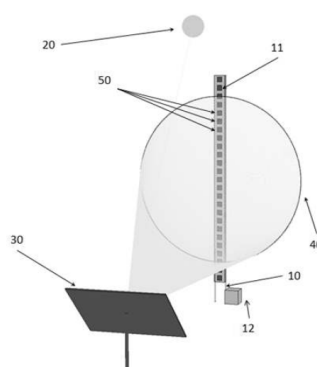


FIG 1

ES 2 738 907 A1

## DESCRIPCIÓN

DISPOSITIVO, SISTEMA Y PROCEDIMIENTO DE CARACTERIZACION DE ELEMENTOS REFLECTORES A PARTIR DE LOS HACES DE LUZ REFLEJADOS EN LOS MISMOS

### 5 OBJETO DE LA INVENCION

La presente invención se refiere a un dispositivo de caracterización de elementos reflectores, preferiblemente heliostatos, a partir de los haces de luz reflejados en los mismos y en concreto a partir de la calidad de dichos haces de luz. El dispositivo comprende al menos dos detectores de ganancia variable dispuestos sobre una estructura común, que puede ser portable o fija, y dispuesto para captar los haces de luz reflejados por al menos un elemento reflector o heliostato y a partir de un procesador local, o unidad local de procesamiento y captura de datos, caracterizar la calidad de dichos haces de luz reflejados y por lo tanto evaluar la calidad del elemento reflector o heliostato a partir de su capacidad reflectora. Asimismo, cada detector comprende una lente para aumentar la relación señal-ruido del haz reflejado, un sensor óptico en el que se focaliza el haz captado por la lente, un sistema automático de selección de la ganancia asociado al sensor óptico y unos medios de comunicación de datos asociados al propio detector. Asimismo, la invención se refiere a un sistema y a un procedimiento de caracterización de elementos reflectores, heliostatos, a partir de la calidad de los haces de luz reflejados en al menos un heliostato.

La invención es de especial aplicación en el sector de la energía solar de concentración en la caracterización de elementos reflectores o heliostatos.

### DESCRIPCION DEL ESTADO DE LA TECNICA

Actualmente los sistemas de medida de la calidad del haz solar reflejada por los elementos reflectores, principalmente heliostatos, en plantas solares de torre se basan principalmente en el uso de pantallas blancas o dianas donde se proyecta el haz y la posterior toma de imágenes de la diana iluminada por el haz mediante cámaras ópticas. En la presente invención se hace referencia a elementos reflectores y a heliostatos indistintamente, de manera que se deben interpretar en su significado más amplio.

Por lo tanto, en el estado de la técnica son conocidos sistemas de caracterización de heliostatos en plantas solares de torre basados en cámaras que realizan la captura de imagen del haz reflejado por cada heliostato sobre una diana en tiempos de medida suficientemente cortos como para que el movimiento del sol no afecte a la medida. Sin embargo, estos sistemas presentan limitaciones que solo les permiten medir el haz reflejado por heliostatos que están cerca de la torre del campo de heliostatos y no permiten la caracterización de heliostatos cuando se cumple cualquiera de las siguientes condiciones:

- el haz de los heliostatos es muy grande y exige tamaños de dianas excesivamente grandes en tamaño, y
- la cantidad de luz reflejada por la diana es insuficiente para la medida porque compite con la luz ambiente.

5 Estas limitaciones están causadas por varios factores, siendo la distancia del heliostato a la diana el factor más determinante, aumentar dicha distancia aumenta el tamaño del haz repartiendo la misma cantidad de luz en mayor área empobreciendo la intensidad de luz reflejada por la diana y que es capturada por la cámara. De aquí en adelante, los heliostatos que cumplen cualquiera de estas dos limitaciones y que no son  
10 caracterizables con los métodos del estado de la técnica son denominados heliostatos lejanos; tomando la distancia de 800 m como distancia de referencia y límite actual aproximado de estos métodos.

Principalmente por estas dos razones los sistemas conocidos en el estado de la técnica presentan limitaciones y no permiten la caracterización de heliostatos situados en  
15 campos emplazados en grandes extensiones de terreno.

Es conocido un sistema para caracterizar heliostatos lejanos situados a más de 800 metros de la torre del campo de heliostatos basado en columnas de sensores colimados (páginas 12 y 13 de <http://prod.sandia.gov/techlib/access-control.cgi/2013/135492.pdf>). Este sistema utiliza un giro del motor del heliostato para barrer el haz sobre una columna de  
20 sensores colimados. Este sistema exige la orientación y ajuste de cada sensor para cada ubicación del heliostato, precisando un motor de giro del heliostato cuya precisión y desviación deben ser bien conocidas y controladas, y estando limitado en rango dinámico de medida para unas distancias concretas del heliostato que se caracteriza. Además, este sistema debe realizar la medida en tiempos rápidos para evitar errores debidos al  
25 movimiento del sol, compitiendo el giro del heliostato con el movimiento del sol. Sin embargo, al igual que el sistema anterior este no resulta adecuado para la caracterización de un campo de heliostatos principalmente por dos razones también:

- porque en un campo de heliostatos hay heliostatos cercanos y lejanos y su sistema de sensores no permite adaptarse a las diferentes intensidades de luz incidentes  
30 provocadas por las diferentes ubicaciones de cada heliostato de forma rápida, y
- porque no es posible conocer las posibles desviaciones de cada motor de giro de todos los heliostatos en campo en su movimiento paso a paso lo que da lugar a errores no controlados en la medida de cada heliostato.

Por lo tanto, los sistemas anteriores son válidos en el caso de disponer de potencia  
35 reflejada por encima de la luz ambiente y son fiables en el caso de heliostatos situados a distancias menores de 800 metros, pero dejan de ser fiables cuando la distancia entre el

heliostato y la diana es mayor de 800 metros. De hecho, para estas distancias, mayores de 800 metros, el tamaño del haz puede ser de hasta 30mx30m, de manera que la densidad óptica proyectada sobre las dianas y capturada por la cámara es comparable con la luz ambiente, imposibilitando, o dificultando en gran medida, la medida de la calidad de  
5 concentración del heliostato. Del mismo modo, la técnica de columna de sensores colimados permite caracterizar solo para heliostatos lejanos (más de 800 m) o solo cercanos, pero no los dos a la vez por no disponer de unos sensores adaptables a la luz incidente.

Así, los sistemas conocidos en el estado de la técnica, presentan los siguientes inconvenientes:

- 10 - Presentan errores derivados de que el barrido de los heliostatos no siempre es uniforme y constante como consecuencia de la precisión del motor,
- Presentan errores como consecuencia de la distancia entre el heliostato y la torre, donde se dispone el sistema de caracterización, principalmente en aquellas medidas de heliostatos situados lejos de la torre, y
- 15 - Presentan errores derivados de la cantidad o intensidad de la luz cuando compete con la luz ambiente cuando esta se refleja en heliostatos alejados del sistema de caracterización.

Por lo tanto, la presente invención propone un dispositivo, un sistema y un procedimiento de caracterización de elementos reflectores, heliostatos principalmente, que  
20 resuelve los problemas existentes en los sistemas de caracterización del estado de la técnica. El dispositivo y sistema objetos de la presente invención pretenden mejorar los dispositivos y sistemas actuales para posibilitar la caracterización de la calidad de los haces reflejados por un heliostato para cualquier distancia, mediante:

- 25 - El uso del movimiento del sol para conseguir un barrido uniforme, constante y sin errores del haz a caracterizar por el dispositivo de caracterización objeto de la presente invención,
- El ajuste del rango dinámico de medida de los sensores para posibilitar la caracterización de heliostatos a cualquier distancia del heliostato, y
- 30 - La inclusión de óptica de captura de luz en cada sensor para multiplicar la cantidad de luz útil detectada mejorando la calidad (relación entre luz útil y luz ambiente) de las medidas a cualquier distancia del heliostato; siendo la señal útil la luz del sol reflejada por el heliostato.

#### **DESCRIPCION DE LA INVENCION**

35 La presente invención tiene como objeto un dispositivo de caracterización de elementos reflectores (en la presente descripción serán tomados los heliostatos como

ejemplo) a partir de los haces de luz reflejados por los mismos y en concreto a partir de la calidad de dichos haces de luz, así como un sistema y un procedimiento de caracterización de dichos elementos reflectores.

La presente invención se basa en el uso del movimiento del sol como elemento de barrido del haz de luz reflejado por los heliostatos, que se mantienen inmóviles, sobre una estructura con al menos dos sensores, asegurando de esta forma un barrido uniforme, constante, sin saltos, desviaciones o errores como sucede cuando se utiliza un sistema de caracterización basado en el movimiento de los heliostatos. Así, la presente invención se independiza durante la medida de caracterización de los movimientos provocados por los motores de giro de los heliostatos en el campo, y elimina cualquier tipo de error, desviación o falta de uniformidad en el barrido debido a dichos motores de giro de los heliostatos o a las deformaciones dinámicas de la estructura del heliostato, permitiendo así una caracterización precisa del haz reflejado para cada posición del heliostato.

En concreto, la presente invención tiene como primer objeto un dispositivo de caracterización conforme a la reivindicación 1. El dispositivo objeto de la invención utiliza óptica de captura de luz en los detectores para aumentar la cantidad de luz, proveniente del heliostato, en el sensor óptico, asegurando así la correcta medida incluso en heliostatos lejanos, a más de 800 metros del dispositivo de caracterización, y sin necesidad de un ajuste de apuntamiento fino del detector hacia el heliostato. Asimismo, el dispositivo utiliza un sistema de amplificación de ganancia variable asociado al sensor, para ajustar cada sensor del detector o seleccionar el sensor adecuado en el detector, de forma automatizada a la radiación incidente, posibilitando un rango dinámico suficiente para asegurar la correcta caracterización del campo completo.

El dispositivo, primer objeto de la invención, comprende al menos dos detectores de ganancia variable situados sobre una estructura para recibir el haz de luz reflejado por al menos un heliostato, donde cada detector del dispositivo comprende:

- una lente para aumentar la relación señal-ruido del haz,
- al menos un sensor óptico en el que se focaliza el haz captado por la lente,
- un sistema automático de selección de la ganancia asociada al sensor óptico, con una electrónica de ganancia y procesador local, o unidad local de procesamiento y captura de datos, y
- unos medios de comunicación de datos asociados al detector.

A los efectos de la presente descripción, se considera detector de ganancia variable cualquier dispositivo capaz de medir la luz incidente con el rango necesario para la correcta medida.

Preferiblemente las lentes de los detectores son del tipo convergente, y los sensores ópticos son fotodiodos de silicio, aunque también podrían ser de InGaAs (arseniuro de indio y galio), termopilas, etc.

Así, los detectores del dispositivo incorporan una lente como óptica de focalización que por un lado reduce el ángulo de apertura del detector para reducir la luz ambiente capturada y por otro lado aumenta la cantidad de luz útil procedente del heliostato, y capturada en el detector, hacia el sensor. De esta forma, se aumenta la relación señal útil a luz ambiente del sistema en un factor, relación entre área de sensor y área de la lente, entre 50 y 100 respecto a los sistemas del estado de la técnica basados en cámara y sensores colimados. Dado el tamaño del haz a caracterizar de un heliostato situado a más de 800 metros del dispositivo de caracterización, los detectores se colocarán, preferiblemente, en una matriz vertical sobre una estructura, y se aprovechará el movimiento del sol para que el propio haz reflejado por el heliostato, que permanece fijo, realice un barrido sobre la matriz de detectores. La captura en tiempo real de la señal de los detectores dibujará la forma del haz en el eje horizontal, y en el caso de tamaños de haz mayores que la matriz de detectores, en la dimensión vertical, serán necesarios más barridos, con desplazamientos determinados del heliostato en elevación para dibujar el haz completo, siendo estos desplazamientos determinados y realizados mientras no se ejecuta la medida de la intensidad del haz reflejado.

Asimismo, como se ha mencionado anteriormente, los detectores comprenden un sistema automático de selección de la ganancia asociado al sensor óptico, formado por una electrónica de ganancia asociada al sensor y un procesador local, o unidad local de procesamiento y captura de datos, para seleccionar o ajustar la ganancia más adecuada a la intensidad de la luz recibida. El objetivo de este sistema es el de seleccionar o ajustar la ganancia del detector, de manera automatizada, gracias al procesador local asociado a cada detector y por lo tanto a cada sensor, a la radiación incidente reflejada por el heliostato.

El sistema automático de selección de la ganancia de cada detector puede comprender una electrónica de ganancia variable o una electrónica de ganancia fija o una electrónica de ganancia logarítmica. Si el detector comprende un único sensor óptico, éste será un fotodiodo o una termopila, de manera que la electrónica de ganancia variable, del sistema automático de ganancia, seleccionará o ajustará en dicho sensor la ganancia más adecuada a la intensidad de luz del haz recibido por dicho sensor o detector. Por el contrario, si el detector comprende al menos dos sensores ópticos, la electrónica de ganancia variable, del sistema automático de ganancia, seleccionará entre los al menos dos sensores, aquel sensor que tenga la ganancia fija más adecuada a la intensidad de luz del haz recibido por los sensores, es decir, la ganancia variable del sistema viene determinada

por la disposición de al menos dos sensores de ganancia fija entre los que la electrónica elige. En el caso de la electrónica de ganancia logarítmica, se tendrá un detector de parámetro logarítmico variable (equivalente al sistema de un solo detector y ganancia variable), o al menos dos detectores con diferentes parámetros logarítmicos entre los que se  
5 seleccionará el más adecuado para la intensidad de luz incidente (equivalente al sistema de al menos dos detectores con diferente ganancia).

A los efectos anteriores, se considera que un detector con varios sensores independientes de ganancia fija es equivalente a un sensor con varios fotodiodos o termopilas de ganancia fija independientes.

10 Para facilitar las tareas de calibración y el mantenimiento del sistema, la estructura, preferiblemente vertical en la que se coloca la matriz de detectores, podrá ser fija o portable, pero preferiblemente será abatible, de forma que pueda permanecer tumbada sobre el suelo cuando no se realicen actividades, pudiendo además ser desmontable. Las tareas de levantamiento y de abatimiento del sistema final deberán ser monitorizadas, y tratando de  
15 evitar la necesidad de trabajos en altura durante el uso del sistema. El sistema deberá incorporar un software adecuado de control, captura de medidas e interface gráfica de representación. Asimismo la matriz, o matrices, de detectores podrá incorporarse en la torre del campo solar de heliostatos o en alguna otra estructura fija (del propio campo solar de heliostatos o independiente de este) como forma preferente de aplicación.

20 Adicionalmente al procesador local, o una unidad local de procesamiento y captura, de cada detector, encargado de controlar las funciones y medidas de cada detector, cada uno de estos procesadores estará preferiblemente conectado con un procesador global o general del dispositivo asociado a unos medios de comunicación de datos.

Asimismo, los detectores se pueden disponer sobre la estructura siguiendo diferentes  
25 patrones, bien alineados vertical u horizontalmente o bien formando una matriz. Dichos detectores están separados entre sí una distancia suficiente como para que la resolución en la reconstrucción del haz reflejado permita un preciso análisis y post-procesado, para cualquier distancia del heliostato, esta distancia de separación entre detectores oscila preferiblemente entre 0.5-1 m.

30 El dispositivo o los detectores instalados en el mismo pueden comprender medios automáticos de orientación, de manera que o bien la estructura soporte del dispositivo se desplaza, preferiblemente realizando una rotación y cambiando la orientación de todos los detectores a la vez, o bien cada detector se desplaza o rota de manera independiente respecto a la estructura del dispositivo.

35 Con este sistema se dispondrá de una herramienta para la caracterización de la capacidad de concentración de heliostatos de plantas solares de torre a cualquier distancia,

y en particular por ejemplo más de 800 m y preferiblemente más de 1 km, mejorando los sistemas actuales.

Un segundo objeto de la invención es un sistema de caracterización de la calidad de heliostatos conforme a la reivindicación 11. El sistema comprende al menos un dispositivo  
5 conforme a lo descrito anteriormente y asociado a al menos un heliostato en reposo, es decir, un heliostato que se encuentre en una posición fija o permanente, con los motores de movimiento apagados o desconectados, es decir, inmóvil, de manera que la luz reflejada en el heliostato incida sobre el dispositivo y los detectores que lo conforman con un ángulo de  
10 visión determinado y adecuado, entendiéndose como aquel ángulo incluido en el ángulo de apertura del sistema óptico de cada detector.

Los dispositivos del sistema pueden presentar un procesador global y unos medios de cálculo para determinar la imagen total reflejada por el heliostato que se consigue generar mediante el escaneo de los sensores alineados de cada dispositivo gracias al movimiento del sol. El dispositivo o dispositivos que conforman el sistema se puede situar en  
15 diferentes localizaciones del campo de heliostatos o planta solar de heliostatos. Preferiblemente el al menos un dispositivo se situará en lo alto de la torre de la planta solar de heliostatos o campo de heliostatos para poder caracterizar simultáneamente tantos heliostatos como dispositivos se dispongan en la torre. Alternativamente, el al menos un dispositivo se puede situar en cualquier lugar, ajeno a la torre, de un campo de heliostatos o  
20 planta solar de heliostatos con los detectores orientados adecuadamente, como ha sido mencionado anteriormente, de forma que permita la caracterización de dichos al menos un heliostato.

Mediante este sistema se consigue obtener la imagen total reflejada por el heliostato generada mediante el escaneo de los sensores alineados en la estructura como  
25 consecuencia del movimiento del sol, consiguiendo así caracterizar la calidad del heliostato.

Un tercer objeto de la invención es un procedimiento de caracterización de la calidad de heliostatos conforme a la reivindicación 15. El procedimiento objeto de la invención comprende las siguientes etapas:

- Disponer un dispositivo, conforme al primer objeto de la invención, en una  
30 localización de un campo de heliostatos, preferiblemente en una planta solar de heliostatos con torre, con al menos dos heliostatos,
- Seleccionar automáticamente la ganancia de cada uno de los detectores del dispositivo para optimizar la señal de ruido en función de la intensidad del haz reflejado en al menos un heliostato y que es recibida por cada uno de los detectores,



- Captar y medir por los detectores del dispositivo el haz reflejado en al menos un heliostato que se encuentran en reposo por un periodo de tiempo determinado, que aproximadamente es de 5 min por barrido,
- Normalizar las medidas realizadas por los detectores del dispositivo para la estimación de la energía radiante sobre el dispositivo consistente en descontar el factor de las diferentes ganancias en cada captura, y
- Procesar dichas medidas realizadas y reconstruir el haz reflejado por el al menos un heliostato

Como ya se ha mencionado, se puede situar al menos un dispositivo en la torre de la planta solar de heliostatos, preferiblemente en lo alto, aunque también se pueden situar en otros lugares del campo de heliostatos siempre que el haz reflejado alcance los detectores con un ángulo incluido en el ángulo de apertura de los mismos y permita la caracterización de los heliostatos o de cualquier otro elemento reflector que se pueda emplear en la tecnología termosolar.

15

#### **DESCRIPCION DE LAS FIGURAS**

Se acompañan a la presente descripción las siguientes figuras que muestran un ejemplo preferente de realización de la invención con carácter ilustrativo y no limitativo:

La figura 1 muestra un esquema básico de un sistema según la invención con el dispositivo de caracterización de heliostatos reivindicado.

La figura 2A muestra un esquema básico del movimiento del sol y del haz.

La figura 2B muestra una serie de medidas durante el movimiento del haz reflejado y la reconstrucción de un haz reflejado.

La figura 3 muestra un esquema de los componentes de un detector instalado en un dispositivo objeto de la invención.

La figura 4 muestra un diagrama de bloques del procedimiento de ajuste de la ganancia ejecutado por los detectores que conforman el dispositivo objeto de la invención.

La figura 5 muestra un esquema básico de una realización ejemplo de un sistema objeto de la invención.

30

#### **FORMA PREFERENTE DE REALIZACION**

La primera figura muestra un sistema conforme a la presente invención en el que se pueden observar un array, matriz o conjunto de detectores 11, de preferiblemente hasta 25 detectores, de potencia óptica colocados de forma preferiblemente equidistante en un dispositivo con una estructura vertical o columna 10, de preferiblemente 15 metros de altura.

La luz reflejada 40 por el heliostato 30 a caracterizar es detectada por los detectores 50, para determinar el patrón del haz reflejado por el mismo. Haciendo uso del desplazamiento del propio haz 40 reflejado por el heliostato 30 debido al movimiento continuo y conocido del sol 20 y manteniendo el heliostato 30 inmóvil, se obtiene el trazado  
5 de la distribución del haz reflejado 40 por el heliostato 30 en horizontal.

En los casos en que la dimensión vertical del haz reflejado 40 es mayor que la altura de la columna de medida del dispositivo, se realizan tantos trazados del haz reflejado 40 por la columna vertical 10 de medida como sean necesarios. Suponiendo que sean necesarios dos trazados, se hace un primer trazado para la medida de la parte inferior del haz reflejado  
10 40 y posteriormente un segundo trazado (tras haber reorientado el heliostato 30 hacia abajo y dejarlo inmóvil para realizar la medida) para la parte superior del haz reflejado 40.

Las medidas realizadas por cada detector 50 son capturadas y procesadas en tiempo real (orden de milisegundos) por el procesador local o unidad local de procesamiento y captura en cada detector 55. Las medidas realizadas pueden ser enviadas a un procesador  
15 global del dispositivo 12 con una unidad de control, captura y procesado global ubicado, preferiblemente a pie de columna 10.

El barrido horizontal del haz sobre el array de detectores 11 debido al movimiento del sol 20 (d-20) se describe de forma básica en la figura 2A. Conforme el sol 20 realiza su movimiento, el haz reflejado 40 por el heliostato 30 recorre el dispositivo de caracterización,  
20 y se obtiene la distribución vertical de la franja del haz 40 que se proyecta sobre los detectores 50 en cada momento (figura 2B). Dado que el movimiento y la posición del sol 20 es conocida, mediante el cálculo adecuado se dibuja la forma completa del haz 40 que estará formada por las franjas verticales individuales medidas en el recorrido del haz (d-40) por el array de detectores 11. El tiempo de medida viene determinado por el tamaño del haz  
25 40 y la velocidad del sol 20 en su recorrido (aproximadamente 4,4 mrad por minuto). Para una capacidad de medida por debajo del segundo, la medida del haz formada por el conjunto de franjas verticales medidas puede considerarse continua. De esta manera, la forma completa del haz es reconstruida, como se muestra en la figura 2B, y mediante su análisis el heliostato 30 puede ser caracterizado, esto significa obtener preferiblemente la  
30 distancia focal del mismo y la calidad óptica del reflector.

El dispositivo de caracterización incluido en el sistema anterior está formado por detectores 50 que capturan la potencia óptica (I) del haz reflejado en el heliostato que incide sobre ellos. Cada detector 50 está formado por una parte electrónica de detección o sistema automático de ganancia 53, una parte óptica de detección 51 y una parte de comunicación  
35 de datos 54. Un esquema básico del detector 50, incluyendo el procesador local o unidad local de procesamiento y captura 55 del detector 50, se muestra en la figura 3.

La detección de cada detector se realiza preferiblemente mediante un sensor óptico 52 dispuesto en cada detector 50. Dichos sensores ópticos 52 preferiblemente son fotodiodos de silicio de área grande, aunque pueden ser otro tipo de sensores que permitan ajustar la ganancia, como por ejemplo termopilas. La electrónica de detección o sistema 5 automático de ganancia 53 realiza la medida de la señal continua capturada por el sensor óptico 52, e incluye un potenciómetro digital de ganancia que permite ajustar el nivel de ganancia (G) de cada detector 50 al nivel de potencia recibida por cada detector 50 en cada momento. Esto es debido a que las densidades de potencia del haz variarán fuertemente entre la zona centro del haz y la zona de los extremos (ver figura 2). El ajuste de la ganancia 10 (G) de cada detector 50 al de señal recibida determinará el tiempo final de la medida de cada franja vertical. Es previsible que, dado que los cambios de densidad de potencia serán lentos, del orden de segundos, el algoritmo de ajuste de ganancias permitirá la optimización de las señales de todos los detectores en un tiempo por debajo del segundo, por lo que se tendrá medida de cada franja vertical del haz en tiempos del orden del segundo. Un 15 esquema básico del procedimiento de medida de cada detector incluyendo el ajuste automático de la ganancia está reflejado en la figura 4.

Dicho procedimiento de selección automática de la ganancia comprende tras la detección de la intensidad (I) del haz de luz por parte del sensor óptico 52 su conversión a corriente eléctrica (C) para la medición de la ganancia en el sistema automático de ganancia 20 53 cuya señal eléctrica (S) es transmitida al procesador 55 del detector 50. Si dicha señal (S) es mayor que un umbral máximo ( $U_{max}$ ) pre-establecido se envía una orden de disminuir la ganancia (G) al sistema de ganancia 53, y si dicha señal (S) es menor que un umbral mínimo ( $U_{min}$ ) pre-establecido se envía una orden de aumentar la ganancia (G) al sistema automático de ganancia 53. Una vez que la ganancia (G) es ajustada la señal 25 eléctrica (S) es guardada ( $S_s$ ).

En la realización anterior, el sistema automático de selección de la ganancia 53 de cada detector 50 con un único sensor óptico 52, preferiblemente un fotodiodo o una termopila, presenta una electrónica de ganancia variable que selecciona o ajusta en dicho sensor 52 la ganancia más adecuada a la intensidad (I) de luz del haz recibido por dicho 30 sensor 52 o detector 50.

En una realización alternativa de un detector con un sistema automático de ganancia variable, el detector comprende varios sensores, al menos dos, estando cada uno asociado a una ganancia fija, de manera que entre los distintos sensores se cubre el rango dinámico de medida exigido para la correcta caracterización de los heliostatos. En este caso, el 35 sistema automático de ganancia selecciona entre los al menos dos sensores, aquel sensor que tenga la ganancia fija más adecuada a la intensidad de luz del haz recibido por los

sensores, es decir, la ganancia variable del sistema viene determinada por la disposición de al menos dos sensores de ganancia fija entre los que la electrónica elige el más adecuado, permitiendo adaptarse a las diferentes circunstancias.

El otro tiempo de interés es el de captura de las señales de todos los detectores 50, que en cualquier situación será del orden de milisegundos. Esto es, una vez que todos los detectores 50 han seleccionado o ajustado sus ganancias (por debajo del segundo) se realizará la captura y medida de las señales de cada detector 50 en el tiempo de milisegundos.

La parte óptica del detector 51 permite reducir el ángulo de apertura de la medida para reducir el nivel de fondo debido a luz difusa y al mismo tiempo multiplicar el factor de potencia óptica detectada para aumentar el nivel de señal útil detectada. De esta forma, se multiplica la relación señal/fondo en un factor 50-100 respecto a una detección directa, por ejemplo de un sistema de captura de señal mediante cámara. Así, se asegura la caracterización de heliostatos 30 ubicados a distancias grandes, más allá de 800 m.

Por último, la electrónica de comunicación de datos 54 permite adquirir las señales medidas por cada detector 50 y enviarlas al procesador global o unidad global de captura y procesamiento global del dispositivo 12, ubicado preferiblemente en el dispositivo aunque puede situarse alejado del mismo, que es el encargado de normalizar dichas medidas para la estimación de la energía radiante sobre el dispositivo o dispositivos, para posteriormente procesar las medidas y reconstruir el haz reflejado por cada heliostato.

Como se ha mencionado, el conjunto 11 de detectores 50 reportará las señales medidas al procesador global del dispositivo 12 dispuesto preferiblemente en la propia estructura del dispositivo 10. Este procesador global del dispositivo 12, dado que debe trabajar en el exterior, estará adecuadamente acondicionado a tal efecto. Como se ha mencionado, las señales adquiridas también podrán ser enviadas a un sistema central de tratamiento de datos que será preferiblemente un ordenador ubicado en una zona de mayor confort. Los datos serán tratados por un software adecuado de tratamiento de las señales y mediante el mismo u otro software adecuado se representará gráficamente, figura 2B, la forma de la distribución espacial del haz caracterizado, con las funciones de interface necesarias para su captura, guardado y edición.

La columna de detectores 11 preferiblemente dispondrá un sistema mecánico de sujeción 10 preferiblemente basado en perfilera de aluminio que permita alcanzar de forma estable la misma altura que la distribución de detectores, por ejemplo 15 m. Dicha distancia corresponde con el diámetro aproximado del haz reflejado por un heliostato a 800 m de distancia, para mayores distancias el haz se incrementará gradualmente obligando a hacer tantas pasadas como sea necesario. Evidentemente, el tamaño de haz 40 en función de la

distancia es aproximado y depende de la calidad óptica del heliostato 30. En este sistema, se colocarán equiespaciados los elementos de detección 50 y el cableado de alimentación y de comunicación de los mismos. El sistema mecánico 10 que se plantea inicialmente permitirá abatir o levantar la columna de medida 11. De esta forma, en los momentos o días de actividad la columna de medida 11 estará vertical y elevada, sujeta mediante sirgas convenientemente ancladas al suelo para soportar acciones del viento. Y en los momentos o días de no ensayo, la columna de medida 11 se abatirá sobre el suelo quedando horizontal sobre el mismo y cubierta, por ejemplo por una lona, para evitar su degradación o ensuciamiento. Así, el montaje de la columna 10, su puesta a punto y las labores de mantenimiento o limpieza se podrán realizar de forma cómoda trabajando desde el suelo, sin necesidad de trabajos en altura. También permitirá realizar de forma más sencilla el proceso de calibrado del sistema. Las acciones de elevación y abatimiento de la columna 11 de medida se realizarían mediante el uso de motor con sirga de tracción adecuado al peso y par de fuerza de la estructura 10. La forma de ensamblaje de la columna vertical y del cableado asociado a la columna será de tal forma que pueda desmontarse en varias secciones de longitud adecuada para su traslado y montaje a otras ubicaciones. Con el dispositivo 11 abatido en suelo, un sistema óptico adecuado permitirá un proceso de calibración del conjunto de detectores 50 que sea sencillo de realizar.

Alternativamente, la figura 5 describe la aplicación preferente del dispositivo objeto de la invención situado en la torre 31 de una planta solar de torre. Así, varios dispositivos 11, 11' coexisten y caracterizan heliostatos 30, 30' simultáneamente a través de haces reflejados 40, 40' de la misma forma que ha sido previamente descrita. Las bondades otorgadas por el dispositivo óptico de los detectores 50 permiten que los haces de heliostatos 30, 30' apuntando a sistemas contiguos no tengan influencia unos entre otros.

De acuerdo a los sistemas descritos anteriormente, el procedimiento de caracterización de la calidad del haz reflejado por un heliostato comprende las siguientes etapas:

- Disposición de un dispositivo de caracterización conforme a lo descrito anteriormente,
- Posicionamiento del haz reflejado colindante al dispositivo y en el lado y posición que favorezca el barrido del dispositivo como consecuencia del movimiento del sol,
- Selección automática y continua de la ganancia de cada uno de los detectores del dispositivo para la optimización de la señal de ruido en función de la intensidad del haz de luz reflejado por el heliostato y recibida por cada uno de dichos detectores,

- Captación por el dispositivo de medidas discretas de la luz reflejada por el heliostato, que se encuentra en reposo, durante un periodo determinado de tiempo mientras el haz va barriendo el dispositivo, en todos los barridos que sean necesarios,
  - Normalización de las medidas de los detectores del dispositivo para la estimación de la energía radiante sobre el dispositivo, y
  - Procesamiento de las medidas realizadas y reconstrucción del haz reflejado obteniendo la forma completa del mismo cuyo análisis y post-procesado caracteriza el heliostato, preferiblemente su distancia focal y calidad óptica.
- 5

## REIVINDICACIONES

1. Dispositivo de caracterización de elementos reflectores a través de los haces de luz reflejados por ellos caracterizado porque comprende al menos dos detectores de ganancia variable situados sobre una estructura para recibir el haz de luz reflejado por al menos un elemento reflector, de manera que cada detector comprende:
  - una lente para aumentar la relación señal-ruido del haz,
  - al menos un sensor óptico en el que se focaliza el haz captado por la lente,
  - un sistema automático de selección de la ganancia, asociado al sensor óptico, con una unidad de procesamiento y captura de datos, y
  - unos medios de comunicación de datos asociados al detector.
2. Dispositivo, según reivindicación 1, caracterizado porque la estructura comprende los detectores alineados formando una matriz.
3. Dispositivo, según reivindicación 1, caracterizado porque la estructura comprende los detectores alineados verticalmente.
4. Dispositivo, según reivindicación 1, caracterizado porque la estructura comprende los detectores alineados horizontalmente.
5. Dispositivo, según reivindicación 1, caracterizado porque el sistema automático de ajuste de la ganancia comprende una electrónica de ganancia variable para seleccionar la ganancia de un sensor más adecuada a la intensidad de luz del haz recibido por dicho sensor.
6. Dispositivo, según reivindicación 1, caracterizado porque el sistema automático de ajuste de la ganancia comprende una electrónica de ganancia fija para seleccionar un sensor, de entre al menos dos sensores, con la ganancia más adecuada a la intensidad de luz del haz recibido por los sensores.
7. Dispositivo, según reivindicación 1, caracterizado porque el sistema automático de ajuste de la ganancia comprende una electrónica de ganancia logarítmica.
8. Dispositivo, según reivindicación 5, caracterizado porque el sensor óptico es un fotodiodo de silicio y/o una termopila.
9. Dispositivo, según reivindicación 6, caracterizado porque los sensores ópticos son al menos dos fotodiodos y/o al menos dos termopilas y/o al menos un fotodiodo y al menos una termopila.
10. Dispositivo, según reivindicación 1, caracterizado porque comprende un sistema automático de orientación de los detectores.
11. Sistema de caracterización de la calidad de los haces de luz reflejados por elementos reflectores caracterizado porque comprende:

- Al menos un dispositivo conforme a las reivindicaciones 1 a 10, y
  - Al menos un elemento reflector inmóvil cuya luz reflejada incida sobre los detectores del dispositivo con un ángulo de visión determinado.
12. Sistema, según reivindicación 11, caracterizado porque comprende un procesador y  
5 unos medios de cálculo para determinar la imagen total reflejada por el elemento reflector que se consigue generar mediante el escaneo de los sensores alineados del dispositivo gracias al movimiento del sol.
13. Sistema, según reivindicaciones 11 a 12, caracterizado porque dicho al menos un  
10 dispositivo está situado en lo alto de una torre de una planta solar de elementos reflectores para caracterizar simultáneamente tantos elementos reflectores como dispositivos se dispongan en la torre.
14. Sistema, según reivindicaciones 11 a 13, caracterizado porque dicho al menos un  
15 dispositivo está situado en cualquier lugar de un campo de elementos reflectores con los detectores alineados con al menos un elemento reflector de manera que el ángulo de visión permita la caracterización de dicho al menos un elemento reflector.
15. Procedimiento de caracterización de la calidad de los haces de luz reflejados por  
elementos reflectores, caracterizado porque comprende las siguientes etapas:
- Disponer un dispositivo conforme a las reivindicaciones 1 a 10 en un campo de  
20 elementos reflectores que comprende al menos dos elementos reflectores,
  - Seleccionar la ganancia de cada uno de los detectores del dispositivo para la optimización de la señal de ruido en función de la intensidad del haz de luz reflejado por un elemento reflector y recibida por cada uno de dichos detectores,
  - Captar y medir por los detectores del dispositivo la luz reflejada por el elemento  
25 reflector, que se encuentra en reposo, durante un periodo determinado de tiempo,
  - Normalizar las medidas realizadas por los detectores del dispositivo para la estimación de la energía radiante sobre el dispositivo, y
  - Procesar dichas medidas realizadas y reconstruir el haz reflejado por el al menos un  
elemento reflector.



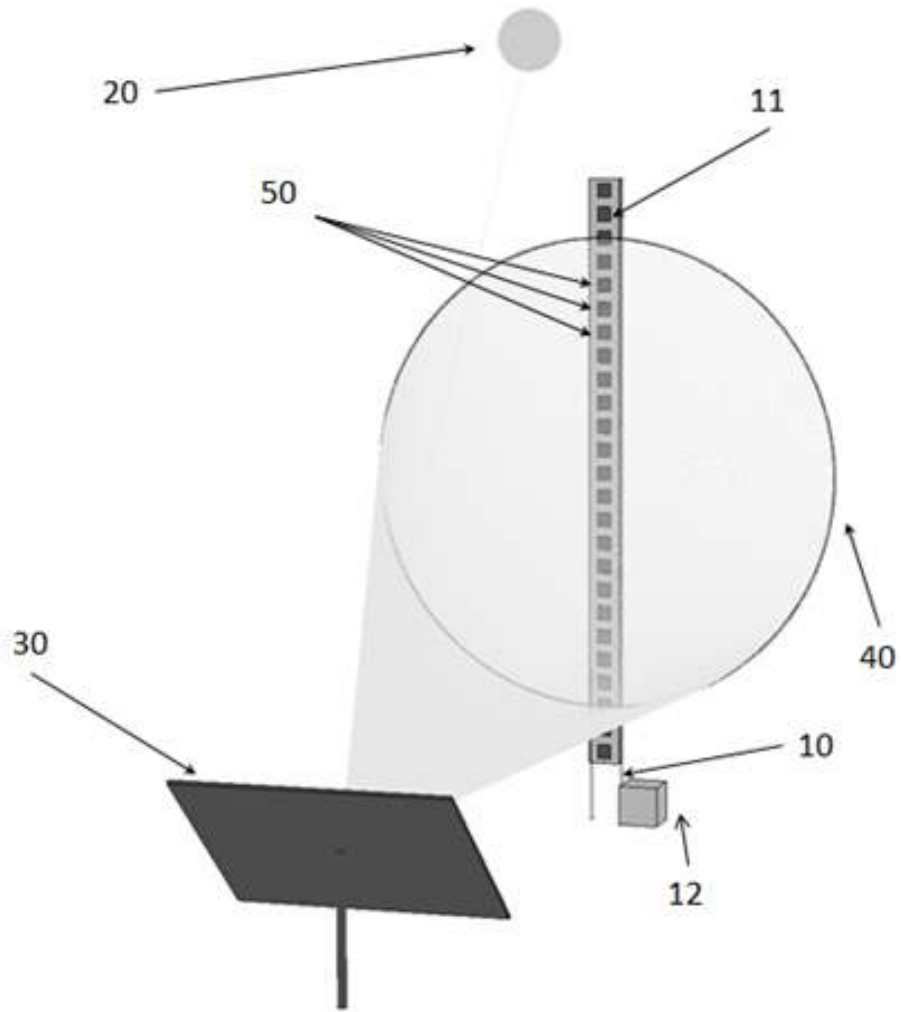


FIG 1

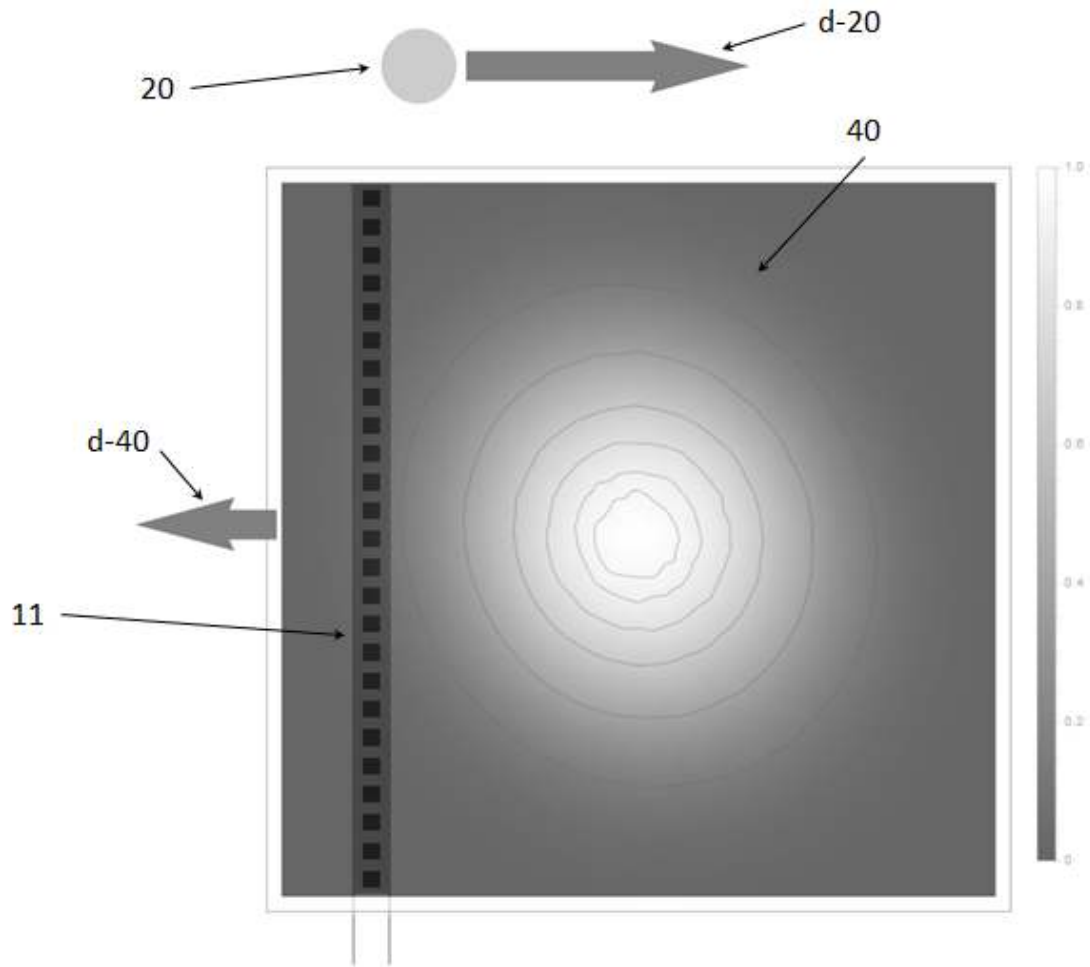
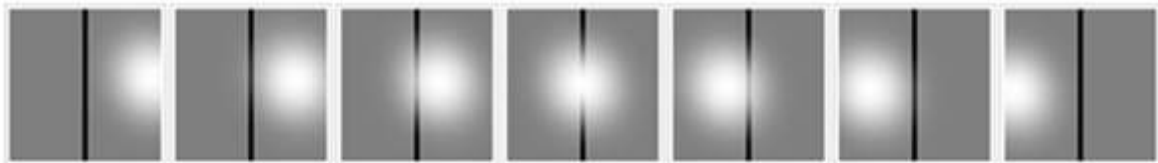


FIG. 2A

**Serie de medidas durante el movimiento del haz reflejado**



**Reconstrucción del haz reflejado**

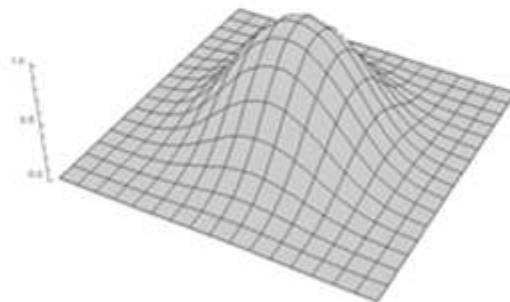


FIG. 2B

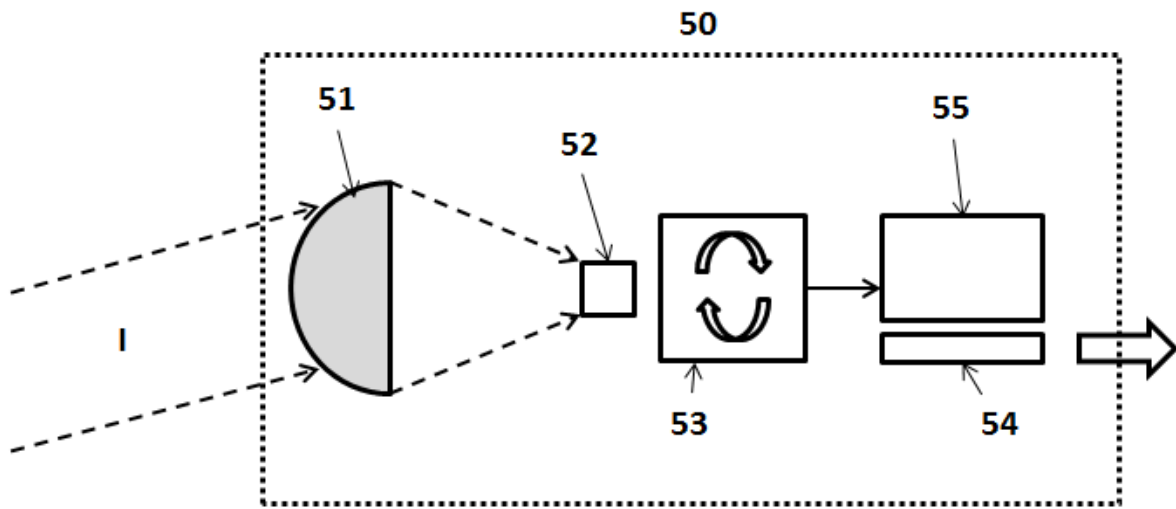


FIG. 3

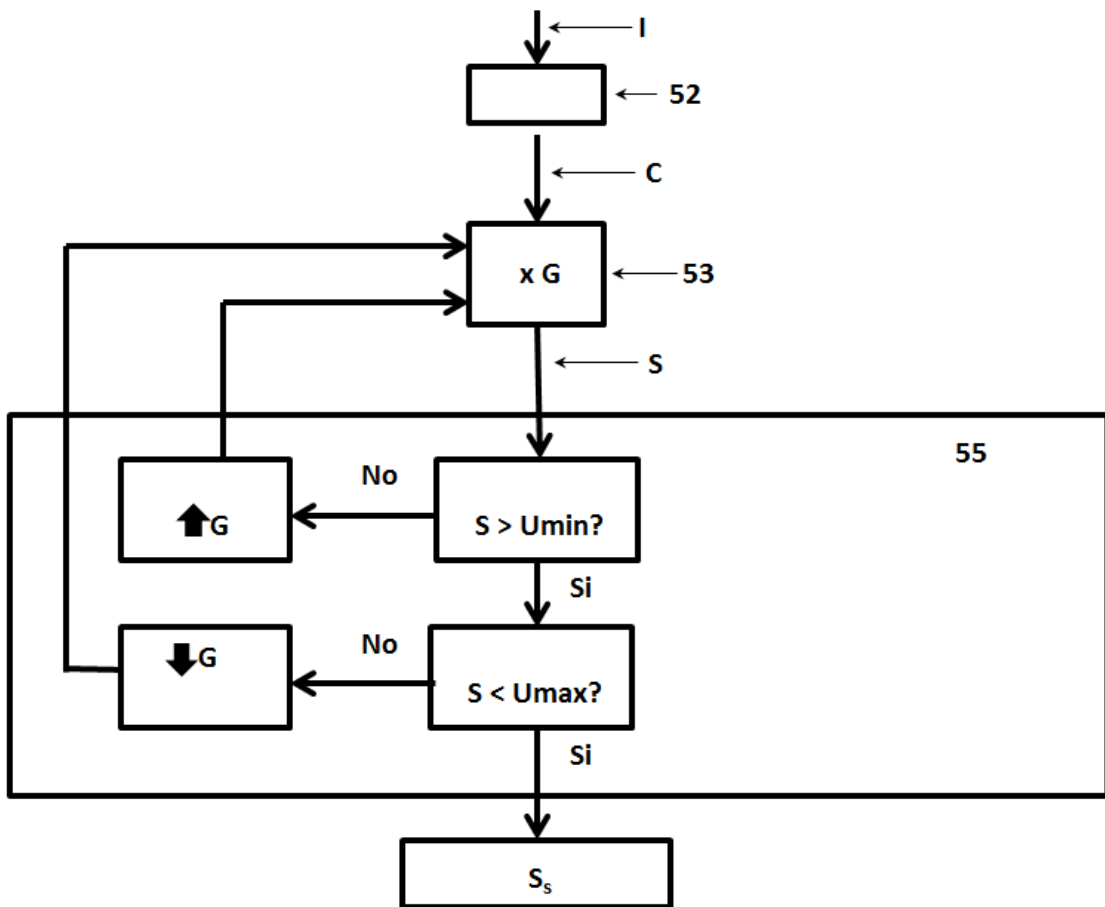


FIG. 4

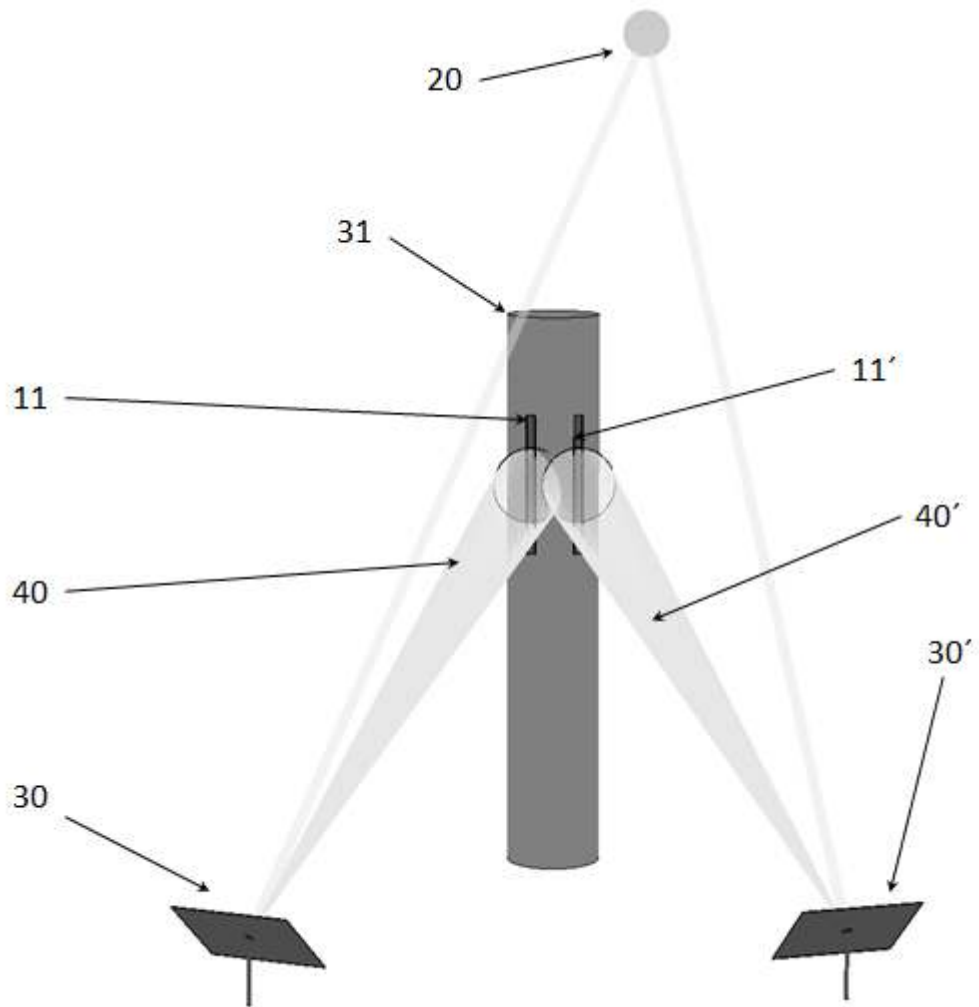


FIG. 5



- 21 N.º solicitud: 201830756  
22 Fecha de presentación de la solicitud: 25.07.2018  
32 Fecha de prioridad:  
25.07.2018

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

51 Int. Cl.: Ver Hoja Adicional

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	56 Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
Y	US 2010139644 A1 (SCHWARZBACH JOSEPH et al.) 10/06/2010, párrafos [0004],[0006],[0016],[0018],[0074],[0089],[0090],[0091],[0094],[0095],[0097],[0099],[0103],[0104],[0113],[0114],[0116],[0120],[0121],[0123],[0127] y [0135], página 10 reivindicación 1, figuras 4A,4B,4C,4D,5A,5B,6A y 6B, 7A, 7C,12, 15A y 15B.	1-15
Y	ES 2579208 A1 (ABENGOA SOLAR NEW TECH SA) 08/08/2016, página 4, líneas 6 a 7,página 5, líneas 3 a 6 y 11 a 15,&#160;página 7, líneas 31 a 34 , página 8 líneas 1 y 2	1-15
A	US 2008295883 A1 (DUCELLIER THOMAS et al.) 04/12/2008, párrafo [0103]	10
A	WO 2013044848 A1 (SUN HAIXIANG) 04/04/2013, Resumen de la base de WPI. Recuperado de EPOQUE AN 2012-C65287	10
A	US 8664577 B1 (GHANBARI CHERYL M et al.) 04/03/2014, columna 3, líneas 47 a 55, columna 4, líneas 26 a 41	14
A	US 4219729 A (SMITH OTTO J M) 26/08/1980, descripción	1-15

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 21.03.2019	Examinador L. Serrano Gallar	Página 1/2
------------------------------------------------	---------------------------------	---------------

CLASIFICACIÓN OBJETO DE LA SOLICITUD

**F24S50/80** (2018.01)

**G01B11/00** (2006.01)

**G01B9/00** (2006.01)

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

F24S, G01B

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

INVENES, EPODOC