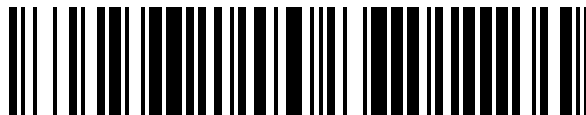


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **1 285 699**

21 Número de solicitud: 202132289

51 Int. Cl.:

G01N 21/94 (2006.01)

H02S 50/00 (2014.01)

H02S 40/10 (2014.01)

H02S 40/10 (2014.01)

12

SOLICITUD DE MODELO DE UTILIDAD

U

22 Fecha de presentación:

09.04.2018

43 Fecha de publicación de la solicitud:

27.01.2022

71 Solicitantes:

**DUBAI ELECTRICITY & WATER AUTHORITY
(100.0%)**

**P.O. Box: 564
Dubai AE**

72 Inventor/es:

ALSABOUNCHI, Ammar Mohammed Munir

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

54 Título: **Aparato de detección de suciedad**

ES 1 285 699 U

DESCRIPCIÓN

Aparato de detección de suciedad

Campo de la invención

La presente divulgación se refiere a un aparato de detección de suciedad.

Estado de la técnica

- 5 Las instalaciones solares fotovoltaicas (PV) en zonas áridas y desérticas se ven potencialmente afectadas por el frecuente ensuciamiento causado por la precipitación de polvo, arena y otras partículas en suspensión en la superficie de los paneles fotovoltaicos. El impacto se agrava aún más en clima húmedo, donde las partículas se pegan acumulativamente en las superficies de los paneles fotovoltaicos formando una capa
- 10 gruesa y sustancialmente opaca de suciedad. La situación resulta ser un problema grave que disminuye la eficiencia de la planta fotovoltaica y, por consiguiente, su rentabilidad.

- Por ello, los operadores de las plantas fotovoltaicas pueden llevar a cabo eventos regulares de limpieza de los paneles fotovoltaicos con una frecuencia preestablecida como, por ejemplo, mensual o quincenal. Sin embargo, es probable que la necesidad real de los
- 15 eventos de limpieza cambie, por ejemplo, en función de los cambios en las condiciones meteorológicas. Esto puede afectar negativamente al funcionamiento óptimo de los eventos de limpieza preprogramados. Por ejemplo, un evento de limpieza puede ocurrir o ser programado cuando los paneles no necesitan ser limpiados, o puede ocurrir después de que el panel pueda realmente necesitar una limpieza.

- 20 Una forma de abordar esta cuestión es detectar el nivel de suciedad de los paneles fotovoltaicos. Entonces se puede organizar un evento de limpieza para cuando el panel necesite ser limpiado, como un nivel de suciedad que alcance un cierto umbral de suciedad. Una disposición para detectar el nivel de suciedad es instalar dos módulos fotovoltaicos. Un primer módulo fotovoltaico que comprende un primer panel fotovoltaico se coloca de
- 25 manera que quede expuesto a condiciones de suciedad sustancialmente iguales a las que experimenta una planta fotovoltaica, como una que comprende una pluralidad de módulos fotovoltaicos. Un segundo módulo fotovoltaico que comprende un segundo panel fotovoltaico que es sustancialmente análogo al primer módulo fotovoltaico se coloca de manera que reciba sustancialmente la misma radiación solar que el primer módulo

fotovoltaico. El segundo módulo fotovoltaico está destinado a mantenerse en un estado limpio de manera que la suciedad no afecte sustancialmente a su producción. La producción del primer módulo fotovoltaico y del segundo módulo fotovoltaico puede entonces compararse para estimar el nivel de suciedad.

- 5 Sin embargo, para mantener limpio el segundo módulo fotovoltaico, puede ser necesario realizar limpiezas regulares y frecuentes. Como alternativa, algunas disposiciones utilizan una cubierta para proteger la superficie del segundo panel fotovoltaico de los depósitos de suciedad que pueden eliminarse automática o manualmente cuando se vaya a realizar una medición de la suciedad. Sin embargo, esas disposiciones pueden ser costosas,
10 mecánicamente complejas y propensas a fallar.

Los ejemplos de la presente divulgación tratan de abordar o al menos aliviar los problemas mencionados.

Sumario de la invención

- En un primer aspecto, se proporciona un aparato de detección de suciedad operable para
15 detectar el nivel de suciedad de un panel fotovoltaico, el aparato comprende: un panel fotovoltaico operable para generar una producción eléctrica en respuesta a la luz que incide en el panel y en dependencia del nivel de suciedad del panel fotovoltaico; un piranómetro operable para generar una señal de irradiación que se relaciona con un nivel de irradiación de la luz que incide en el piranómetro, el piranómetro estando colocado con respecto al
20 panel fotovoltaico de manera que el panel fotovoltaico y el piranómetro pueden recibir sustancialmente el mismo nivel de radiación solar que el otro; medios de cálculo operables para calcular un valor de producción de referencia a partir de la señal de irradiación que se relaciona con una producción eléctrica ideal del panel fotovoltaico en una condición operativa predeterminada; medios de medición operables para la medición de la
25 producción eléctrica del panel fotovoltaico en la condición operativa predeterminada; medios de comparación operables para comparar la producción eléctrica medida del panel fotovoltaico en la condición operativa predeterminada con el valor de producción de referencia a fin de generar un valor de comparación; y medios de producción operables para producir una señal de limpieza cuando el valor de comparación es mayor que un valor
30 umbral de limpieza.

En un segundo aspecto no objeto de protección se proporciona la descripción de un método de detección de suciedad para detectar el nivel de suciedad de un panel fotovoltaico utilizando un aparato de detección de suciedad que comprende un panel fotovoltaico y un piranómetro posicionado con respecto al panel fotovoltaico de manera que el panel
5 fotovoltaico y el piranómetro puedan recibir sustancialmente el mismo nivel de radiación solar que el otro, el método comprendiendo: la generación, por el panel fotovoltaico, de una producción eléctrica en respuesta a la luz que incide en el panel y en función del nivel de suciedad del panel fotovoltaico; la generación, por el piranómetro, de una señal de irradiación que se relaciona con un nivel de irradiación de la luz que incide en el
10 piranómetro; el cálculo de un valor de producción de referencia a partir de la señal de irradiación que se relaciona con una salida eléctrica ideal del panel fotovoltaico en una condición de funcionamiento predeterminada; la medición de la producción eléctrica del panel fotovoltaico en la condición de funcionamiento predeterminada; la comparación de la producción eléctrica medida del panel fotovoltaico en la condición de funcionamiento
15 predeterminada con el valor de producción de referencia a fin de generar un valor de comparación; y emitir una señal de limpieza cuando el valor de comparación sea mayor que un valor umbral de limpieza.

Otros aspectos y características se definen en las reivindicaciones adjuntas.

En los ejemplos de realización se pueden utilizar un panel fotovoltaico y un piranómetro
20 para detectar un nivel de suciedad. Utilizando un panel fotovoltaico, por ejemplo, se pueden reducir los costes y mejorar la flexibilidad y la fiabilidad de la medición. Además, los ejemplos de realización pueden ayudar a reducir la necesidad de limpieza o el requisito de utilizar un mecanismo para mantener limpio un panel fotovoltaico de referencia a fin de que se produzca la detección de suciedad. Por ejemplo, la necesidad de limpiar el panel
25 fotovoltaico de los ejemplos de realización puede reducirse porque una producción prevista que puede corresponder a la que puede producirse para un panel fotovoltaico sustancialmente limpio puede predecirse a partir del valor de producción de referencia calculado a partir de la irradiación tal y como se mide por el piranómetro.

Por ejemplo, comparando la producción eléctrica medida del panel fotovoltaico con el valor
30 de producción de referencia basado en la señal de irradiación generada por el piranómetro, se puede obtener una indicación del nivel de suciedad. Si, por ejemplo, el valor de comparación es mayor que el valor umbral de limpieza, entonces se emite la señal de

limpieza. Por ejemplo, la señal de limpieza puede indicar que el panel fotovoltaico, y por lo tanto otros paneles fotovoltaicos en una planta fotovoltaica donde se encuentra el aparato pueden necesitar limpieza. Por lo tanto, por ejemplo, se puede programar un evento de limpieza como apropiado dependiendo del nivel de suciedad detectado y por lo tanto puede ser mejorada la eficiencia de los eventos de limpieza, mientras que la necesidad de limpieza de un panel fotovoltaico de referencia puede ser reducida o eliminada. Además, los ejemplos de realización pueden permitir que se determine más fácilmente la idoneidad de una ubicación para una planta fotovoltaica propuesta, por ejemplo, basándose en el nivel de suciedad medido en esa ubicación.

10 Descripción de las figuras

Se describirán ahora ejemplos de realización a modo de ejemplo sólo con referencia a las figuras adjuntas, en las que las referencias semejantes se refieren a partes semejantes, y en las que:

La figura 1 es una representación esquemática de una disposición para medir la suciedad mediante dos paneles fotovoltaicos.

La figura 2 es una representación esquemática de un aparato de detección de suciedad según ejemplos de realización.

La figura 3 es un diagrama de circuito esquemático de un aparato de detección de suciedad según ejemplos de realización.

La figura 4 es una representación esquemática de la suciedad de un panel fotovoltaico de silicio cristalino.

La figura 5 es una representación esquemática de la suciedad de un panel fotovoltaico de lámina delgada.

La figura 6 es un diagrama esquemático de la disposición de los pines de un microcontrolador utilizado en el aparato de detección de suciedad según ejemplos de realización.

La figura 7 es una representación esquemática del aparato para programar el microcontrolador del aparato de detección de suciedad según ejemplos de realización.

La figura 8 es un diagrama esquemático de un circuito de regulación de voltaje para proporcionar energía eléctrica al microcontrolador según ejemplos de realización.

- 5 La figura 9 es un diagrama esquemático de la disposición de un regulador de voltaje utilizado en el aparato de detección de suciedad según ejemplos de realización.

La figura 10 es un diagrama esquemático de la disposición de las conexiones de un piranómetro y una resistencia de derivación utilizados en el aparato de detección de suciedad según ejemplos de realización.

- 10 La figura 11 es un diagrama esquemático de una ruta de una señal de salida del microcontrolador utilizado en el aparato de detección de suciedad según ejemplos de realización.

- La figura 12 es un diagrama de circuito esquemático de la conexión del circuito de regulación de la tensión a un sensor de luz utilizado en el aparato de detección de suciedad según ejemplos de realización.
- 15

Descripción detallada de la invención

- Se divulga un aparato de detección de suciedad. En la siguiente descripción se presentan varios detalles específicos para que se entiendan bien los ejemplos de realización. Sin embargo, será evidente para un experto en la materia que estos detalles específicos no necesitan ser empleados para desarrollar los ejemplos de realización. Por el contrario, los detalles específicos conocidos por el experto en la materia se omiten a efectos de claridad en la presentación de los ejemplos.
- 20

- La figura 1 es una representación esquemática de una disposición para medir la suciedad mediante dos paneles fotovoltaicos. Como se ha mencionado anteriormente, una disposición previa para detectar el ensuciamiento puede utilizar dos paneles fotovoltaicos para detectar un nivel de suciedad. La disposición anterior comprende un primer módulo fotovoltaico 10 y un segundo módulo fotovoltaico 12. El primer módulo fotovoltaico 10
- 25

comprende un primer panel fotovoltaico y el segundo módulo fotovoltaico 12 comprende un segundo panel fotovoltaico. El primer panel fotovoltaico se coloca de manera que quede expuesto a condiciones de suciedad sustancialmente iguales a las que experimenta una planta fotovoltaica, como una que comprende una pluralidad de módulos fotovoltaicos. El

5 segundo módulo fotovoltaico 12 es sustancialmente análogo al primer módulo fotovoltaico 10 y está colocado de manera que reciba sustancialmente la misma radiación solar que el primer módulo fotovoltaico 10. El segundo módulo fotovoltaico 12 está destinado a mantenerse en un estado limpio de manera que la suciedad no afecte sustancialmente a su producción. La producción del primer módulo fotovoltaico 10 y del segundo módulo

10 fotovoltaico 12 puede entonces compararse para estimar el nivel de suciedad. Sin embargo, como se ha mencionado anteriormente, para mantener limpio el segundo módulo fotovoltaico, puede ser necesario realizar limpiezas regulares y frecuentes. Como alternativa, algunas disposiciones utilizan una cubierta para proteger la superficie del segundo módulo fotovoltaico de los depósitos de suciedad que pueden eliminarse

15 automática o manualmente cuando se vaya a realizar una medición de la suciedad. Sin embargo, esas disposiciones pueden ser costosas, mecánicamente complejas y propensas a fallar. Además, tratar de mantener un panel fotovoltaico limpio todo el tiempo en las zonas desérticas áridas de clima húmedo puede ser una tarea complicada.

La figura 2 es una representación esquemática de un aparato de detección de suciedad 20

20 según ejemplos de realización. En los ejemplos, el aparato de detección de suciedad 20 operable para detectar el nivel de suciedad de un panel fotovoltaico. En los ejemplos, el aparato comprende un panel fotovoltaico 22 operable para generar una producción eléctrica en respuesta a la luz que incide en el panel 22 y en dependencia del nivel de suciedad del panel fotovoltaico 22. En los ejemplos, el panel fotovoltaico 22 es un panel

25 fotovoltaico de lámina delgada. En ejemplos, el panel fotovoltaico 22 es un panel fotovoltaico de CdTe de lámina delgada, modelo fabricado por First Solar. Sin embargo, se aprecia que se pueden utilizar otros tipos de panel fotovoltaico como un panel de silicio policristalino.

En los ejemplos, el aparato también comprende un piranómetro 24 operable para generar

30 una señal de irradiación que se relaciona con un nivel de irradiación de luz incidente en el piranómetro 24. Los piranómetros se utilizan normalmente para medir la irradiancia solar. Los piranómetros típicos comprenden una carcasa metálica blanca, que comprende una cúpula semiesférica de vidrio bajo la cual se coloca un absorbedor de metal negro de manera que pueda ser calentado por la irradiación solar incidente en la cúpula. Los

piranómetros típicos de termopila comprenden un termopar y para generar un voltaje se mide la diferencia de temperatura entre el absorbedor y la carcasa metálica. El voltaje es generalmente proporcional al valor de la irradiación solar. En otras palabras, por ejemplo, el piranómetro puede funcionar generalmente midiendo una diferencia de calor. Por lo tanto, es menos probable que el piranómetro necesite una limpieza frecuente, como puede ocurrir en el caso de que se utilice un detector de irradiancia que comprenda una célula de referencia fotovoltaica.

En los ejemplos, el piranómetro 24 comprende un piranómetro modelo CMP10 producido por KIPP & ZONEN con un voltaje de salida típico en el rango 0-1 V. Más generalmente, en los ejemplos, el piranómetro comprende un piranómetro de termopila. Sin embargo, se apreciará que se puedan utilizar otros piranómetros adecuados.

En los ejemplos, el piranómetro 24 está colocado con respecto al panel fotovoltaico 22, de manera que el panel fotovoltaico 22 y el piranómetro 24 pueden recibir sustancialmente el mismo nivel de radiación solar que el otro. Por ejemplo, el panel fotovoltaico 22 y el piranómetro 24 pueden tener sustancialmente el mismo ángulo y orientación que el otro, y estar posicionados de manera que no se ocluyan mutuamente de la radiación solar cuando el aparato de detección de suciedad 20 se despliegue en un lugar adecuado.

En los ejemplos, el aparato 20 comprende una base y un poste de soporte 28 montado en la base para poder soportar el panel fotovoltaico 22 y el piranómetro 24. En los ejemplos, el panel fotovoltaico 22 está montado sobre el poste soporte 28. En los ejemplos, el poste soporte comprende un poste fabricado por Xiamen Sunforson Power Co., Ltd, modelo número SFS-P-60. En los ejemplos, el panel fotovoltaico 22 se monta en el poste 28 utilizando un soporte fotovoltaico, por ejemplo, el fabricado por Xiamen Sunforson Power Co., Ltd, número de modelo SFS-MD-01. Sin embargo, se apreciará que se puedan utilizar otros postes de apoyo y soportes fotovoltaicos adecuados.

Por ejemplo, el aparato 20 comprende un brazo 30 que se monta en el poste soporte 28 en un primer extremo 30a del brazo 30 para que se extienda lejos del poste soporte 30. En los ejemplos, el piranómetro 24 está montado en un segundo extremo 30b del brazo 30 de manera que tenga sustancialmente el mismo ángulo y orientación que el panel fotovoltaico. En los ejemplos, el aparato 20 comprende una caja de circuitos 32 montada en el poste de soporte 28 entre la base 26 y el panel fotovoltaico 22. En los ejemplos, la caja de circuitos

32 alberga los circuitos para medir el nivel de suciedad del panel fotovoltaico 22, como se describirá con más detalle a continuación. En los ejemplos, la caja de circuitos 32 comprende una caja fabricada por Zhejiang B&J Electrical Co. , Ltd. número de modelo 2520/150, y tiene un nivel de protección ambiental IP66. En los ejemplos, la caja de circuitos 32 tiene al menos un nivel de protección ambiental de IP54 para poder proteger los circuitos del ambiente circundante y ayudar a reducir el riesgo de mal funcionamiento. Sin embargo, se apreciará que se puedan utilizar otras cajas adecuadas para alojar el circuito del aparato 20. 22.

En los ejemplos, el aparato 20 comprende una carcasa para el circuito 32 montada en el poste de soporte 28 entre la base 26 y el panel fotovoltaico 22. En los ejemplos, la carcasa para el circuito 32 alberga los circuitos para medir el nivel de suciedad del panel fotovoltaico 22, como se describirá con más detalle a continuación. En los ejemplos, la carcasa para el circuito 32 comprende una carcasa fabricada por Zhejiang B&J Electrical Co., Ltd. número de modelo 2520/150, y tiene un nivel de protección ambiental IP66. En los ejemplos, la carcasa para el circuito 32 tiene al menos un nivel de protección ambiental de IP54 para poder proteger los circuitos del ambiente circundante y ayudar a reducir el riesgo de mal funcionamiento. Sin embargo, se apreciará que se puedan utilizar otras carcasas adecuadas para alojar el circuito del aparato 20.

En los ejemplos, el aparato 20 comprende una carcasa de baterías 34 montada en la base 26. En los ejemplos, la carcasa de la batería 34 alberga una batería para suministrar energía a los circuitos de la señal de salida del aparato 20. En los ejemplos, la batería también puede utilizarse para proporcionar energía a los circuitos de medición del aparato 20. En los ejemplos, la carcasa de la batería 34 comprende una caja de baterías Snap-Top modelo número HM318BKS, fabricada por NOCO®, aunque se apreciará que se puedan utilizar otras cajas de baterías adecuadas. En los ejemplos, la carcasa de la batería 34 comprende una batería de ácido de plomo regulada por válvula de ciclo profundo (VRLA), como una 12V-26Ah, modelo DC12-26 fabricado por RITAR. Sin embargo, se apreciará que se puedan utilizar otras baterías.

En los ejemplos, el aparato 20 puede colocarse en una planta fotovoltaica que comprende una pluralidad de paneles fotovoltaicos para generar electricidad de manera que reciba sustancialmente la misma suciedad que uno o más paneles fotovoltaicos de la planta fotovoltaica. En otras palabras, en los ejemplos, la planta fotovoltaica comprende el aparato

20. En otras palabras, más generalmente en los ejemplos, la planta fotovoltaica comprende una pluralidad de paneles fotovoltaicos para la generación de electricidad, y el aparato de detección de suciedad 20, en el que el aparato de detección de suelos se coloca con respecto a uno o más paneles fotovoltaicos de la planta fotovoltaica de manera que reciba sustancialmente la misma suciedad que uno o más paneles fotovoltaicos de la planta fotovoltaica. De este modo, el aparato 20 puede ayudar a indicar si los paneles fotovoltaicos de la planta fotovoltaica necesitan ser limpiados.

En los ejemplos, el aparato 20 también puede utilizarse como unidad autónoma, por ejemplo, para evaluar la idoneidad de un posible emplazamiento para una planta fotovoltaica.

La figura 3 es un diagrama esquemático del circuito del aparato de detección de suciedad 20 según los ejemplos de realización. En los ejemplos, el aparato de detección de suciedad 20 comprende un circuito de detección de suciedad para medir el nivel de suciedad del panel fotovoltaico 22.

En los ejemplos, el circuito de detección de suciedad puede actuar como un medio de cálculo operable para calcular un valor de producción ideal del panel fotovoltaico en una condición operativa predeterminada. En los ejemplos, el circuito de detección de suciedad puede actuar como medio de comparación operable para medir la producción eléctrica del panel fotovoltaico en la condición operativa predeterminada. En los ejemplos, los circuitos de detección de suciedad pueden actuar como medios de comparación operables para comparar la producción eléctrica medida del panel fotovoltaico en la condición operativa predeterminada con el valor de producción de referencia para generar un valor de comparación. En los ejemplos, el circuito de detección de suciedad puede actuar como medio de producción operable para producir una señal de limpieza cuando el valor de comparación es mayor que un valor umbral de limpieza.

Por ejemplo, el aparato de detección de suciedad puede ayudar a proporcionar una indicación más fiable del nivel de suciedad. Además, por ejemplo, puede reducirse la necesidad de limpiar regularmente el aparato de detección de la suciedad o la necesidad de aparatos complejos que ayuden a mantener un panel fotovoltaico de referencia en estado limpio, porque el piranómetro puede verse menos afectado por la suciedad que un

panel fotovoltaico debido a que la medición de la irradiancia se basa en una medición térmica, por ejemplo.

Así, por ejemplo, el valor de salida de referencia calculado a partir de la señal de irradiación puede estar relacionado con una condición de funcionamiento ideal del panel fotovoltaico 22, como, por ejemplo, si el panel está limpio. En otras palabras, por ejemplo, el valor de salida de referencia se relaciona con un valor de salida eléctrica previsto para el panel fotovoltaico en un estado sustancialmente limpio. Comparando, por ejemplo, la producción eléctrica medida del panel fotovoltaico 22 en la condición de funcionamiento predeterminada con el valor de salida de referencia, puede obtenerse una indicación del nivel de suciedad del panel fotovoltaico 22, por ejemplo, basada en el valor de comparación. Si, por ejemplo, el valor de comparación es mayor que un valor de umbral de limpieza, entonces el aparato puede emitir una señal de limpieza. En los ejemplos, la señal de limpieza indica que el panel fotovoltaico necesita ser limpiado, aunque podría indicar otras condiciones, como el período de tiempo futuro estimado tras el cual el panel fotovoltaico necesita ser limpiado. En los ejemplos, la señal de limpieza se refiere a un nivel de suciedad del panel fotovoltaico 22. Por lo tanto, por ejemplo, también puede reducirse la necesidad de ejecutar eventos de limpieza preestablecidos de frecuencia ineficiente porque la señal de limpieza puede emitirse cuando el valor de comparación es mayor que el valor umbral de limpieza. Además, por ejemplo, es posible que el panel fotovoltaico 22 no necesite ser limpiado a menos que se limpien los paneles fotovoltaicos de la planta fotovoltaica. El aparato 20 puede, por ejemplo, ayudar también a determinar si hay un mal funcionamiento de la planta fotovoltaica. Por ejemplo, si la salida de la planta fotovoltaica está por debajo de un umbral de mal funcionamiento y el valor de comparación es menor que el valor del umbral de limpieza entonces puede emitirse una señal de mal funcionamiento de la planta fotovoltaica.

En los ejemplos, el circuito de detección de suelos comprende el panel fotovoltaico 22, el piranómetro 24, un microcontrolador 36, una resistencia en derivación 38, un regulador de tensión 40, un controlador de carga 42, un sensor de luz 44, una batería 46, un primer relé 48, un segundo relé 50, un tercer relé 52, un cuarto relé 54 y un interruptor 56. En los ejemplos, el microcontrolador 36, la resistencia en derivación 38, el regulador de voltaje 40, el controlador de carga 42, el primer relé 48, el segundo relé 50, el tercer relé 52, el cuarto relé 54 y el interruptor 56 están alojados dentro de la carcasa de circuitos 32. Sin embargo, se apreciará que se puedan utilizar otras disposiciones para alojar uno o más componentes del circuito.

El funcionamiento de los circuitos de detección de suciedad se describirá con más detalle más adelante.

En los ejemplos, el primer relé 48, el segundo relé 50, el tercer relé 52 y el cuarto relé 54 están conectados de forma operativa a los pines de salida (O/P) del microcontrolador 36 para poder estar en comunicación eléctrica con el microcontrolador 36. En los ejemplos, el segundo relé 50, el tercer relé 52 y el cuarto relé 54 son relés de un solo polo y unipolar. Sin embargo, se apreciará que se puedan utilizar otros tipos de relés según convenga. En los ejemplos, el segundo relé 50, el tercer relé 52 y el cuarto relé 54 se utilizan para proporcionar una pluralidad de señales de salida que se relacionan con un nivel de ensuciamiento del panel fotovoltaico 22. En los ejemplos, las señales de salida comprenden una primera señal de salida 50a, una segunda señal de salida 52a, y una tercera señal de salida 54a respectivamente a través de una trayectoria de corriente 57 de la batería 46.

En los ejemplos, el regulador de voltaje 40, el interruptor 56 y el sensor de luz 44 están conectados de forma operativa al microcontrolador 36 para poder proporcionar energía eléctrica al microcontrolador 36. En los ejemplos, el microcontrolador 36 comprende una memoria interna, aunque se apreciará que se pueda utilizar una memoria externa. En los ejemplos, el fotovoltaico está conectado operativamente a los pines de entrada (I/P) del microcontrolador 36 a través de la resistencia en derivación 38 y el primer relé 48 para poder estar en comunicación eléctrica con el microcontrolador 36. En los ejemplos, el panel fotovoltaico 22 está conectado de forma operativa a la batería 46 a través del controlador de carga 42 y el primer relé 48 para poder cargar la batería 46, por ejemplo, cuando no se debe realizar la detección de suciedad. En los ejemplos, el piranómetro 24 está acoplado de manera operativa a los pines de entrada (I/P) del microcontrolador 36 a través del primer relé 48 para poder estar en comunicación eléctrica con el microcontrolador 36. En los ejemplos, el primer relé 48 es un relé de doble polo, bipolar. Como se ha mencionado anteriormente, el funcionamiento de los componentes del circuito de detección de suciedad se describirá con más detalle más adelante.

La figura 4 es una representación esquemática de la suciedad de un panel fotovoltaico de silicio cristalino, y la figura 5 es una representación esquemática de la suciedad de un panel fotovoltaico de lámina delgada. En particular, la figura 4 muestra esquemáticamente un panel fotovoltaico de silicio cristalino 58 que comprende una pluralidad de células

fotovoltaicas de silicio cristalino (como las células fotovoltaicas 60a, 60b, 60c y 60d). La figura 4 muestra esquemáticamente un parche de suciedad 62 que ocluye dos células. Por ejemplo, es posible que la suciedad o las sombras bloqueen toda una zona de una o más de las células fotovoltaicas del panel fotovoltaico 58, como el parche de suciedad 62. Esto puede significar que cualquier célula que esté conectada en serie con las ocluidas por el parche de suciedad 62 puede ser invalidada. Por ejemplo, esas células pueden generar poca o ninguna corriente eléctrica y pueden considerarse fuera de servicio total o parcialmente en función del nivel de suciedad. Por lo tanto, el uso del panel fotovoltaico de silicio cristalino como referencia para detectar el nivel de suciedad puede dar resultados inexactos.

La figura 5 muestra esquemáticamente un ejemplo del panel fotovoltaico 22. Como se ha mencionado anteriormente, en los ejemplos, el panel fotovoltaico 22 comprende un panel fotovoltaico de lámina delgada. En comparación con los paneles fotovoltaicos de silicio cristalino, los paneles fotovoltaicos de lámina delgada suelen comprender una pluralidad de células fotovoltaicas (como las células fotovoltaicas 63a, 63b, 63c, 63d), cada una de las cuales se forma como una franja estrecha, por ejemplo, que se extiende a lo largo de toda la longitud del panel de un lado a otro. En otras palabras, más generalmente en los ejemplos, el panel fotovoltaico 22 comprende una pluralidad de células fotovoltaicas de lámina delgada. En la figura 5 se muestra esquemáticamente un parche de suciedad 64 en una posición sustancialmente idéntica con respecto al panel 22 que el parche de suciedad 62 tiene con respecto al panel de silicio cristalino 58. En el ejemplo de la figura 5, el parche de suciedad 64 tiene sustancialmente la misma forma y tamaño que el parche de suciedad 62 ilustrado en la figura 4. Sin embargo, como las células del panel fotovoltaico 22 de los ejemplos se extienden sustancialmente a lo largo de toda la longitud del panel de un lado a otro, puede reducirse el riesgo de que toda una zona de una o varias células quede ocluida por un parche de suciedad, como el parche de suciedad 64. Por lo tanto, el uso de un panel fotovoltaico de lámina delgada puede ayudar a mejorar la fiabilidad y la precisión de las mediciones de la suciedad.

La figura 6 es un diagrama esquemático de la disposición de los pines de un microcontrolador utilizado en el aparato de detección de suciedad según los ejemplos de la divulgación. En particular, la figura 6 muestra una disposición de pines del microcontrolador 36. En los ejemplos, el microcontrolador 36 comprende un microcontrolador de 8 bits modelo Atmega32 40 Pin PDIP, producido por Atmel Corporation. Sin embargo, se apreciará que se puedan utilizar otros microcontroladores.

Los pines 33 a 40 se refieren a los convertidores analógicos a digitales. El pin 10 VCC, el pin 11 GND y el pin 31 GND pueden utilizarse para proporcionar energía al microcontrolador, por ejemplo, de una fuente de alimentación de 5 voltios. El pin 30 AVCC también puede ser conectado a una fuente de alimentación como una fuente de alimentación de 5 V y debe ser conectado eléctricamente al pin 10 VCC. El pin 13 XTAL1 y el pin 12 XTAL2 pueden utilizarse con respecto a un amplificador de oscilador inversor interno, por ejemplo, para la conexión a un osciloscopio externo para realizar pruebas si es necesario, o para actuar como una señal de reloj externo, por ejemplo. El pin 32 AREF puede utilizarse como pin de referencia analógica para los pines 33 a 40 de ADC, y el pin 9 RESET puede permitir que el microcontrolador se reinicie. Los pines 1 - 7 (PB0-PB7), los pines 22-29 (PC0-PC7) y los pines 14-21 (PD0-PD7) pueden actuar como puertos de E/S bidireccionales de 8 bits (entrada/salida), por ejemplo, para proporcionar una o más señales de salida y/o para programar el microcontrolador 36.

La figura 7 es una representación esquemática del aparato para programar el microcontrolador 36 del aparato de detección de suciedad 20 según los ejemplos divulgados. En los ejemplos, el aparato para programar el microcontrolador 36 comprende un ordenador de propósito general 66, una placa de interfaz 68 y el microcontrolador 36 (una parte del diagrama de distribución de pines de la figura 6 para el microcontrolador 36 se ilustra en el ejemplo de la figura 7 para facilitar la comprensión del dibujo). En los ejemplos, los pines 6-11 del microcontrolador 36 están conectados de forma operativa a la placa de interfaz 68 a través de un cable y conectores adecuados. La alimentación puede ser suministrada desde la placa de interfaz 68 al microcontrolador 36 a través del pin 10 VCC y el pin 11 GND. En los ejemplos, un programa escrito en un lenguaje de programación adecuado puede ser cargado desde el ordenador 66 al microcontrolador 36 a través de la placa de interfaz 68 para que el microcontrolador pueda ayudar a proporcionar la funcionalidad del aparato como se describe en este documento. En los ejemplos, el lenguaje de programación es C + +, aunque se apreciará que otros lenguajes de programación adecuados podrían ser utilizados y otro aparato para la programación del microcontrolador puede ser utilizado. En los ejemplos, el circuito de detección de suciedad comprende un puerto de interfaz que se puede conectar a la placa de interfaz mediante un conector adecuado montado en la carcasa 32. Por lo tanto, en los ejemplos, las condiciones de funcionamiento del aparato de detección de suciedad pueden modificarse o adaptarse según sea necesario, por ejemplo, si se requieren escalas de tiempo o duraciones de medición diferentes. En general, en los ejemplos, el microcontrolador es programable externamente para controlar la funcionalidad del aparato de detección de suciedad. Esto

puede ayudar a proporcionar un sistema de medición más flexible para la detección de la suciedad.

En los ejemplos, se proporciona energía al microcontrolador 36 desde el regulador de voltaje 40. La figura 8 es un diagrama esquemático de un circuito de regulación de voltaje para proporcionar energía eléctrica al microcontrolador según los ejemplos divulgados. En particular, en los ejemplos el regulador de voltaje 40 comprende un circuito regulador de voltaje como se ilustra en la figura 8.

En los ejemplos, el circuito regulador de voltaje comprende un circuito integrado regulador de voltaje 70, una batería 72, un primer condensador 74 y un segundo condensador 76. En los ejemplos, el circuito integrado de regulación de voltaje 70 es un circuito integrado de regulación de voltaje positivo (IC) modelo número LM7805 fabricado por STMicroelectronics (RTM), con una disposición de pines como se ilustra esquemáticamente en el ejemplo de la figura 9. En los ejemplos, la batería es una batería de 9 voltios, por ejemplo, una batería PP3, el primer condensador 74 es un condensador electrolítico de 10pF, y el segundo condensador es un condensador electrolítico de 0,10pF conectado como se muestra en la figura 8. Sin embargo, se apreciará que se pueden utilizar otros reguladores de voltaje IC, condensadores y baterías adecuados. En otros ejemplos, la batería puede ser la batería 46 con una regulación de voltaje adecuada, según corresponda. En los ejemplos, el circuito regulador de voltaje está conectado de forma operativa al microcontrolador 36 a través del pin 10 VCC y el pin 11 GND del microcontrolador 36 para ser capaz de proporcionar una alimentación de 5V.

La figura 10 es un diagrama esquemático de la disposición de la conexión de un piranómetro y una resistencia de derivación utilizado en el aparato de detección de suciedad según los ejemplos divulgados. En particular, el ejemplo de la figura 10 muestra la resistencia de derivación 38, el piranómetro 24 y una parte de la disposición de los pines del microcontrolador (para facilitar la comprensión del dibujo). En los ejemplos, para poder medir una tensión de salida del piranómetro 24, el piranómetro 24 está conectado de manera operativa a un primer convertidor analógico a digital (ADC) del microcontrolador 36 a través del pin 31 GND y el pin 40 RA0 (ADC0). De manera más general, en los ejemplos, la tensión de salida del piranómetro 24 puede considerarse como una señal de irradiación que se refiere a un nivel de irradiación de luz incidente en el piranómetro 24.

En los ejemplos, la resistencia de derivación 38 está conectada de forma operativa al microcontrolador 36 para poder estar en comunicación eléctrica con el microcontrolador 36. En los ejemplos, la resistencia en derivación se conecta de forma operativa a un segundo convertidor analógico a digital (ADC) del microcontrolador 36 a través del pin 31 GND y el pin 39 PA1 (ADC1) para poder medir el voltaje a través de la resistencia en derivación 38. En los ejemplos, la resistencia en derivación 38 comprende una resistencia en derivación modelo SR10 de CADDOCK Electronics, con una potencia nominal de 1 W y una resistencia de 0,008 W, y con una corriente máxima de funcionamiento de 11 A. También funciona prácticamente sin reducción de la carga nominal hasta una temperatura de 70 grados centígrados, lo que puede hacerlo más adecuado para su uso en zonas áridas y desérticas. En los ejemplos, la máxima corriente de cortocircuito del panel fotovoltaico 22 (por ejemplo, el modelo FS-41 15-3) es de 1,83 A. Por lo tanto, por ejemplo, la salida eléctrica del panel fotovoltaico 22, como la corriente de cortocircuito del panel fotovoltaico 22, puede medirse utilizando la resistencia en derivación 38 y calcularse mediante la ley de Ohm desde la entrada de tensión hasta el segundo convertidor analógico a digital ADC del microcontrolador 36. Sin embargo, se apreciará que se pueden utilizar otras resistencias en derivación y paneles fotovoltaicos y medir la salida eléctrica del panel fotovoltaico 22 de otras formas adecuadas, como mediante un amperímetro o un voltímetro.

Más generalmente en los ejemplos, el aparato de detección de suciedad comprende la resistencia en derivación 38 dispuesta para ser conectable entre los terminales de salida del panel fotovoltaico 22, en el que los medios de medición (como el microcontrolador 36) son operables para medir la corriente de cortocircuito por conexión a través de la resistencia en derivación 38. En otras palabras, en los ejemplos, la condición operativa predeterminada es una corriente de cortocircuito del panel fotovoltaico 22. En otros ejemplos, la condición de funcionamiento predeterminada es una posición en la curva de tensión de corriente del panel fotovoltaico 22 donde el panel fotovoltaico 22 es operable para producir la máxima potencia. Sin embargo, esto puede variar con la temperatura de funcionamiento del panel fotovoltaico 22 y puede requerir un circuito más complejo para establecer la condición de funcionamiento predeterminada. En los ejemplos, la corriente de cortocircuito del panel fotovoltaico 22 es sustancialmente proporcional a la irradiación solar, y las variaciones de la temperatura de la célula solar son generalmente insignificantes. Por ejemplo, en el caso del panel fotovoltaico 22 (FS-41 15-3), tal como se utiliza en los ejemplos divulgados, la corriente de cortocircuito puede variar en un 0,04%/°C en comparación con la corriente de cortocircuito en condiciones de prueba normalizadas a 25°C. En comparación, una potencia máxima de salida del panel PV FS41 13-3 de los

ejemplos puede cambiar en un 0,28%/°C en comparación con las condiciones de prueba normalizadas a 25°C. En general, otros paneles y módulos fotovoltaicos tienen una temperatura similar tendencia dependiente de la corriente de cortocircuito y la potencia máxima. Por lo tanto, por ejemplo, la medición de la corriente de cortocircuito puede proporcionar una indicación más precisa del nivel de suciedad, así como ayudar a simplificar los circuitos necesarios para detectar el nivel de suciedad.

En los ejemplos, la corriente de cortocircuito medida del panel fotovoltaico 22 que se relaciona con un nivel de suciedad del panel 22 se compara con una corriente de cortocircuito esperada del panel fotovoltaico 22 calculada a partir de la salida del piranómetro 24 basada en la señal de irradiación. De manera más general, como se ha mencionado anteriormente, en los ejemplos, el aparato de detección de ensuciamiento es operable para comparar la salida eléctrica medida del panel fotovoltaico en la condición de funcionamiento predeterminada, como la corriente de cortocircuito del panel fotovoltaico 22, con el valor de salida de referencia, por ejemplo, del piranómetro 24, a fin de generar un valor de comparación. En los ejemplos, el valor de comparación puede utilizarse para determinar si puede emitirse una señal de limpieza u otra señal relacionada con un nivel de suciedad, como se describirá con más detalle más adelante.

La figura 11 es un diagrama esquemático de una trayectoria de la señal de salida del microcontrolador utilizado en el aparato de detección de suciedad según ejemplos divulgados. En el ejemplo que se muestra en la figura 11, el pin 1 PBO (XCK/TO) y el pin 11 GND del microcontrolador son operables para emitir una primera señal lógica, por ejemplo, en dependencia de un nivel lógico del microcontrolador 36 basado en el valor de comparación. En los ejemplos, la primera señal lógica es de 0V o 5V aunque se apreciará que se pueden utilizar otras señales lógicas adecuadas. En los ejemplos, los pines 1 y 11 del microcontrolador 36 pueden conectarse de forma operativa al segundo relé 50a para permitir que se genere la primera señal de salida 50a. En los ejemplos, la primera señal de salida 50a es operable para ser emitida cuando el valor de comparación es mayor que el valor umbral de limpieza.

En los ejemplos, el pin 2 PB1 (T1) y el pin 11 GND del microcontrolador son operables para emitir una segunda señal lógica, por ejemplo, en dependencia de un nivel lógico del microcontrolador 36 basado en el valor de comparación. En los ejemplos, la segunda señal lógica es de 0V o 5V aunque se apreciará que se pueden utilizar otras señales lógicas

adecuadas. En los ejemplos, los pines 2 y 11 del microcontrolador 36 pueden conectarse de forma operativa al tercer relé 52 para permitir que se genere la segunda señal de salida 52a. En los ejemplos, la segunda señal de salida 52a es una señal de advertencia que indica que, por ejemplo, puede ser necesario un evento de limpieza pronto. En los
5 ejemplos, la señal de aviso es operable para ser emitida cuando el valor de comparación se encuentra entre un valor umbral de aviso y el valor umbral de limpieza. En los ejemplos, el valor umbral de aviso es inferior al valor umbral de limpieza. En otros ejemplos, la señal de advertencia puede omitirse y el tercer relé 52 no se utiliza.

En los ejemplos, el pin 3 PB2 (AIN0/INT2) y el pin 11 GND del microcontrolador son
10 operables para emitir una tercera señal lógica, por ejemplo, en dependencia de un nivel lógico del microcontrolador 36 basado en el valor de comparación. En los ejemplos, la tercera señal lógica es de 0V o 5V aunque se apreciará que se pueden utilizar otras señales lógicas adecuadas. En los ejemplos, los pines 3 y 11 del microcontrolador 36 pueden conectarse de forma operativa al cuarto relé 54 para permitir que se genere la tercera señal
15 de salida 54a. En los ejemplos, la tercera señal de salida 54a es operable para ser emitida cuando el valor de comparación es menor o igual al valor umbral de limpieza. En los ejemplos, la tercera señal de salida 54a es una señal inactiva, por ejemplo, para indicar que el panel fotovoltaico no necesita limpieza. En los ejemplos en que se aplica una señal de advertencia, la tercera señal de salida 54a se emite cuando el valor de comparación es
20 inferior al valor umbral de limpieza y también inferior al valor umbral de advertencia. Por lo tanto, por ejemplo, la señal latente puede permitir a un operador de planta fotovoltaica determinar que un evento de limpieza no necesita ser programado y, por lo tanto, puede ayudar a mejorar la eficiencia de la programación de los eventos de limpieza.

Aunque los pines 1, 2, 3 y 11 han sido descritos con referencia a la primera, segunda y
25 tercera señal de salida 50a, 52a y 54a respectivamente, se apreciará que podrían utilizarse otros pines adecuados del microcontrolador. También se apreciará que la señal de inactividad, la señal de limpieza y la señal de advertencia pueden generarse de otras maneras adecuadas. Además, en los ejemplos, una o más de la primera señal de salida 50a, la segunda señal de salida 52a y la tercera señal de salida 54a pueden utilizarse para
30 formar un camino de corriente entre la batería y un elemento de señal como una lámpara o un elemento de salida de audio como un altavoz o un zumbador piezoeléctrico a través del camino de corriente 57 con la batería 46.

La figura 12 es un diagrama esquemático de conexión del circuito de regulación de voltaje al sensor de luz 44 utilizado en el aparato de detección de suciedad 20 según ejemplos divulgados. Como ya se ha mencionado, en los ejemplos el aparato de detección de suciedad comprende un sensor de luz 44. En los ejemplos, el sensor de luz 44 es operable para detectar un nivel de iluminación de la luz que incide en el sensor de luz 44. En ejemplos, el apparatus 20 es operable para realizar la detección del nivel de ensuciamiento cuando el nivel de iluminación es más grande que un nivel de iluminación umbral. En los ejemplos, el sensor de luz 44 comprende el interruptor del sensor de luz, modelo AS-20 fabricado por Atoplee. En los ejemplos, el nivel de iluminación umbral puede ser tal que la detección del ensuciamiento se realice durante el día, por ejemplo.

En los ejemplos, el circuito de detección de suciedad comprende el interruptor 56. En los ejemplos, el interruptor 56 está conectado de forma operativa entre el regulador de voltaje 40 y el sensor de luz 44, aunque se apreciará que son posibles otras configuraciones de cableado. En los ejemplos, el interruptor 56 es operable para proporcionar una anulación manual de modo que un ciclo de detección de suciedad pueda realizarse a instigación de un usuario. En el ejemplo, el interruptor 56 comprende un conmutador como un conmutador de la serie ST fabricado por Carling Technologies. Sin embargo, se apreciará que se pueda utilizar cualquier tipo de interruptor adecuado. En los ejemplos, el interruptor 56 permite la activación o desactivación manual de la medición de detección de suciedad. En los ejemplos, como se ilustra en la figura 12, el regulador de voltaje 40 puede estar en conexión eléctrica con el microcontrolador 36 (por ejemplo, al pin 10 VCC y al pin 30 AVCC) a través del sensor de luz 44 y el interruptor 56 para poder proporcionar energía al microcontrolador 36. Sin embargo, se podrían utilizar otras disposiciones de conexión adecuadas para poder proporcionar energía al microcontrolador 36.

Como ya se ha mencionado, en los ejemplos, la batería 46 está dispuesta para poder proporcionar energía al aparato. En los ejemplos, el panel fotovoltaico 22 puede estar en conexión eléctrica con la batería 46 para poder cargar la batería 46. En los ejemplos, el panel fotovoltaico 22 está en conexión eléctrica con la batería 46 a través del controlador de carga 42 para poder cargar la batería 46. En los ejemplos, el controlador de carga 42 es operable para controlar una fijación de carga de la batería 46, por ejemplo, controlando una tasa de carga del panel fotovoltaico 22 a la batería 46. En los ejemplos, el controlador de carga es un 12V-3A modelo Star03 fabricado por Lumiax, aunque se apreciará que se puedan utilizar otros tipos de controlador de carga. En los ejemplos, el circuito de detección de suciedad es operable para realizar la detección de suciedad en dependencia de una

señal de control de detección de suciedad, por ejemplo, generada por el microcontrolador. En los ejemplos, se puede suministrar energía al microcontrolador 36 desde la batería 46, por ejemplo, utilizando un circuito de regulación de voltaje adecuado. Sin embargo, en otros ejemplos, el microcontrolador puede alimentarse de cualquier otra fuente de energía adecuada, como una batería de 9 V o una red eléctrica regulada. Sin embargo, el uso de una o más baterías puede permitir que el aparato 20 funcione en lugares remotos sin una infraestructura de apoyo externa.

En los ejemplos, el panel fotovoltaico 22 es operable para cargar la batería 46 cuando no se realiza la detección de suciedad. En los ejemplos, se realiza un ciclo de detección de suciedad a intervalos sustancialmente regulares, como se describe con más detalle más adelante. En otras palabras, más generalmente en los ejemplos, el aparato 20 es operable para medir la producción eléctrica del panel fotovoltaico a intervalos de tiempo predeterminados para detectar un nivel de suciedad del panel fotovoltaico 22. En los ejemplos, el aparato 20 es operable para medir la producción eléctrica del panel fotovoltaico 22 durante una duración predeterminada.

Como ya se ha mencionado, en los ejemplos, el circuito de detección de ensuciamiento comprende un primer relé 48 que está conectado operativamente al piranómetro 24, al microcontrolador 36, al panel fotovoltaico 22 y al controlador de carga 42. En los ejemplos, el primer relé 48 es un relé de doble polo y bipolar (DPDT) como un relé de 5V, 8 pines, número de modelo JW2SN-DC5V fabricado por Panasonic. Sin embargo, se apreciará que se puedan utilizar otros tipos de relés. En los ejemplos, el primer relé 48 comprende una bobina compuesta por un par de terminales de bobina, un primer conjunto de contactos de relé y un segundo conjunto de contactos de relé. En los ejemplos, el primer conjunto de contactos de relé comprende un primer terminal común, un primer terminal normalmente abierto y un primer terminal normalmente cerrado, en los que la corriente puede fluir entre el primer terminal común y el primer terminal abierto o el primer terminal normalmente cerrado, dependiendo de si la bobina está energizada (la corriente fluye a través de la bobina). En los ejemplos, el segundo conjunto de contactos de relé comprende un segundo terminal común, un segundo terminal normalmente abierto y un segundo terminal normalmente cerrado, en los que la corriente puede fluir entre el segundo terminal común y el segundo terminal abierto o el segundo terminal normalmente cerrado, dependiendo de si la bobina está activada (corriente que fluye a través de la bobina). En otras palabras, por ejemplo, el primer relé 48 puede funcionar como un relé de doble polo de tipo bipolar.

En los ejemplos, el microcontrolador 36 está conectado de forma operativa a la bobina para poder activar la bobina y así poder conmutar el primer relé 48. En los ejemplos, la señal de control de detección de suciedad comprende una señal de control de relé. En los ejemplos, los terminales de la bobina están conectados de forma operativa al pin 11 GND y al pin 4 PB3 (AIN1/OCO) de manera que la bobina pueda ser energizada por la señal de control del relé, como una señal de salida de 5V del microcontrolador 36, por ejemplo, para permitir que el aparato de detección de suciedad realice la detección de suciedad o controle la medición de la detección de suciedad.

En los ejemplos, el primer terminal común está conectado eléctricamente a un terminal eléctrico del panel fotovoltaico 22, y la resistencia en derivación 38 está conectada eléctricamente al primer terminal normalmente abierto, de modo que la corriente puede fluir a través de la resistencia en derivación 38 cuando la bobina se energiza, por ejemplo, en respuesta a la señal de control del relé que emite el microcontrolador. En los ejemplos, el piranómetro 24 está conectado de manera operativa a los pines 40 y 31 del microcontrolador 36, como se indica en el ejemplo de la figura 10, a través del segundo terminal común y el segundo terminal normalmente abierto, de manera que el piranómetro 24 puede estar en conexión eléctrica con el microcontrolador 36 cuando la bobina del primer relé 48 se energiza, por ejemplo, en respuesta a la señal de control del relé del microcontrolador 36. En los ejemplos, el primer terminal normalmente cerrado está conectado de manera operativa al controlador de carga 42, de manera que la batería 46 puede cargarse cuando la bobina no está energizada, por ejemplo, cuando no se realiza la detección de suciedad. En los ejemplos, el segundo terminal normalmente cerrado no está conectado. En otras palabras, en los ejemplos, el circuito de detección de suciedad es operable para realizar la detección de suciedad en función de la señal de control del relé.

En otros ejemplos, el piranómetro 24 y la resistencia en derivación 38 podrían conectarse de manera operativa al terminal normalmente cerrado del relé 48, y el controlador de carga 42 conectado a un terminal normalmente abierto para poder cargar la batería 46 cuando la bobina esté energizada. Sin embargo, se apreciará que se puedan utilizar otras disposiciones de conexión.

En otros ejemplos, se puede omitir la conexión al controlador de carga 42 y utilizar otras disposiciones para cargar la batería 46. Además, se apreciará que la batería 46 podría ser

omitida con las modificaciones apropiadas para las señales de salida del microcontrolador 36, tales como las señales de salida 50a, 52a y 54a.

5 En los ejemplos, el aparato 20 es operable para evaluar el impacto del ensuciamiento en la producción de los paneles fotovoltaicos basándose en el valor de comparación y la corriente de cortocircuito medida. Esto puede ayudar al operador de una planta fotovoltaica a predecir la producción de energía de la planta con mayor precisión y, por lo tanto, puede ayudar a la gestión de la red eléctrica, la distribución de energía y la predicción de beneficios.

10 Se apreciará que cuando se mencione un panel o paneles fotovoltaicos, se podrán utilizar uno o más módulos fotovoltaicos en lugar o en combinación con uno o más paneles fotovoltaicos. También se apreciará que un panel o paneles fotovoltaicos puedan comprender uno o más módulos fotovoltaicos, según proceda. También se apreciará que el panel o paneles fotovoltaicos de ejemplos de la divulgación podrían tener cualquier configuración física apropiada, como tener una superficie receptora de luz sustancialmente plana, o una superficie receptora de luz curva, por ejemplo.

20 El aparato de los ejemplos de la divulgación puede permitir una fácil integración con las plantas fotovoltaicas existentes, así como poder ser utilizados como una unidad autónoma, por ejemplo, para determinar si un sitio es adecuado para una planta fotovoltaica. Además, pueden utilizarse diferentes tipos de paneles fotovoltaicos como panel fotovoltaico de referencia (como el panel fotovoltaico 22), con el microcontrolador 36 programado según proceda. En otras palabras, por ejemplo, el aparato de la divulgación puede ayudar a proporcionar una forma más flexible y fácilmente adaptable de determinar el nivel de suciedad de un panel fotovoltaico.

25 Aunque en el presente documento se han descrito diversos ejemplos, éstos se proporcionan únicamente a título de ejemplo y muchas variaciones y modificaciones de tales ejemplos serán evidentes para la persona capacitada y se inscribirán en el espíritu y el alcance de la presente invención, que se define en las reivindicaciones anexas y sus equivalentes.

REIVINDICACIONES

1.- Aparato de detección de suciedad, para detectar un nivel de suciedad de un panel fotovoltaico, el aparato comprendiendo:

5 un panel fotovoltaico adaptado para generar una salida eléctrica en respuesta a la luz que incide en el panel y en función del nivel de suciedad del panel fotovoltaico;

un piranómetro adaptado para generar una señal de irradiación que se relaciona con un nivel de irradiación de la luz que incide en el piranómetro, estando el piranómetro posicionado con respecto al panel fotovoltaico de manera que el panel fotovoltaico y el piranómetro puedan recibir sustancialmente el mismo nivel de radiación solar que el otro;

10 unos medios de cálculo adaptados para calcular un valor de salida de referencia de la señal de irradiación que se relaciona con una salida eléctrica ideal del panel fotovoltaico en una condición de funcionamiento predeterminada;

unos medios de medida adaptado para medir la salida eléctrica del panel fotovoltaico en la condición de funcionamiento predeterminada;

15 unos medios de comparación adaptados para comparar la salida eléctrica medida del panel fotovoltaico en la condición de funcionamiento predeterminada con el valor de salida de referencia a fin de generar un valor de comparación; y

unos medios de salida adaptados para emitir una señal de limpieza cuando el valor de comparación es mayor que un valor umbral de limpieza.

20 2.- Aparato de detección de suciedad, según la reivindicación 1, en el que los medios de salida están adaptados para producir una señal latente cuando el valor de comparación es menor o igual al valor umbral de limpieza.

25 3.- Aparato de detección de suciedad, según la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en el que los medios de salida están adaptados para emitir una señal de advertencia cuando el valor de comparación se encuentra entre un valor umbral de advertencia y el valor umbral de limpieza.

4.- Aparato de detección de suciedad, según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la condición de funcionamiento predeterminada es una corriente de cortocircuito del panel fotovoltaico.

5 5.- Aparato de detección de suciedad, según la reivindicación 4, que comprende una resistencia de derivación dispuesta para ser conectada entre los terminales de salida del panel fotovoltaico, en el que los medios de medición están adaptados para medir la corriente de cortocircuito por conexión a través de la resistencia de derivación.

10 6. Aparato de detección de suciedad, según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende una batería dispuesta para poder proporcionar energía al aparato, en el que el panel fotovoltaico puede estar en conexión eléctrica con la batería para poder cargar la batería.

15 7.- Aparato de detección de suciedad, según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende un sensor de luz adaptado para detectar un nivel de iluminación de la luz incidente en el sensor de luz, en el que el aparato está adaptado para realizar la detección del nivel de suciedad cuando el nivel de iluminación es mayor un nivel umbral de iluminación.

8.- Aparato de detección de suciedad, según la reivindicación 7 cuando depende de la reivindicación 6, en la que el panel fotovoltaico está adaptado para cargar la batería cuando no se realiza la detección de suciedad.

20 9.- Aparato de detección de suciedad, según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el aparato está adaptado para medir la salida eléctrica del panel fotovoltaico a intervalos de tiempo predeterminados para detectar un nivel de suciedad del panel fotovoltaico.

25 10.- Aparato de detección de suciedad, según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el aparato está adaptado para medir la salida eléctrica del panel fotovoltaico durante una duración predeterminada.

11.- Aparato de detección de suciedad, según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el panel fotovoltaico comprende una pluralidad de células fotovoltaicas de lámina delgada.

5 12.- Aparato de detección de suciedad, según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que:

el aparato está adaptado para generar una señal de clasificación en función del valor de comparación; y

10 la señal de clasificación se relaciona con una salida prevista de uno o más paneles fotovoltaicos que tengan sustancialmente el mismo nivel de suciedad que el panel fotovoltaico del aparato.

15 13.- Planta fotovoltaica, que comprende una pluralidad de paneles fotovoltaicos para la generación de electricidad, la planta fotovoltaica comprendiendo un aparato de detección de suciedad según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que el aparato de detección de suciedad se coloca con respecto a uno o más paneles fotovoltaicos de la planta fotovoltaica de manera que reciba sustancialmente la misma suciedad que uno o más paneles fotovoltaicos de la planta fotovoltaica.

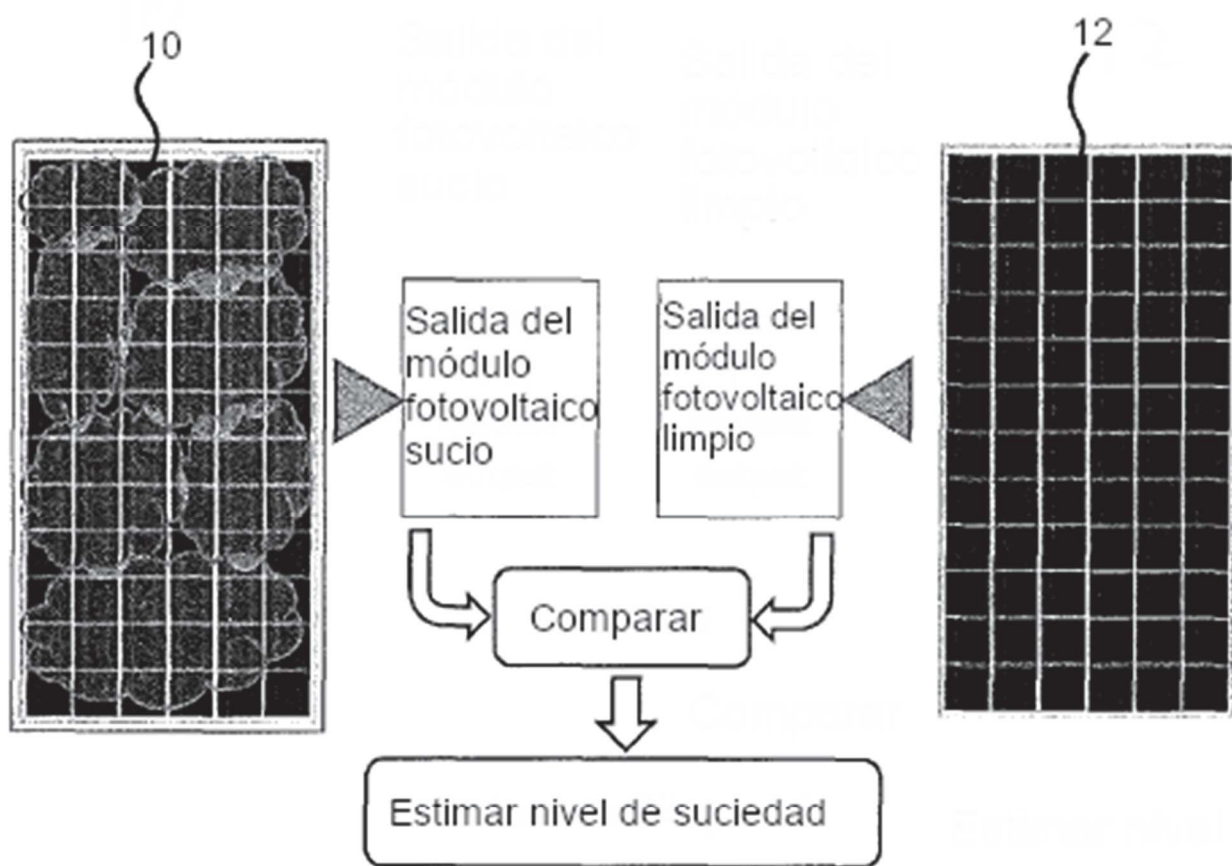


FIG. 1

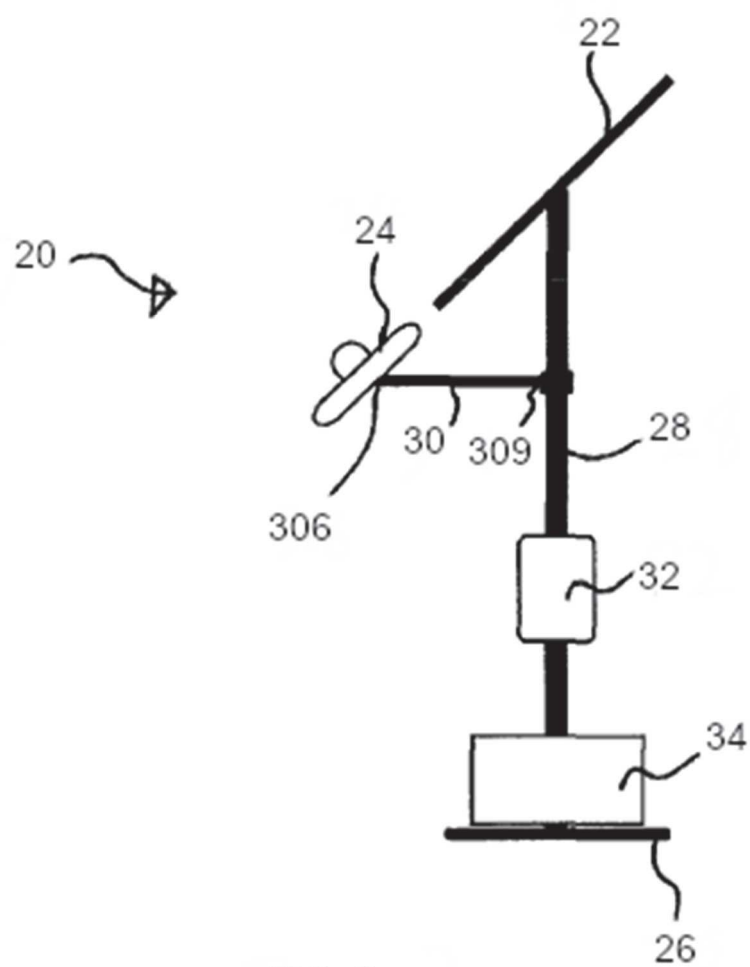
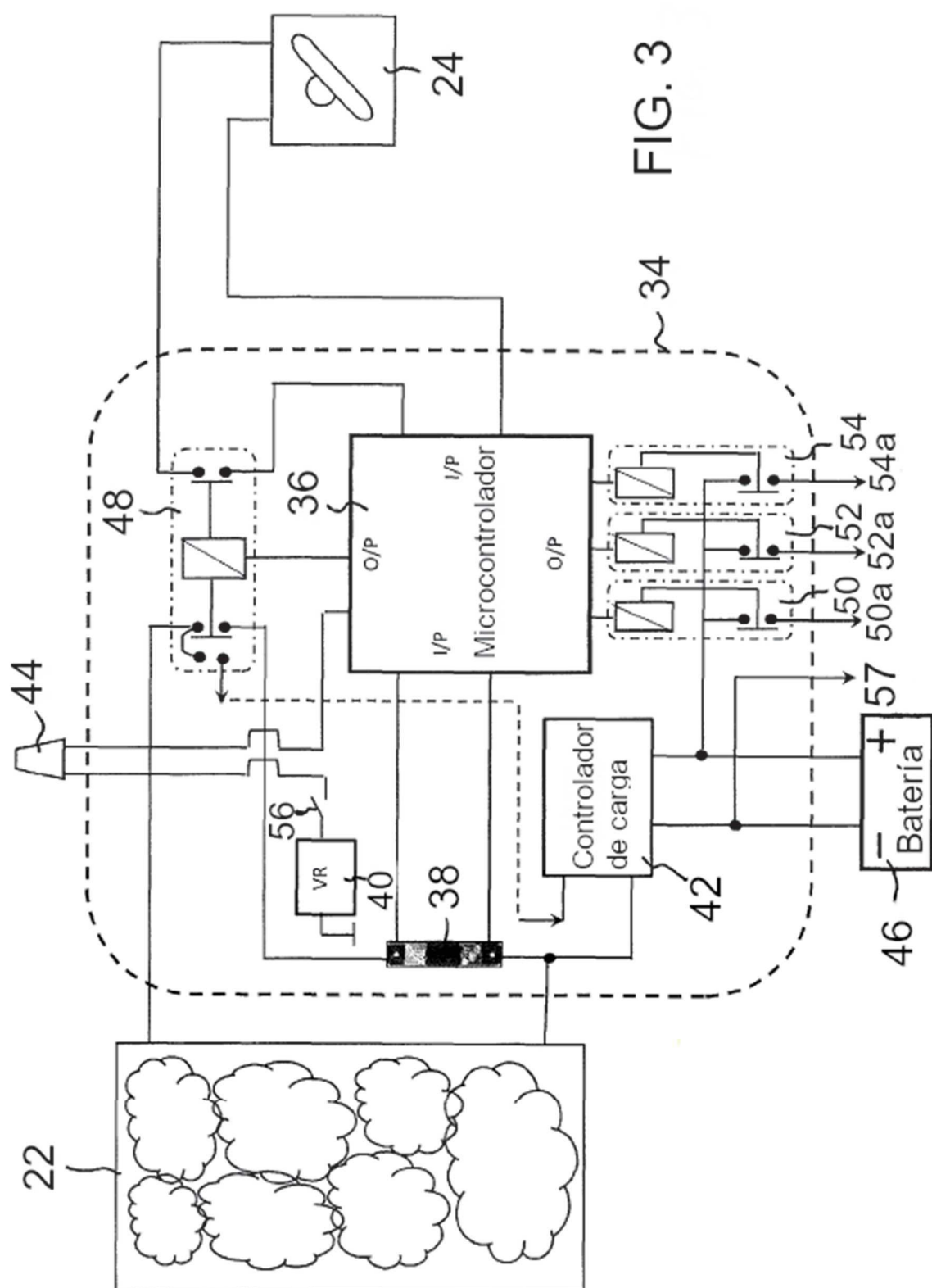


FIG. 2



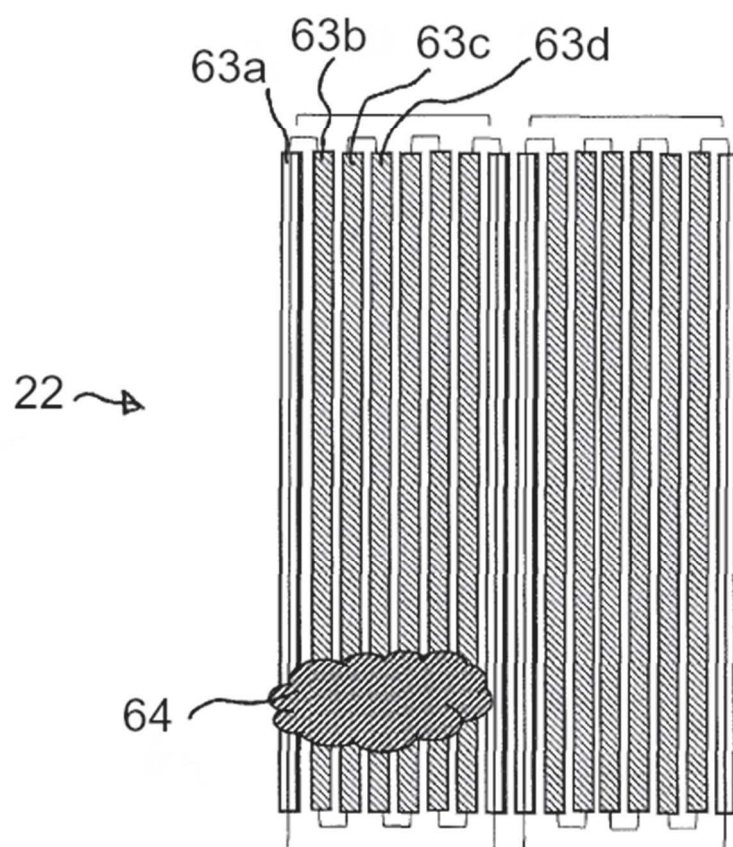
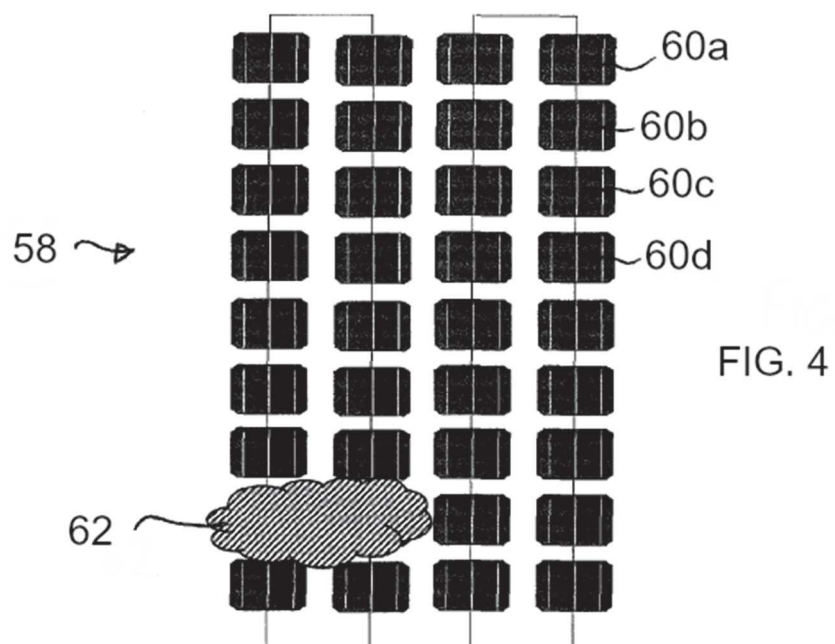


FIG. 5

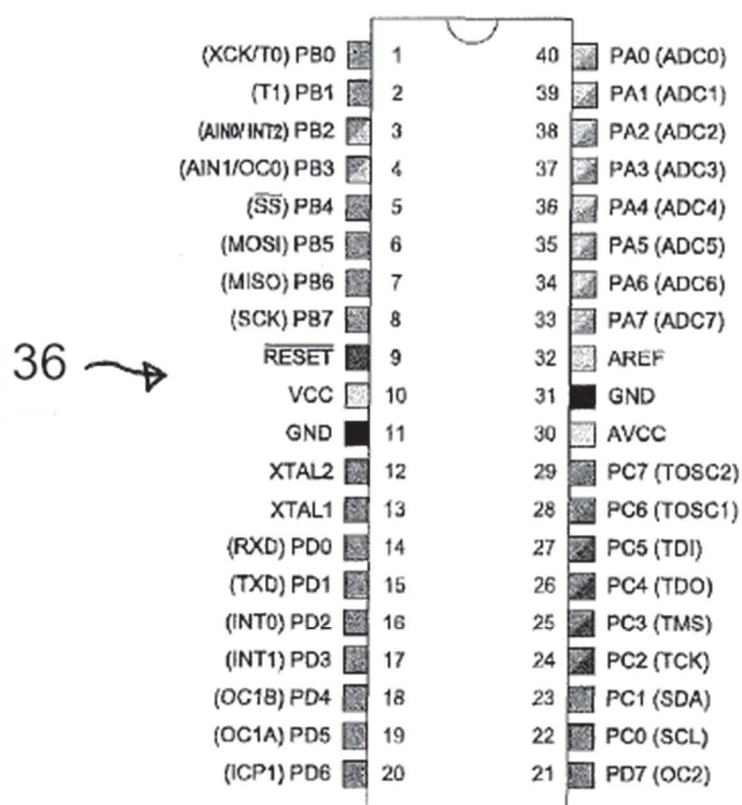


FIG. 6

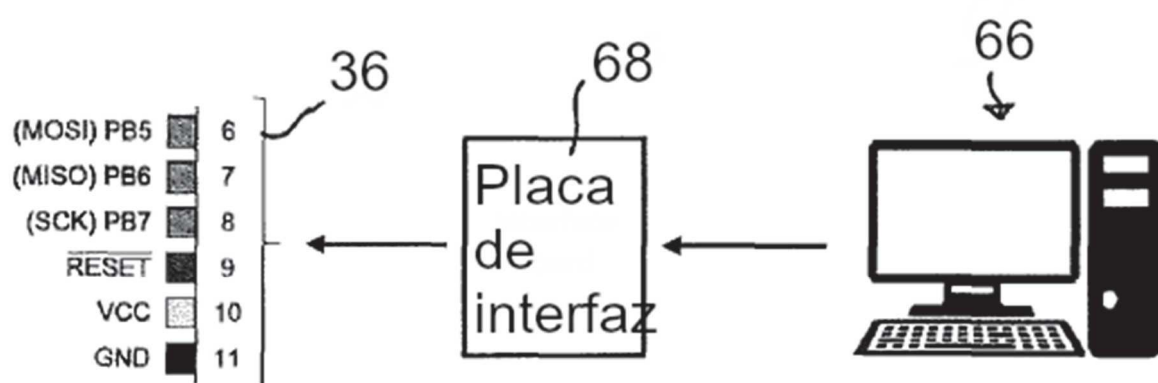


FIG. 7

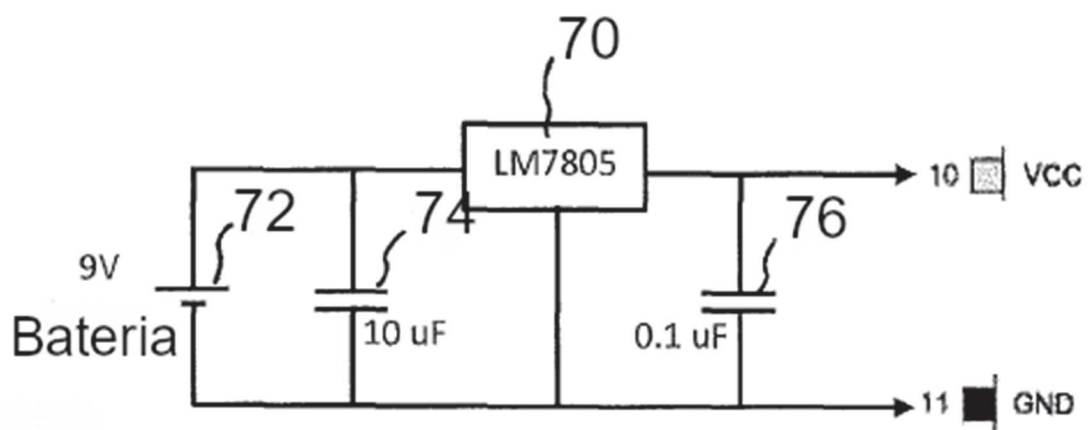


FIG. 8

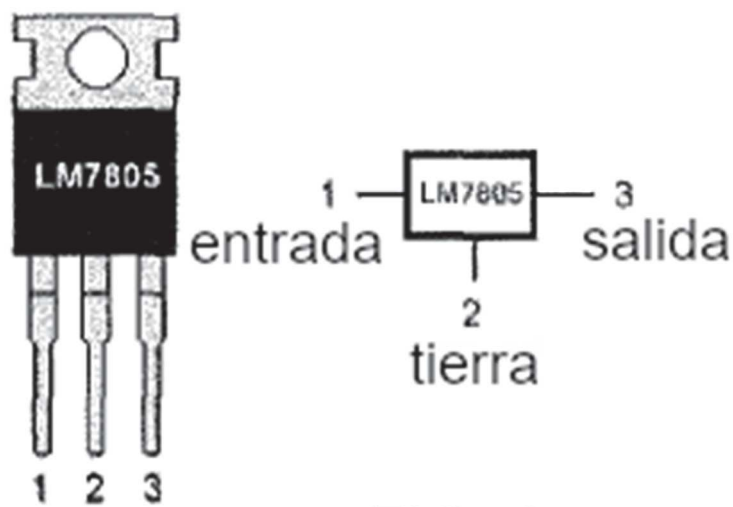


FIG. 9

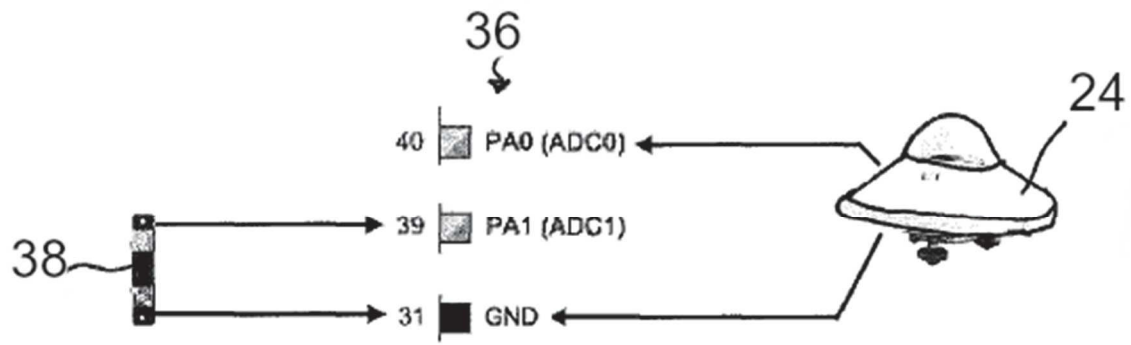


FIG. 10

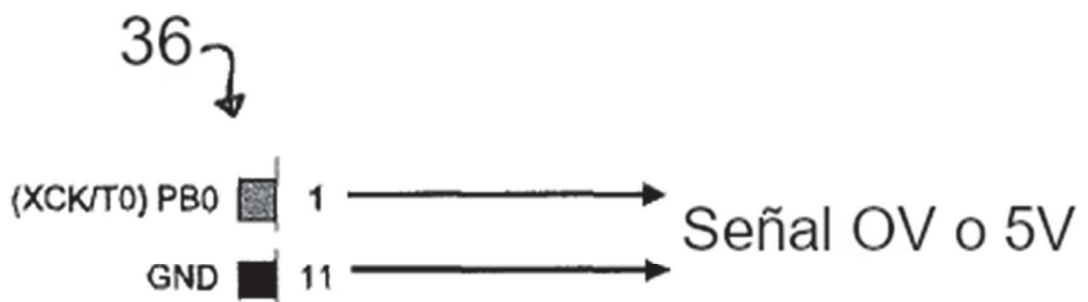


FIG. 11

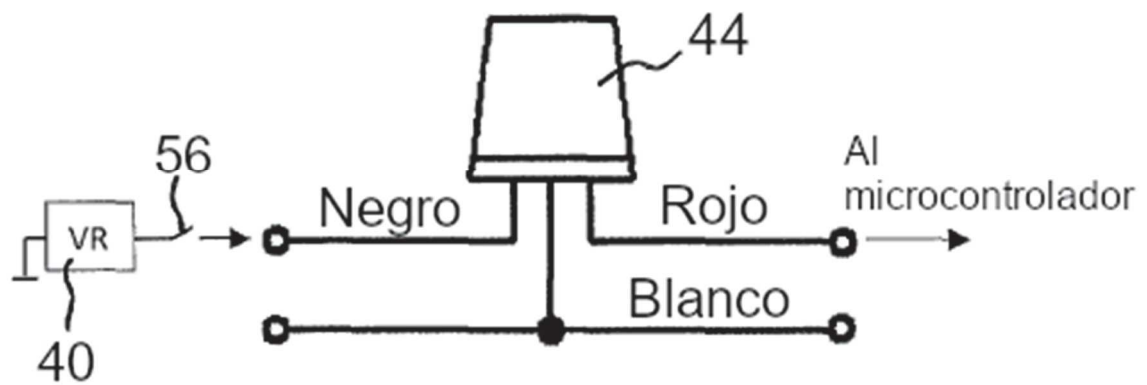


FIG. 12