(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 540 548**

(51) Int. CI.:

H05B 33/08 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.10.2010 E 10771592 (2)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.03.2015 EP 2520134**

(54) Título: **Sistema de iluminación LED**

(30) Prioridad:

08.10.2009 US 249858 P

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
10.07.2015

(73) Titular/es:

DELOS LIVING, LLC (100.0%)
54 Thompson Street, 4th Floor
New York, NY 10012, US

(72) Inventor/es:

FONTECCHIO, ADAM K.;
SHELDON, DONALD y
EISELE, ERIC JON

(74) Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Sistema de iluminación LED

ANTECEDENTES DE LA INVENCIÓN

1. CAMPO DE LA INVENCIÓN

La presente invención se refiere en general al sector de los dispositivos de iluminación y, más particularmente, a un sistema y método de control de aparatos de iluminación para coordinar planificaciones precisas de brillo y color para asimilarse bastante a la luz solar en un día nublado en característica espectrales.

2. DESCRIPCIÓN DE LA TÉCNICA RELACIONADA

Con la creciente demanda de una iluminación energéticamente eficiente, las nuevas tecnologías de iluminación tales como los LED ofrecen diferentes oportunidades debido a sus colores personalizables y precisión en el control. A medida que el mercado de la iluminación blanca por LED crece, el avance en las técnicas de vanguardia conlleva una integración ininterrumpida de la luz artificial con la luz natural y la iluminación saludable mediante una iluminación dinámica.

Un nicho particular de tal diseño y control de LED es la generación de luz solar artificial por diferentes razones, especialmente para el tratamiento de enfermedades humanas, por ejemplo trastornos en el ritmo circadiano, trastorno afectivo estacional, condiciones del trabajo a turnos, etc.

El documento US 7.573.210 se refiere a un sistema para el control de la cromaticidad y de la salida del flujo luminoso de una luminaria controlada digitalmente.

La patente de U.S. Nº 6.350.275 (Vreman et al.) se refiere a un par de gafas personales con LED incorporados a 3 cm del ojo que dirigen luz roja y azul a los ojos del usuario para tratar trastornos del ritmo circadiano. No obstante, esta invención está limitada a un usuario, debe llevarse durante el periodo de trabajo y no simula la luz solar natural.

Las patentes que siguen proponen métodos similares de tratamiento de los trastornos del ritmo circadiano, pero en los que no se replican condiciones de luz solar natural, implican un dispositivo portátil o que se puede llevar puesto, implican periodos de tratamiento que son intermitentes y requieren que el paciente se acople con el dispositivo, o implican propiedades cromáticas de luz de tratamiento que no están definidas: Patentes de U.S. Nº 5.503.637 (Kyricos et al.), 6.053.936 (Koyama et al.), 5.197.941 (Whitaker), 5,545,192 (Czeisler et al.), 5.176.133 (Czeisler et al.) y 5.304,212 (Czeisler et al.).

Ejemplos de otros sistemas de control de la iluminación se mencionan a continuación:

La Patente de U.S. Nº 7.014.336 (Ducharme et al.) se refiere a los circuitos activos con un mecanismo de retroalimentación para leer la luz en la habitación y ajustarla activamente. En particular, la invención se refiere específicamente a los aparatos de iluminación variables con la temperatura del color pero sin estar relacionados con una región específica de la curva del cuerpo negro o con el diagrama de cromaticidad. Tampoco parece enseñar o sugerir un método para ajustar automáticamente la temperatura y el brillo del color de los aparatos de iluminación sin intervención del usuario.

La patente de U.S. Nº 7.213.940 (Van De Ven et al.) implica reducir la luz con coordenadas específicas (atenuación y retroalimentación) utilizando diferentes familias de emisores de LED y ajustes para la salida específica a temperatura de color constante en detrimento del brillo. Esta patente es también un sistema incorporado estático con controles dentro del aparato. Esta invención se refiere a una temperatura de color variable, ajustable en el tiempo mediante controles activos. En particular, la invención implica un cuadro delimitador específico de 5 lados en el diagrama de cromaticidad CIE (Comisión internacional de la iluminación – Commission Internationale de l'Eclairage, en francés) 1931. Esta especifica que un primer grupo de elementos de iluminación debe tener coordenadas de cromaticidad en un primer punto (definido) y un segundo grupo debe tener coordenadas que se encuentren dentro del cuadro definido. Adicionalmente, esta patente se refiere a un aparato de iluminación que produce una temperatura de color fija.

La Patente de U.S. Nº 7.354.172 (Chemel et al.) se refiere a proporcionar condiciones de iluminación basadas en una gama de colores de referencia común para muchas unidades de iluminación en una red que utiliza LED de luz blanca y monocromática. Esta patente no define específicamente la gama de colores o los colores o las coordenadas de cromaticidad en las que opera el aparato, y no parece enseñar o sugerir un medio mediante el cual el brillo y el color cambian autónoma y dinámicamente con el tiempo.

La Patente de U.S. Nº 6.459.919 (Lys et al.) describe la iluminación de tejidos vivos en los que parámetros de luz conocidos se refieren a una condición del tejido vivo. Esto se explica en el contexto de la utilización de la luz para la identificación de características anormales y de condiciones patológicas de tejidos, materia viva y otros materiales. Las aplicaciones terapéuticas mencionadas en los antecedentes se extienden solo a métodos diagnósticos y no

parecen enseñar o sugerir la utilización de condiciones de iluminación para la estimulación de una respuesta biológica.

La Patente de U.S. Nº 6.441.558 (Muthu et al.) se refiere a un aparato que emplea LED rojo, verde y azul y un mecanismo de control de manera que el aparato produce una temperatura del color y un brillo constantes.

La Patente de U.S. Nº 6.340.868 (Lys et al.) se refiere a unidades de iluminación en una red capaz de recibir órdenes de actuación y controles para el control de una pluralidad de LED en cada unidad. No obstante, esta invención no se refiere a métodos mediante los cuales se cambian las condiciones de iluminación (es decir, planificaciones de color), a regiones cromáticas específicas que los aparatos recrean o a métodos para asegurar la consistencia del color (es decir, bucles de retroalimentación o sensores).

La patente de U.S. Nº 7,173,384 (Plotz et al.) se refiere a la recreación de una región predeterminada en un diagrama de cromaticidad CIE que utiliza canales de ancho de impulso de LED rojos, verdes y azules dispuestos en canales de hasta seis.

La Patente de U.S. Nº 7.067.995 (Gunter et al.) describe el uso de un sensor de temperatura y de calibraciones, junto con almacenamiento de datos de calibración del sensor en varias temperaturas de referencia como medio para corregir las fluctuaciones de color relacionadas con el estado térmico de los LED.

La Patente de U.S. Nº 6.992.803 (Chang) se refiere a un mecanismo de retroalimentación que calcula las coordenadas de cromaticidad de cada elemento de iluminación en un aparato de iluminación para calcular las condiciones de operación adecuadas necesarias para reproducir una coordenada de cromaticidad específica.

La Patente de U.S. Nº 6.683.419 (Kriparos) describe un método mediante el cual unos LED, con curvas lineales de atenuación – brillo, imitan bombillas incandescentes, que tienen curvas exponenciales de atenuación – brillo. La invención implica la relación atenuación - brillo en un aparato de LED y no parece enseñar o sugerir cambio de color con el nivel de atenuación.

La Patente de U.S. Nº 7.327.337 (Callahan) implica a una serie de dispositivos de iluminación conectados a una conexión de alimentación de dos hilos en la cual las señales de modulación del color son transmitidas a través de la conexión de alimentación y desmoduladas en el dispositivo de iluminación.

La Patente de U.S. Nº 6.806.659 (Mueller et. al.) cubre una red de control de iluminación para luminarias de LED, así como varios aparatos de iluminación de LED para diferentes aplicaciones. Véase también la Publicación de Patente de U.S. Nº 20040178751 (Mueller et al.).

La Patente de U.S. Nº 4.962.687 (Belliveau et al.) se refiere a colores variables en un sistema de iluminación, conseguidos mediante circuitos de atenuación dentro de los aparatos. No parece cubrir regiones cromáticas específicas proporcionadas utilizando un bucle de retroalimentación de control.

La Patente de U.S. Nº 5.350.977 (Hamamoto et al.) se refiere a un aparato de temperatura variable del color y no incorpora un medio de cambio autónomo y dinámico de la temperatura y o brillo del color con respecto a la hora del día o la ubicación geográfica.

La Patente de U.S. Nº 5.357.170 (Luchaco et al.) reivindica un sistema de control en el que pueden cambiarse condiciones preestablecidas por el ocupante moviendo un miembro o control deslizante para cambiar los niveles máximos de brillo del sistema. Esta patente no parece resolver la modulación del color en el tiempo o las programaciones o programas de iluminación.

La Patente de U.S. Nº 7.288.902 (Melanson) se refiere en primer lugar a un aparato de iluminación con dos únicos elementos de iluminación, poseyendo cada uno de ellos una temperatura de color fija, que son entonces atenuados a diferentes relaciones con respecto al nivel de atenuación de alimentación de CA para conseguir una temperatura de color variable con el nivel de atenuación. Esta patente reivindica solo LED “blancos” y “amarillos”, y no parece enseñar o sugerir las relaciones o la región cromática específica proporcionadas por el dispositivo de iluminación. Esta patente tampoco parece enseñar o sugerir ningún método mediante el cual un sistema de control puede interactuar con un aparato, o ningún método mediante el cual el brillo y la temperatura del color puedan ser controlados de manera independiente.

La Patente de U.S. Nº 6.720.745 (Lys et al.) describe el uso del estándar RS-485 para controlar una pluralidad de dispositivos de LED.

La Patente de U.S. Nº 7.215.086 (Maxik) presentada se refiere a la integración de los diseños de aparatos en los circuitos de Lutron para conseguir niveles de atenuación por debajo de 5 % mediante modulación de impulso. Esta invención utiliza una onda cuadrada que ha sido explicada en la técnica anterior.

La Patente de U.S. Nº 5.193.900 (Yano et al.) describe un dispositivo que detecta la luz natural y acciona mecánicamente un filtro en una fuente de luz artificial.

La Patente de U.S. Nº 6.554.439 (Telcher et al.) enseña un método de tratar los trastornos del ritmo circadiano utilizando fuentes de luz y un filtro giratorio.

La Patente de U.S. Nº 7.446.303 (Maniam et al.) describe un sensor de luz de ambiente adecuado para la determinación de las condiciones de iluminación, pero no pone en práctica un dispositivo de iluminación o un sistema de dispositivos de iluminación.

Las Patentes de U.S. Nº 7.387.405 y 7.520.634 (Ducharme et al.) pertenecen a un sistema de dispositivos de iluminación capaces de producir un amplio rango de condiciones de iluminación; no obstante, no utilizan una colección específica de al menos tres elementos de iluminación de una cromaticidad característica (como se describe en la presente aplicación, como se explicará en lo que sigue), y no enseñan un método mediante el cual el usuario puede prescribir un flujo particular de luz azul dentro de la luz blanca.

La Patente de U.S. Nº 7.319.298 (Jungwirth et al.) se refiere a un sistema de luminarias que produce luz de una cromaticidad deseada y un flujo luminoso con temperatura ambiente variable. La técnica anterior enseña un método mediante el cual la luminaria regula la cromaticidad a medida que cambia la temperatura utilizando sensores.

La Patente de U.S. Nº 5.721.471 (Begemann et al.) describe un sistema de iluminación que manipula la iluminación artificial sobre la base de las condiciones de iluminación reales, determinadas bien mediante un sensor de luz expuesto a la luz natural o bien mediante el día del calendario y la hora del día. Explica también la modificación a las condiciones de luz artificial sobre la base de una modificación a los niveles medios de iluminación diurna actuales. En contraste (como se explicará con detalle más tarde), la presente invención se refiere a un resultado deseado o a una respuesta circadiana a la generación de señales para el control de los dispositivos de iluminación y la última generación de luz artificial. Este método de introducción de datos se basa en la preferencia del usuario en lugar de en un dato introducido prescriptivo basado en una hora del día por defecto o en las condiciones de iluminación existentes para una ubicación geográfica fija. La presente invención permite al usuario realizar ajustes para el jet lag después de un viaje, mantener las condiciones de iluminación de una ubicación geográfica fija en cualquier ubicación, coordinar el ritmo circadiano a un ciclo distinto de 24 horas o especificar una respuesta o condición circadiana deseada.

La Patente de U.S. Nº 7.679.281 (Do Hyung et al.) enseña un dispositivo de iluminación con tres elementos de iluminación, dos de los cuales comprenden un chip de LED combinado con un fósforo de una composición específica y un tercer chip de LED que emite luz en el rango visible de 580 nm o más. Este tercer dispositivo de iluminación que emite luz visible de 580 nm se describe como un elemento de iluminación que produce luz de 3000 K o menos; no obstante, no se describe ninguna distribución espectral de luz específica. En contraste (y como se explicará con detalle más tarde), la presente invención se refiere a una colección de elementos de iluminación con características de cromaticidad específicas de manera que el flujo de luz azul puede ser controlado de manera precisa mediante modulación independiente de cada elemento de iluminación, aun manteniendo un índice de suministro de color alto de la luz blanca artificial. La selección de los elementos de iluminación en la presente invención puede comprender cualquier colección de elementos de iluminación que produzcan luz en las regiones de cromaticidad característica descritas en las Figuras 13a – 14b de la presente solicitud. Además, el que cualquier dispositivo de iluminación de una cromaticidad característica ilustrado en las Figuras 13 – 14b de la presente invención pueda ser utilizado para generar luz artificial de alto índice de suministro de color en el rango de 1800 – 6500 K, está dentro del alcance de la presente invención. Estos dispositivos de iluminación pueden estar compuestos por (pero no estar limitados a) chips de LED, LED combinados con fósforos, chips de LED combinados con puntos cuánticos, chips de LED combinados con cristales fotónicos, diodos emisores de luz orgánicos (OLED – Organic Light Emitting Diodes, en inglés) o dispositivos de LED poliméricos (PLED – Polymeric LED Devices, en inglés).

La Publicación de Patente de U.S. Nº 20030133292 (Mueller et al.) describe muchas aplicaciones de la iluminación variable con la temperatura del color. No se menciona la simulación de la luz diurna y el tratamiento del trastorno del ritmo circadiano.

La Publicación de Patente de U.S. Nº 20030100837 (Lys et al.) se refiere a los efectos terapéuticos logrados con los dispositivos de LED; reivindica: un sistema de LED para generar una gama de colores dentro de un espectro de colores, seleccionando de la gama de colores un conjunto de colores, por lo que el conjunto de colores produce en el paciente un efecto terapéutico. El paciente no parece identificar la gama de colores que produce el efecto terapéutico, ni parece identificar un periodo de tiempo o método de modulación de la luz para facilitar este efecto terapéutico.

Véanse también las siguientes publicaciones de patentes de U.S. relativas a los controles de la iluminación por LED: Publicación de Patente de U.S. Nº 20050253533 (Lys et al.), 20050236998 (Mueller et al.), 20050231133 (Lys),

20050218870 (Lys), 20050213353 (Lys), 20050200578 (Lee et al.), 20050151489 (Lys), 20040212321 (Lys et al.) y 20040105264 (Spero).

No obstante, independientemente de lo anterior, sigue existiendo la necesidad de un sistema y un método que genere luz blanca de espectro extendido de temperaturas de color de 1800 K a 6500 K en espacios interiores utilizando aparatos de iluminación (por ejemplo, para tratar los trastornos del ritmo circadiano) y en el que el brillo y el color cambian autónoma y dinámicamente con el tiempo y aun utilizando combinaciones de LED blancos y de LED de color. Además, sigue existiendo la necesidad de un sistema y método tal que no requiera el cálculo de coordenadas de cromaticidad sino que, por el contrario, utilice valores de calibración de salidas de sensor a temperaturas de color específicas y preferiblemente, para el control de un bucle de retroalimentación, y un algoritmo de coincidencia de color.

BREVE COMPENDIO DE LA INVENCIÓN

La invención comprende asimismo un nuevo método para el control de dispositivos de iluminación (por ejemplo, nuevos métodos de interpretar un determinado dato introducido por el usuario en señales de control que traduce a un punto específico en el lugar de la luz del día o la temperatura del color) así como un nuevo dispositivo de iluminación. Esto es importante porque los aparatos de temperatura de color variable

(por ejemplo, los mostrados en la técnica anterior) están diseñados para ser controlados, operados o programados por diseñadores de iluminación o usuarios avanzados. Como se explicará con detalle en lo que sigue, la presente invención incorpora métodos mediante los cuales datos simples introducidos se traducen en señales apropiadas para el control de un dispositivo de iluminación de múltiples canales. Estos datos simples introducidos pueden comprender

1) nivel de atenuación;
2) nivel de atenuación y nivel de la temperatura del color;
3) hora del día;
4) zona horaria;
5) ubicación geográfica;
6) respuesta circadiana deseada;
7) actividad actual (por ejemplo, sueño, lectura, trabajo, estudio, comida, descanso, etc.); y
8) ángulo del sol.

Estas informaciones pueden ser introducidas manualmente en el sistema o pueden ser introducidas automáticamente en el sistema a partir de sensores (por ejemplo, relojes, sistemas de localización global, etc.).

Otro dato introducido a este nuevo sistema es el flujo de la luz de color y, más preferiblemente, el flujo de luz azul (específicamente a 464 nm). Además, “luz azul”, denominada específicamente luz a 464 nm, pretende ser interpretado como una luz azul de espectro extendido con una concentración (pico del espectro) en aproximadamente 464 nm.

Debe asimismo observarse que un sistema de iluminación con un rango menor, de 3500 – 5000 K por ejemplo, puede aun satisfacer los requisitos para coordinar los ritmos circadianos regulando la salida de luz azul (específicamente el flujo de luz a 464 nm). El que un dispositivo de iluminación que comprende al menos tres elementos de iluminación de cromaticidad característica ilustrados en las Figuras 13a – 14b pueda estar limitado al rango de 3000 – 6000 K por ejemplo sobre la base del balance de elementos de iluminación en el aparato, está dentro del alcance de la invención. Además, un dispositivo de iluminación que comprende al menos tres elementos de iluminación de la cromaticidad característica ilustrados en las Figuras 13a – 14b en los que el dispositivo de iluminación produce luz en cualquier nivel de flujo está dentro del alcance de la presente invención.

En un ejemplo, el ritmo circadiano de un sujeto está regulado o afectado por la luz artificial, donde el flujo de luz azul (específicamente a 464 nm) se ajusta mediante cambios en la temperatura del color, el brillo o ambos. Este ejemplo enseña que incluso la luz blanca cálida contiene una cantidad de luz azul que puede influir en una respuesta circadiana y, esa luz de una temperatura de color constante puede ser modulada en intensidad para inducir una respuesta circadiana.

Debe observarse que, debido a que la técnica anterior no tiene en cuenta el flujo de luz en la región azul (específicamente a 464 nm) en los mecanismos métodos y sistemas de control de la luz blanca, es posible que los esfuerzos prescriptivos para regular el ritmo circadiano de un sujeto puedan tener resultados no deseados puesto que toda la luz blanca contiene luz azul. Debido a esto, una modulación simple de la temperatura del color sola no resulta adecuada para afectar a una respuesta circadiana deseada.

Debe observarse el hecho de que los usuarios pueden querer ajustar la iluminación para emular una iluminación incandescente atenuada, muy cálida, con una temperatura del color característica de 1800 – 2400 K. Esta temperatura del color característica también contiene una fracción muy pequeña de irradiación en la región azul (en particular a la longitud de onda de 464 nm) en comparación con la luz en la región de 5000 – 6500 K. Un sistema de

iluminación de aparatos capaces de producir luz en la región de 1800 – 2400 K ofrece al usuario más opciones de coordinar la iluminación de tal manera que el ritmo circadiano no resulta negativamente afectado por la luz azul.

Se describe un sistema de acuerdo con la reivindicación 1 para la generación artificial de la luz solar de acuerdo con una lugar de horas del día utilizando características espectrales que se asemejan a la luz solar (incluyendo otras variaciones de la luz solar diurna tales como iluminación difusa, por ejemplo, nubosidad, parcialmente nublado, cubierto, con niebla, lluvioso, con nieve, etc.). El sistema controla automáticamente al menos un aparato de iluminación sustancialmente junto con un lugar de luz del día (por ejemplo, luz blanca de temperatura de color de 1800 K a 6500 K) para generar la luz solar artificial.

Se describe un método de acuerdo con la reivindicación 4 para la generación artificial de luz solar de acuerdo con un lugar de horas del día utilizando características espectrales que se asemejan a la luz solar (incluyendo otras variaciones de la luz solar diurna tal como la iluminación difusa, por ejemplo, nubosidad, parcialmente nublado, cubierto, con niebla, lluvioso, etc.). El método comprende: proporcionar una pluralidad de canales de elementos de iluminación (por ejemplo, al menos tres canales); activar la pluralidad de canales para generar una mezcla de luz compuesta; detectar la mezcla de luz compuesta; y controlar la pluralidad de canales de elementos de iluminación sobre la base de la mezcla de luz compuesta detectada para generar una mezcla de luz solar artificial (por ejemplo, luz blanca de temperatura de color de 1800 K a 6500 K) a lo largo del lugar de la hora del día.

Se describe un sistema de luz solar artificial en el que el sistema comprende un aparato de iluminación cuya salida de luz es controlada de manera automática para reducir los efectos de, o tratar, uno del grupo de trastornos del ritmo circadiano, la disfunción del trabajo a turnos y el trastorno afectivo estacional mediante la operación a lo largo del lugar de horas del día (por ejemplo, luz blanca de temperatura del color de 1800 K a 6500 K) para proporcionar una compensación artificial de la luz solar.

Se describe un método para general luz solar artificialmente de acuerdo con un lugar de horas del día (por ejemplo, luz blanca de temperatura de color de 1800 K a 6500 K) utilizando características espectrales que se asemejan a la luz solar (incluyendo otras variaciones de luz solar diurna tal como iluminación difusa, por ejemplo, nubosidad, parcialmente nublado, cubierto, con niebla, lluvioso, etc.). El método comprende: proporcionar una pluralidad de canales de elementos de iluminación; activar la pluralidad de canales para generar una mezcla de luz compuesta; detectar la mezcla de luz compuesta y controlar la pluralidad de canales de elementos de iluminación sobre la base de la mezcla de luz compuesta detectada para generar luz solar artificial a lo largo del lugar de horas del día para reducir los efectos de, o el tratamiento, de uno del grupo de trastornos del ritmo circadiano, disfunciones del trabajo a turnos y trastornos afectivos estacionales operando a lo largo del lugar de horas del día para proporcionar una luz solar artificial compensatoria.

Un sistema para generar artificialmente luz solar de acuerdo con un lugar de horas del día (por ejemplo, luz blanca de temperatura de color de 1800 K a 6500 K) utilizando características espectrales que se asemejan a la luz solar (incluyendo otras variaciones de la luz solar diurna tales como iluminación difusa, por ejemplo, nubosidad, parcialmente nublado, cubierto, con niebla, lluvioso, con nieve, etc.). El sistema controla de manera automática al menos un aparato de iluminación sustancialmente a lo largo del lugar de horas del día para generar la luz solar artificial, en el que el sistema cambia de manera automática los niveles de brillo y los niveles de color de una pluralidad de canales de elementos de iluminación dentro de al menos uno del aparato de iluminación que genera luz blanca de espectro extendido de temperaturas de color de 1800 K a 6500 K de acuerdo con un dato introducido seleccionado por el usuario. Además, el sistema controla un flujo total de luz azul (por ejemplo a 464 nm) de un nivel relativo de 1 a 100 % de un flujo máximo de luz azul dentro de la luz blanca de espectro extendido.

Se describe un método para general artificialmente luz solar de acuerdo con un lugar de horas del día (por ejemplo, luz blanca de temperatura de color de 1800 K a 6500 K) utilizando características espectrales que se asemejan a la luz solar (incluyendo otras variaciones de la luz solar diurna tales como iluminación difusa, por ejemplo, nubosidad, parcialmente nublado, cubierto, con niebla, lluvioso, con nieve, etc.). El método comprende: proporcionar una pluralidad de canales de elementos de iluminación (por ejemplo, al menos tres canales); activar la pluralidad de canales para generar una mezcla de luz compuesta; detectar la mezcla de luz compuesta; controlar un flujo total de luz azul (por ejemplo a 464 nm) que puede ser ajustado de un nivel relativo de 1 a 100 % de un flujo máximo de luz azul de la citada mezcla de luz compuesta; y controlar la citada pluralidad de canales de elementos de iluminación sobre la base de la citada mezcla de luz compuesta detectada para generar luz solar artificial a lo largo del lugar de horas del día teniendo una luz blanca de espectro extendido de temperaturas de color de 1800 K a 6500 K.

Debe entenderse que aunque el rango de operación preferido de la temperatura de color del presente sistema y método es 1800 K a 6500 K, esto es solo a modo de ejemplo y puede variar. La característica importante de la presente invención es la generación artificial de todo el rango de escenarios de luz solar (tal como iluminación difusa, por ejemplo, nubosidad, parcialmente nublado, cubierto, con niebla, lluvioso, con nieve, etc.) que incluye cualquier tipo de luz solar que se produce durante el día utilizando iluminación directa. Así, el incluir diferente iluminación (por ejemplo, radiación UV difusa) por medio del sistema / método de la presente invención, se encuentra dentro del alcance más amplio de la presente invención.

Además, la frase “lugar de luz del día” tal se utiliza en esta memoria se asemeja a la curva de cuerpo negro planckiana.

BREVE DESCRIPCIÓN DE VARIAS VISTAS DE LOS DIBUJOS

La invención se describirá junto con los dibujos que siguen, en los cuales números de referencia iguales designan elementos iguales, y en los que:

la Figura 1 muestra una curva de cuerpo negro en un diagrama de cromaticidad XY CIE 1931, que representa las regiones cromáticas sobre las cuales opera la presente invención;
la Figura 1b representa el cambio de cromaticidad de la luz solar a medida que el sol se desplaza a lo largo del día;
la Figura 2 ilustra cuatro puntos en un diagrama de cromaticidad XY correspondiente a temperaturas de color de acuerdo con la escala de Kelvin de 6500 K, 5400 K, 4200 K y 3200 K;
la Figura 3 es una ampliación del diagrama de cromaticidad XY de la Figura 2 correspondiente a las temperaturas de color de acuerdo con la escala de Kelvin de 6500 K, 5400 K, 4200 K y 3200 K;
la Figura 4 representa una condición inicial de las coordenadas x, y de cromaticidad para elementos de iluminación de ejemplo;
la Figura 5 representa las coordenadas x, y de cromaticidad para los elementos de iluminación de ejemplo de la Figura 4, pero tras 50.000 horas;
la Figura 6 representa la relación entre el espectro de excitación y de emisión de los elementos de iluminación de ejemplo, mostrando el espectro en condiciones iniciales y al cabo de 50.000 horas;
la Figura 7 representa la relación angular entre el sol y la tierra, así como el correspondiente cambio de la longitud de la trayectoria recorrida por las ondas luminosas a través de la capa de la atmosfera;
la Figura 8 es una ecuación que relaciona la masa de aire con el ángulo cenital, φ_z;
la Figura 9 representa los cambios en la distribución espectral de la luz solar con la masa de aire;
la Figura 10 es una vista de despiece de un elemento de iluminación de ejemplo de la presente invención;
la Figura 11 es una vista lateral del elemento de iluminación de la Figura 10;
la Figura 12 es una vista de despiece de un elemento de iluminación alternativo de la presente invención;
la Figura 13a representa tres cuadros delimitadores de ejemplo de elementos de iluminación que pueden utilizarse en la presente invención para generar un espacio de color;
la Figura 13b representa un espacio de color de ejemplo que puede generarse utilizando los cuadros delimitadores de ejemplo de los elementos de iluminación de la Figura 13a;
la Figura 14a representa cuatro cuadros delimitadores de ejemplo de los elementos de iluminación que pueden ser utilizados en la presente invención para generar otro espacio de color;
la Figura 14b representa un espacio de color de ejemplo que puede generarse utilizando los cuatro cuadros delimitadores de los elementos de iluminación de la Figura 14a;
la Figura 15 comprende un diagrama de bloques de una porción del sistema de la presente invención en el que un controlador recibe salidas de sensor óptico para controlar la operación del elemento de iluminación;
la Figura 16 comprende un diagrama de bloques del sistema de la Figura 15, pero que incluye etapas de amplificación previas a los elementos de iluminación;
la Figura 17 representa la consolidación de los elementos de iluminación en uno o más dispositivos, tales como amplificadores de múltiples canales o activadores de múltiples canales;
la Figura 18 representa dispositivos multiplexados, tales como elementos de iluminación, sensores, amplificadores, así como otros dispositivos combinados en una conexión digital común;
la Figura 19 muestra el uso de múltiples matrices o colecciones de dispositivos dentro de regiones espaciales comunes que están combinadas en una conexión digital común;
la Figura 20 es un diagrama de flujo de la secuencia de activación de un sensor;
la Figura 21 es una representación de la amplitud en función del tiempo para tres grupos (solo a modo de ejemplo) de elementos de iluminación situados muy cerca unos de otros en los que cada grupo es activado secuencialmente en el tiempo durante la calibración;
la Figura 22 representa las tensiones de salida del sensor que monitoriza cada elemento de iluminación en cada grupo cuando son activados para calibración;
la Figura 23 es un cuadro de las tensiones de sensor registradas para cada elemento en cada grupo durante la calibración;
la Figura 24 es un diagrama de bloques de un sistema de control de aparato luminoso de la presente invención utilizando una red no de serie (por ejemplo, Ethernet);
la Figura 25 es un diagrama de bloques de un sistema de control de aparato luminoso como se muestra en la Figura 25 pero que incluye sensor luminoso y controles de usuario;
la Figura 26 es un diagrama de bloques de un sistema de control de aparato luminoso como se muestra en la Figura 26, pero que incluye un alcance extendido mediante el uso de adaptadores de red;
la Figura 27 es una representación de la correlación de la temperatura de color en función de la hora del día utilizada en la presente invención para el control de los uno o más aparatos luminosos;
la Figura 28 es una representación que muestra cómo puede ser alterado el brillo del aparato luminoso mediante la presente invención durante un periodo de 24 horas;
la Figura 29 es una representación alternativa que muestra brillo, temperatura de color y tiempo asignados gráficamente utilizando una interfaz que consiste en deslizadores y zonas;

la Figura 30 representa una interfaz de usuario para el control del sistema de la presente invención;
la Figura 31 muestra otra variación del sistema de la presente invención que permite un control remoto del sistema a través de un teléfono celular, PDA, ordenador de agenda, etc.;
la Figura 32 muestra aplicaciones de interfaz de usuario de ejemplo para su uso en los dispositivos remotos para el control del sistema de la presente invención;
la Figura 33 es un diagrama de bloques que representa cómo puede utilizarse un ordenador de sobremesa para interactuar con una red de control de iluminación de la presente invención;
la Figura 34 representa tres paneles de control de usuario de ejemplo dentro de una interfaz de usuario gráfica;
la Figura 35 representa un circuito amplificador de transimpedancia que se utiliza para convertir valores actuales de los sensores de luz en tensiones;
la Figura 36 representa un circuito amplificador de transimpedancia que puede convertir múltiples corrientes de entrada a sensor en tensiones;
la Figura 37 es un diagrama relativo al rango efectivo en el que el amplificador de transimpedancia es efectivo para un ajuste dado del resistor; y
la Figura 38 es un diagrama que representa cómo puede utilizarse el sistema / método de la presente invención para aclimatar a un sujeto a un día de 36 horas, en lugar de a un día de 24 horas.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCIÓN

Aunque existen muchos usos de la invención de la presente aplicación, uno de los más importantes es las aplicaciones al ritmo circadiano. Alteraciones del ritmo circadiano pueden ser desequilibrios del ritmo circadiano, desequilibrios hormonales activados por la exposición a la luz, condición de trabajo a turnos o trastornos afectivos estacionales. En particular, la invención de la presente aplicación comprende un sistema de iluminación que puede tratar y prevenir los trastornos del ritmo circadiano. Incluidas asimismo en el aspecto más amplio de esta invención se encuentran otras aplicaciones en las que la prevención de la disfunción del trabajo a turnos, el trastorno afectivo estacional y los trastornos del ritmo circadiano es una misión crítica, tal como aplicaciones militares (incluyendo navíos de guerra) y aplicaciones aeroespaciales tripuladas. Además, la utilidad de la presente invención puede ser invocada en ubicaciones geográficas en las que el cielo está a menudo cubierto o la luz solar es escasa. La invención aplicaría igualmente a viajeros puesto que el jet lag está relacionado con el ritmo circadiano. Esta aplicación tiene clientes en la industria del transporte ferroviario de pasajeros, la industria aérea y la industria hospitalaria.

Además, los beneficios de la iluminación blanca diurna de alto CRI (Índice de prestación de color – Color Rendering Index, en inglés) y brillo bajo se extienden más allá de los beneficios para la salud. Ciertos estudios han mostrado incrementos en la productividad, en las ventas al por menor y en el rendimiento académico en espacios iluminados con luz diurna. Por estas razones, la presente invención puede proporcionar mayores eficiencias en las aplicaciones al por menor, aplicaciones de oficina y comerciales y aplicaciones de educación / educación superior. En realidad, los minoristas pueden encontrar útil el mostrar sus productos con el tipo óptimo de luz, para mejorar aún más cada detalle de la experiencia de compra. Los restaurantes que sirven a los clientes de la mañana a la noche a menudo utilizan varios circuitos de luces incandescentes o de reguladores para cambiar las condiciones de iluminación a lo largo del día. Un sistema de iluminación, tal como el de la presente invención, que mantiene a los clientes cómodos a la hora del desayuno y también puede proporcionar una atmosfera íntima y cálida a la hora del cóctel es particularmente atractivo en este sentido.

En la Figura 1, la curva de cuerpo negro 200 (denominada también “lugar de luz del día”) se representa en un diagrama de cromaticidad XY CIE (Comisión internacional de la iluminación) 1931 201, que ilustra las regiones cromáticas a través de las cuales opera la invención. En la Figura 2 se representan cuatro puntos 210, 211, 212 y 213 en un diagrama de cromaticidad XY 209 similar en la curva de cuerpo negro 208 correspondiente a las temperaturas de color relacionadas (CCT – Correlated Color Temperatures, en inglés) en la escala de Kelvin de 6500 K, 5400 K, 4200 K y 3200 K, un método alternativo de especificación de regiones en el diagrama de cromaticidad.

La Figura 1b representa las posiciones relativas en el diagrama de cromaticidad XY en el que la luz solar directa puede estar caracterizada mediante la medición al nivel del suelo de las masas de aire que atraviesa. El punto de referencia 204 indica el punto en el que la luz solar directa con cielo claro en una masa de aire de 1,0 estaría situada en el diagrama de cromaticidad CIE, que se acepta que sea aproximadamente 6500 K mediante la medición de la temperatura de color relacionada por los expertos en la materia. El punto de referencia 205 corresponde a una masa de aire > 1, mientras que los puntos de referencia 207 y 208 corresponden a masas de aire mayores, ≥ 5 y ≥ 10, respectivamente. Este cuadro delimitador encierra la curva de cuerpo negro a lo largo de la cual las coordenadas de cromaticidad del sol varían de masas de aire 1 a 37. Existen consideraciones especiales para desfases espectrales durante la vida útil del aparato de iluminación, asegurando que cuando los elementos de iluminación fallan, el cuadro delimitador cubrirá suficientemente los puntos de cromaticidad correspondientes a la distribución espectral del sol entre las masas de aire 1 y 37.

Con el propósito de describir la luz blanca resulta útil truncar el diagrama de cromaticidad CIE 1931 a la región de interés. El diagrama de la Figura 3 muestra la temperatura del color correlacionada en grados Kelvin en los puntos 214 (6500 K), 215 (5400 K), 216 (4200 K) y 217 (3200 K) de una manera similar a la Figura 2.

Los cuadros delimitadores 230, denominados comúnmente como “bins” por los expertos en la materia, se representan en un diagrama de cromaticidad x - y 231. Un cuadro delimitador, o bin, puede describirse mediante cuatro puntos de coordenadas en el diagrama de cromaticidad. Un bin describe un muestreo de elementos de iluminación que poseen una distribución de características de cromaticidad definidas dentro del cuadro delimitador, y pueden utilizarse varios sistemas de nomenclatura para describir individualmente los cuadros delimitadores o bins, un término utilizado por los expertos en la materia. Un muestreo de muchas características de cromaticidad de elementos de iluminación puede ser representado en un sistema de coordenadas de cromaticidad y dispuesto en bins, donde las características de cromaticidad están determinadas mediante tests ópticos. Las dimensiones del bin (área en el diagrama de cromaticidad x-y) describen la variación en la distribución espectral para una muestra dada de elementos de iluminación similares.

Todo elemento de iluminación está sujeto a varios modos de deterioro, disipación o degradación óptica. Estos modos de deterioro pueden estar relacionados con las disminuciones de brillo (deterioro de lumen) o desfases espectrales durante la vida útil del elemento de iluminación. Los desfases espectrales pueden producirse también debido al estado térmico o a variaciones en la tensión de operación de un elemento de iluminación. Muchos elementos de iluminación de estado sólido producen luz de espectro extendido mediante reducción de la frecuencia de la luz monocromática de alta frecuencia (denominada en esta memoria fuente de excitación) hasta una emisión de menor frecuencia de espectro extendido utilizando reductores de frecuencia especializados o lumíforos. Estos reductores de frecuencia pueden consistir en fósforos, puntos cuánticos, materiales semiconductores orgánicos, cristales fotónicos, cristales nanofotónicos y otros cristales fotónicos. Estos diferentes reductores de frecuencia están sujetos a modos de degradación o deterioro, tales como deterioro de la eficiencia cuántica, desfase espectral, deterioro térmico, oxidación, desfases de picos de excitación y desfase de emisión por nombrar algunos.

Cuatro elementos de iluminación en los puntos 231, 232, 233 y 234 que poseen coordenadas de cromaticidad específicas únicas se representan en una condición inicial en la Figura 4. En tal condición inicial, el atributo de estado térmico, el atributo de tensión de transmisión, el atributo de vida útil, el estado de degradación o una combinación de algunos de estos atributos están dentro de límites predeterminados. Debe observarse que el atributo de estado térmico describe la temperatura de unión, influenciada por la temperatura ambiente, la temperatura del aparato de iluminación o temperatura incrementada debido a la operación. El atributo de vida útil describe el tiempo de operación activo total y el estado de degradación describe la condición del elemento de iluminación debido a eventos tales con la oxidación, el sobrecalentamiento o el deterioro del brillo con el tiempo de operación.

En una segunda condición, uno o una combinación de varios atributos de operación ha cambiado con respecto a la condición inicial. Cambiar uno o una combinación de estos atributos provoca un cambio en la coordenada de cromaticidad óptica del elemento de iluminación, lo que se muestra en la Figura 5 para los puntos 235, 236, 237 y 238. Por ejemplo, en la condición inicial descrita por la Figura 4, los elementos de iluminación no han sido operados y se encuentran en una vida útil de 0 horas. En la segunda condición descrita por la Figura 5, los elementos de iluminación han estado operando durante 50.000 horas y poseen coordenadas de cromaticidad x, y diferentes.

En el caso de degradación debida al tiempo de operación, la relación entre el espectro de excitación y de emisión se describe mediante la Figura 6. Las características espectrales de un elemento de iluminación a cero horas de operación, o en una condición inicial, se representan como una línea continua 219 en una escala de longitud de onda 218. Las características espectrales de un elemento de iluminación a las 50.000 horas de operación se representan como una línea discontinua 221, a trazos, en la misma escala de longitud de onda 218.

En una condición inicial en la que los elementos de iluminación están en una vida útil de operación de 0 horas, la intensidad de la excitación está a un nivel más alto 220 que la intensidad de excitación en un estado degradado, 222. De manera similar, la luz convertida de banda ancha pasa de una intensidad alta inicial 219 a una intensidad menor en un estado degradado 221.

La Figura 7 describe la relación angular entre el sol 240 y la tierra 241, junto con el correspondiente cambio de la longitud de la trayectoria 244 recorrida a través de la capa de la atmosfera 242. A medida que el ángulo del sol, denominado en esta memoria ángulo cenital, φ_z. 243 cambia con respecto a un punto fijo en la superficie de la tierra 241, la longitud de la trayectoria 244, denominada en esta memoria masa de aire, de la luz a través de la capa de la atmosfera cambia. Las fronteras del ángulo cenital 243 corresponden a los horizontes observados desde la tierra, y son – 90 ° y + 90 °. Esta longitud de trayectoria se mide comúnmente en la unidad de las masas de aire. Por ejemplo, un ángulo cenital 243 de 0 ° entre el sol y la superficie de la tierra corresponde a una masa de aire de 1,0, mientras que un ángulo cenital 243 de 90 ° corresponde a una masa de aire de 38.

La Figura 8 es una expresión que relaciona la masa de aire 245 con cualquier ángulo cenital 246 dado del sol. Este ángulo cenital 246 puede además estar relacionado con la ubicación geográfica en la superficie de la tierra, la hora del día y la fecha.

La Figura 9 describe los cambios en la distribución espectral de la luz solar con la masa de aire. Se muestra que para una masa de aire superior 246 de 10, existe un importante descenso en las longitudes de onda 450 – 600 con respecto a una masa de aire 247 de 1, así como un descenso en la irradiación total con respecto a una masa de aire 247 de 1.

La Figura 10 proporciona un aparato de iluminación 319 de ejemplo de la presente invención. El aparato de iluminación 319 comprende elementos de iluminación 250 de estado sólido, componentes de disipación de calor 251, componentes de conversión de lógica y de energía 252, reflector 253 y componentes ópticos 257, sensores únicos espectralmente 258, disipador de calor o tubos de calor 254, interconexiones internas 255 y otras características de carcasa estructural 256. Donde, los componentes están ensamblados entre sí en un dispositivo unificado que consiste en un cuerpo de aparato 270, interconexión de alimentación 271 e iluminación emisora de apertura óptica 272 que se ilustra en la Figura 11. En esta realización, los componentes están ensamblados en un aparato redondo compacto adecuado para proporcionar luz dirigida, embebido en un techo, o reemplazando una luz de inundación embebida. Solo a modo de ejemplo, los sensores 258 pueden estar formados de una única lámina o celda como se muestra en la Figura 10.

De manera similar, estos componentes clave pueden estar dispuestos en un modo alternativo. Otra de tales realizaciones de iluminación de aparato 319A se representa en la Figura 12, donde elementos de iluminación 260, componentes ópticos 261, disipador de calor 262 y componentes de disipación de calor 263 y una carcasa 264 están dispuestos en una forma alternativa. En esta realización 319A esta forma alternativa es un aparato lineal, adecuado para la iluminación de áreas más grandes utilizando un único aparato. Además, en esta configuración, los sensores 258a están distribuidos, como se muestra en la Figura 12.

En los aparatos de iluminación 319 / 319A que contienen una pluralidad de elementos de iluminación 250 / 250A, dos elementos que poseen características espectrales únicas pueden estar situados muy cerca unos de otros donde la luz emitida viaja en una cavidad y es reflejada fuera de una o más superficies, mezclando la luz.

La Figura 13a muestra tres cuadros delimitadores 275, 276 y 277 de ejemplo cuyos elementos de iluminación tienen distribuciones espectrales únicas y que, cuando se mezclan adecuadamente en la presente invención, se combinan para generar un espacio de color, por ejemplo el espacio de color 280 mostrado en la Figura 13b. Solo a modo de ejemplo, la presente invención puede comprender tres canales de elementos de iluminación definidos como sigue:

Canal 1 (blanco frío) que comprende un cuadro delimitador en el diagrama de cromaticidad x, y con cuatro puntos dados por (x, y). Los elementos de iluminación que comprenden el canal uno poseen características de cromaticidad que se encuentran dentro del cuadro delimitador 275:

Punto uno con coordenadas de cromaticidad x, y de 0,30, 0,33;
Punto dos con coordenadas de cromaticidad x, y de 0,35, 0,37;
Punto tres con coordenadas de cromaticidad x, y de 0,35, 0,34; y
Punto cuatro con coordenadas de cromaticidad x, y de 0,31, 0,31.

Canal 2 (blanco cálido) que comprende un cuadro delimitador en el diagrama de cromaticidad x, y con cuatro puntos dados por (x, y). Los elementos de iluminación que comprenden el canal 2 poseen características de cromaticidad que se encuentran dentro del cuadro delimitador 276:

Punto uno con coordenadas de cromaticidad x, y de 0,37, 0,39;
Punto dos con coordenadas de cromaticidad x, y de 0,48, 0,43;
Punto tres con coordenadas de cromaticidad x, y de 0,46, 0,39; y
Punto cuatro con coordenadas de cromaticidad x, y de 0,36, 0,35.

Canal 3 (ámbar) 277: que comprende un cuadro delimitador en el diagrama de cromaticidad x, y con cuatro puntos dados por (x, y). Los elementos de iluminación que comprenden el canal 3 poseen características de cromaticidad que se encuentran dentro del cuadro delimitador

Punto uno con coordenadas de cromaticidad x, y de 0,54, 0,42;
Punto dos con coordenadas de cromaticidad x, y de 0,55, 0,45;
Punto tres con coordenadas de cromaticidad x, y de 0,60, 0,40;
Punto cuatro con coordenadas de cromaticidad x, y de 0,57, 0,40.

La Figura 14a muestra cuatro cuadros delimitadores 282, 283, 284 y 285 cuyos elementos de iluminación tienen distribuciones espectrales únicas y que, cuando se mezclan adecuadamente en la presente invención, se combinan para generar un espacio de color, por ejemplo un espacio de color 286 mostrado en la Figura 14b. Solo a modo de ejemplo, la presente invención puede comprender cuatro canales de elementos de iluminación definidos como sigue:

Canal 1 (blanco muy frío) que comprende un cuadro delimitador en el diagrama de cromaticidad x, y con cuatro puntos dados por (x, y). Los emisores de LED que comprenden el canal uno poseen características de cromaticidad que se encuentran dentro del cuadro delimitador 282:

Punto uno con coordenadas de cromaticidad x, y de 0,30, 0,33;
Punto dos con coordenadas de cromaticidad x, y de 0,35, 0,37;
Punto tres con coordenadas de cromaticidad x, y de 0,35, 0,34;
Punto cuatro con coordenadas de cromaticidad x, y de 0,31, 0,31.

Canal 2 (neutro) que comprende un cuadro delimitador en el diagrama de cromaticidad x, y con cuatro puntos dados por (x, y). Los elementos de iluminación que comprenden el canal uno poseen características de cromaticidad que se encuentran dentro del cuadro delimitador 283:

Punto uno con coordenadas de cromaticidad x, y de 0,35, 0,37;
Punto dos con coordenadas de cromaticidad x, y de 0,41, 0,41;
Punto tres con coordenadas de cromaticidad x, y de 0,40, 0,37;
Punto cuatro con coordenadas de cromaticidad x, y de 0,35, 0,34.

Canal 3 (blanco cálido) que comprende un cuadro delimitador en el diagrama de cromaticidad x, y con cuatro puntos dados por (x, y). Los elementos de iluminación que comprenden el canal uno poseen características de cromaticidad que se encuentran dentro del cuadro delimitador 284:

Punto uno con coordenadas de cromaticidad x, y de 0,41, 0,41;
Punto dos con coordenadas de cromaticidad x, y de 0,48, 0,43;
Punto tres con coordenadas de cromaticidad x, y de 0,46, 0,39;
Punto cuatro con coordenadas de cromaticidad x, y de 0,40, 0,37.

Canal 4 (ámbar) que comprende un cuadro delimitador en el diagrama de cromaticidad x, y con cuatro puntos dados por (x, y). Los elementos de iluminación que comprenden el canal uno poseen características de cromaticidad que se encuentran dentro del cuadro delimitador 285:

Punto uno con coordenadas de cromaticidad x, y de 0,54, 0,42;
Punto dos con coordenadas de cromaticidad x, y de 0,55, 0,45;
Punto tres con coordenadas de cromaticidad x, y de 0,60, 0,40;
Punto cuatro con coordenadas de cromaticidad x, y de 0,57, 0,40.

Como se ha mencionado previamente, uno de los aspectos únicos de la presente invención es la capacidad de controlar dispositivos de iluminación y, de manera más específica, (como se explicará con detalle en lo que sigue), de controlar los niveles de brillo y los niveles de color de una pluralidad de canales de elementos de iluminación. Como se ha mencionado también anteriormente, este control se efectúa permitiendo la introducción de datos de entrada (manual o automáticamente):

1) nivel de atenuación;
2) nivel de atenuación y nivel de la temperatura del color;
3) hora del día;
4) zona horaria;
5) ubicación geográfica;
6) respuesta circadiana deseada;
7) actividad actual (por ejemplo, sueño, lectura, trabajo, estudio, comida, descanso, etc.); y
8) ángulo del sol.

Una novena entrada es el flujo de la luz de color, es decir, que es capaz de controlar el flujo total de una luz de un color específico de un nivel relativo de 1 – 100 % del flujo máximo de color del aparato de iluminación mediante el control de cada elemento de iluminación individual.

Esto es especialmente importante para el flujo de luz azul (a saber, 464 nm). Debe observarse que un sistema de iluminación con un menor rango de 3500 K – 5000 K por ejemplo puede aun satisfacer fácilmente los requisitos para coordinar los ritmos circadianos regulando la salida de luz azul (específicamente el flujo de luz a 464 nm). El que un dispositivo de iluminación que comprende al menos tres elementos de iluminación de cromaticidad característica ilustrada en las Figuras 13a – 14b pueda estar limitada al rango de 3000 – 6000 K por ejemplo sobre la base del equilibrio de elementos de iluminación en el aparato, está dentro del alcance de la invención. Además, un dispositivo de iluminación que comprende al menos tres elementos de iluminación de la cromaticidad característica ilustrada en la Figura 13a – 14b, donde cada dispositivo de iluminación produce luz en cualquier nivel de flujo, se encuentra dentro del alcance de la presente invención.

En un ejemplo, el ritmo circadiano de un sujeto está regulado o afectado mediante luz artificial, donde el flujo de luz azul (específicamente 464 nm) se ajusta mediante cambios en la temperatura de color, el brillo o ambos. Este ejemplo enseña que incluso la luz blanca cálida contiene una cantidad de luz azul que puede influir en una respuesta circadiana, y esa luz de una temperatura de color constante puede ser modulada en intensidad para inducir una respuesta circadiana.

La presente invención implementa un control prescriptivo del componente de luz azul de la emisión de luz blanca total. Solo a modo de ejemplo, puede controlarse una combinación de al menos tres aparatos de iluminación, por lo que el flujo total de luz azul puede ser ajustado desde un nivel relativo de 1 – 100 % al máximo flujo azul del dispositivo de iluminación mediante el control de cada elemento de iluminación individual. Por lo tanto, por ejemplo, donde tres aparatos de iluminación emiten luz blanca a 20 lux, 200 lux y 2000 lux, respectivamente, el componente de luz azul para cada aparato puede estar controlado a un nivel relativo del 25 %, es decir, 5 lux, 50 lux y 500 lux respectivamente.

Como se muestra en la Figura 15, un controlador 299 ejecuta operaciones dentro de un aparato 319 empleando un mecanismo de retroalimentación de bucle cerrado que incorpora al menos dos sensores 300 espectralmente únicos y al menos un elemento de iluminación 250 / 260 que utiliza al menos tres canales 301. El medio externo de introducción de datos 302 permite atenuar el aparato o cambiar sus condiciones de color aplicando un ciclo de trabajo modulado o aplicando una señal de modulación de ancho de impulso (PWM – Pulse Width Modulation, en inglés) a los canales o grupos de elementos de iluminación. En el caso de LED de alta potencia adecuados para iluminación general, se necesitan otros elementos 303 tales como amplificadores o activadores para la amplificación de las señales de PWM producidas por el controlador; no obstante con el propósito de ilustración, estos elementos se resumirán como se ha indicado anteriormente. Los elementos rodeados por la línea de trazos 319 son componentes dentro de un solo aparato.

De manera similar, los elementos de iluminación 308 pueden agruparse o consolidarse en uno o más dispositivos 305 tales como un amplificador de múltiples canales, una unidad de múltiples canales u otro controlador acoplado con un circuito convertidor de analógico a digital antes de acoplarse con el controlador 309. Para los conocidos en el sector, resulta evidente que existen varias maneras de multiplexación de estos canales, e ilustrados en esta memoria se encuentran algunos ejemplos comunes. En particular, la Figura 16 muestra la configuración de la Figura 15 que utiliza amplificadores 303 dedicados para los tres canales 301. Alternativamente, puede utilizarse un amplificador 305 de múltiples canales como el mostrado en la Figura 17.

Como es muestra en la Figura 18, dispositivos multiplexados tales como los elementos de iluminación, sensores, amplificadores y otros dispositivos pueden combinarse en una conexión digital común 310 como medio para la interconexión con un controlador central utilizando una variedad de convertidores de analógico a digital, activadores o controladores. Una colección de sensores y de elementos de iluminación situados muy cerca unos de otros pueden formar una matriz 307 o un bucle cerrado individual cuando los citados dispositivos están conectados a una conexión común. El circuito convertidor de analógico a digital en la Figura 18 puede comprender un dispositivo microcontrolador capaz de aceptar una pluralidad de datos introducidos analógicos y combinarlos en una conexión común tal como una interfaz digital, una interfaz I1C o una interfaz de serie.

Para algunos tipos de sensores ópticos tales como los fotodiodos, puede necesitarse un amplificador de transimpedancia para convertir la corriente en tensión para que el controlador procese los datos de retroalimentación. La Figura 16 representa sensores conectados a amplificadores de transimpedancia 500 singulares que consisten en una única entrada de corriente y una única salida de tensión. Las Figuras 17, 18 y 19 representan sensores que están conectados a un amplificador de transimpedancia de múltiples canales 507 que acepta múltiples entradas de corriente de los sensores y suministra múltiples tensiones al controlador. Para los expertos en la materia, resulta evidente que este amplificador de transimpedancia de múltiples canales puede combinarse con o interactuar con un convertidor de analógico a digital para combinar una pluralidad de señales de tensión en una única interfaz digital tal como I2C. Esta disposición no se ha ilustrado de manera explícita.

La Figura 19 muestra que múltiples matrices o colecciones de dispositivos dentro de regiones espaciales comunes pueden combinarse en una conexión digital común 315 y un controlador 318, formando múltiples bucles de retroalimentación cerrados 316, 317 dentro de un aparato singular representado por un recuadro de trazos 319 (o 319A).

La Figura 20 muestra la secuencia de activación del sensor. A continuación de la etapa de inicialización 320, los canales 1, 2 y 3 son activados durante las etapas 321, 323, 325 respectivamente, en secuencia y los datos del correspondiente sensor son registrados durante las etapas de registro 322, 324 y 326. De los datos recogidos, la función de coincidencia de color es ejecutada en la etapa 327 y el resultado es enviado al controlador en la etapa 328 para operar de manera precisa el aparato en el color correcto. Básicamente, la función de coincidencia de color (CMF – Color Match Function, en inglés) implica la activación de los elementos de iluminación hasta el punto de calibración de los sensores. Esto puede conseguirse de varias maneras, desde cambios manuales a métodos automatizados, o una combinación de ambos.

Como se ha mencionado previamente, tres sensores espectrales únicos (A, B y C) está muy cerca de los al menos tres canales 301 que comprenden una pluralidad de elementos de iluminación (250). No obstante, debe entenderse que el número de sensores no está limitado a tres (de ahí, la secuencia A, B y X, con indicación de un número infinito de sensores). En realidad, el incluir al menos dos sensores está dentro del alcance más amplio de la invención. De manera similar, debe entenderse que el número de canales no está limitado a tres (de ahí la secuencia de 1, 2, μ). En realidad, el incluir al menos tres canales se encuentra dentro del alcance más amplio de la invención.

En esta realización, se activa un primer grupo o un canal de elementos de iluminación 330, ilustrado mediante el diagrama de salida de la Figura 21, con tiempo en el eje x 331 y amplitud en el eje y 332. En este momento, un conjunto correspondiente de datos procedentes de los sensores es registrado, ilustrado mediante las tensiones 333, 334 y 335 en el diagrama de salida de la Figura 23. Se activa 336 entonces, un segundo grupo o canal de elementos de iluminación y otro conjunto de datos 337 se registran desde los sensores. Este proceso continúa hasta que los X canales están activados. La Figura 23 ilustra los datos disponibles para el aparato a la finalización de la secuencia de calibración descrita por las Figuras 22 – 23. Las columnas 341, 342, 343 y 344 representan los datos obtenidos del corto intervalo en el cual un solo elemento de iluminación o colección de elementos comunes se ilumina en la secuencia de inicio. La columna 344 representa valores correspondientes a las salidas únicas obtenidas de los sensores tras la aplicación de un ciclo de trabajo equilibrado para cada elemento de iluminación, o iluminando cada elemento a intensidades equilibradas. Los valores 345 son las tensiones del ciclo de trabajo equilibrado en la condición inicial (vida útil = 0 horas) obtenidas de los sensores con un nuevo elemento o elementos de iluminación. Estos datos ilustrados son utilizados por el controlador y los algoritmos para iluminar una colección de elementos de iluminación en los que la salida aditiva corresponde a condiciones predeterminadas.

Como se muestra en la Figura 24, puede utilizarse una red 350 digital conectada en serie (por ejemplo, RS-485 o RS-232) para el control de los elementos de iluminación 353 y una unidad de control central 351. Esta red puede establecer una comunicación estrictamente de una manera o de dos maneras entre los dispositivos. En esta realización, una red de control de iluminación típica interactúa con otra red no de serie tal como una red Ethernet común 352 para acceder a características avanzadas, a configuraciones y a información de diagnóstico. La red 350 digital conectada en serie puede utilizar un protocolo digital tal como I2C, un protocolo de serie tal como RS-485, RS-232 o un protocolo inalámbrico tal como Zigbee u otras señales de RF.

La Figura 25 muestra que tales redes de control pueden incorporar también otros elementos comunes para sistemas de iluminación tales como sensores de luz 354 y controles de usuario 355 tales como interruptores. Estos dispositivos están identificados en la red como cualquier otro dispositivo con una dirección y canales de entrada y / o de salida definidos, operando en un protocolo de comunicación común.

Como se muestra en la Figura 26, este protocolo de comunicación puede ser transmitido a través de otras redes comunes tales como Ethernet o redes inalámbricas que utilizan adaptadores de red 360 para extender el alcance de una red de control o para simplificar la interconexión de dispositivos independientes 361, 362 o grupos de dispositivos 363, 364. En esta realización, se ilustra una red Ethernet inalámbrica en la cual se emplean adaptadores para extender el alcance de los dispositivos en la red de control.

Con una red de comunicaciones dispuesta conectando múltiples aparatos de iluminación, pueden asignarse varios perfiles de hora – color a uno o más de estos aparatos. En una realización, una planificación simple descrita en la Figura 27 es asignada a un grupo de aparatos de iluminación, en la cual el eje x horizontal 380 representa la hora del día de 0 a 24 horas y el eje y vertical 381 representa la temperatura de color correlacionada en grados Kelvin. Este perfil varía gradualmente la temperatura de color correlacionada de los aparatos de iluminación en un periodo de 24 horas, lo que se ilustra mediante la línea continua 382. La Figura 28 describe cómo puede cambiarse el brillo a lo largo de un periodo de 24 horas, donde el eje x horizontal 383 representa la hora del día de 0 a 24 horas, y el eje y vertical 384 representa el brillo percibido del aparato. Los perfiles descritos en las Figuras 28 – 29 pueden estar asignados de manera independiente uno de otro, y solo representan una realización de la invención. Por lo que respecta a las planificaciones (por ejemplo, como se muestra en las Figuras 27 – 29), el periodo de tiempo puede ser variable, correspondiendo a un día (por ejemplo, 24 horas), a una porción de un día, definida por un dispositivo de iluminación en función de la entrada tal como nivel de intensidad o de atenuación, o definido mediante un controlador externo en función de una entrada tal como el nivel de intensidad o de atenuación. En una realización, una fusión de cambio dinámico de brillo - color se utiliza en respuesta al dato introducido del usuario en lugar de por una planificación definida. En esta realización, la temperatura de color de los aparatos de iluminación cambia dinámicamente en tiempo real en respuesta al brillo del aparato definido por el usuario. El comportamiento resultante de esta realización pretende imitar el comportamiento de color - brillo de una bombilla incandescente que es atenuada.

Debe observarse que el sistema de comunicación:

- puede comprender métodos para entradas a programas y o planificaciones;
- puede ser de naturaleza analógica y en el que los cambios en una tensión de entrada denotan un cambio en la planificación de entradas de programas o de iluminación;

- puede incluir una conexión digital que comprende bits de datos o paquetes en serie que coordinan aparatos;
- puede comprender un dispositivo de control externo y una estructura en árbol o en cadena;
- puede comprender comunicación de cambios de entrada de programas o activación de condiciones programadas en aparatos;
- puede comprender comunicación de colorimetría específica o de datos de bucle de retroalimentación;
- puede comprender comunicación de parámetros de modulación de ancho de impulso; o
- puede comprender una red de malla inalámbrica que muestra una estructura distribuida o una estructura de arriba abajo.

En otra realización descrita por la Figura 29, el brillo, la temperatura de color y la hora son asignados gráficamente utilizando una interfaz que consiste en deslizadores 388, 389 y zonas 390, 391, 392. Pueden guardarse perfiles de brillo y de temperatura de color que contienen información dependiente de la hora en un formato digital y ser modificados por el usuario.

Configuraciones, perfiles, preferencia y otras funciones, tales como apagado y encendido, pueden controlarse utilizando una interfaz de pulsador instalada en un interior. La Figura 30 describe una de tales interfaces 395 en la que el usuario interactúa con el sistema utilizando una colección de pulsadores. De manera similar, estos pulsadores pueden estar dispuestos en un dispositivo de pantalla táctil capaz de cambiar dinámicamente para presentar al usuario opciones adicionales 396. Las interacciones con los paneles de control descritos en la Figura 30 resultan en cambios dinámicos al sistema que pueden incluir cambios autónomos de hora, color y brillo que no requieren ninguna otra entrada.

La Figura 31 describe una realización en la cual un dispositivo informático de mano tal como un teléfono, PDA u ordenador de agenda 400 realiza una conexión 401 común con un adaptador 402 en la red de comunicación común a los elementos de iluminación 403 y al controlador 404 central. En esta realización, un usuario puede realizar cambios a la red de iluminación que afectan a funciones del color y del brillo de los aparatos de iluminación dependientes de la hora.

La Figura 32 describe varias opciones de usuario disponibles para un dispositivo informático de mano 409, donde 410, 411 y 412 son tres de tales paneles de control que pueden mostrarse en el dispositivo de pantalla integrada en el dispositivo informático de mano 409. Los datos introducidos por el usuario en el aparato de mano a través de los paneles de control descritos en la Figura 32 pueden tener un cambio dependiente del tiempo del brillo y del color de los elementos de iluminación en la red de control.

La Figura 33 representa cómo puede utilizarse un ordenador de sobremesa para interactuar con una red de control de iluminación. En esta realización, la unidad de control central 421 puede almacenar configuraciones definidas mediante el dispositivo informático 420 mediante una interfaz de usuario gráfica en la que un usuario modifica los ajustes que afectan al brillo, al color y a la hora de las características de iluminación producidas mediante los aparatos de iluminación 424 en la red que utiliza dispositivos de introducción de datos por parte de una persona, tales como un teclado 423 y un ratón 422. En esta realización, el ordenador es necesario solo para aplicar los ajustes a la unidad de control 421 y, en otra de tales realizaciones, el ordenador 420 directamente controla los elementos de iluminación 424 utilizando la unidad de control 421 como un traductor a la red.

La Figura 34 describe tres paneles de control por parte del usuario en la interfaz de usuario gráfica. Los usuarios modifican parámetros en la interfaz utilizando un dispositivo de interfaz humana tal como un ratón o un teclado. La pantalla de visualización 450 representa cómo puede definirse la posición espacial de un aparato de iluminación 449 en relación con un plano 451 de la planta de la habitación y con una ventana 452. La pantalla de visualización 453 representa un método mediante el cual el usuario puede realizar una selección de aparatos de iluminación dibujando una forma cerrada 454 en el plano de la planta 455. El panel 456 describe la interfaz utilizando deslizadores 457 y zonas 458, utilizados para modificar las planificaciones de color y de brillo.

La Figura 35 representa cómo controla la presente invención la configuración de la ganancia del sensor. La Figura 35 representa una unidad de circuito de amplificación de una única transimpedancia 500 que se utiliza para convertir la salida de corriente de un sensor de fotodiodo 501 en una tensión 506 adecuada para interactuar con un controlador. Este circuito amplificador de transimpedancia opera utilizando una tensión de referencia constante 502, un amplificador de OP 503, un resistor 504 (por ejemplo, un potenciómetro, un amplificador de transimpedancia MTI04C que utiliza una resistencia variable interna, etc.), y un condensador 505. El resistor 504 determina la sensibilidad de la corriente de entrada 501 y puede mantenerse constante o puede cambiarse para adaptarse a un rango dinámico extendido de corrientes de entrada 501. El condensador 505 se selecciona para compensar adecuadamente la capacitancia de entrada del fotosensor. El resistor 504 puede ser interno al componente de amplificación 500, en cuyo caso su valor es fijo; puede consistir en múltiples resistencias internas al elemento que están activadas mediante patillas en el dispositivo, o esta resistencia puede estar situada internamente al amplificador 500, en cuyo caso puede ser variable.

La Figura 36 representa un amplificador de transimpedancia similar a la Figura 35 pero que comprende múltiples corrientes de entrada 508 y múltiples tensiones de salida 509. Este amplificador de transimpedancia de múltiples canales 507 opera de manera similar al amplificador descrito en la Figura 35, empleando múltiples amplificadores de OP y resistencias 510 con una única tensión de referencia 511.

Puesto que el nivel de brillo del aparato luminoso es variable, la luz que cae sobre el sensor puede no estar dentro del umbral de corriente del amplificador de transimpedancia. Es por lo que resulta útil cambiar el valor de la resistencia del resistor 504 para adecuarse al rango de sensibilidad del aparato. La Figura 37 se refiere a la intensidad del aparato luminoso dada por la serie 517 que varía de 20 % a 100 % de brillo relativo a la resistencia 516 requerida en el circuito amplificador de transimpedancia necesario para resolver una tensión 515 para obtener adecuadamente una retroalimentación óptica. Por ejemplo, al 100 % de brillo relativo, una luminancia dada del canal de iluminación puede activar un sensor dado, proporcionando una corriente de fotodiodo del orden de 1 – 10 µA. Para que el amplificador de transimpedancia resuelva este rango de corriente, la resistencia del resistor 504 debe ser del orden de 100 KΩ. En otro caso, el aparato de iluminación está atenuado al 20 %, proporcionando solo 0,1 µA de corriente para el amplificador de transimpedancia 500. Si el resistor 504 es fijo a 100 KΩ, la salida de tensión 506 del amplificador será a un mínimo constante 516, sin proporcionar datos útiles para la retroalimentación. En este caso, es necesario cambiar la resistencia del resistor 504 a ~5 MΩ para conseguir una sensibilidad en el rango de corriente de 0,1 a 0,05 µA.

Solo a modo de ejemplo, una aplicación del sistema / método de la presente invención es la generación de una luz enriquecida a 460 nm a una irradiación de 30 $\mu W/cm^2$ para su uso en el tratamiento de la ictericia clínica en neonatos. Aproximadamente el 60 % de todos los neonatos tiene ictericia clínica en algún momento durante la primera semana de vida y la fototerapia está indicada para ayudar al hígado del neonato a eliminar la bilirrubina de su sangre, tal como recomienda la Academia de pediatría.

Otra aplicación de ejemplo del sistema / método de la presente invención es la generación de una luz enriquecida de 290 nm - 315 nm para ayudar a la producción de vitamina D. Esto es un problema especialmente en los meses de invierno puesto que mucha gente no sale y recibe una adecuada exposición a la luz solar. Esto se está convirtiendo también en un problema en los meses de verano, puesto que muchos ancianos no se ponen al sol y cierran sus persianas para ahorrar costes de energía. El trastorno afectivo estacional se trata normalmente con una terapia de luz de hasta 10.000 lux a 76 cm (30 pulgadas) del cuerpo durante al menos 30 minutos al día. En contraste, la terapia de caja de luz utilizada actualmente está más enfocada a la luz total frente a la calidad de la luz para adaptarse al espectro de la luz solar completa.

Así, debe entenderse que otra aplicación de ejemplo del sistema / método de la presente invención es la manipulación del ritmo circadiano. Por ejemplo, la presente invención puede implementar la manipulación del ritmo circadiano para los siguientes individuos o escenarios:

- aplicación militar de entrenamiento de soldados para días de 36 horas;
- emplazamiento de armas (desorientación intencionada de los biorritmos de combatientes del enemigo;
- astronautas (para ambientes fuera de la Tierra o ambientes de retorno a la Tierra no previstos; esto incluiría misiones a la Luna o a Marte, o empleo del sistema / método a 1000 atmósferas por debajo de la superficie del océano; la temperatura del color puede ser extraña para compensar la atenuación en el espacio / en Marte / en el océano / o la luz disponible localmente generalmente rara;
- otras aplicaciones militares o aeroespaciales que utilizan diferentes espacios de color, por ejemplo, acondicionamiento de astronautas a Marte y entrenamiento para trabajar en la constante luz atmosférica de Marte de 1800 K sin perder el equilibrio del ritmo circadiano, o acondicionamiento de soldados para despliegues en días de 36 horas y vuelta a ciclos de trabajo de 24 horas. Solo a modo de ejemplo, la Figura 38 representa una planificación de ejemplo en la que el sistema / método de la presente invención se utiliza en una manipulación del ritmo circadiano. En particular, la Figura 38 describe otra realización, en la cual el sistema de iluminación utilizado se utiliza para ajustar a un sujeto a un día de 36 horas, en lugar de un día de 24 horas. En esta realización, se introducen ciclos de periodos de tiempo variables de principio a fin en un sistema de iluminación, empezando con una planificación diaria 525 de 24 horas. Los ciclos de 24 horas son seguidos por múltiples 526 ciclos de acondicionamiento, que van de 24 a 36 horas, que comprenden el periodo de acondicionamiento 526. Después de que los sujetos han sido apropiadamente acondicionados a un día de 36 horas, comienza el periodo de despliegue 527, que consiste en una longitud definida por el usuario en número de ciclos. Para aclimatar a un sujeto de nuevo a una planificación diaria 529 de 24 horas naturales, el usuario define un periodo de recuperación 529.

Debe observarse que los elementos de iluminación explicados anteriormente pueden comprender diodos emisores de luz (LED – Light Emitting Diodes, en inglés) de tipo chip, emisores de LED empaquetados, matrices de emisores de LED de tipo chip incorporados en un único empaquetamiento o colecciones de emisores de LED empaquetados conectados a un panel común o a un motor de iluminación. Estos emisores de LED pueden estar revestidos de materiales previstos para convertir la luz de alta frecuencia en luz de espectro extendido de baja frecuencia, tal como fósforo YAG:Ce, revestimientos de fósforo, películas de fósforo o lentes que contienen dispersiones de fósforo. Adicionalmente, pueden incorporarse cristales fotónicos de puntos cuánticos, nanocristales fotónicos o

nanopartículas semiconductoras en los elementos de iluminación por medio de un material de revestimiento, de película o lente rellenada para convertir luz de alta frecuencia en luz de baja frecuencia. Por extensión, los elementos de iluminación pueden incorporar una mezcla de materiales lumíforos o de conversión, en los que cada componente convierte la luz en un único color de menor frecuencia. Puede incorporarse más de un lumíforo en dispositivos de iluminación en los que los lumíforos se aplican en secuencia a diferentes regiones del componente emisor de luz, análogos a los subpíxeles en una pantalla de video. Los elementos de iluminación pueden comprender también dispositivos que emplean materiales semiconductores orgánicos, tales como diodos emisores de luz orgánicos (OLEDS), o materiales fosforescentes que emiten luz blanca o de banda estrecha en regiones específicas en el espectro.

Debe observarse además que la intensidad de canales o grupos de elementos de iluminación puede cambiarse mediante modulación de ancho de impulso, modulación de corriente u otro medio de modulación de ciclo de trabajo.

Los sensores identificados en las Figuras 16 – 24 pueden comprender dispositivos acoplados en carga (CCD – Charge Coupled Device, en inglés), sensores de óxido metálico cerámico (CMOS – Ceramic Metal Oxide Sensors, en inglés), fototransistores o fotodiodos. Cada sensor puede ser un conjunto o colección de múltiples de tales dispositivos que emplean filtros visibles o filtros de densidad neutra en la apertura óptica de los sensores. Adicionalmente, este sensor puede ser un dispositivo de tipo chip que incorpora múltiples de tales sensores y filtros de color en un único empaquetamiento. Las matrices empaquetadas de esta manera a menudo se denominan “sensores de color” y pueden incorporar un medio de cambio de ajustes de ganancia para modificar las características de salida del flujo luminoso del dispositivo por medio de ajustes de puentes entre patillas. Sensores, matrices de sensores o conjuntos de sensores se comunican con el controlador por medio de una interfaz analógica o digital. El sensor o sensores puede o pueden emplear un circuito de transimpedancia para convertir salidas de tensiones actuales discretas y un circuito convertidor de analógico a digital integrado para combinar las salidas de múltiples sensores en una única interfaz digital o de serie. Los componentes de ejemplo incluyen:

a. sensor de color de 7 bits RGB digital ADJD-S313–QR999 de Avago Technologies;
b. sensor de color RGB analógico HDJD-S722–QR999 de Avago Technologies;
c. fotodiodo de 3 canales S 10170 de Hamamatsu;
d. convertidor de luz a frecuencia TAOS TCS230.

Debe observarse además que varios tipos de sensores ópticos y formatos de salida de sensor óptico se encuentran dentro del alcance más amplio de la presente invención. Por ejemplo, los sensores ópticos de la presente invención pueden incluir sensores ópticos analógicos que producen tensiones, o sensores digitales que producen datos y/o frecuencia. Así, los sensores ópticos que producen coordenadas de cromaticidad en oposición a tensión, frecuencia u otros formatos de salida (por ejemplo, otros datos), se encuentran todos dentro del alcance más amplio de la invención. Esto incluye también varios mecanismos de procesamiento de sensor tales como señales de tensión / frecuencia / corriente que son representativas de datos ópticos que pueden estar correlacionados con datos ópticos conocidos (por ejemplo, por medio de tablas de búsqueda u otros métodos de correlación).

Debe observarse también que aunque el sistema y el método preferido de la presente invención utilizan control de retroalimentación, el incluir un sistema de aparato de iluminación o un método de aparato de iluminación que no utilice ningún control de retroalimentación para generar artificialmente el lugar de luz del día se encuentra dentro del alcance más amplio de la presente invención.

Debe observarse también que se encuentra dentro del alcance más amplio de la presente invención el incluir el uso del diagrama de cromaticidad CIE 1960 más reciente, además del diagrama de cromaticidad CIE 1931 mencionado previamente, con respecto a las

REIVINDICACIONES

1. Un sistema para generar luz solar artificialmente de acuerdo con un lugar de horas del día utilizando características espectrales que se asemejan a la luz solar, estando el citado sistema configurado para controlar automáticamente al menos un aparato de iluminación substancialmente junto con el citado lugar de horas del día para generar la citada luz solar artificial, comprendiendo el citado sistema:

al menos un aparato de iluminación (319) para cambiar automáticamente los niveles de brillo y los niveles de color de acuerdo con una entrada seleccionada por el usuario acoplada al citado sistema, comprendiendo el citado al menos un aparato de iluminación una pluralidad de elementos de iluminación (250), por lo cual cada elemento de iluminación genera luz blanca de espectro extendido de temperaturas de color de 1800 K a 6500 K;
al menos dos sensores se luz (258) (para detectar la luz emitida de la citada pluralidad de elementos de iluminación y generar respectivas señales de la citada luz detectada; y
un controlador (309) acoplado a la citada pluralidad de elementos de iluminación y a los citados al menos dos sensores de luz, estando el citado controlador configurado para utilizar las citadas señales respectivas de la citada luz detectada para activar la citada pluralidad de elementos de iluminación, estando el citado controlador configurado para activar un algoritmo de coincidencia de color para crear automáticamente señales de activación respectivas para cada uno de la citada pluralidad de elementos de iluminación, para variar de manera automática un nivel de brillo y un nivel de color del citado al menos un aparato de iluminación, y
en el que el controlador está configurado para controlar un flujo total de luz azul del aparato de iluminación de un nivel relativo de 1 a 100 % de un flujo de luz azul máximo dentro de la citada luz blanca de espectro extendido producida por cada elemento de iluminación.

2. El sistema de la reivindicación 1, en el que la citada pluralidad de elementos de iluminación comprende al menos tres elementos de iluminación para controlar un balance de color de los citados al menos tres elementos de iluminación.

3. El sistema de la reivindicación 1, en el que cada uno de los citados dos sensores de luz está asociado con un amplificador de transimpedancia cuya sensibilidad está configurada para ser controlada de manera automática por el citado controlador para compensar la variación en los niveles de brillo del citado aparato de iluminación.

4. Un método para generar luz solar artificialmente de acuerdo con un lugar de horas del día utilizando características espectrales que se asemejan a la luz solar, comprendiendo el citado método:

proporcionar al menos un aparato de iluminación que comprende una pluralidad de elementos de iluminación;
activar cada uno de la citada pluralidad de elementos de iluminación para generar una mezcla de luz compuesta;
detectar la citada mezcla de luz compuesta proporcionando al menos dos sensores de luz que detectan la mezcla de luz compuesta y que generan señales respectivas de la citada luz detectada;
acoplar un controlador de la citada pluralidad de elementos de iluminación a los citados al menos dos sensores de luz y en el que el citado controlador utiliza las citadas señales respectivas de la citada luz detectada para activar la citada pluralidad de elementos de iluminación;
controlar la citada pluralidad de elementos de iluminación, mediante el citado controlador, sobre la base de la citada mezcla de luz compuesta para generar luz solar artificial junto con el citado lugar de horas del día cambiando niveles de brillo y niveles de color de la citada pluralidad de elementos de iluminación para generar luz blanca de espectro extendido de temperaturas de color de 1800 K a 6400 K de acuerdo con una entrada seleccionada por el usuario;
activar un algoritmo de coincidencia de color con el citado controlador para crear de manera automática respectivas señales de activación para cada uno de la citada pluralidad de elementos de iluminación para variar de manera automática un nivel de brillo y un nivel de color del citado al menos un aparato de iluminación; y
controlar un flujo total de luz azul del aparato de iluminación dentro de la citada luz blanca de espectro extendido que puede ser ajustado de un nivel relativo de 1 a 100 % de un flujo de luz azul máximo de la citada mezcla de luz compuesta.

5. El método de la reivindicación 4, en el que la citada pluralidad de elementos de iluminación comprende al menos tres elementos de iluminación para controlar un balance de color de los citados al menos tres elementos de iluminación.

Fig 1

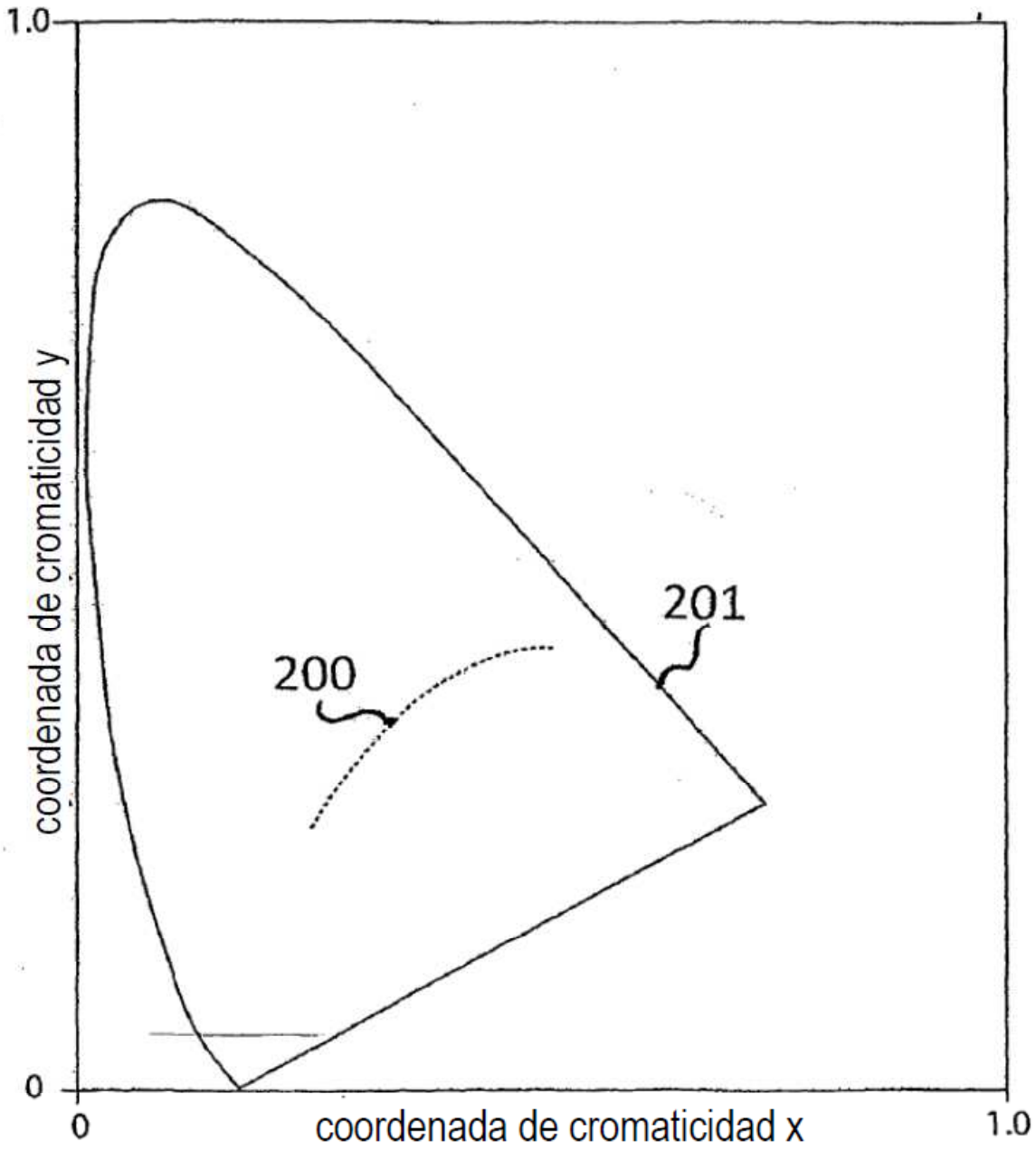

1.0
coordenada de cromaticidad y
201
200
0
0
coordenada de cromaticidad x
1.0

Fig 1b

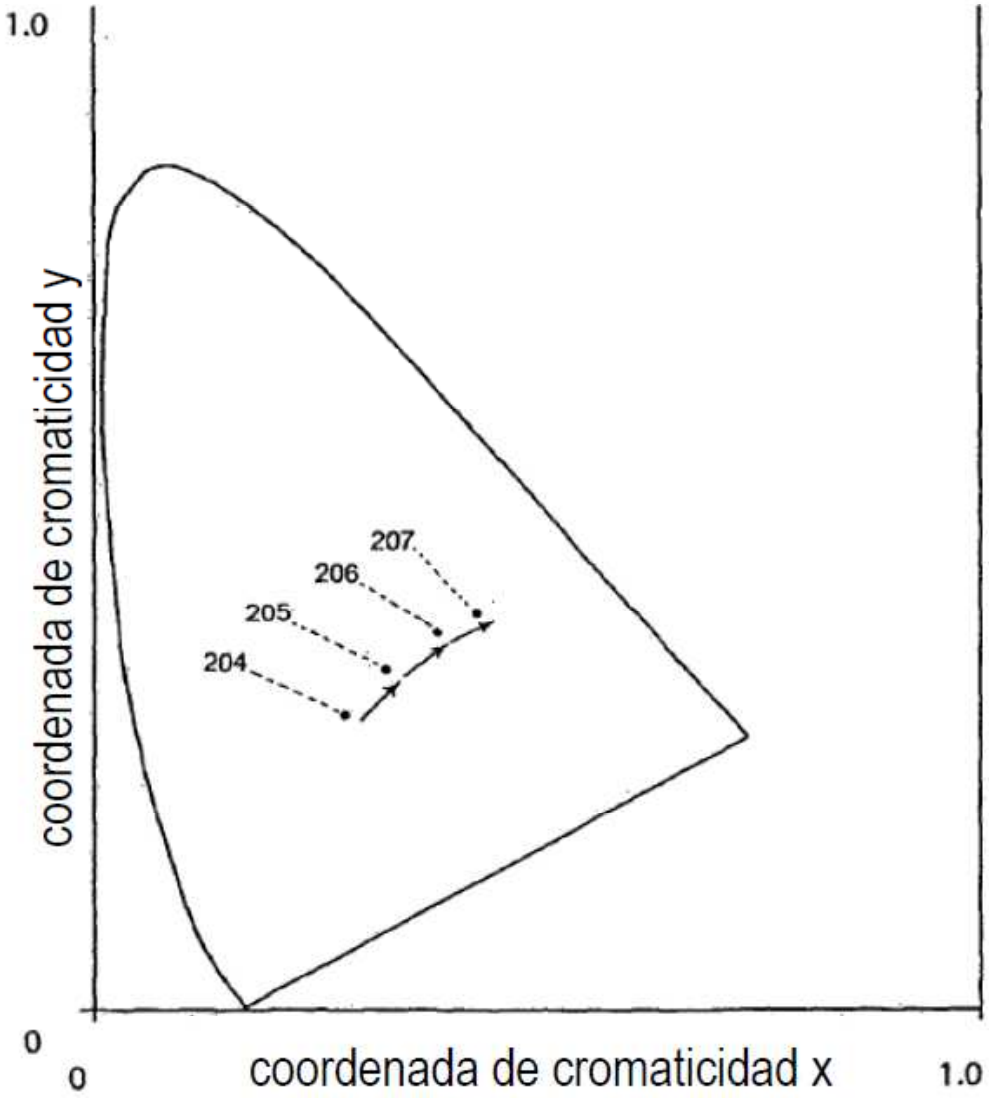

1.0
coordenada de cromaticidad y
207
206
205
204
0
0
coordenada de cromaticidad x
1.0

Fig 2

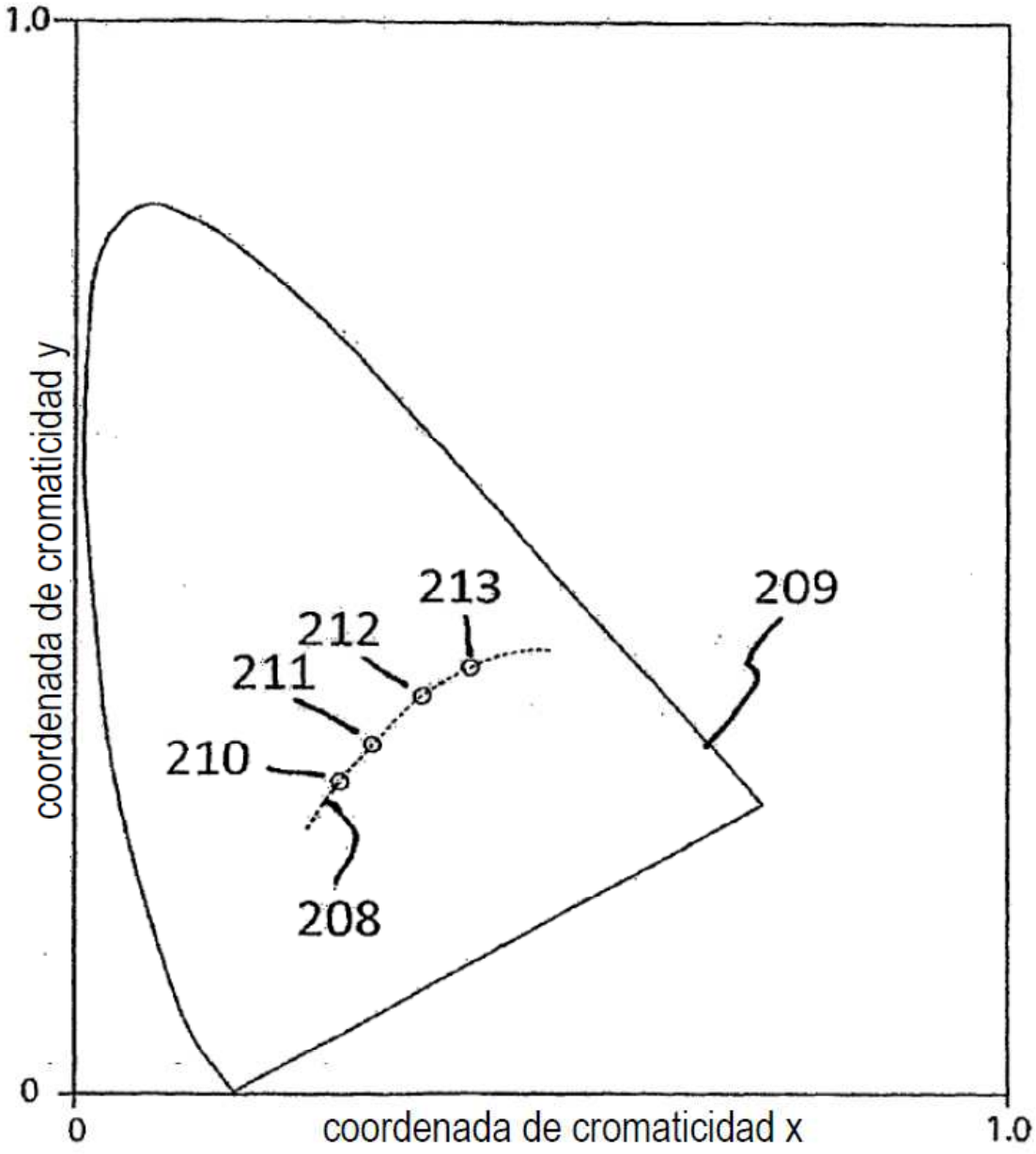

1.0
coordenada de cromaticidad y
213
212
211
210
209
208
0
0
coordenada de cromaticidad x
1.0

Fig 3

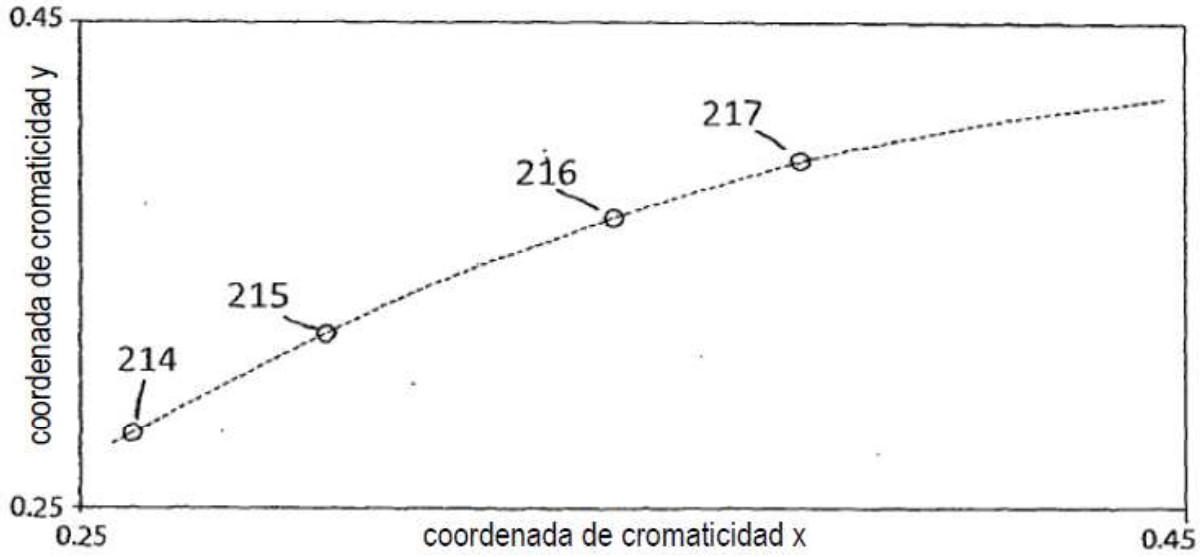

0.45
coordenada de cromaticidad y
0.25
214
215
216
217
0.25
coordenada de cromaticidad x
0.45

Fig 4

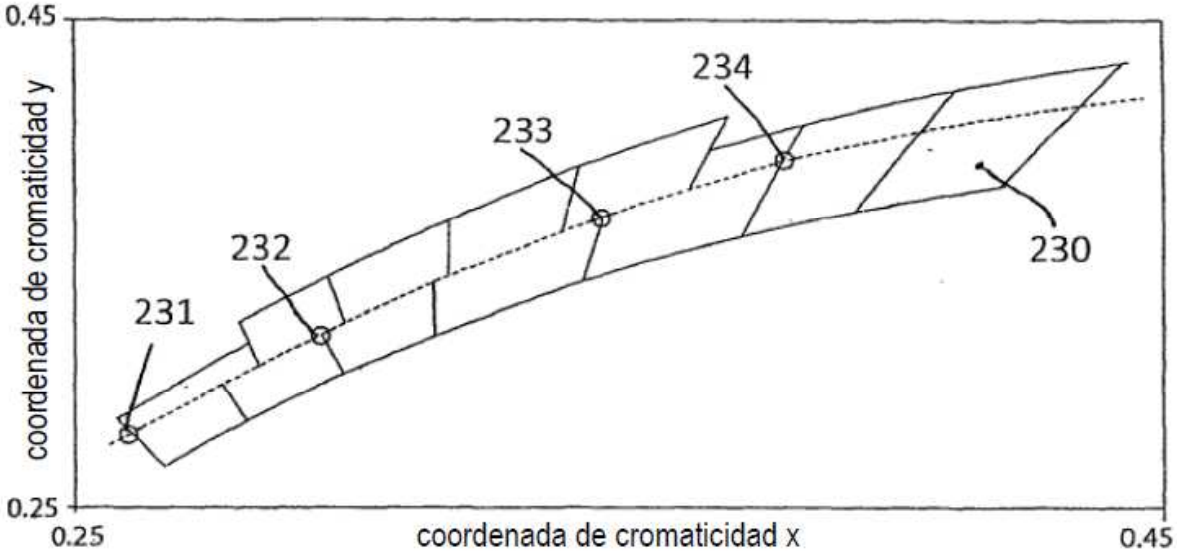

0.45
coordenada de cromaticidad y
0.25
234
233
232
231
230
0.25
coordenada de cromaticidad x
0.45

Fig 5

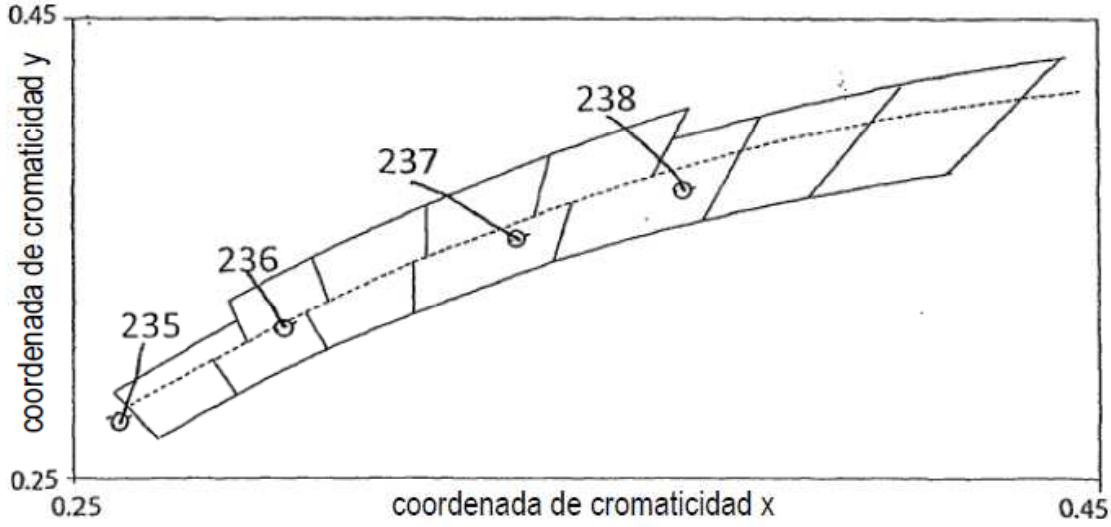

0.45
coordenada de cromaticidad y
0.25
238
237
236
235
0.25
coordenada de cromaticidad x
0.45

Fig 6

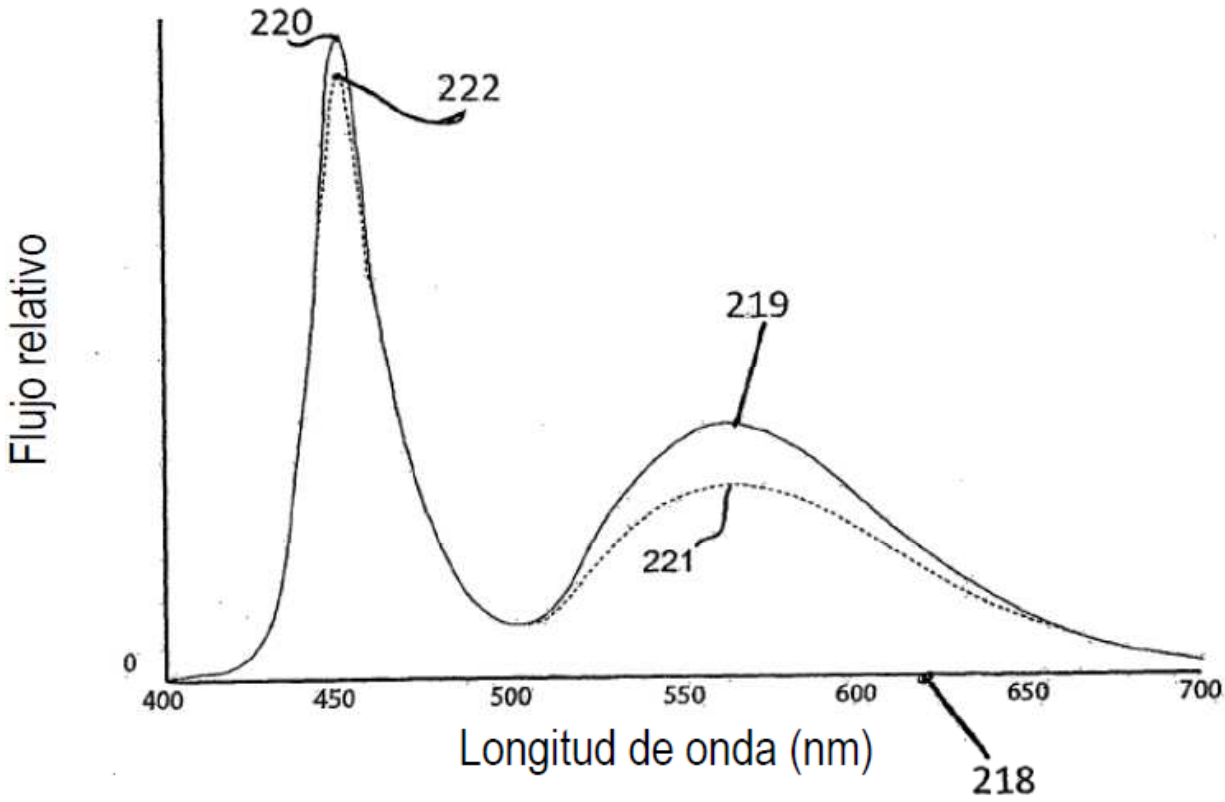

220
222
219
221
Flujo relativo
0
400
450
500
550
600
650
700
Longitud de onda (nm)
218

Fig 7

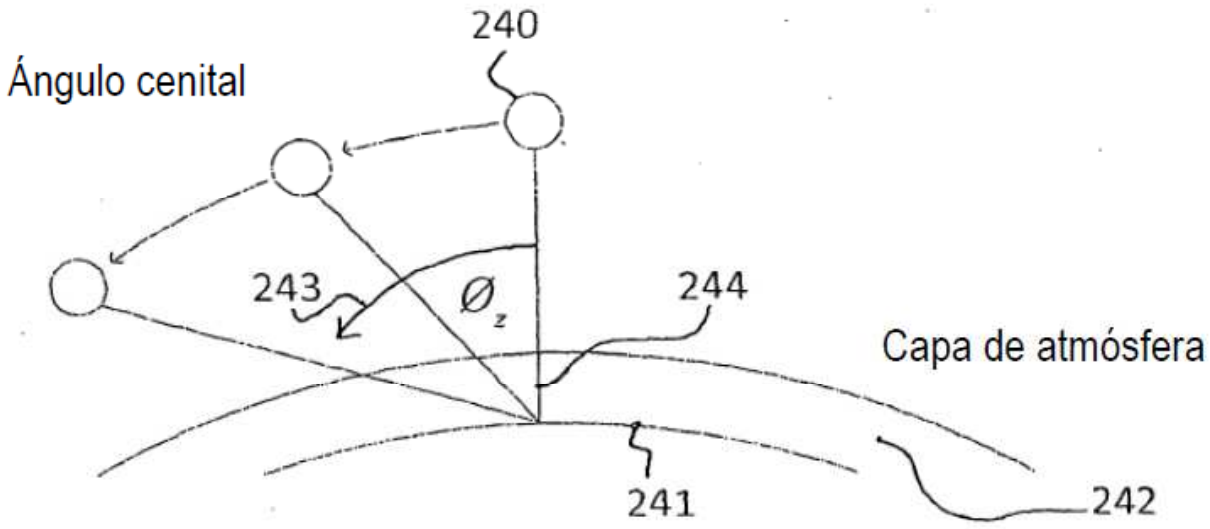


Fig 8

$$\text{masa de aire} = \frac{1}{\cos \emptyset_z + 0.50572(96.07995 - \emptyset_z)^{-1.6364}}$$

245 246 246

Fig 9

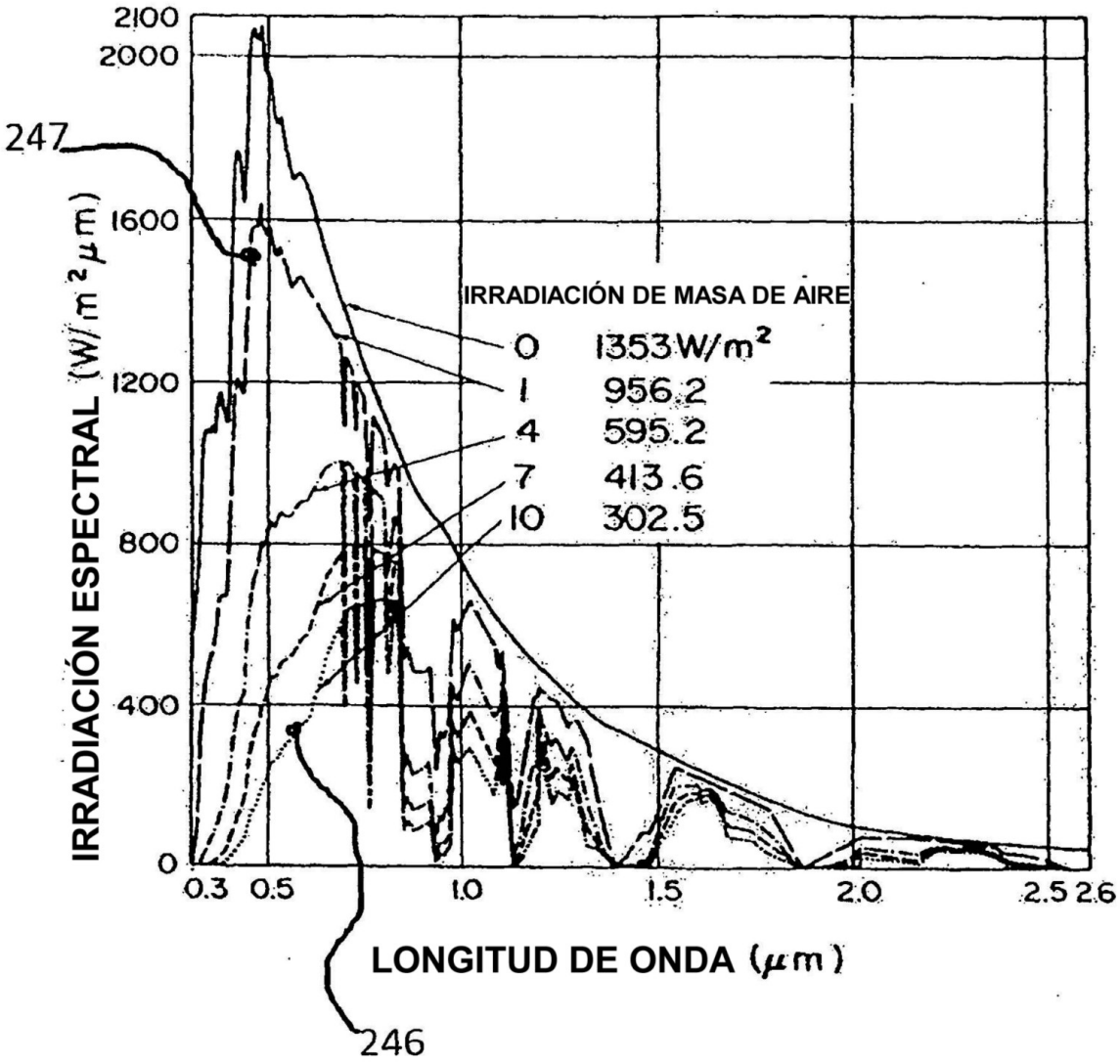

2100
2000
1600
1200
800
400
0
247
IRRADIACIÓN ESPECTRAL (W/m²μm)
IRRADIACIÓN DE MASA DE AIRE
0 1353W/m²
1 956.2
4 595.2
7 413.6
10 302.5
0.3 0.5 1.0 1.5 2.0 2.5 2.6
LONGITUD DE ONDA (μm)
246

Fig 10

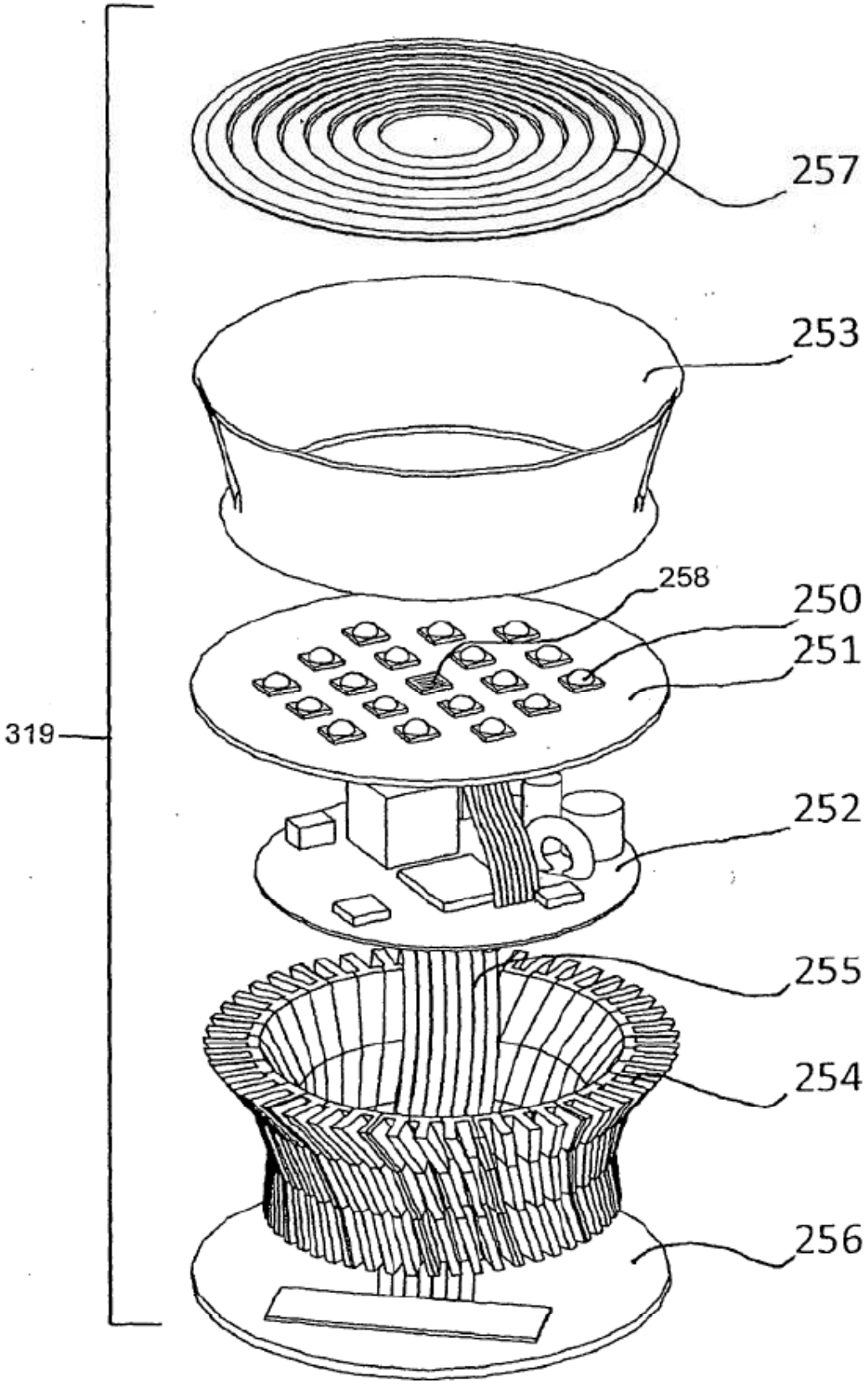


Fig 11

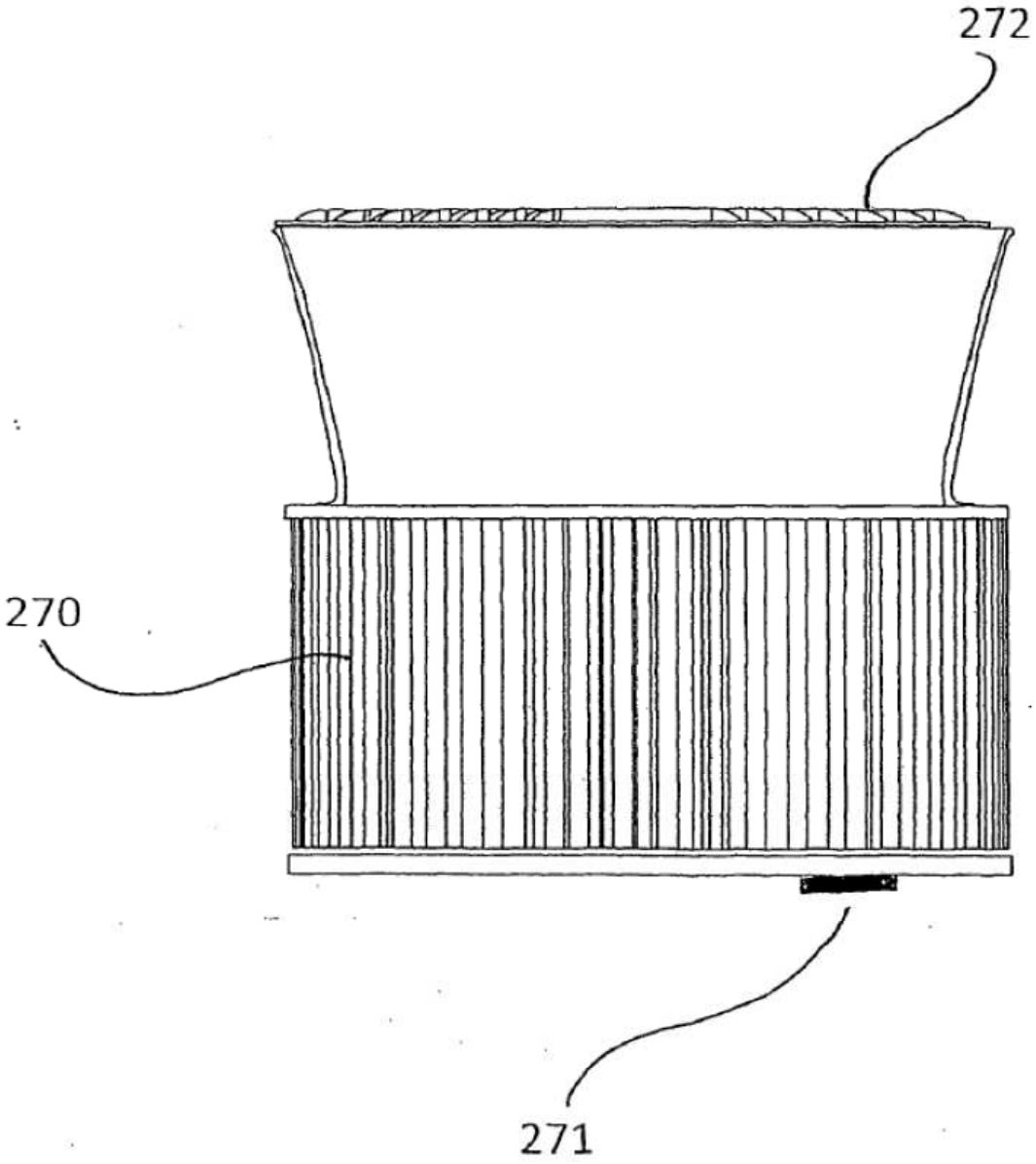


Fig 12

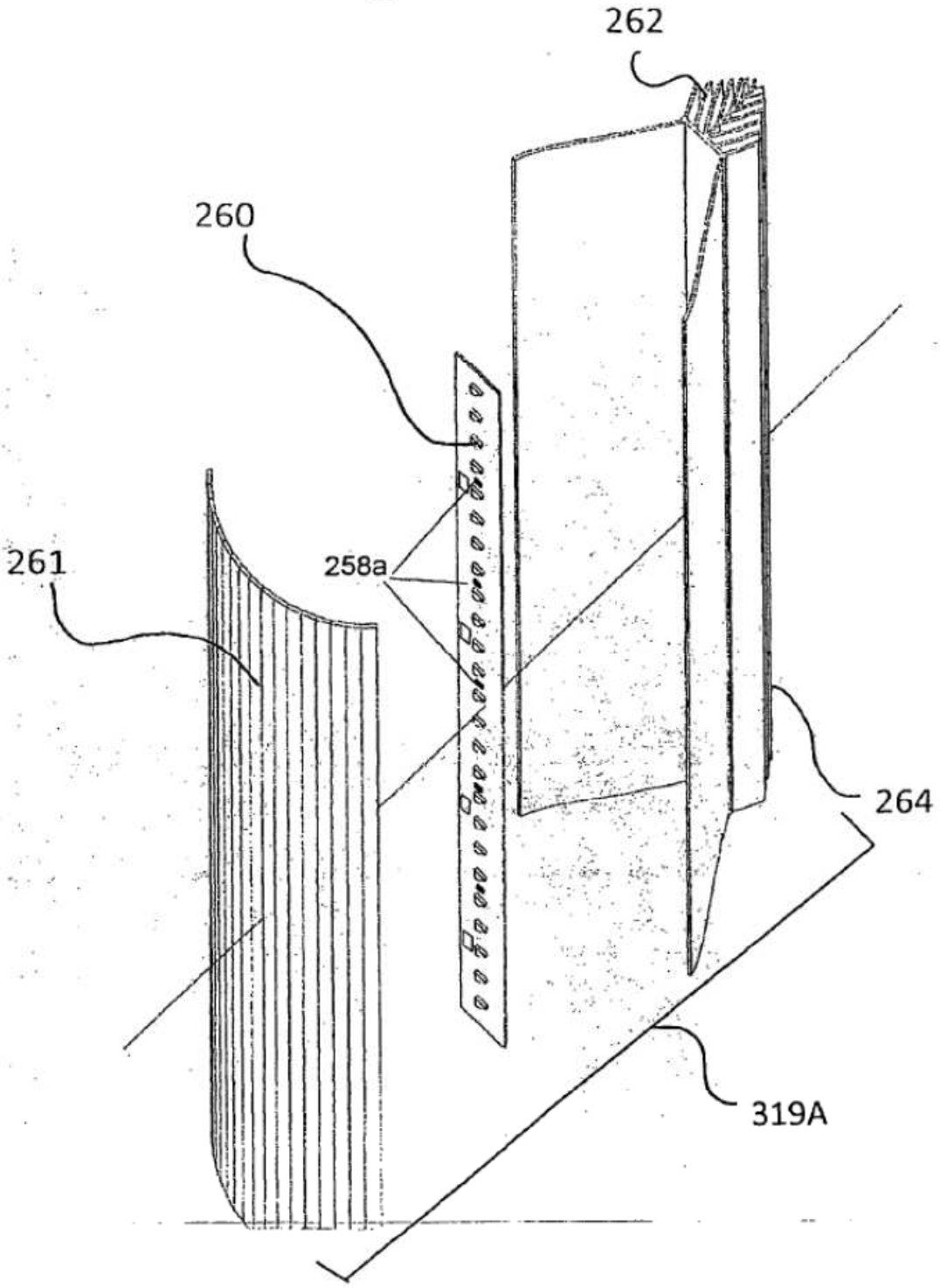


Fig 13a

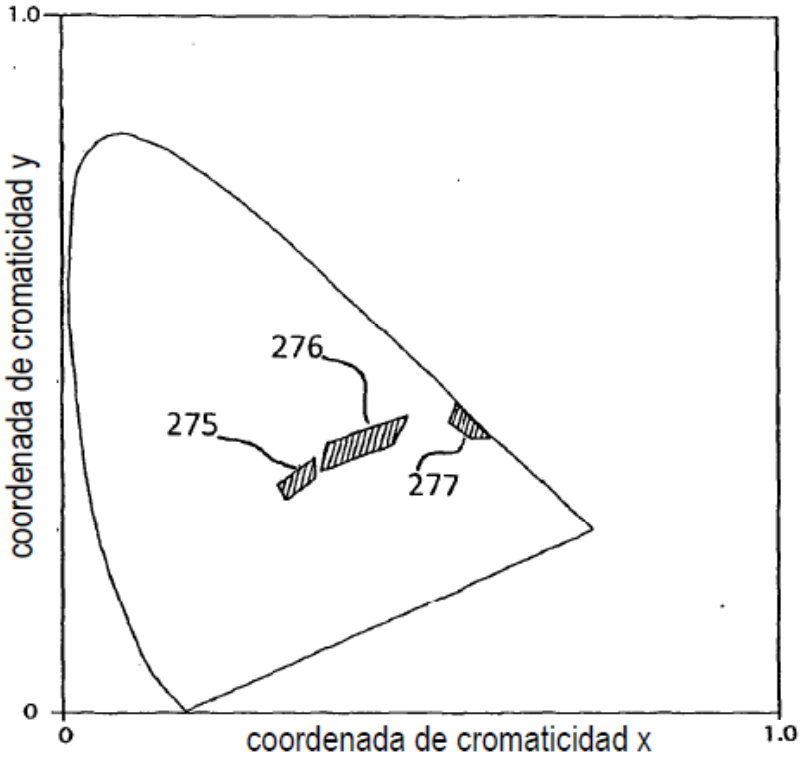


Fig 13b

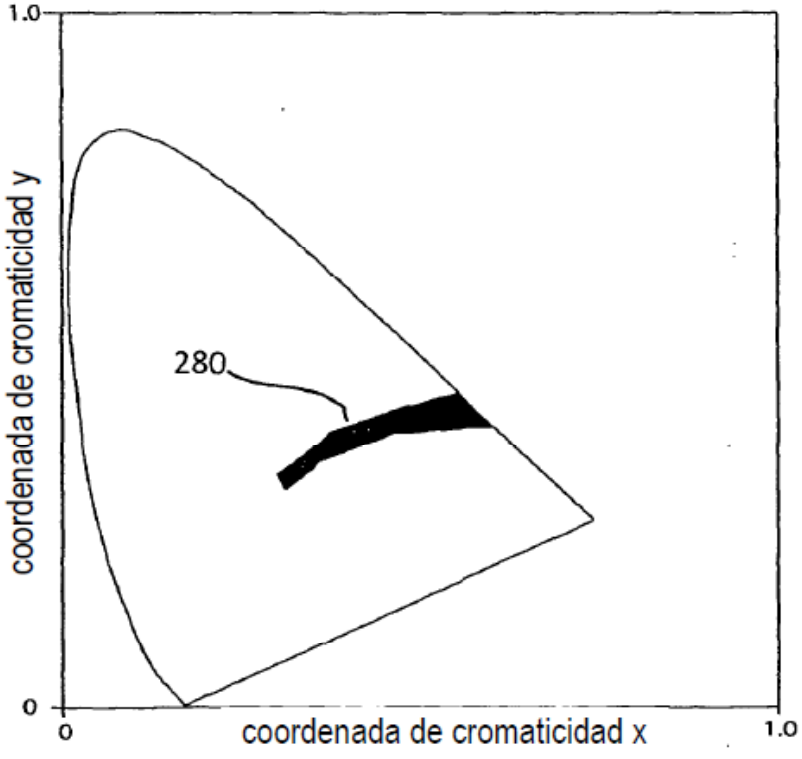


Fig 14a

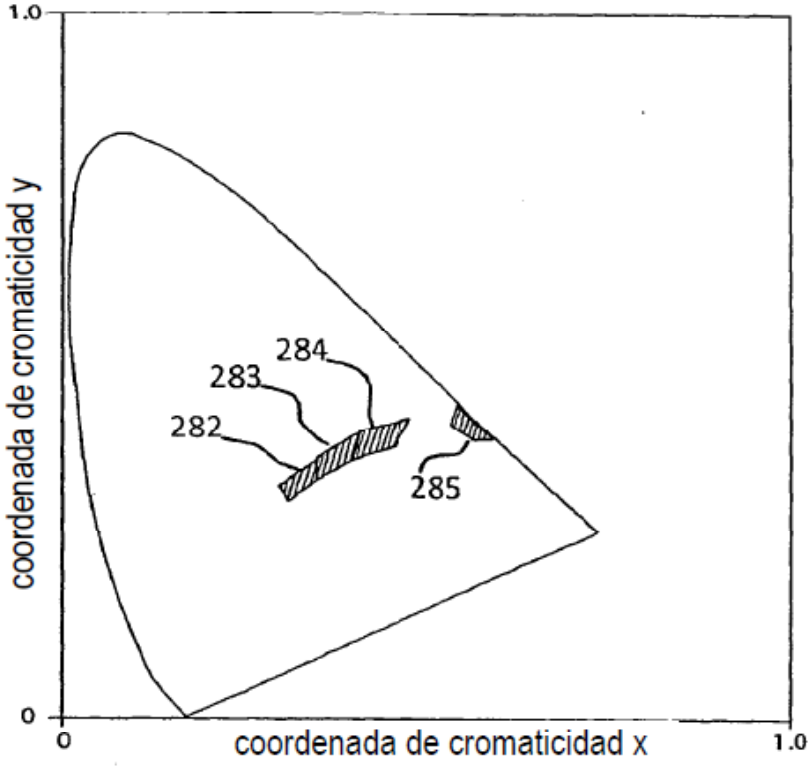


Fig 14b

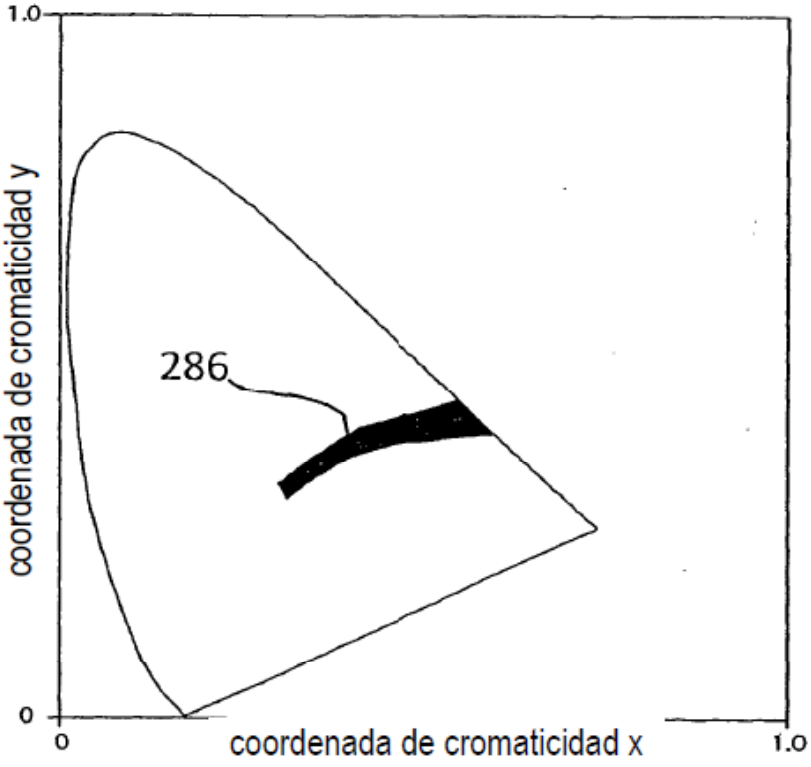


Fig 15

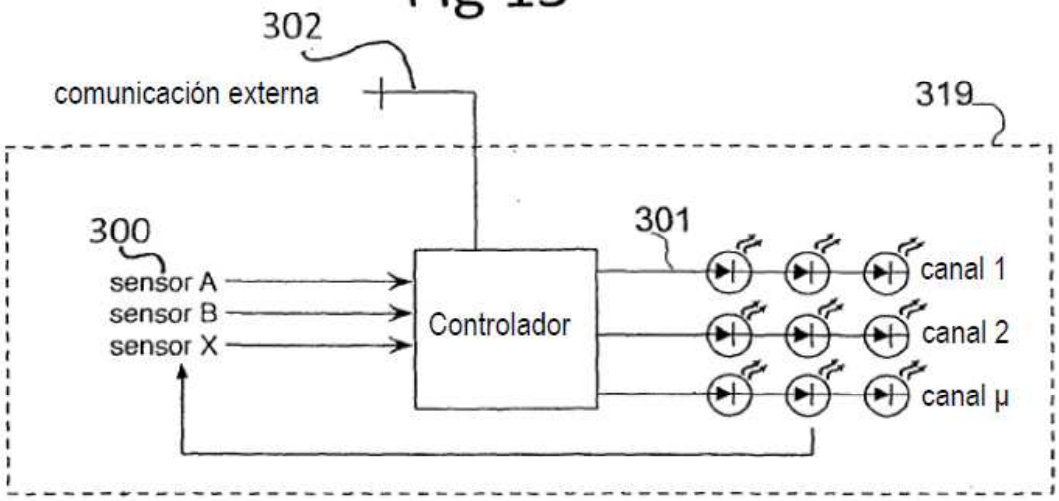

302
comunicación externa
319
300
301
sensor A
sensor B
sensor X
Controlador
canal 1
canal 2
canal µ

Fig 16

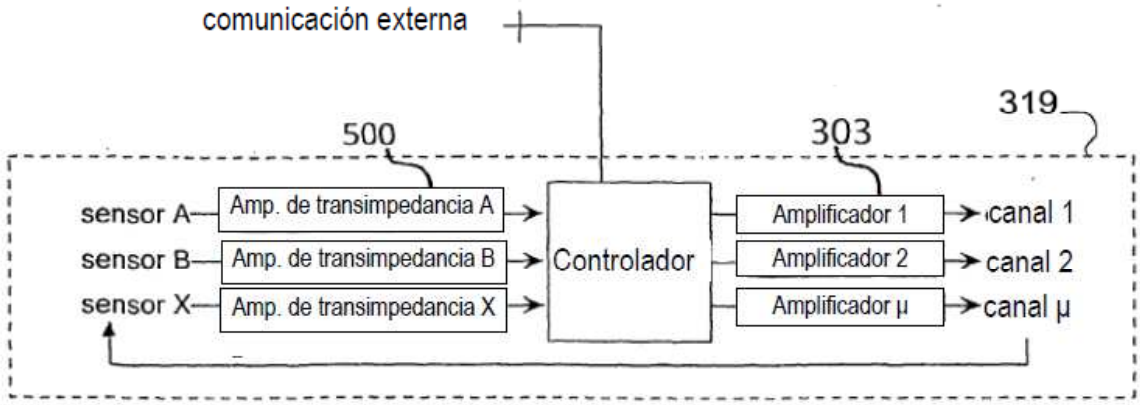

comunicación externa
319
500
303
sensor A
sensor B
sensor X
Amp. de transimpedancia A
Amp. de transimpedancia B
Amp. de transimpedancia X
Controlador
Amplificador 1
Amplificador 2
Amplificador µ
canal 1
canal 2
canal µ

Fig 17

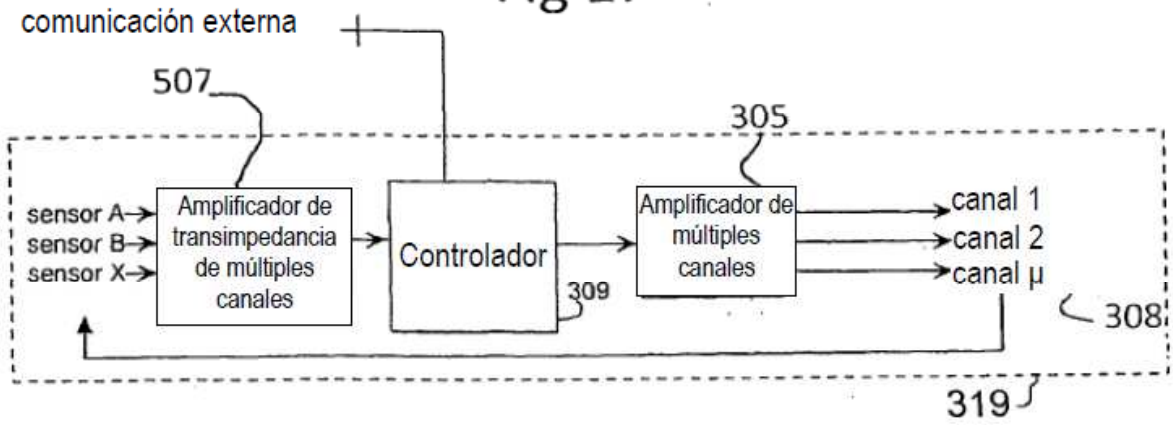

comunicación externa
507
305
sensor A
sensor B
sensor X
Amplificador de transimpedancia de múltiples canales
Controlador
309
Amplificador de múltiples canales
canal 1
canal 2
canal μ
308
319

Fig 18

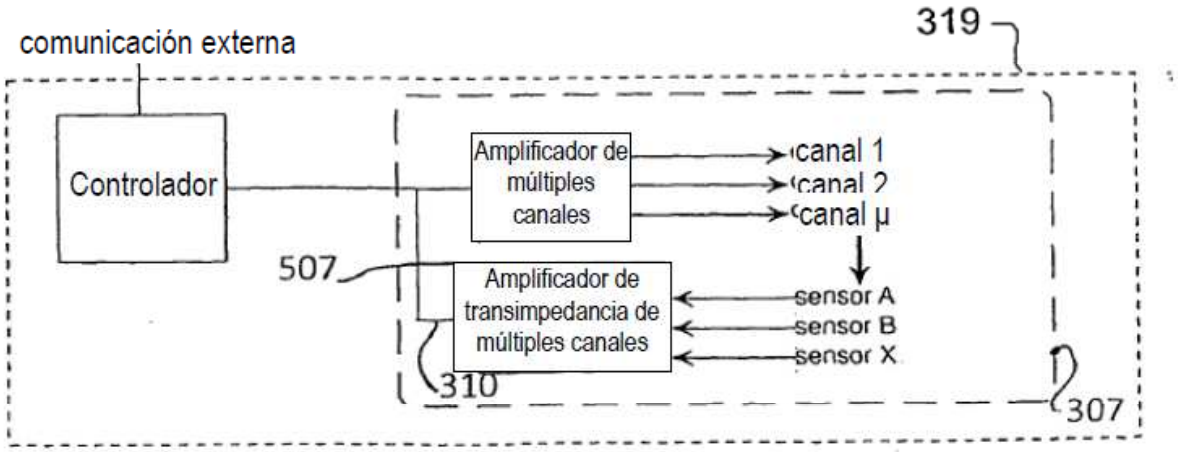

comunicación externa
319
Controlador
Amplificador de múltiples canales
canal 1
canal 2
canal μ
507
Amplificador de transimpedancia de múltiples canales
sensor A
sensor B
sensor X
310
307

Fig 19

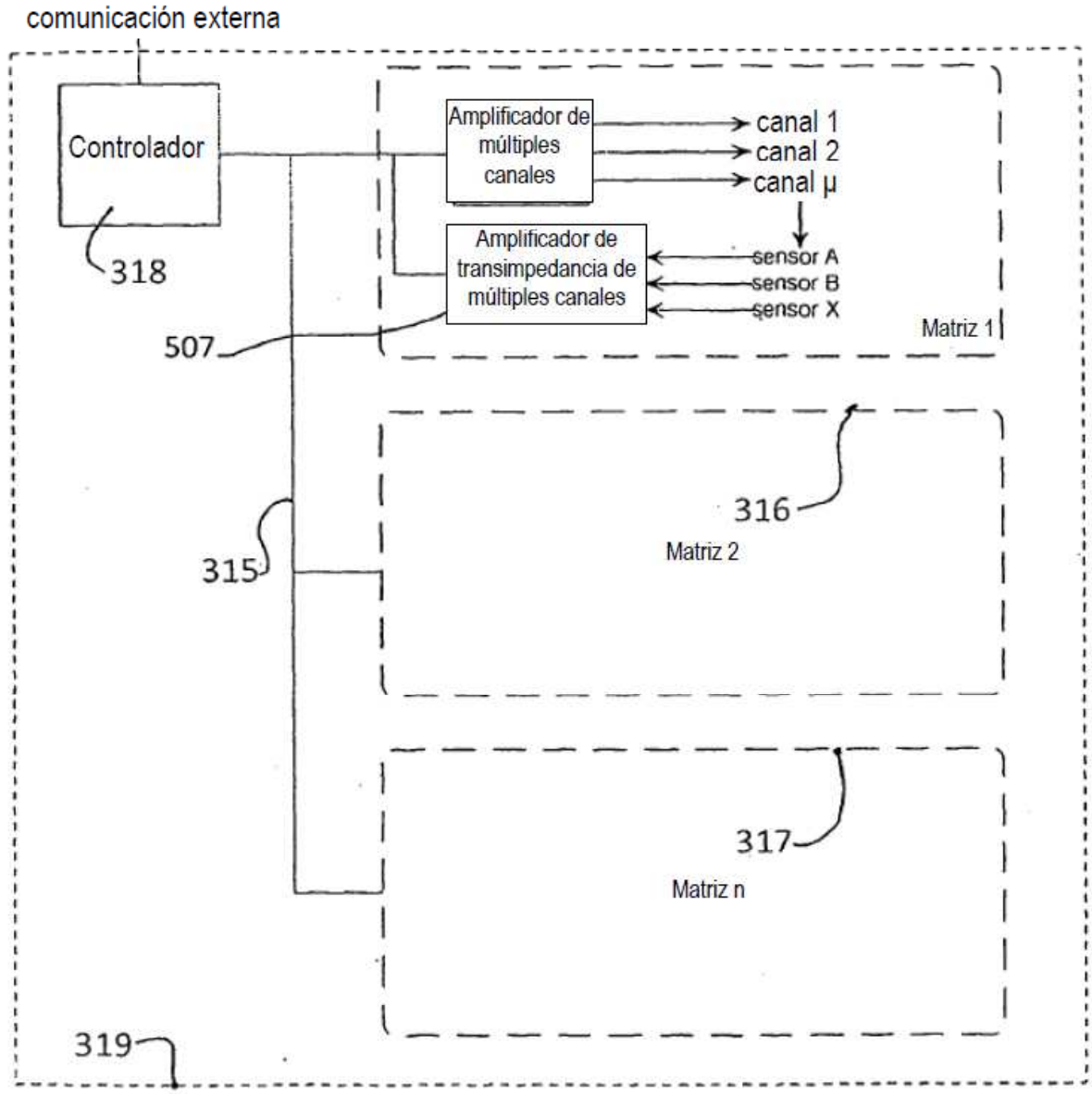

comunicación externa
Controlador
318
Amplificador de múltiples canales
canal 1
canal 2
canal µ
Amplificador de transimpedancia de múltiples canales
sensor A
sensor B
sensor X
Matriz 1
507
316
Matriz 2
315
317
Matriz n
319

Fig 20

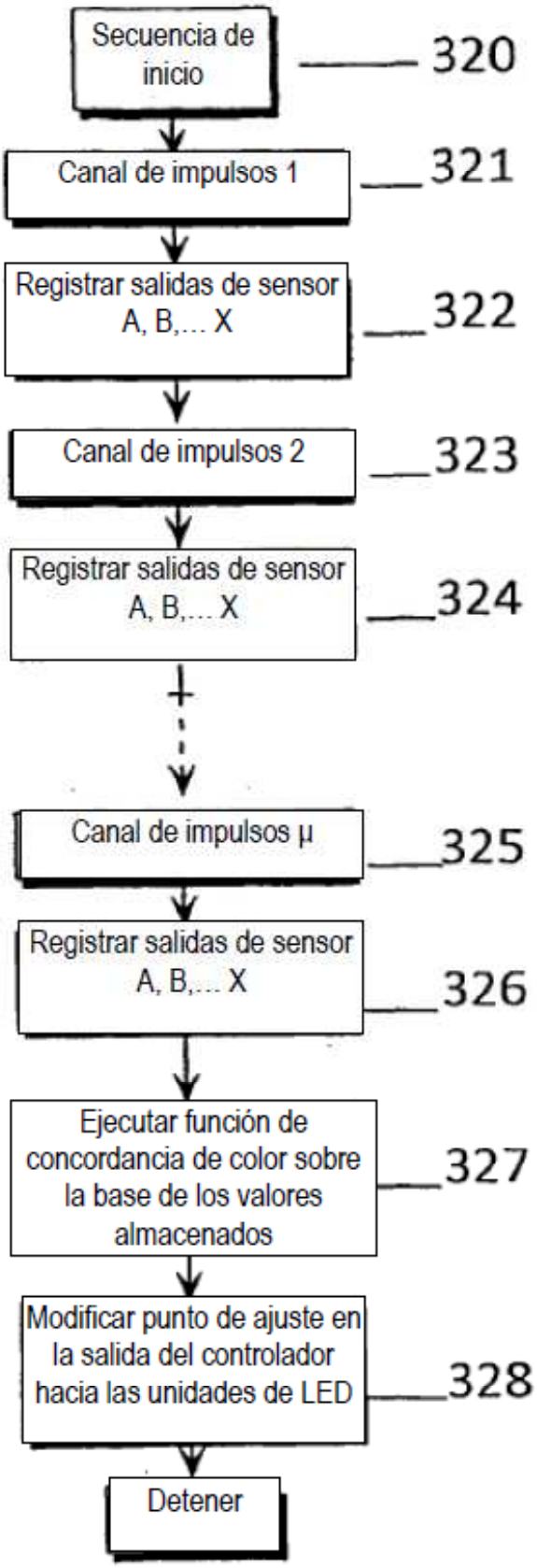

Secuencia de inicio
320
Canal de impulsos 1
321
Registrar salidas de sensor A, B,... X
322
Canal de impulsos 2
323
Registrar salidas de sensor A, B,... X
324
Canal de impulsos µ
325
Registrar salidas de sensor A, B,... X
326
Ejecutar función de concordancia de color sobre la base de los valores almacenados
327
Modificar punto de ajuste en la salida del controlador hacia las unidades de LED
328
Detener

Fig 21

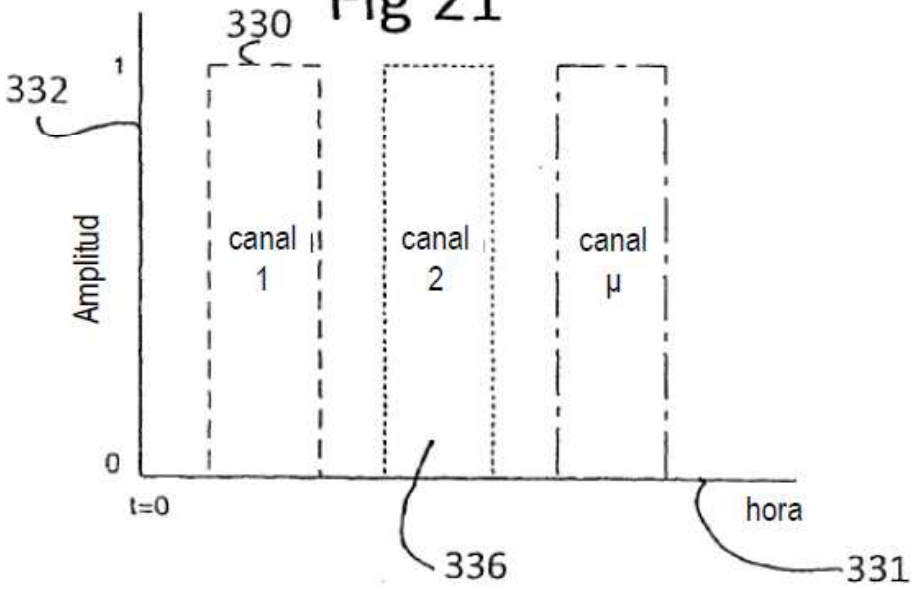


Fig 22

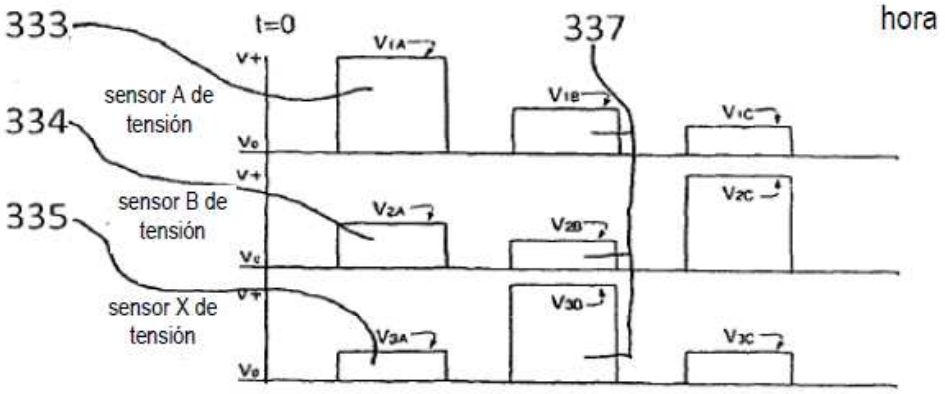


Fig 23

	341 canal 1	342 canal 2	343 canal μ	344 Condición ß	345 Condición Ω
347 sensor A	V_{A1}	V_{A2}	$V_{A\mu}$	$V_{A\beta}$	$V_{A\Omega}$
sensor B	V_{B1}	V_{B2}	$V_{B\mu}$	$V_{B\beta}$	$V_{B\Omega}$
340 sensor X	V_{X1}	V_{X2}	$V_{X\mu}$	$V_{X\beta}$	$V_{X\Omega}$

Fig 24

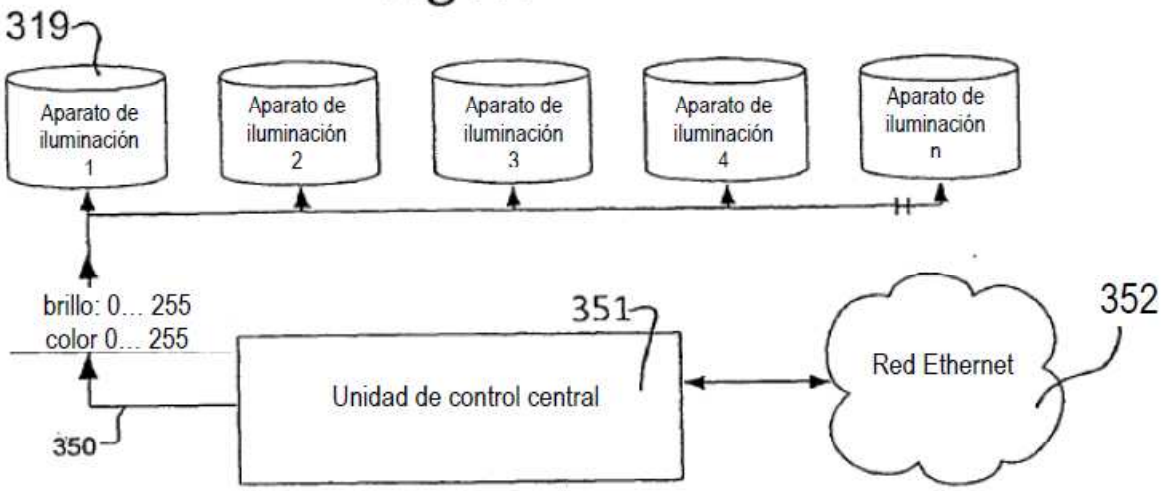

319
Aparato de iluminación 1
Aparato de iluminación 2
Aparato de iluminación 3
Aparato de iluminación 4
Aparato de iluminación n
brillo: 0... 255
color 0... 255
350
351
Unidad de control central
352
Red Ethernet

Fig 25

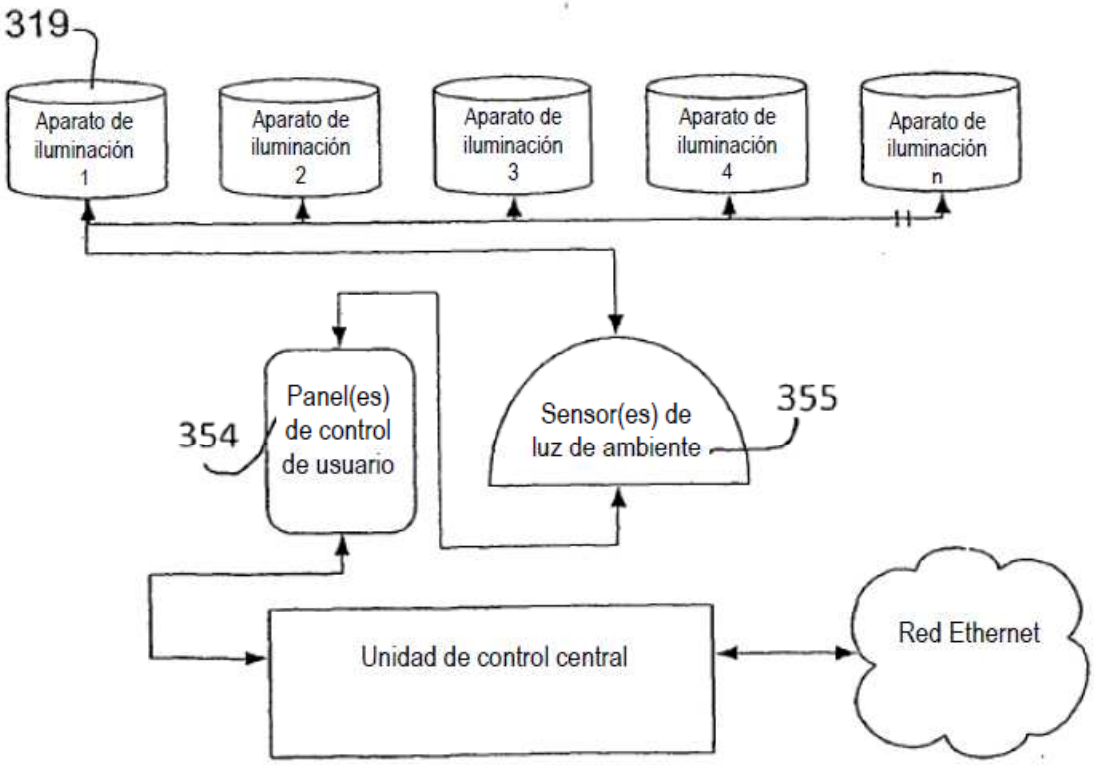

319
Aparato de iluminación 1
Aparato de iluminación 2
Aparato de iluminación 3
Aparato de iluminación 4
Aparato de iluminación n
354
Panel(es) de control de usuario
Sensor(es) de luz de ambiente
355
Unidad de control central
Red Ethernet

Fig 26

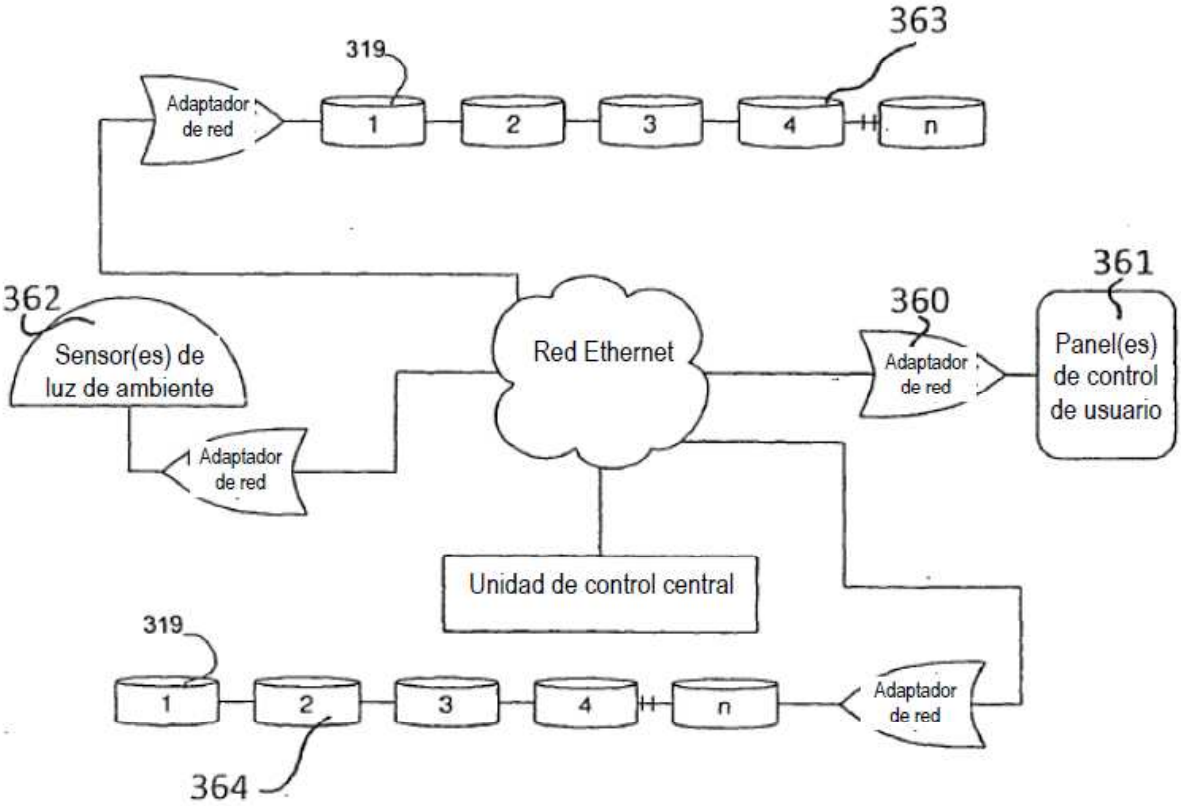

363
319
Adaptador de red
1
2
3
4
n
361
362
360
Sensor(es) de luz de ambiente
Red Ethernet
Adaptador de red
Panel(es) de control de usuario
Adaptador de red
Unidad de control central
319
1
2
3
4
n
Adaptador de red
364

Fig 27

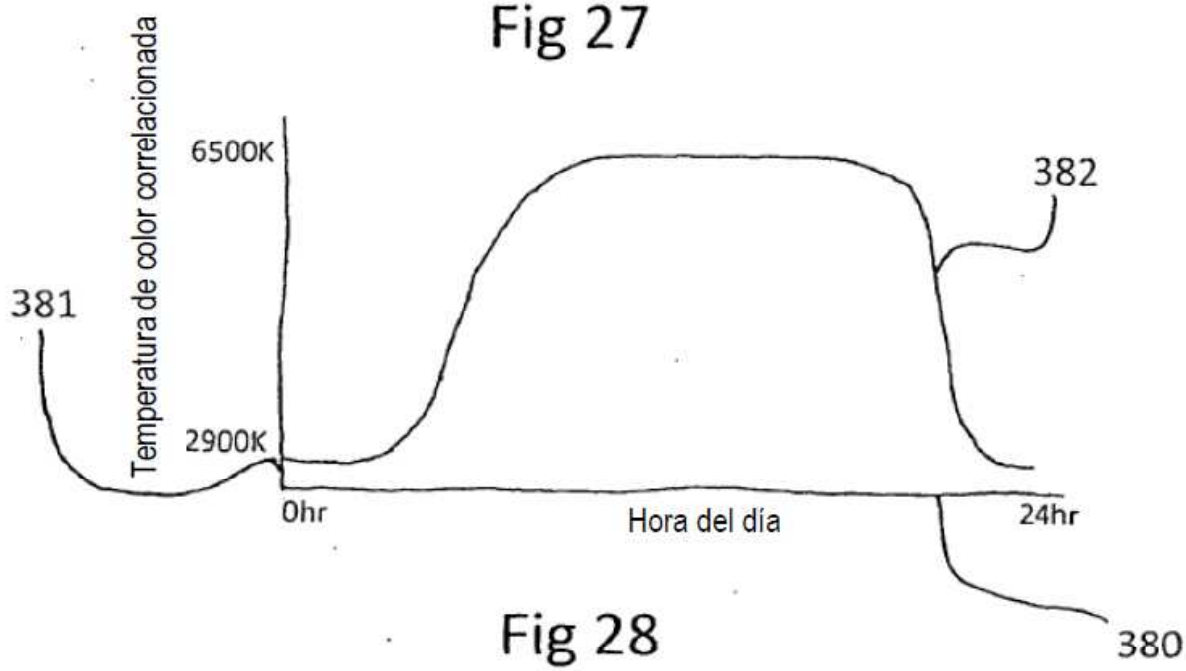

Temperatura de color correlacionada
6500K
2900K
381
382
380
0hr
Hora del día
24hr

Fig 28

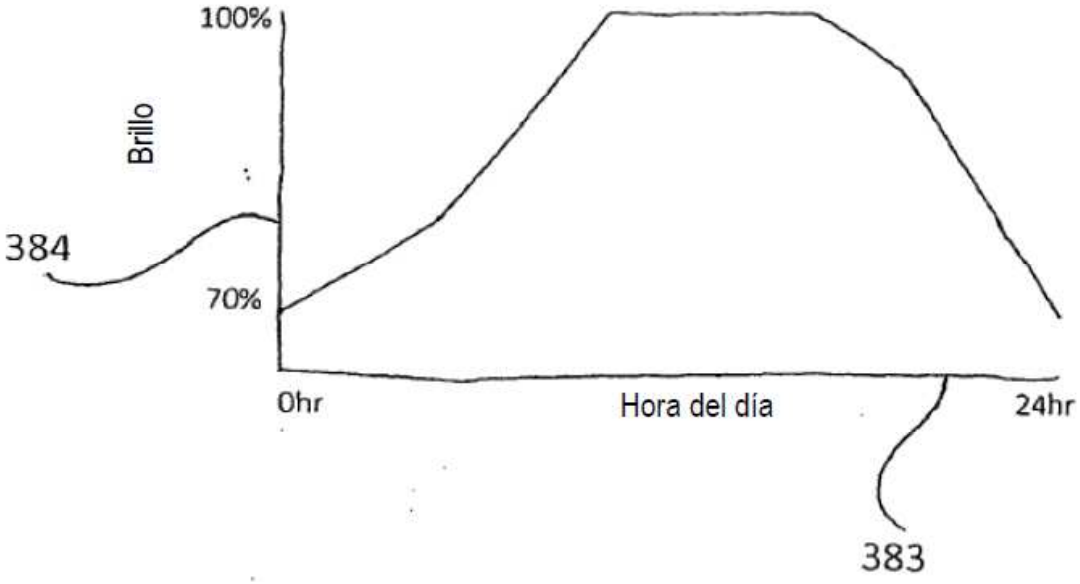

100%
Brillo
384
70%
0hr
Hora del día
24hr
383

Fig 29

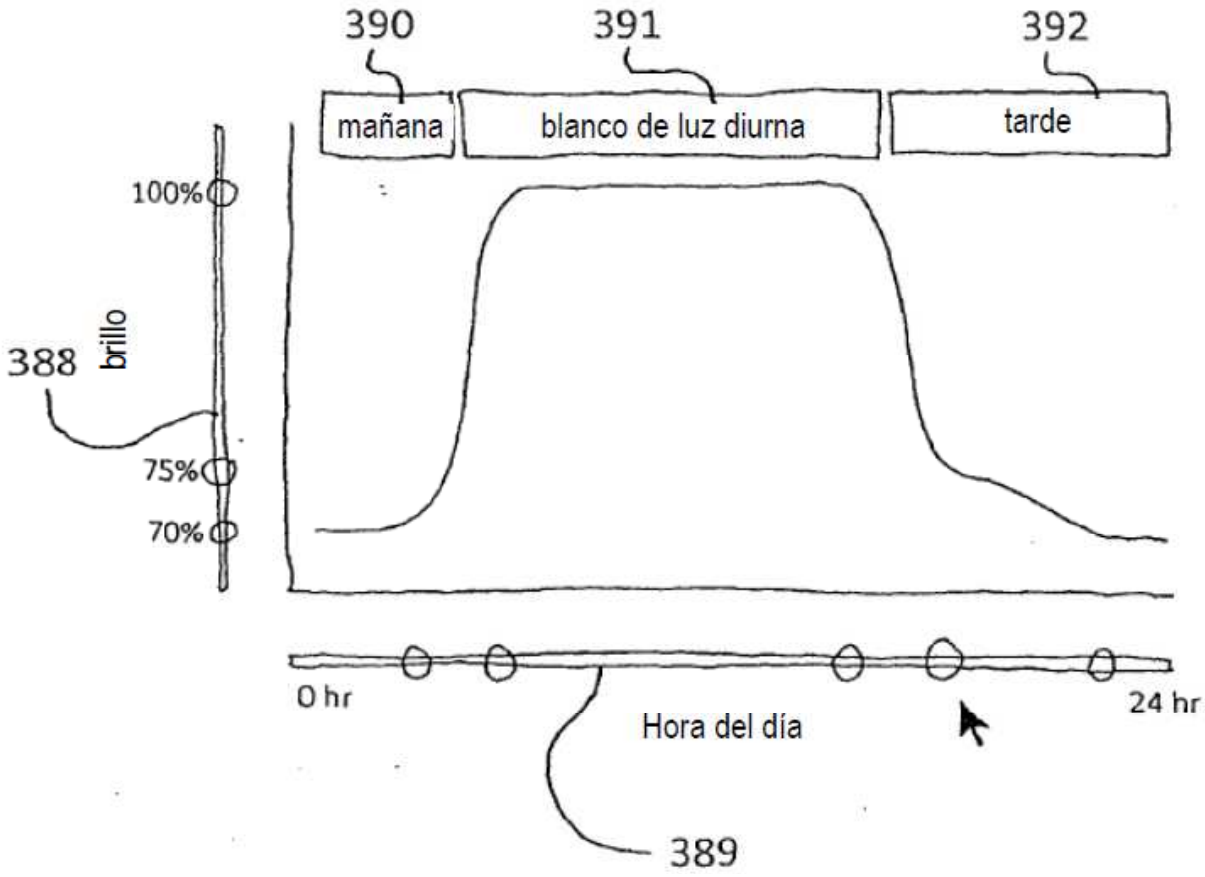

390
391
392
mañana
blanco de luz diurna
tarde
100%
388
brillo
75%
70%
0 hr
24 hr
Hora del día
389

Fig 30

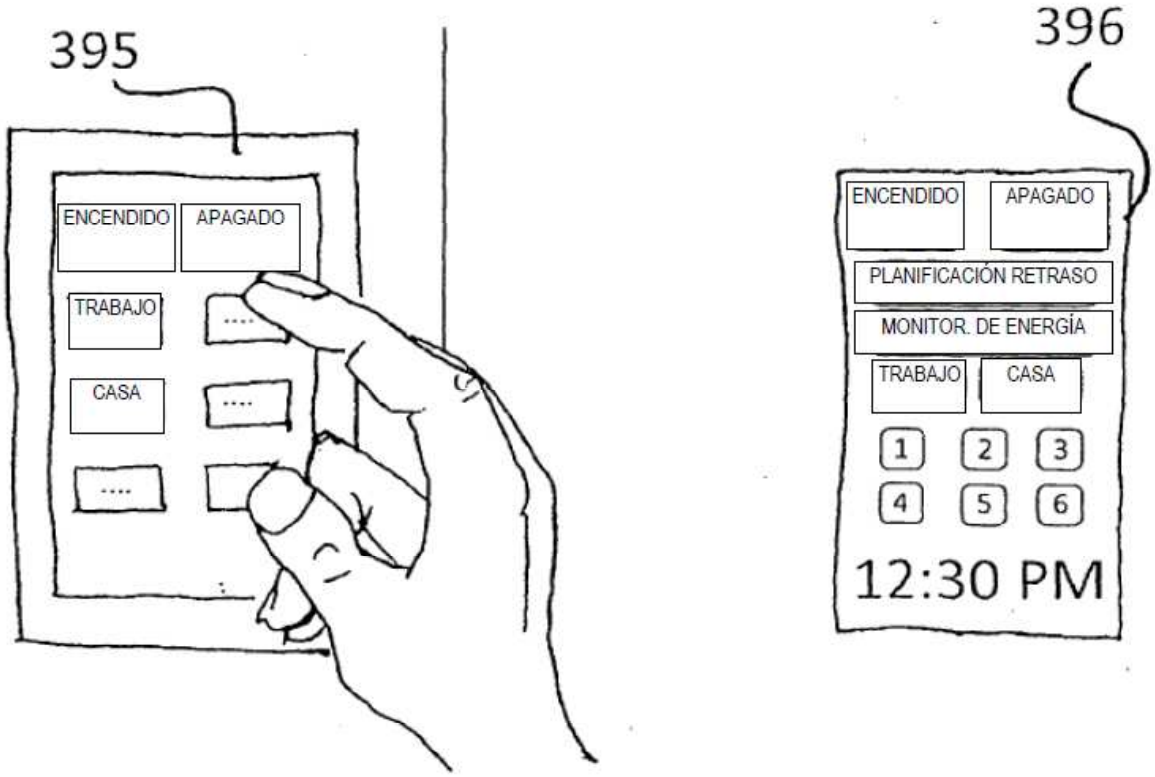

395
ENCENDIDO
APAGADO
TRABAJO
CASA
396
ENCENDIDO
APAGADO
PLANIFICACIÓN RETRASO
MONITOR. DE ENERGÍA
TRABAJO
CASA
1
2
3
4
5
6
12:30 PM

Fig 31

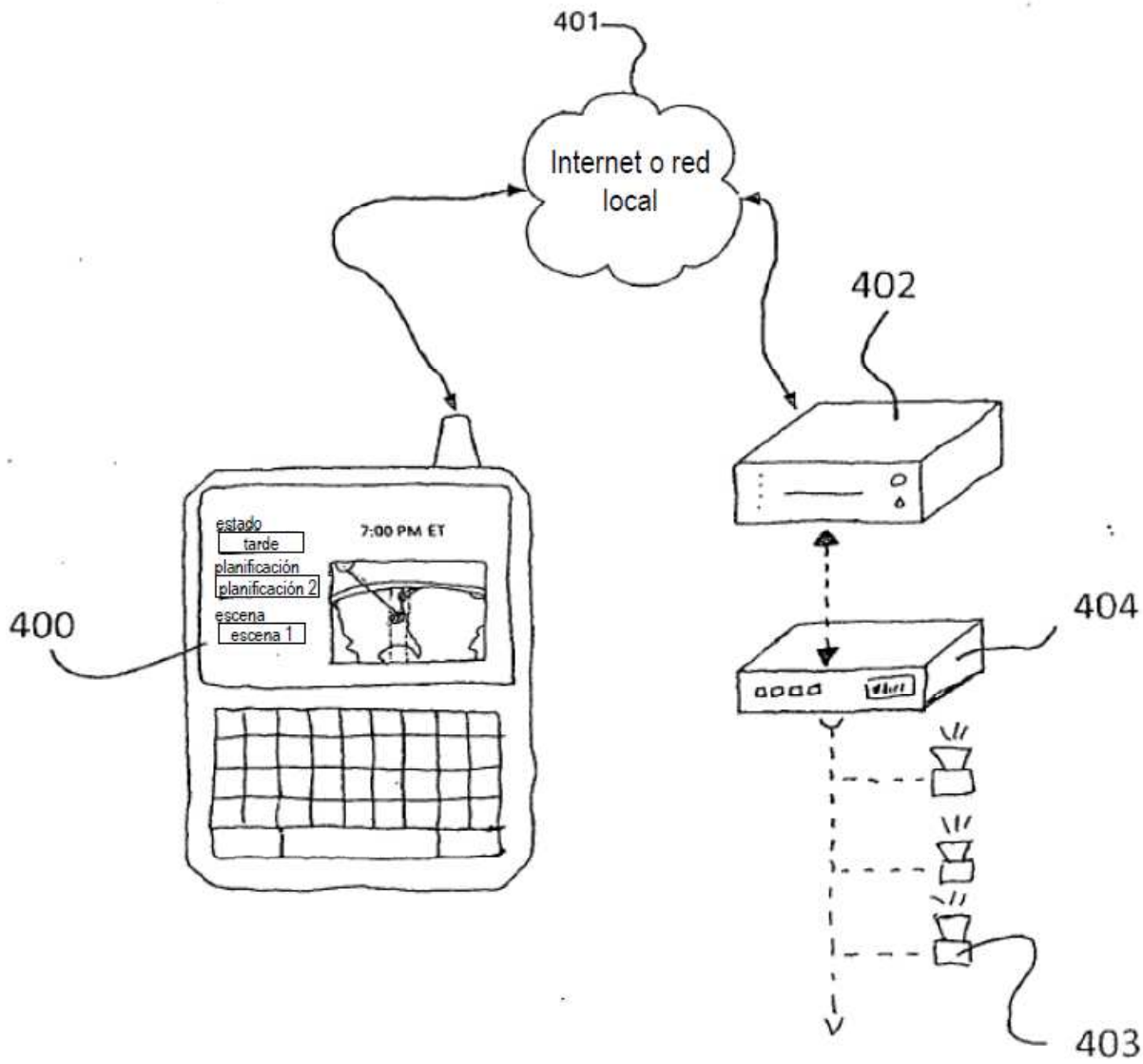

401
Internet o red local
402
400
estado
tarde
7:00 PM ET
planificación
planificación 2
escena
escena 1
404
403

Fig 32

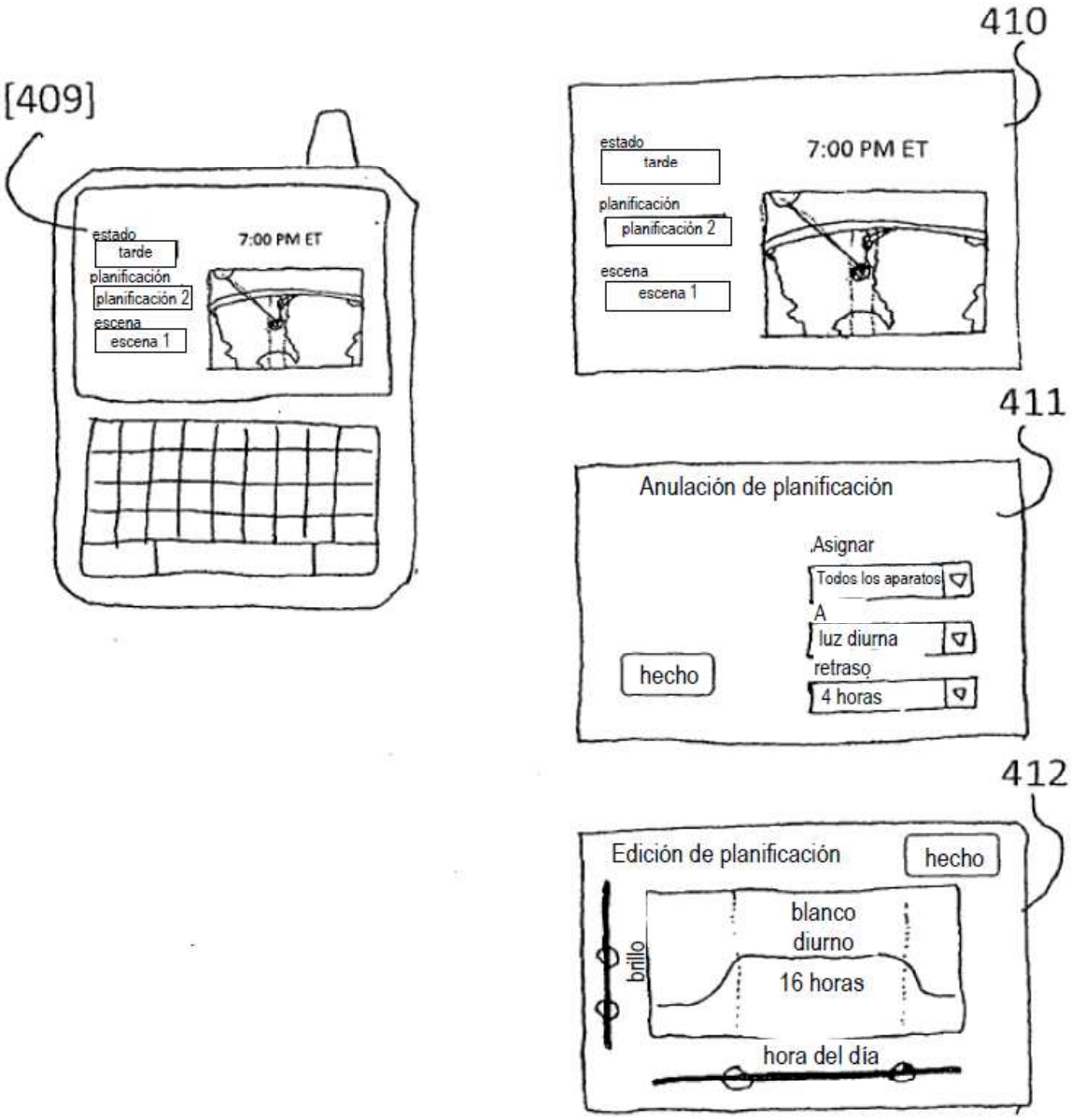

[409]
estado
tarde
7:00 PM ET
planificación
planificación 2
escena
escena 1
410
estado
tarde
7:00 PM ET
planificación
planificación 2
escena
escena 1
411
Anulación de planificación
Asignar
Todos los aparatos
A
luz diurna
retraso
4 horas
hecho
412
Edición de planificación
hecho
blanco
diurno
16 horas
brillo
hora del día

Fig 33

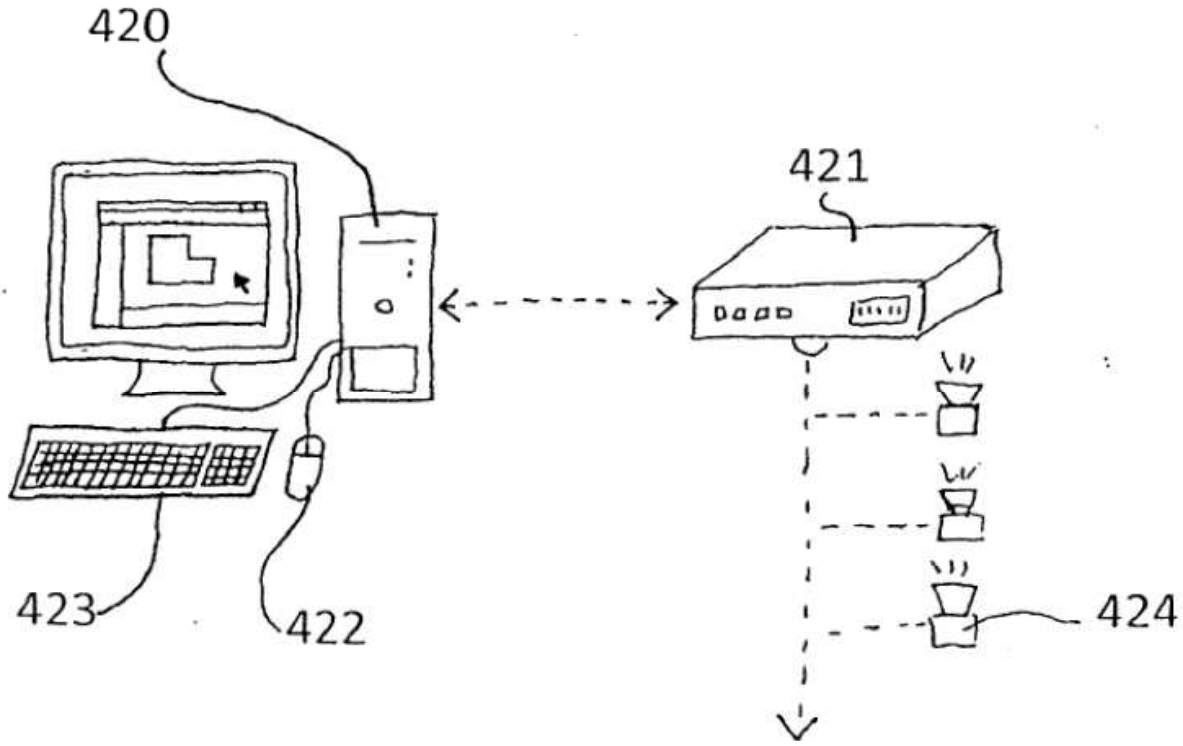


Fig 34

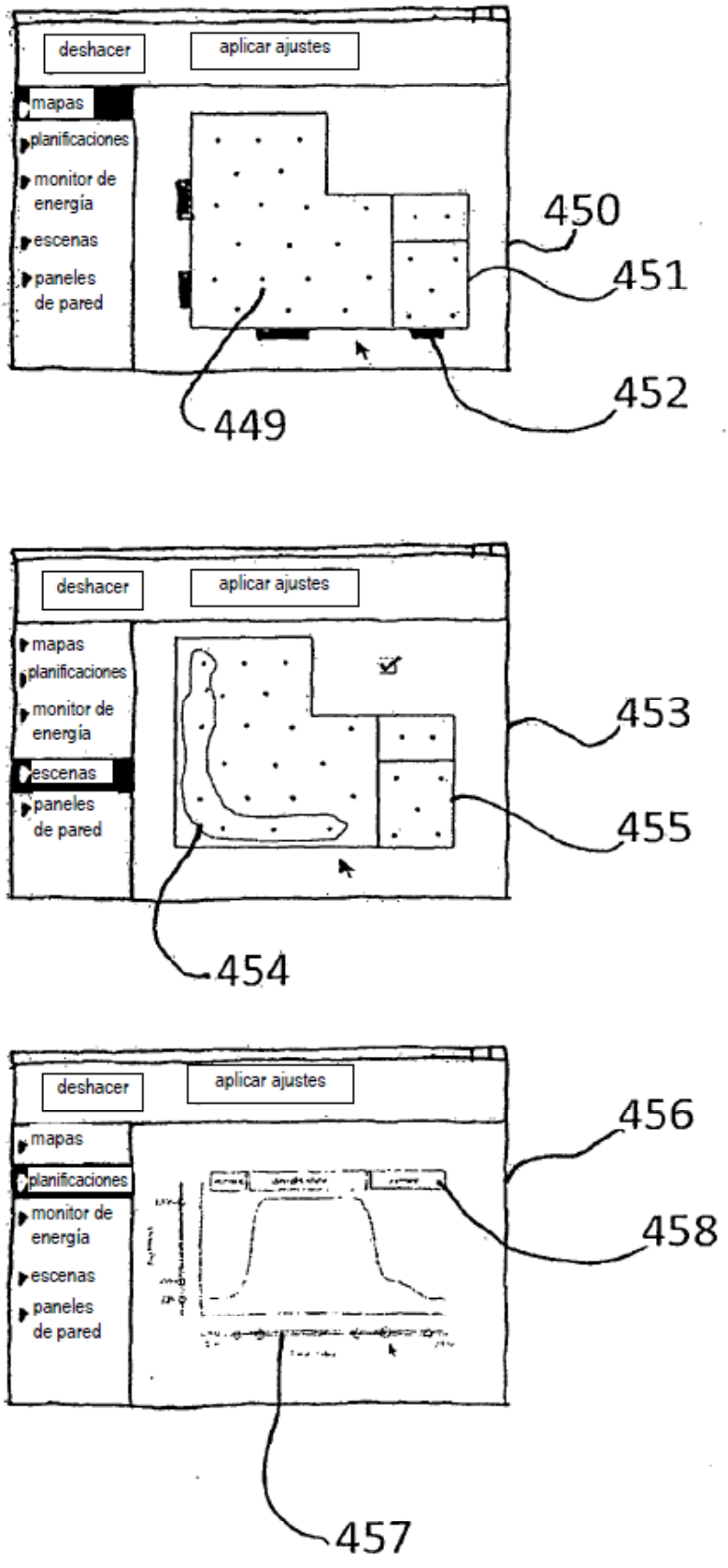

deshacer
aplicar ajustes
mapas
planificaciones
monitor de energía
escenas
paneles de pared
450
451
452
449
deshacer
aplicar ajustes
mapas
planificaciones
monitor de energía
escenas
paneles de pared
453
455
454
deshacer
aplicar ajustes
mapas
planificaciones
monitor de energía
escenas
paneles de pared
456
458
457

Fig 35

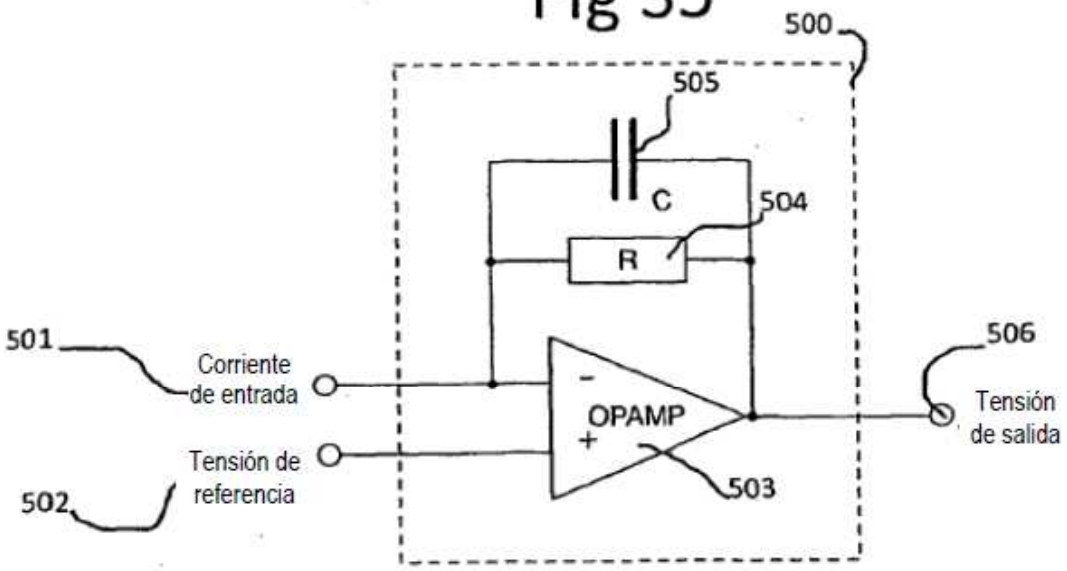

500
505
C
504
R
501
Corriente de entrada
506
Tensión de salida
OPAMP
Tensión de referencia
503
502

Fig 36

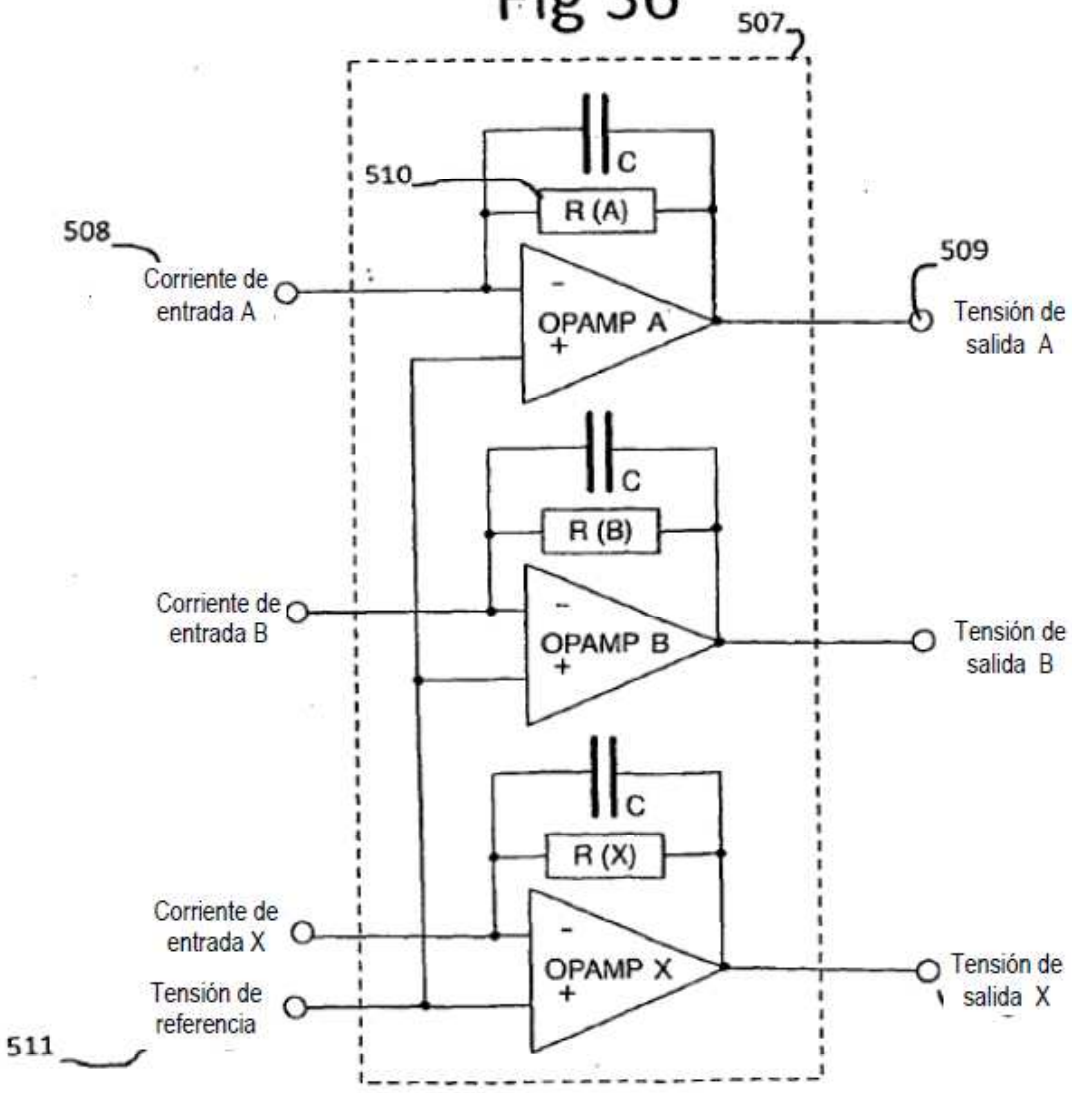

507
C
510
R (A)
508
Corriente de entrada A
509
Tensión de salida A
OPAMP A
C
R (B)
Corriente de entrada B
Tensión de salida B
OPAMP B
C
R (X)
Corriente de entrada X
Tensión de salida X
OPAMP X
Tensión de referencia
511

Fig 37

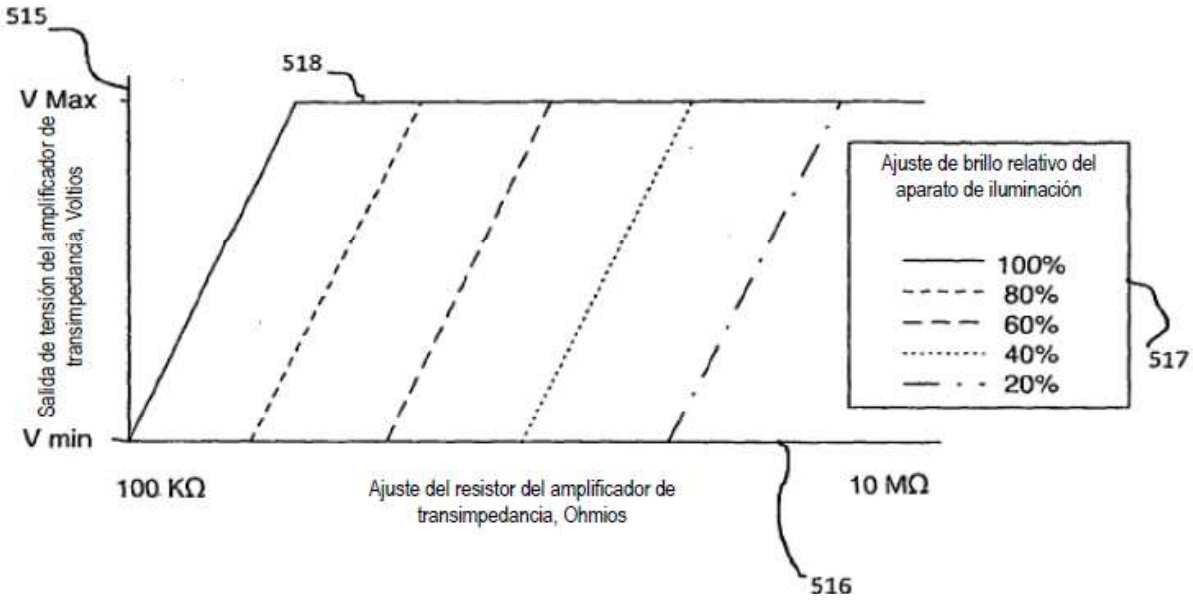
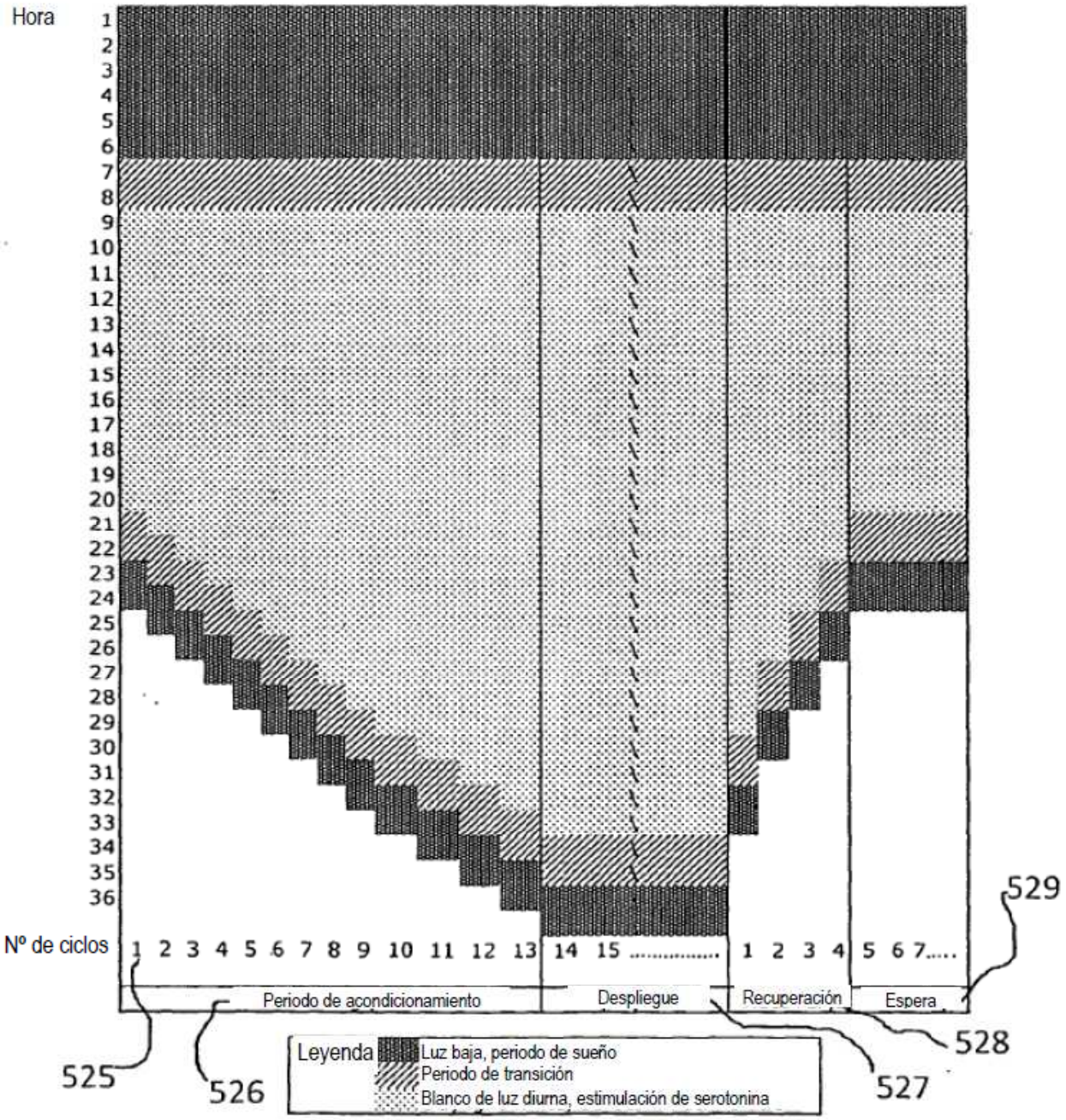

515
518
V Max
V min
Salida de tensión del amplificador de transimpedancia, Voltios
Ajuste de brillo relativo del aparato de iluminación
100%
80%
60%
40%
20%
517
100 KΩ
Ajuste del resistor del amplificador de transimpedancia, Ohmios
10 MΩ
516

Fig 38


Hora
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
Nº de ciclos
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13
14 15 .....
1 2 3 4
5 6 7.....
Periodo de acondicionamiento
Despliegue
Recuperación
Espera
529
528
527
525
526
Leyenda
Luz baja, periodo de sueño
Periodo de transición
Blanco de luz diurna, estimulación de serotonina