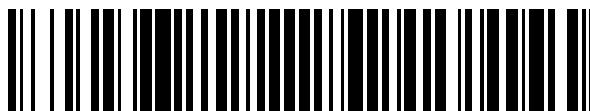


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 753 273**

51 Int. Cl.:

**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 15160578 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.09.2019** **EP 2916622**

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:

**07.04.2020**

73 Titular/es:

**DELOS LIVING, LLC (100.0%)  
860 Washington Street, 4th Floor  
New York, NY 10014, US**

72 Inventor/es:

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

74 Agente/Representante:

**GARCÍA GONZÁLEZ, Sergio**

**ES 2 753 273 T3**

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

## DESCRIPCIÓN

Sistema de iluminación LED

**Antecedentes de la invención**

1. Campo de la invención

5 La presente invención se refiere, en general, al campo de los dispositivos de iluminación y, más en particular, a un sistema y método de control de los accesorios de iluminación para la coordinación del brillo y los horarios de color precisos como para parecerse lo más posible a la luz solar en un día despejado en las características espectrales.

2. Descripción de la técnica relacionada

10 Con la creciente demanda de iluminación de bajo consumo, las nuevas tecnologías de iluminación tales como LED ofrecen distintas oportunidades debido a sus colores personalizables y precisión en el control. A medida que crece el mercado de la iluminación LED blanca, el avance del estado de la técnica implica una integración perfecta de la luz artificial con la luz natural y la iluminación saludable a través de la iluminación dinámica.

15 Un nicho particular de tal diseño y control LED está en la generación de la luz solar artificial para una variedad de razones, en especial para el tratamiento de las dolencias humanas, por ej., trastornos del ritmo circadiano, trastornos afectivos estacionales, afecciones por turno de trabajo, etc.

La Patente de los Estados Unidos Núm. 6.350.275 (Vreman *et al.*) se refiere a un par de gafas personales con LED incorporadas dentro de 3 cm del ojo que dirige la luz roja y azul hacia los ojos del usuario para el tratamiento de los trastornos del ritmo circadiano. Sin embargo, esta invención se limita a un usuario, se debe utilizar durante el período de trabajo y no simula la luz solar natural.

20 La Patente de los Estados Unidos Núm. 7.573.210 (Ashdown *et al.*) se refiere a un método y un sistema para el control de la cromaticidad y la salida de flujo luminoso de una luminaria controlada de manera digital. La luminaria comprende uno o más elementos emisores de luz y uno o más sensores de luz que pueden proporcionar retroalimentación óptica.

25 Las siguientes patentes 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 usable, implican períodos 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 se definen: las Patentes de los Estados Unidos Núms. 5.503.637 (Kyracos, *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.*).

30 A continuación se mencionan ejemplos de otros sistemas de control de iluminación:

35 La Patente de los Estados Unidos Núm. 7.014.336 (Ducharme, *et al.*) se refiere a circuitos activos con un mecanismo de retroalimentación para la lectura de la luz en la habitación y ajustes activos. En particular, la invención se refiere de manera específica a accesorios de iluminación variable de temperatura del color, pero sin relacionar una región específica de la curva de cuerpo negro o diagrama de cromaticidad. Tampoco aparece la enseñanza o sugerencia de un método para el ajuste automático de la temperatura del color y el brillo de los accesorios de iluminación sin intervención del usuario.

40 La Patente de los Estados Unidos Núm. 7.213.940 (Van De Ven *et al.*) Implica la reducción de la luz con coordenadas específicas (atenuación y retroalimentación) por el uso de diferentes familias de emisores de LED y ajusta la salida específica a la temperatura del color constante en un sacrificio de brillo. Esta patente también describe sistemas estáticos incorporados con controles dentro del accesorio. Esta invención se refiere a una temperatura del color variable ajustable a lo largo del tiempo con controles activos. En particular, la invención implica un cuadro delimitador de 5 caras específico en el diagrama de cromaticidad de 1931 de la *Commission Internationale de l'Eclairage* (CIE, por su sigla en inglés). 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

45 coordenadas que caen dentro del cuadro definido. De manera adicional, esta patente se refiere a un accesorio de iluminación que produce una temperatura del color fija.

50 La Patente de los Estados Unidos Núm. 7.354.172 (Chemel, *et al.*) se refiere a la prestación de las condiciones de iluminación con base en una gama de colores de referencia común a muchas unidades de iluminación en una red que utiliza LED blancos y monocromáticos. Esta patente no define de manera específica la gama de color o los colores o coordenadas de cromaticidad en la que opera el accesorio, y no aparece la enseñanza o sugerencia de un medio por el cual el brillo y el color se cambian de manera autónoma y dinámica a lo largo del tiempo.

La Patente de los Estados Unidos Núm. 6.459.919 (Lys, *et al.*) divulga la iluminación de los tejidos vivos donde los parámetros de luz conocidos se refieren a una condición del tejido vivo. Esto se explica en el contexto del uso de la luz para identificar las características anormales y afecciones patológicas de los tejidos, la materia viva, y otros

materiales. Las aplicaciones terapéuticas mencionadas en los antecedentes se extienden sólo a los métodos de diagnóstico, y no parecen enseñar o sugerir el uso de condiciones de iluminación para estimular una respuesta biológica.

5 La Patente de los Estados Unidos Núm. 6.441.558 (Muthu, *et al.*) se refiere a un accesorio que emplea LED rojos, verdes, y azules y un mecanismo de control de manera tal que el accesorio emita una temperatura del color y brillo constantes.

10 La Patente de los Estados Unidos Núm. 6.340.868 (Lys, *et al.*) se refiere a unidades de iluminación en una red capaz de recibir comandos y controles de direccionamiento para el control de una pluralidad de LED en cada unidad. Sin embargo, esta invención no se ocupa de métodos por los cuales se cambian las condiciones de iluminación (es decir, los horarios de color), las regiones cromáticas específicas que los accesorios recrean, o métodos para asegurar la consistencia del color (es decir, bucles o sensores de retroalimentación).

La Patente de los Estados Unidos Núm. 7.173.384 (Plotz, *et al.*) se refiere a la recreación de una región predeterminada en un diagrama de cromaticidad CIE por el uso de canales de anchura de impulso de LED rojos, verdes, y azules dispuestos en canales de hasta seis.

15 La Patente de los Estados Unidos Núm. 7.067.995 (Gunter, *et al.*) divulga el uso de un sensor de temperatura y calibraciones, junto con un almacenamiento de datos de calibración de sensores a varias temperaturas de referencia como un medio de corrección de las fluctuaciones de color relacionadas con el estado térmico de los LED.

20 La Patente de los Estados Unidos Núm. 6.992.803 (Chang) se refiere a un mecanismo de retroalimentación que calcula las coordenadas de cromaticidad de cada elemento de iluminación en un accesorio de iluminación para calcular las condiciones de operación adecuadas necesarias para reproducir una coordenada de cromaticidad específica.

25 La Patente de los Estados Unidos Núm. 6.683.419 (Kriparos) divulga un método por el cual los LED, con las curvas de atenuación del brillo lineal, las bombillas incandescentes de imitación, que tienen curvas de atenuación del brillo exponencial. La invención implica la relación de atenuación del brillo en un accesorio de LED y parece enseñar o sugerir el cambio de color con el nivel de atenuación.

La Patente de los Estados Unidos Núm. 7.327.337 (Callahan) implica una serie de dispositivos de iluminación conectados a un bus de potencia de dos cables en el que las señales de modulación de color se transmiten a través de la conexión de alimentación y se demodulan en el dispositivo de iluminación.

30 La Patente de los Estados Unidos Núm. 6.806.659 (Mueller, *et al.*) cubre a una red de control de iluminación para luminarias LED, así como también diversos accesorios de iluminación LED para varias aplicaciones. Véase también la Publicación de La Patente de los Estados Unidos Núm. 20040178751 (Mueller, *et al.*).

La Patente de los Estados Unidos Núm. 4.962.687 (Belliveau, *et al.*) trata sobre colores variables en un sistema de iluminación conseguido por medio de circuitos de atenuación dentro de accesorios. No parece cubrir regiones cromáticas específicas prestadas por medio de un bucle de retroalimentación de control.

35 La Patente de los Estados Unidos Núm. 5.350.977 (Hamamoto, *et al.*) implica un accesorio de temperatura del color variable, y no incorpora un medio para cambiar de manera autónoma y dinámica la temperatura del color y/o el brillo con respecto a la hora del día o la ubicación geográfica.

40 La Patente de los Estados Unidos Núm. 5.357.170 (Luchaco, *et al.*) reivindica un sistema de control donde las condiciones preestablecidas pueden ser cambiadas por el ocupante por medio del movimiento del miembro físico o de un control deslizador para cambiar los niveles máximos de brillo del sistema. Esta patente no parece abordar la modulación del color a lo largo del tiempo u horarios o programas de iluminación.

45 La Patente de los Estados Unidos Núm. 7.288.902 (Melanson) trata en primer lugar sobre un accesorio de iluminación con dos elementos de iluminación únicos, cada uno posee una temperatura del color fija, que luego son atenuados en diferentes proporciones en relación con el nivel de atenuación de alimentación de CA para conseguir una temperatura del color variable con el nivel de atenuación. Esta patente reivindica sólo los LED "blancos" y "amarillos", y parece enseñar o sugerir las proporciones o región cromática específica prestada por el dispositivo de iluminación. Esta patente tampoco parece enseñar o sugerir cualquier método por el cual un sistema de control puede interactuar con un accesorio, o cualquier método por el cual el brillo y la temperatura del color del accesorio se pueden controlar de manera independiente.

50 La Patente de los Estados Unidos Núm. 6.720.745 (Lys, *et al.*) divulga el uso del estándar RS-485 para controlar una pluralidad de dispositivos de LED.

La Patente de los Estados Unidos Núm. 7.215.086 (Maxik), expedida se refiere a la integración de los diseños de accesorios dentro de los Circuitos de Lutron para lograr niveles de atenuación por debajo de 5% a través de la modulación de impulsos. Esta invención utiliza una onda cuadrada que ha sido discutida en la técnica anterior.

La Patente de los Estados Unidos Núm. 5.193.900 (Yano, *et al.*) divulga un dispositivo que detecta la luz natural y acciona un filtro de manera mecánica en una fuente de luz artificial.

La Patente de los Estados Unidos Núm. 6.554.439 (Telcher, *et al.*) enseña un método para el tratamiento de trastornos del ritmo circadiano por el uso de fuentes de luz y un filtro giratorio.

5 La Patente de los Estados Unidos Núm. 7446303 (Maniam, *et al.*) divulga un sensor de luz ambiental adecuado para la determinación de las condiciones de iluminación, pero no practica un dispositivo de iluminación o un sistema de dispositivos de iluminación.

10 La Patente de los Estados Unidos Núm. 7.387.405 y 7.520.634 (Ducharme, *et al.*) se refiere a un sistema de dispositivos de iluminación, capaces de producir un amplio intervalo de condiciones de iluminación, sin embargo, no utilizan una colección específica de por lo menos tres elementos de iluminación de una cromaticidad característica (de acuerdo con lo descrito en la presente solicitud, de acuerdo con lo que se explicará más adelante), y no enseñan un método por el cual el usuario puede prescribir un flujo particular de la luz azul en luz blanca.

15 La Patente de los Estados Unidos Núm. 7.319.298 (Jungwirth, *et al.*) se refiere a un sistema de luminaria que produce luz de una cromaticidad deseada y la salida de un flujo luminoso con diferente temperatura ambiente. La técnica anterior enseña un método por el cual la luminaria regula la cromaticidad a lo largo de los cambios de temperatura por el uso de sensores.

20 La Patente de los Estados Unidos Núm. 5.721.471 (Begemann, *et al.*) divulga un sistema de iluminación que manipula la iluminación artificial con base en las condiciones de iluminación reales, determinadas ya sea por medio de un sensor de luz expuesto a la luz natural o por el día de calendario y la hora del día. También se analiza la modificación de las condiciones de iluminación artificiales con base en una modificación para presentar niveles medios de día-iluminación. Por el contrario (de acuerdo con lo que se explicará en detalle más adelante), la presente invención se refiere a un resultado deseado o la respuesta circadiana para la generación de señales para controlar dispositivos de iluminación y la última generación de luz artificial. Este método de entrada se basa en la preferencia del usuario en lugar de una entrada prescriptiva con base en una hora del día predeterminada o de las condiciones de iluminación existentes para una ubicación geográfica fija. La presente invención permite al usuario ajustar el desfase horario después de un viaje, mantener las condiciones de iluminación de una ubicación geográfica fija a lo largo de cualquier localización, coordinar el ritmo circadiano a un ciclo distinto de 24 horas, o especificar una respuesta o condición circadiana deseada.

30 La Patente de los Estados Unidos Núm. 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 una luz en el intervalo visible de 580 nm o más. Este tercer dispositivo de iluminación que emite una luz visible de 580 nm se describe como un elemento de iluminación que produce luz de 3000K o menos, sin embargo, no se describen las distribuciones espectrales de luz específicas. En contraste (y de acuerdo con lo que se explicará en detalle más adelante), la presente invención se refiere a una colección de elementos de iluminación con características de cromaticidad específica de manera tal que el flujo de luz azul se puede controlar con precisión a través de la modulación independiente de cada elemento de iluminación mientras se mantiene alto el índice de reproducción de color 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 producen luz en las regiones de cromaticidad característica descritas en las Figs.13a a 14b de la presente solicitud. Además, está dentro del alcance de la presente invención que cualquier dispositivo de iluminación de una cromaticidad característica ilustrada en las Figs. 13a a 14b de la presente solicitud se utiliza para generar luz artificial de alto índice de reproducción de color en el intervalo de 1800K a 6500K. Estos dispositivos de iluminación pueden estar compuestos por (pero no se limitan a) los chips de LED, los LED combinados con fósforos, chips de LED combinados con puntos cuánticos, chips de LED combinados con cristales fotónicos, diodos orgánicos de emisión de luz (OLED, por su sigla en inglés), o dispositivos LED poliméricos (PLED, por su sigla en inglés).

La Publicación de Patente de los Estados Unidos Núm. 20030133292 (Mueller, *et al.*) divulga muchas aplicaciones de la temperatura del color de iluminación variable. No se mencionan la simulación de la luz diurna ni el tratamiento del trastorno del ritmo circadiano.

50 La Publicación de Patente de los Estados Unidos Núm. 20030100837 (Lys, *et al.*) se refiere a los efectos terapéuticos conseguidos con dispositivos LED; reivindica: un sistema de LED para la generación de un intervalo de colores dentro de un espectro de color, la selección de un conjunto de colores a partir del intervalo de colores, por lo que el conjunto de colores produce en el paciente un efecto terapéutico, y la iluminación de un área del paciente con el conjunto de colores durante un longitud de tiempo predeterminada para ser eficaz en la producción del efecto terapéutico. La patente no parece identificar el intervalo de colores que produce el efecto terapéutico, ni parece identificar un período de tiempo o método de modulación de la luz para facilitar este efecto terapéutico.

Véanse también las siguientes publicaciones de Patente de los Estados Unidos con respecto a los controles de iluminación LED: las Publicaciones de Patente de los Estados Unidos Núm. 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).

Sin embargo, a pesar de lo anterior, sigue existiendo una necesidad de un sistema y un método que genere luz blanca de amplio espectro de temperaturas de color de 1800K a 6500K en espacios interiores por el uso de accesorios de iluminación general (por ej., para el tratamiento de trastornos del ritmo circadiano) y en el que el brillo y el color cambien de manera autónoma y dinámica a lo largo del tiempo y durante el uso de combinaciones de LED blancos y LED de color. Además, sigue habiendo una necesidad de un sistema y un método que no requiere el cálculo de las coordenadas de cromaticidad, sino que utiliza los valores de calibración de salidas del sensor a temperaturas de color específicas y con preferencia, para el control de un bucle de retroalimentación, y un algoritmo de coincidencia de color.

10 **Breve resumen de la invención**

La invención también comprende un método novedoso para controlar los dispositivos de iluminación (por ej., nuevos métodos de interpretación de la entrada de usuario dada en señales de control que se traducen en un punto específico en el locus de luz diurna o temperatura del color), así como también un dispositivo de iluminación novedoso. Esto es significativo porque los accesorios de de temperatura del color variable (por ej., los que se muestran en la técnica anterior) están diseñados para ser controlados, operados, o programados por medio de diseñadores de iluminación o usuarios avanzados. De acuerdo con lo que se explicará en detalle más adelante, la presente invención incorpora métodos por los cuales las entradas simples se traducen en señales apropiadas para el control de un dispositivo de iluminación de múltiples canales. Estas entradas simples pueden comprender

- 1) nivel de atenuación;
- 2) nivel de atenuación y nivel de temperatura del color;
- 3) hora del día;
- 4) zona horaria;
- 5) ubicación geográfica;
- 6) respuesta circadiana deseada;
- 7) actividad presente (por ej., dormir, leer, trabajar, estudiar, comer, descansar, etc.); y
- 8) ángulo del sol.

Estas entradas se pueden introducir de manera manual en el sistema o pueden ser alimentadas de manera automática en el sistema de sensores (por ej., relojes, sistemas de posicionamiento global, etc.).

Una entrada adicional a este novedoso sistema es el flujo de luz de color, y con mayor preferencia, el flujo de luz azul de la luz azul (de manera específica 464nm). Además, la "luz azul", que se refiere a la luz como de manera específica 464nm, está destinada a ser interpretada a ser luz azul de amplio espectro con una concentración (pico espectral) a aproximadamente 464nm.

Se debe hacer notar también que un sistema de iluminación con un intervalo más corto de 3500K a 5000K, por ejemplo, todavía puede satisfacer los requisitos para coordinar los ritmos circadianos por medio de la regulación de la salida de luz azul (de manera específica el flujo de luz a 464nm). Está dentro del alcance de la invención que un dispositivo de iluminación que comprende por lo menos tres elementos de iluminación de cromaticidad característica ilustrados en las Figs. 13a a 14b puede estar limitado al intervalo de 3000K a 6000K, por ejemplo, con base en el equilibrio de los elementos de iluminación en el accesorio. Además, está dentro del ámbito de la presente invención un dispositivo de iluminación que comprende por lo menos tres elementos de iluminación de la cromaticidad característica se ilustra en las Figs. 13a a 14b, donde cada dispositivo de iluminación sale en cualquier nivel de flujo.

En un ejemplo, el ritmo circadiano de un sujeto está regulado o afectado por la luz artificial, donde se ajusta el flujo de luz azul (de manera específica 464 nm) a través de los 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 que la luz de una temperatura del color constante se puede modular en intensidad para inducir una respuesta circadiana.

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

Se debe hacer notar el hecho de que los usuarios pueden querer ajustar la iluminación para emular la iluminación incandescente muy cálida y atenuada con una temperatura del color característica de 1800K a 2400K. Esta temperatura del color característica también contiene una fracción muy pequeña de la radiación en la región azul (en particular, la longitud de onda de 464nm) en comparación con la luz en la región de 5000K a 6500K. Un sistema de iluminación de accesorios capaces de producir luz en la región de 1800K a 2400K ofrece al usuario más opciones para coordinar la iluminación de manera tal que el ritmo circadiano no se vea perturbado por la luz azul.

Un sistema de acuerdo con la reivindicación 1 se divulga para generar luz solar de manera artificial de acuerdo con

5 características espectrales que se asemejan a la luz solar (que incluyen otras variaciones de la luz solar durante el día tal como la iluminación difusa, por ej., despejado, parcialmente nublado, nublado, brumoso, lluvioso, nevado, etc.). El sistema incluye una pluralidad de canales de elementos de iluminación, cada uno de los canales de elementos de iluminación comprende una pluralidad respectiva de dispositivos emisores de luz (LED, por su sigla en inglés) y del canales de elementos de iluminación operables de manera selectiva para generar luz blanca de amplio espectro de temperaturas de color de 1800K a 6500K, por lo menos dos sensores de luz que detectan una luz compuesta emitida desde la pluralidad de canales de elementos de iluminación y generan una pluralidad de señales representativas de la luz compuesta detectada, y un controlador acoplado de manera comunicativa a los por lo menos dos sensores de luz para recibir la pluralidad de señales representativas de la luz compuesta detectada y acoplado de manera comunicativa a la pluralidad de canales de elementos de iluminación para proporcionar de manera automática una pluralidad de señales de excitación que se basa por lo menos en parte en un algoritmo de coincidencia de color y que varía de manera automática un nivel de brillo para cada uno de la pluralidad de canales de elementos de iluminación para producir la luz compuesta en un nivel de color deseado a lo largo de por lo menos una porción de un locus de luz diurna.

15 Un método de acuerdo con la reivindicación 11 describe el funcionamiento de un sistema de iluminación para generar luz solar artificial con características espectrales que se asemejan a la luz solar (que incluyen otras variaciones de la luz solar durante el día tal como la iluminación difusa, por ej., despejado, parcialmente nublado, nublado, brumoso, lluvioso, etc.). El método comprende: el suministro de una pluralidad de canales de elementos de iluminación (por ej., por lo menos tres canales), cada uno de los canales de elementos de iluminación comprende una pluralidad respectiva de dispositivos de emisión de luz (LED) y cada uno de los canales de elementos de iluminación es operable de manera selectiva para generar respectivamente luz blanca de amplio espectro de temperaturas de color de 1800K a 6500K, la luz blanca de amplio espectro respectiva de cada uno de los canales tiene una cantidad respectiva diferente de luz azul en comparación con la luz blanca de amplio espectro respectiva de los otros canales; la detección, por medio de los por lo menos dos sensores de luz, de una luz compuesta emitida desde la pluralidad de canales de elementos de iluminación, la generación, por medio de los por lo menos dos sensores de luz, de una pluralidad de señales representativas de la luz compuesta detectada, la recepción, por medio del controlador de los por lo menos dos sensores de luz, la pluralidad de señales representativas de la luz compuesta detectada; y la generación, por medio del controlador, de una pluralidad de señales de excitación que se basa por lo menos en parte en un algoritmo de coincidencia de color y que varía de manera automática un nivel de brillo para cada uno de la pluralidad de canales de elementos de iluminación para producir la luz compuesta en un nivel de color deseado a lo largo de por lo menos una porción de un locus de luz diurna.

Se describe un sistema de luz solar artificial en el que el sistema comprende un accesorio de iluminación cuya salida de luz se controla de manera automática para reducir los efectos de, o tratar, uno del grupo de trastornos del ritmo circadiano, disfunción por turno de trabajo y el trastorno afectivo estacional por medio de la operación a lo largo de un locus diurno (por ej., luz blanca de temperatura del color de 1800K a 6500K) para proporcionar una compensación de la luz solar artificial.

Se describe un método para la generación artificial de luz solar de acuerdo con un locus diurno (por ej., luz blanca de temperatura del color de 1800K a 6500K) por el uso de características espectrales que se asemejan a la luz solar (que incluyen otras variaciones de la luz solar durante el día tal como la iluminación difusa, por ej., despejado, parcialmente nublado, nublado, brumoso, lluvioso, etc.). El método comprende: el suministro de una pluralidad de canales de elementos de iluminación; la activación de la pluralidad de canales para generar una mezcla de luz compuesta; la detección de la mezcla de la luz compuesta; y el control de la pluralidad de canales de elementos de iluminación con base en la mezcla de luz compuesta detectada para generar luz solar artificial a lo largo del locus diurno para la reducción de los efectos de, o el tratamiento de, uno del grupo de trastornos del ritmo circadiano, la disfunción por turno de trabajo y el trastorno afectivo estacional por medio de la operación a lo largo del locus diurno para proporcionar una compensación de la luz solar artificial.

Un sistema para la generación artificial de luz solar de acuerdo con un locus diurno (por ej., luz blanca de temperatura del color de 1800K a 6500K) por el uso de características espectrales que se asemeja a la luz solar (que incluyen otras variaciones de la luz solar durante el día tal como la iluminación difusa, por ej., despejado, parcialmente nublado, nublado, brumoso, lluvioso, nevado, etc.). El sistema controla de manera automática por lo menos un accesorio de iluminación sustancialmente a lo largo del locus durante el día para generar la luz solar artificial en la 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 del por lo menos un accesorio de iluminación que genera luz blanca de amplio espectro de temperaturas de color de 1800K a 6500K de acuerdo con una entrada seleccionada por el usuario. Además, el sistema controla un flujo total de luz azul (por ej., 464 nm) desde un nivel relativo de 1 a 100% de un flujo máximo de luz azul dentro de la luz blanca de amplio espectro.

Se describe un método para la generación artificial de luz solar de acuerdo con un locus diurno (por ej., luz blanca de temperatura del color de 1800K a 6500K) por el uso de características espectrales que se asemeja a la luz solar (que incluye otras variaciones de la luz solar durante el día tal como la iluminación difusa, por ej., despejado, parcialmente nublado, nublado, brumoso, lluvioso, nevado, etc.). El método comprende: el suministro de una pluralidad de canales de elementos de iluminación (por ej., por lo menos tres canales); la activación de la pluralidad de canales para generar una mezcla de luz compuesta; la detección de la mezcla de la luz compuesta; el control de

un flujo total de luz azul (por ej., 464nm) que se puede ajustar desde un nivel relativo de 1 a 100% de un flujo máximo de luz azul de dicha mezcla de luz compuesta; y el control de dicha pluralidad de canales de elementos de iluminación con base en dicha mezcla de luz compuesta detectada para generar luz solar artificial a lo largo del locus diurno que tiene un luz blanca de amplio espectro de temperaturas de color de 1800K a 6500K.

- 5 Se debe entender que, si bien el intervalo de temperatura del color de funcionamiento preferido del presente sistema y método es de 1800K a 6500K, esto es sólo a modo de ejemplo y puede variar. La característica importante de la presente invención es la generación artificial de todo un intervalo de escenarios de luz solar (tal como la iluminación difusa, por ej., despejado, parcialmente nublado, nublado, brumoso, lluvioso, nevado, etc.), que incluye cualquier tipo de luz solar que se produce durante el día por el uso de la iluminación directa. Por lo tanto, está dentro del alcance más amplio de la presente invención la inclusión de la generación artificial de todo tipo de luz solar, que incluye la iluminación difusa (por ej., radiación UV difusa) a través del sistema/método de la presente invención.

Además, la frase "locus de luz diurna" de acuerdo con lo utilizado a lo largo de esta memoria está cerca en la proximidad de la Curva de Cuerpo Negro de Planck.

### Breve descripción de varias vistas de los dibujos

- 15 La invención se describirá en conjunción con los siguientes dibujos en los que los números de referencia similares designan elementos similares y en los que:

- La Fig. 1 muestra una curva de cuerpo negro en un diagrama de cromaticidad 1931 CIE XY, que representa las regiones cromáticas sobre las que opera la presente invención;
- La Fig. 1b representa el cambio de cromaticidad de la luz solar a medida que el sol progresa a través del día;
- 20 La Fig. 2 ilustra cuatro puntos en un diagrama de cromaticidad XY correspondiente a temperaturas de color correlacionadas por la escala de Kelvin de 6500K, 5400K, 4200K y 3200K;
- La Fig. 3 es una ampliación del diagrama de cromaticidad XY de la Fig. 2 que corresponde a las temperaturas de color correlacionadas por la escala de Kelvin de 6500K, 5400K, 4200K y 3200K.;
- La Fig. 4 representa una condición inicial de coordenadas de cromaticidad x, y para elementos de iluminación de ejemplo;
- 25 La Fig. 5 representa las coordenadas de cromaticidad x, y de los elementos de iluminación de ejemplo de la Fig. 4, pero después de 50.000 horas;
- La Fig. 6 representa la relación entre el espectro de excitación y emisión de los elementos de iluminación de ejemplo, que muestra el espectro en las condiciones iniciales y a las 50.000 horas;
- 30 La Fig. 7 representa la relación angular entre el sol y la tierra, así como también el correspondiente cambio de longitud de la trayectoria recorrida por las ondas de luz a través de la capa de atmósfera;
- La Fig. 8 es una ecuación que relaciona la masa de aire con el ángulo cenital,  $\phi_z$ ;
- La Fig. 9 representa los cambios en la distribución espectral de la luz solar con la masa de aire;
- La Fig. 10 es una vista despiezada de un elemento de iluminación de ejemplo de la presente invención;
- 35 La Fig. 11 es una vista lateral del elemento de iluminación de la Fig. 10;
- La Fig. 12 es una vista despiezada de un elemento de iluminación alternativo de la presente invención;
- La Fig. 13a representa tres cuadros de delimitación de ejemplo de elementos de iluminación que se pueden utilizar en la presente invención para generar un espacio de color;
- 40 La Fig. 13b representa un espacio de color de ejemplo que se puede generar por el uso de los tres cuadros de delimitación de ejemplo de elementos de iluminación de la Fig. 13a;
- La Fig. 14a representa cuatro cuadros de delimitación de ejemplo de elementos de iluminación que se pueden utilizar en la presente invención para generar otro espacio de color;
- La Fig. 14b representa un espacio de color de ejemplo que se puede generar por el uso de los cuatro cuadros de delimitación de ejemplo de elementos de iluminación de la Fig. 14a;
- 45 La Fig. 15 comprende un diagrama de bloques de una porción del sistema de la presente invención en el que un controlador recibe salidas de los sensores ópticos para el control del funcionamiento del elemento de iluminación;
- La Fig. 16 comprende un diagrama de bloques del sistema de la Fig. 15 pero que incluye etapas de amplificación antes de los elementos de iluminación;
- 50 La Fig. 17 representa la consolidación de los elementos de iluminación en uno o más dispositivos, tales como amplificadores de varios canales o conductores de múltiples canales;
- La Fig. 18 representa dispositivos multiplexados, tales como elementos de iluminación, sensores, amplificadores, así como también otros dispositivos combinados en un bus digital común;
- La Fig. 19 muestra el uso de múltiples matrices o colecciones de dispositivos dentro de las regiones espaciales comunes que se combinan en un bus digital común;
- 55 La Fig. 20 es un diagrama de flujo de la secuencia de activación del sensor;
- La Fig. 21 es un gráfico de amplitud frente al tiempo para tres grupos (a modo de ejemplo solamente) de elementos de iluminación en estrecha proximidad espacial en la que cada grupo se activa de manera secuencial a lo largo del tiempo durante la calibración;
- 60 La Fig. 22 representa los voltajes de salida del sensor que monitorean cada elemento de iluminación en cada grupo cuando se activan para la calibración;
- La Fig. 23 es un cuadro de los voltajes de sensor registrados para cada elemento en cada grupo durante la

calibración;

La Fig. 24 es un diagrama de bloques de un sistema de control de accesorios de luz de la presente invención por el uso de una red no en serie (por ej., Ethernet);

5 La Fig. 25 es un diagrama de bloques de un sistema de control de accesorios de luz de acuerdo con lo mostrado en la Fig. 25, pero que incluyen sensores de luz y controles del usuario;

La Fig. 26 es un diagrama de bloques de un sistema de control de accesorios de luz de acuerdo con lo mostrado en la Fig. 26, pero que incluyen un alcance ampliado a través del uso de adaptadores de red;

La Fig. 27 es un gráfico de la temperatura del color correlacionada frente a la hora del día utilizado en la presente invención para el control de uno o más accesorios de luz;

10 La Fig. 28 es un gráfico que muestra cómo el brillo de un accesorio de luz se puede alterar por la presente invención durante un período de 24 horas;

La Fig. 29 es un gráfico alternativo que muestra el brillo, la temperatura del color, y el tiempo asignados de manera gráfica por el uso de una interfaz que consiste en deslizadores y zonas;

La Fig. 30 representa una interfaz de usuario para el control del sistema de la presente invención;

15 La Fig. 31 muestra una variación adicional del sistema de la presente invención que permite el control remoto del sistema a través de un teléfono celular, PDA, ordenador portátil, etc.;

La Fig. 32 muestra las aplicaciones de interfaz de usuario de ejemplo para su uso en los dispositivos remotos para el control del sistema de la presente invención;

20 La Fig. 33 es un diagrama de bloques que representa cómo un ordenador de escritorio se puede utilizar para interactuar con una red de control de iluminación de la presente invención;

La Fig. 34 representa tres paneles de control de usuario de ejemplo dentro de una interfaz gráfica de usuario;

La Fig. 35 representa un circuito amplificador de transimpedancia que se utiliza para convertir los valores actuales de los sensores de luz en voltajes;

25 La Fig. 36 representa un circuito amplificador de transimpedancia que puede convertir múltiples corrientes de entrada del sensor en voltajes;

La Fig. 37 es un cuadro que relaciona el alcance efectivo del amplificador de transimpedancia es eficaz para un ajuste de resistencia dado; y

La Fig. 38 es un cuadro que representa cómo el sistema/método de la presente invención se puede utilizar para aclimatar un sujeto a un día de 36 horas, en lugar de un día de 24 horas.

### 30 Descripción detallada de la invención

Si bien hay muchos usos de la invención de la presente solicitud, uno de los más importantes es las aplicaciones del ritmo circadiano. Las alteraciones del ritmo circadiano pueden ser los desequilibrios del ritmo circadiano, los desequilibrios hormonales activados por la exposición a la luz, una afección por turno de trabajo, o un trastorno afectivo estacional. En particular, la invención de la presente solicitud comprende un sistema de iluminación que  
 35 puede tratar y prevenir los trastornos del ritmo circadiano. También se incluyen dentro del aspecto más amplio de esta invención otras aplicaciones donde la prevención de la disfunción por turno de trabajo, el trastorno afectivo estacional y los trastornos del ritmo circadiano es de misión crítica, tales como las aplicaciones militares (que incluyen buques de la marina) y aplicaciones aeroespaciales tripuladas. Además, la utilidad de la presente invención se puede invocar en ubicaciones geográficas donde el cielo a menudo está nublado o la luz solar es escasa. La  
 40 invención sería igualmente aplicable a los viajeros, dado que el desfase horario se relaciona con el ritmo circadiano. Esta aplicación cuenta con clientes en la industria de pasajeros por ferrocarril, la industria de la aviación, y la industria hotelera.

Por otra parte, los beneficios de bajo deslumbramiento, alto Índice de Reproducción Cromática (CRI, por su sigla en inglés) la iluminación blanca de luz diurna se extiende más allá de los beneficios para la salud. Los estudios han  
 45 mostrado un incremento en la productividad, ventas al por menor, y el rendimiento escolar en los espacios con luz natural. Por estas razones, la presente invención puede proporcionar una mayor eficiencia en aplicaciones al por menor, aplicaciones de oficina y comerciales, y aplicaciones de educación/educación superior. De hecho, los minoristas pueden encontrar útil mostrar sus productos en el tipo óptimo de luz, para mejorar aún más cada parte de la experiencia de compra. Los restaurantes que sirven clientes desde la mañana hasta la noche suelen utilizar varios  
 50 circuitos de luces incandescentes o reguladores de luz para cambiar las condiciones de iluminación a lo largo del día. Un sistema de iluminación, tal como la presente invención, que mantiene a los clientes cómodos en el desayuno al mismo tiempo que puede ofrecer un ambiente cálido e íntimo a la hora del cóctel es en particular atractivo a este respecto.

En la Fig. 1, la curva de cuerpo negro 200 (también denominado como el "locus de luz diurna") se representa en un  
 55 diagrama de cromaticidad 1931 CIE (Commission Internationale de l'Eclairage) XY 201, que ilustra las regiones cromáticas a través de las cuales opera la invención. En la Fig. 2, cuatro puntos 210, 211, 212, y 213 están representados en un diagrama de cromaticidad XY similar 209 en la curva de cuerpo negro 208 correspondiente a las temperaturas de color correlacionadas por la escala de Kelvin (CCT) de 6500K, 5400K, 4200K y 3200K un método alternativo para la especificación de regiones en el diagrama de cromaticidad.

60 La Fig. 1b representa las posiciones relativas en el diagrama de cromaticidad XY donde la luz solar directa se puede caracterizar por la medida de las masas de aire atravesada a nivel del suelo. El punto de referencia 204 indica el punto donde la luz solar directa, con cielos claros a una masa de aire de 1,0 se coloca en el diagrama de



5 cromaticidad CIE, que es aceptado para ser aproximadamente 6500K por la medida de la temperatura del color correlacionada por aquellos con experiencia en la técnica. El punto de referencia 205 corresponde a una masa de aire de  $>1$ , mientras que los puntos de referencia 207 y 208 corresponden a las masas de aire más altas  $\geq 5$  y  $\geq 10$ , respectivamente. Este cuadro delimitador encierra la curva de cuerpo negro a lo largo de la cual las coordenadas de cromaticidad del sol varían de 1 a 37 masas de aire. Se dan consideraciones especiales para desplazamientos espectrales durante la vida útil del accesorio de iluminación, lo que asegura que después de la desintegración de los elementos de iluminación, el cuadro delimitador cubrirá de manera suficiente los puntos de cromaticidad correspondientes a la distribución espectral del sol entre las masas de aire 1 y 37.

10 Para los fines de la descripción de la luz blanca, es útil trincar el diagrama de cromaticidad CIE 1931 a la región de interés. El diagrama de la Fig. 3 muestra la temperatura del color correlacionada en grados Kelvin en los puntos 214 (6500K), 215 (5400K), 216 (4200K), y 217 (3200K) de una manera similar a la Fig. 2.

15 Los cuadros delimitadores 230, comúnmente conocidos como “contenedores” por aquellos con experiencia en la técnica, se representan en un diagrama de cromaticidad x-y 231. Un cuadro delimitador, o contenedor, se puede describir por cuatro puntos de coordenadas en el diagrama de cromaticidad. Un contenedor describe un muestreo de los elementos de iluminación que posee una distribución de las características de cromaticidad definidas dentro del cuadro delimitador, y se pueden utilizar varios sistemas de nomenclatura para describir cuadros delimitadores individuales o contenedores, un término utilizado por aquéllos que se practican en la técnica. Se puede trazar un muestreo de varias características de cromaticidad muchos del elemento de iluminación en un sistema de coordenadas de cromaticidad y disponerse en contenedores, en los que las características de cromaticidad se determinan por medio de una prueba óptica. Las dimensiones del contenedor (área en el cuadro de cromaticidad x-y) describen la variación en la distribución espectral para una muestra dada de elementos de iluminación similares.

20 Cualquier elemento de iluminación está sujeto a diversos modos de decaimiento óptico, disipación o degradación. Estos modos de desintegración pueden estar relacionados con una disminución del brillo (decaimiento de la luz) o desplazamientos espectrales a lo largo de la vida útil del elemento de iluminación. Los desplazamientos espectrales también pueden ocurrir debido al estado térmico o variaciones en el voltaje de funcionamiento de un elemento de iluminación. Muchos de los elementos de iluminación en estado sólido producen luz de amplio espectro por medio de la conversión descendente de la luz monocromática de alta frecuencia (denominada en la presente memoria como fuente de excitación) en menor emisión de frecuencia de amplio espectro por el uso de convertidores descendentes especializados o lumíforos. Estos convertidores descendentes pueden consistir en fósforos, puntos cuánticos, materiales semiconductores orgánicos, cristales fotónicos, cristales nanofotónicos y otros cristales fotónicos. Estos diversos convertidores descendentes están sujetos a los modos de degradación o descomposición, tal como la disminución de la eficiencia cuántica, el desplazamiento espectral, la disminución térmica, la oxidación, los cambios de pico de excitación y el cambio de emisiones, por nombrar algunos.

35 Cuatro elementos de iluminación en los puntos 231, 232, 233, y 234 que poseen coordenadas de cromaticidad específicas únicas están representados en una condición inicial en la Fig. 4. En tal condición inicial, el atributo de estado térmico, el atributo de voltaje directo, el atributo de vida útil, el estado de degradación, o una combinación de cualquiera de estos atributos está dentro de límites predeterminados. Se debe señalar que el atributo de estado térmico describe la temperatura de la unión, influenciado por la temperatura ambiente, la temperatura del accesorio de iluminación, o el incremento de temperatura debido al funcionamiento. El atributo de vida útil describe el tiempo total de funcionamiento activo, y el estado de degradación describe la condición del elemento de iluminación debido a eventos tales como la oxidación, el recalentamiento, o decaimiento del brillo por el tiempo de funcionamiento.

40 En un segundo estado, uno o una combinación de varios atributos que operan ha cambiado desde la condición inicial. El cambio de uno o una combinación de estos atributos provoca un cambio en la coordenada de cromaticidad óptica del elemento de iluminación, que se muestra en la Fig. 5 para los puntos 235, 236, 237 y 238. Por ejemplo, en la condición inicial descrita por la Fig. 4, los elementos de iluminación no han sido operados y están en una vida de 0 horas. En la segunda condición descrita por la Fig. 5, los elementos de iluminación han sido operados durante 50.000 horas y poseen diferentes coordenadas de cromaticidad x, y.

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

50 En una condición inicial donde los elementos de iluminación se encuentran en una vida útil de funcionamiento de 0 horas, la intensidad de excitación es a un nivel superior 220 de la intensidad de excitación en un estado degradado, 222. Del mismo modo, la luz convertida por banda ancha pasa de una alta intensidad inicial 219 a una intensidad más baja en un estado degradado 221.

55 La Fig. 7 describe la relación angular entre el sol 240 y la tierra 241, junto con el correspondiente cambio de longitud de la trayectoria 244 trasladado a través de la capa de atmósfera 242. A medida que el ángulo del sol, en la presente memoria denominado como ángulo cenital,  $\phi_z$ , 243 cambia con respecto a un punto fijo en la superficie de la tierra

241, cambia la longitud de la trayectoria 244, en la presente memoria denominada como la masa de aire, de la luz a través de la capa de la atmósfera. Los límites del ángulo cenital 243 corresponden a los horizontes observados desde el suelo, y son  $-90^\circ$  y  $+90^\circ$ . Esta longitud de trayectoria se mide comúnmente en la unidad de masas de aire. Por ejemplo, un ángulo cenital 243 de  $0^\circ$  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  $90^\circ$  corresponde a una masa de aire de 38.

La Fig. 8 es una expresión que relaciona la masa de aire 245 con cualquier ángulo cenital dado 246 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 Fig. 9 describe los cambios en la distribución espectral de la luz solar con la masa de aire. Se muestra que para una alta masa de aire 246 de 10, una disminución significativa en las longitudes de onda 450 a 600 está presente con relación a una masa de aire 247 de 1, así como también una disminución de la irradiancia total en relación con una masa de aire 247 de 1.

La Fig. 10 proporciona un accesorio de iluminación 319 de ejemplo de la presente invención. El accesorio de iluminación 319 comprende elementos de iluminación en estado sólido 250, componentes de disipación térmica 251, componentes lógicos y de conversión de potencia 252, reflector 253 y componentes ópticos 257, sensores espectralmente únicos 258, disipador de calor o tubo de calor 254, interconexiones internas 255, y otras características de carcasa estructural 256. Cuando los componentes se ensamblan entre sí en el dispositivo unificado que consiste en un cuerpo del accesorio 270, una interconexión de potencia 271, y la iluminación de emisión de abertura óptica 272 se ilustra en la Fig. 11. En esta forma de realización, los componentes se ensamblan en un accesorio compacto redondo adecuado para el suministro de la luz dirigida, el empotramiento en el techo, o el reemplazo de una luz de inundación rebajada común. A modo de ejemplo solamente, los sensores 258 se pueden formar en una sola oblea o celda de acuerdo con lo mostrado en la Fig. 10.

Del mismo modo, estos componentes clave se pueden disponer de una manera alternada. Otra de las formas de realización del accesorio de iluminación 319A está representada en la Fig. 12, donde los elementos de iluminación 260, los componentes ópticos 261, el disipador de calor 262 y los componentes de disipación térmica 263, y una carcasa 264 están dispuestos en una forma alternada. En esta forma de realización 319A, esta forma alternativa es un accesorio lineal, adecuado para la iluminación de áreas más grandes que utiliza un solo accesorio. Además, en esta configuración, los sensores 258a se distribuyen, de acuerdo con lo mostrado en la Fig. 12.

En los accesorios de iluminación 319/319A que contienen una pluralidad de elementos de iluminación 250/250A, dos elementos que poseen características espectrales únicas se pueden colocar en estrecha proximidad donde la luz emitida se traslada en una cavidad y se reflejan fuera de una o más superficies, para mezclar la luz.

La Fig. 13a muestra tres cuadros delimitadores de ejemplo 275, 276 y 277 cuyos elementos de iluminación tienen distribuciones espectrales únicas y que, cuando se mezclan de manera adecuada en la presente invención, se combinan para generar un espacio de color, por ej., el espacio de color 280 que se muestra en la Fig. 13b. A modo de ejemplo solamente, la presente invención puede comprender tres canales de elementos de iluminación definidos de acuerdo con lo presentado a continuación:

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

- El punto uno que tiene coordenadas de cromaticidad x, y de 0,30, 0,33;
- El punto dos que tiene coordenadas de cromaticidad x, y de 0,35, 0,37;
- El punto tres que tiene coordenadas de cromaticidad x, y de 0,35, 0,34; y
- El punto cuatro que tiene coordenadas de cromaticidad x, y de 0,31, 0,31.

El canal 2 (blanco caliente) comprende el 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 caen dentro del cuadro delimitador 276:

- El punto uno que tiene coordenadas de cromaticidad x, y de 0,37, 0,39;
- El punto dos que tiene coordenadas de cromaticidad x, y de 0,48, 0,43;
- El punto tres que tiene coordenadas de cromaticidad x, y de 0,46, 0,39; y
- El punto cuatro que tiene coordenadas de cromaticidad x, y de 0,36, 0,35.

El canal 3 (ámbar) 277: comprende el 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 caen dentro del cuadro delimitador:

- El punto uno que tiene coordenadas de cromaticidad x, y de 0,54, 0,42;
- El punto dos que tiene coordenadas de cromaticidad x, y de 0,55, 0,45;
- El punto tres que tiene coordenadas de cromaticidad x, y de 0,60, 0,40; y

El punto cuatro que tiene coordenadas de cromaticidad  $x$ ,  $y$  de 0,57, 0,40.

La Fig. 14a muestra cuatro cuadros delimitadores de ejemplo 282, 283, 284 y 285 cuyos elementos de iluminación tienen distribuciones espectrales únicas y que, cuando se mezclan de manera adecuada en la presente invención, se combinan para generar un espacio de color, por ej., el espacio de color 286 que se muestra en la Fig. 14b. A modo de ejemplo solamente, la presente invención puede comprender cuatro canales de elementos de iluminación definidos de acuerdo con lo presentado a continuación:

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

- El punto uno que tiene coordenadas de cromaticidad  $x$ ,  $y$  de 0,30, 0,33;
- El punto dos que tiene coordenadas de cromaticidad  $x$ ,  $y$  de 0,35, 0,37;
- El punto tres que tiene coordenadas de cromaticidad  $x$ ,  $y$  de 0,35, 0,34; y
- El punto cuatro que tiene coordenadas de cromaticidad  $x$ ,  $y$  de 0,31, 0,31.

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

- El punto uno que tiene coordenadas de cromaticidad  $x$ ,  $y$  de 0,35, 0,37;
- El punto dos que tiene coordenadas de cromaticidad  $x$ ,  $y$  de 0,41, 0,41;
- El punto tres que tiene coordenadas de cromaticidad  $x$ ,  $y$  de 0,40, 0,37; y
- El punto cuatro que tiene coordenadas de cromaticidad  $x$ ,  $y$  de 0,35, 0,34.

El canal 3 (blanco caliente) comprende el cuadro delimitador en el diagrama de cromaticidad  $x$ ,  $y$  con cuatro puntos dados por  $(x, y)$ . Los elementos de iluminación que comprenden un canal poseen características de cromaticidad que caen dentro del cuadro delimitador 284:

- El punto uno que tiene coordenadas de cromaticidad  $x$ ,  $y$  de 0,41, 0,41;
- El punto dos que tiene coordenadas de cromaticidad  $x$ ,  $y$  de 0,48, 0,43;
- El punto tres que tiene coordenadas de cromaticidad  $x$ ,  $y$  de 0,46, 0,39; y
- El punto cuatro que tiene coordenadas de cromaticidad  $x$ ,  $y$  de 0,40, 0,37.

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

- El punto uno que tiene coordenadas de cromaticidad  $x$ ,  $y$  de 0,54, 0,42;
- El punto dos que tiene coordenadas de cromaticidad  $x$ ,  $y$  de 0,55, 0,45;
- El punto tres que tiene coordenadas de cromaticidad  $x$ ,  $y$  de 0,60, 0,40; y
- El punto cuatro que tiene coordenadas de cromaticidad  $x$ ,  $y$  de 0,57, 0,40.

De acuerdo con lo mencionado con anterioridad, uno de los aspectos únicos de la presente invención es la capacidad de controlar los dispositivos de iluminación, y de manera más específica, (de acuerdo con lo que se explicará en detalle más adelante), el control de los niveles de brillo y los niveles de color de una pluralidad de canales de elementos de iluminación. Y también de acuerdo con lo mencionado con anterioridad, este control se efectúa al permitir que se lleven a cabo entradas (ya sea de manera manual o automática):

- 1) nivel de atenuación;
- 2) nivel de atenuación y nivel de temperatura del color;
- 3) hora del día;
- 4) zona horaria;
- 5) ubicación geográfica;
- 6) respuesta circadiana deseada;
- 7) actividad presente (por ej., dormir, leer, trabajar, estudiar, comer, descansar, etc.); y
- 8) ángulo del sol.

Una novena entrada es el flujo de luz de color, es decir, ser capaz de controlar el flujo total de una luz de color específico desde un nivel relativo de 1 a 100% el flujo máximo de color del accesorio de iluminación a través del control de cada elemento de iluminación individual.

Esto es en especial importante para el flujo de luz azul (es decir, 464nm). Se debe señalar que un sistema de iluminación con un intervalo más corto de 3500K a 5000K, por ejemplo, todavía puede satisfacer los requisitos para coordinar los ritmos circadianos por medio de la regulación de la producción de luz azul (de manera específica el flujo de luz a 464nm). Está dentro del alcance de la invención que un dispositivo de iluminación que comprende por lo menos tres elementos de iluminación de cromaticidad característica ilustrados en las Figs. 13a a 14b puede estar limitado al intervalo de 3000K a 6000K, por ejemplo, con base en el equilibrio de los elementos de iluminación en el accesorio. Además, un dispositivo de iluminación que comprende por lo menos tres elementos de iluminación de cromaticidad característica se ilustra en las Figs. 13a y 14b, donde cada dispositivo de iluminación sale 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 se ajusta el flujo de luz azul (de manera específica 464 nm) a través de los cambios en la temperatura del color, el brillo, o ambos. Este ejemplo enseña que incluso la luz blanca cálido contiene una cantidad de luz azul que puede influir en una respuesta circadiana, y que la luz de una temperatura del color constante se puede modular en intensidad para inducir una respuesta circadiana.

La presente invención implementa un control prescriptivo del componente de luz azul de la emisión total de luz blanca. A modo de ejemplo solamente, una combinación de por lo menos tres accesorios de iluminación se puede controlar por medio del cual el flujo total de luz azul se puede ajustar desde un nivel relativo de 1 a 100% del flujo máximo de azul del dispositivo de iluminación a través del control de cada elemento de iluminación individual. Por lo tanto, por ejemplo, cuando tres accesorios de iluminación emiten luz blanca a 20 lux, 200 lux y 2000 lux, respectivamente, el componente de luz azul para cada accesorio se puede controlar en un nivel relativo de 25%, a saber, 5 lux, 50 lux y 500 lux, respectivamente.

De acuerdo con lo mostrado en las Figs. 15, un controlador 299 ejecuta las operaciones dentro de un accesorio 319 por medio del empleo de un mecanismo de retroalimentación de bucle cerrado que incorpora por lo menos dos sensores espectralmente únicos 300 y por lo menos un elemento de iluminación 250/260 por el uso de por lo menos tres canales 301. Los medios de entrada externa 302 permiten que el accesorio sea atenuado o por sus condiciones de color sea cambiado por medio de la aplicación de un ciclo de trabajo modulado o por medio de la aplicación de una señal de modulación por ancho de pulso (PWM, por su sigla en inglés) a los canales o grupos de elementos de iluminación. En el caso de LED de alta potencia adecuados para la iluminación general, otros componentes 303 tales como amplificadores o conductores son necesarios para amplificar las señales PWM producidas por el controlador, sin embargo, para fines de ilustración, estos componentes se pueden sintetizar al igual que con anterioridad. Los elementos encerrados por la línea discontinua 319 son componentes dentro de un solo accesorio.

Del mismo modo, los elementos de iluminación 308 se pueden agrupar o consolidar en uno o más dispositivos 305, tal como un amplificador de múltiples canales, un conductor de múltiples canales, u otro controlador acoplado con un circuito convertidor de análogo a digital antes del acoplamiento con el controlador 309. Para los conocidos en la técnica, es evidente que hay varias maneras de multiplexación de estos canales, y se ilustran dentro son algunos ejemplos comunes. En particular, la Fig. 16 muestra la configuración de la Fig. 15 por el uso de amplificadores dedicados 303 para los tres canales 301. De manera alternativa, un amplificador de múltiples canales 305 se puede utilizar de acuerdo con lo mostrado en la Fig. 17.

De acuerdo con lo mostrado en la Fig. 18, los dispositivos multiplexados tales como elementos de iluminación, sensores, amplificadores y otros dispositivos se pueden combinar en un bus digital común 310 como un medio de interconexión con un controlador central por el uso de una variedad de convertidores de analógico a digital, conductores o controladores. Una colección de sensores y elementos de iluminación en las proximidades puede formar una matriz 307 o un bucle cerrado individual cuando dichos dispositivos están conectados a un bus común. El circuito convertidor de analógico a digital en la Fig. 18 puede comprender un dispositivo microcontrolador capaz de aceptar una pluralidad de entradas analógicas y la combinación de las mismas en una conexión común tal como una interfaz digital, una interfaz I2C, o una interfaz en serie.

Para algunos tipos de sensores ópticos, tales como fotodiodos, un amplificador de transimpedancia puede ser necesario para convertir la corriente a voltaje para que el controlador procese datos de retroalimentación. La Fig. 16 representa sensores conectados a transimpedancia singular amperios 500 que consiste en una sola corriente de entrada y una sola salida de voltaje. Las Figs. 17, 18 y 19 representan los sensores que están conectados a un amplificador de transimpedancia de múltiples canales 507 que acepta múltiples entradas de corriente desde los sensores y emite múltiples voltajes al controlador. Para aquellos con experiencia en la técnica, es evidente que este amplificador de transimpedancia de múltiples canales se puede combinar con o interactuar con un convertidor de analógico a digital para combinar una pluralidad de señales de voltaje a una única interfaz digital, tal como I2C. Esta disposición no se ha ilustrado de manera explícita.

La Fig. 19 muestra que varias matrices o colecciones de dispositivos dentro de las regiones espaciales comunes se pueden combinar en un bus digital común 315 y el controlador 318, para formar múltiples bucles de retroalimentación cerrados 316, 317 dentro de un accesorio singular representado por una línea discontinua delimitadora 319 (o 319A).

La Fig. 20 muestra la secuencia de activación del sensor. Después del paso de inicialización 320, los canales 1, 2 y 3 se activan durante los pasos 321, 323, 325, respectivamente, en secuencia y los datos de los sensores correspondientes se registran durante los pasos de inscripción 322, 324 y 326. A partir de los datos recogidos, la función de coincidencia de color se ejecuta en el paso 327 y el resultado se envía al controlador en el paso 328 para operar con precisión el accesorio en el color correcto. Básicamente, la función de coincidencia de color (CMF, por su sigla en inglés) implica el accionamiento de los elementos de iluminación hasta el punto de calibración de los sensores. Esto se puede lograr de varias maneras a partir de cambios manuales en métodos automatizados o una combinación de ambos.

De acuerdo con lo mencionado con anterioridad, tres sensores espectrales únicos (A, B y X) están en estrecha proximidad a los por lo menos tres canales 301 que comprenden una pluralidad de elementos de iluminación (250). Sin embargo, se debe entender que el número de sensores no se limita a tres (por lo tanto, la secuencia, A, B y X, lo que indica un número infinito de sensores). De hecho, está dentro del alcance más amplio de la invención incluir por lo menos dos sensores. Del mismo modo, se debe entender que el número de canales no se limita a tres (por lo tanto, la secuencia de 1, 2,  $\mu$ ). De hecho, está dentro del alcance más amplio de la invención incluir por lo menos tres canales.

En esta forma de realización, un primer grupo o canal de elementos de iluminación se activa 330, ilustrado por la Fig. 21 el cuadro de salida con el tiempo en el eje x 331 y la amplitud en el eje y 332. En este momento, se registra un conjunto correspondiente de entradas desde los sensores, ilustrado por los voltajes 333, 334, y 335 en el gráfico de entrada en la Fig. 23. Entonces se activa un segundo grupo o canal de elementos de iluminación 336 y otro conjunto de entradas 337 se graban desde los sensores. Este procedimiento continúa hasta que se activan todos los canales X.

La Fig. 23 ilustra los datos disponibles para el accesorio tras la finalización de la secuencia de calibración descrita por las Figs. 22 y 23. Las columnas 341, 342, 343, y 344, representan los datos obtenidos a partir del corto intervalo en el que un único elemento de iluminación o una colección de elementos comunes se iluminan en la secuencia de puesta en marcha. La columna 344 representa los valores correspondientes a las entradas únicas obtenidas desde los sensores después de aplicar un ciclo de trabajo equilibrado a cada elemento de iluminación, o después de iluminar cada elemento a intensidades equilibradas. Los valores 345 son los voltajes de ciclo de trabajo equilibradas de la condición inicial (Vida útil = 0 horas) obtenidos a partir de los sensores con un nuevo elemento o elementos de iluminación. Estos datos ilustrados son utilizados por el controlador y algoritmos para iluminar una colección de elementos de iluminación, donde la salida de aditivo corresponde a condiciones predeterminadas.

De acuerdo con lo mostrado en la Fig. 24, se puede utilizar una red digital vinculada en serie 350 (por ej., RS-485 o RS-232) para controlar los elementos de iluminación 353 y una unidad central de control 351. Esta red puede establecer una comunicación estrictamente unidireccional o bidireccional entre dispositivos. En esta forma de realización, una red de control de iluminación típica interactúa con otra red no en serie, tales como una red Ethernet común 352 para el acceso a características avanzadas, configuraciones e información de diagnóstico. La red digital vinculada en serie 350 puede utilizar un protocolo digital, tal como I2C, un protocolo en serie tal como RS-485, RS-232, o un protocolo inalámbrico, tal como Zigbee u otras señales de RF.

La Fig. 25 muestra que tales redes de control también pueden incorporar otros elementos comunes a los sistemas de iluminación, tales como sensores de luz 354 y controles de usuario 355 tales como interruptores. Estos dispositivos se identifican en la red como cualquier otro dispositivo con una dirección y definen los canales de entrada y/o de salida, que operan sobre un protocolo de comunicación común.

De acuerdo con lo mostrado en la Fig. 26, este protocolo de comunicación se puede transmitir a través de otras redes comunes, tales como las redes Ethernet o inalámbricas por el uso de adaptadores de red 360 para extender el alcance de una red de control o para simplificar la interconexión de dispositivos individuales 361, 362 o grupos de dispositivos 363, 364. En esta forma de realización, se ilustra una red Ethernet cableada en la que los adaptadores se emplean para ampliar el alcance de los dispositivos de la red de control.

Con una red de comunicaciones en lugar de vincular múltiples accesorios de iluminación, se pueden asignar varios perfiles de tiempo y color a uno o más de estos accesorios. En una forma de realización, un horario simple descrito en la Fig. 27 se asigna a un grupo de accesorios de iluminación, en los cuales el eje horizontal x 380 representa la hora del día de 0 a 24 horas, y el eje vertical y 381 representa la temperatura del color correlacionada en grados Kelvin. Este perfil varía de manera gradual la temperatura del color correlacionada de los accesorios de iluminación durante un período de 24 horas, ilustrado por la línea continua 382. La Fig. 28 describe cómo el brillo de un accesorio puede cambiar a lo largo de un período de 24 horas donde el eje horizontal x 383 representa la hora del día de 0 a 24 horas, y el eje vertical y 384 representa el brillo percibido del accesorio. Los perfiles descritos en las Figs. 28 y 29 pueden ser asignados de manera independiente uno de otro, y sólo representan una forma de realización de la invención. En cuanto a los horarios (por ej., de acuerdo con lo mostrado en las Figs. 27 a 29), el período de tiempo puede ser variable, correspondiente a un día (por ej., 24 horas), una porción de un día, definido por el dispositivo de iluminación como una función de entrada tal como la intensidad o el nivel de atenuación, o definido por un controlador externo como una función de entrada, tal como la intensidad o el nivel de atenuación. En una forma de realización, una función del color de brillo que cambia de manera dinámica se utiliza en respuesta a la

entrada del usuario en lugar de un horario definido. En esta forma de realización, la temperatura del color de los accesorios de iluminación se cambia de manera dinámica en tiempo real en respuesta al brillo definido por el usuario del accesorio. El comportamiento resultante de esta forma de realización pretende imitar el comportamiento del brillo del color de una bombilla incandescente que se está atenuando.

5 Se debe señalar que el sistema de comunicación:

- puede comprender métodos a las señales y/o horarios de programas;
- puede ser de naturaleza analógica y en el que los cambios en un voltaje de entrada denotan un cambio en la señal o el horario de iluminación;
- 10 - puede incluir una conexión digital que comprende bits de datos serializados o paquetes de coordinación de accesorios;
- puede comprender un dispositivo de control externo y una estructura de árbol o una estructura de cadena de margarita;
- puede comprender la comunicación de los cambios de señal o la activación de condiciones programadas en accesorios;
- 15 - puede comprender la comunicación de datos colorimétricos específicos o de bucle de retroalimentación;
- puede comprender una comunicación de parámetros de modulación de ancho de pulso; o
- puede comprender una red de malla inalámbrica que exhibe unja estructura distribuida o una estructura de arriba hacia abajo.

20 En otra forma de realización descrita por la Fig. 29, el brillo, la temperatura del color, y el tiempo se asignan de manera gráfica por el uso de una interfaz que consiste en deslizadores 388, 389 y las zonas 390, 391, 392. Los perfiles contienen información dependiente del tiempo en el brillo y la temperatura del color se puede guardar en un formato digital y ser modificada por el usuario.

25 Los ajustes, los perfiles, las preferencias y otras funciones tales como el encendido y el apagado pueden ser controlados por el uso de una interfaz de botón pulsador instalada en un interior. La Fig. 30 describe una de tales interfaces 395 donde el usuario interactúa con el sistema por el uso de una colección de botones pulsadores. Del mismo modo, estos botones pulsadores pueden estar dispuestos en un dispositivo de visualización sensible al tacto capaz de cambiar de forma dinámica para presentar al usuario las opciones adicionales 396. Las interacciones con los paneles de control descritos en la Fig. 30 dan como resultado los cambios dinámicos en el sistema que pueden incluir el tiempo, el color y cambios autónomos de brillo que no requieren entrada adicional alguna.

30 La Fig. 31 describe una forma de realización en la que un dispositivo informático de mano tal como un teléfono, PDA, o un ordenador portátil 400 hace una conexión común 401 con un adaptador 402 en la red de comunicación común a los elementos de iluminación 403 y el controlador central 404. En esta forma de realización, un usuario es capaz de llevar a cabo cambios en la red de iluminación que afectan a las funciones dependientes del tiempo del color y el brillo de los accesorios de iluminación.

35 La Fig. 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 se pueden visualizar en el dispositivo de visualización integrado en el dispositivo informático de mano 409. Las entradas del usuario en el dispositivo de mano a través de paneles de control descritos en la Fig. 32 pueden tener un cambio dependiente del tiempo en el brillo y el color de los elementos de iluminación en la red de control.

40 La Fig. 33 representa cómo un ordenador de escritorio se puede utilizar para interactuar con una red de control de iluminación. En esta forma de realización, la unidad de control central 421 puede almacenar ajustes definidos por el dispositivo de ordenador 420 a través de una interfaz gráfica de usuario donde un usuario modifica los valores que afectan el brillo, el color, y el tiempo de las características de iluminación producidas por los accesorios de iluminación 424 en la red por el uso de dispositivos de entrada humanos tales como un teclado 423 y un ratón 422.

45 En esta forma de realización, el ordenador es necesario sólo para aplicar los ajustes a la unidad de control 421, y en otra de tales formas de realización, el ordenador 420 controla directamente los elementos de iluminación 424 por medio de la unidad de control 421 como un traductor de red.

50 [0095] La Fig. 34 describe tres paneles de control de usuario en la interfaz gráfica de usuario. Los usuarios modifican parámetros en la interfaz por el uso de un dispositivo de interfaz humana, tales como un ratón o un teclado. La pantalla de visualización 450 representa cómo la posición espacial de un accesorio de iluminación 449 se puede definir en relación con un plano de planta de la sala 451 y una ventana 452. La pantalla de visualización 453 representa un método por el cual el usuario puede hacer una selección de los accesorios de iluminación al dibujar una forma cerrada 454 en el plano de planta 455. El panel 456 describe la interfaz por el uso de deslizadores 457 y zonas 458 utilizados para modificar los horarios de color y brillo.

55 La Fig. 35 muestra cómo la presente invención controla el ajuste de ganancia del sensor. En particular, la Fig. 35 representa una unidad de circuito único del amplificador de transimpedancia 500 que se utiliza para convertir la salida de corriente de un sensor de fotodiodo 501 en un voltaje 506 adecuado para la conexión a un controlador. Este circuito amplificador de transimpedancia funciona con un voltaje de referencia constante 502, un amplificador

operacional 503, un resistor 504 (por ej., un potenciómetro, un amplificador de transimpedancia MT104C que utiliza un resistor interno variable, etc.), y un capacitor 505. La resistencia 504 determina la corriente de entrada de sensibilidad 501 y se puede mantener constante o se puede cambiar para adaptarse a un amplio intervalo dinámico de entrada de corriente 501. El capacitor 505 se selecciona para compensar de manera adecuada la capacidad de entrada del fotosensor. El resistor 504 puede ser interno al componente amplificador 500, en cuyo caso su valor es fijo; puede consistir en múltiples resistores internos al componente que se activan por medio de clavijas en el dispositivo, o este resistor puede ser situado externo al amplificador 500, en cuyo caso puede ser variable.

La Fig. 36 representa a un amplificador de transimpedancia similar a la Fig. 35 pero comprende múltiples corrientes de entrada 508 y múltiples voltajes de salida 509. Este amplificador de transimpedancia de múltiples canales 507 opera de manera similar al amplificador descrito en la Fig. 35, que emplea múltiples amplificadores operacionales y resistores 510 con un voltaje de referencia único 511.

Dado que el nivel de brillo del accesorio de luz es variable, la luz que incide sobre el sensor no puede estar dentro del umbral de corriente del amplificador de transimpedancia. Esta es la razón por la que es útil cambiar el valor de resistencia del resistor 504 para adaptarse de manera adecuada al intervalo de detección del accesorio. La Fig. 37 relaciona la intensidad del accesorio de luz dado por series 517, que varían de 20% a 100% de brillo en relación con la resistencia requerida 516 en el circuito amplificador de transimpedancia necesaria para resolver un voltaje 515 para adquirir correctamente la retroalimentación óptica. Por ejemplo, al 100% de brillo relativo, la luminancia de un canal de iluminación dada puede activar un sensor dado, para proporcionar una corriente del fotodiodo del orden de 1 a 10  $\mu\text{A}$ . Con el fin de que el amplificador de transimpedancia resuelva este intervalo de corriente, la resistencia del resistor 504 debe ser del orden de 100K $\Omega$ . En otro caso, el accesorio de iluminación se atenúa al 20%, para proporcionar sólo 0,1  $\mu\text{A}$  de corriente para el amplificador de transimpedancia 500. Si el resistor 504 está fijado en 100K $\Omega$ , la salida de voltaje 506 del amplificador estará en un mínimo constante 516, y no proporcionará datos útiles para la retroalimentación. En este caso, es necesario cambiar la resistencia del resistor 504 a  $\sim 5\text{M}\Omega$  para lograr sensibilidad en el intervalo de corriente de 0,1 a 0,05  $\mu\text{A}$ .

A modo de ejemplo solamente, una aplicación del sistema/método de la presente invención es la generación de una luz enriquecida a 460 nm con una irradiancia de 30 mW/cm<sup>2</sup> para su uso en el tratamiento de la ictericia clínica en los recién nacidos. Aproximadamente el 60% de todos los recién nacidos padecen de ictericia clínica en algún momento durante la primera semana de vida y la fototerapia está indicada para ayudar al hígado neonatal a limpiar la bilirrubina de su sangre, de acuerdo con lo recomendado por 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 a 315 nm para ayudar en la producción de Vitamina D. Este es un problema en especial en los meses de invierno, dado que muchas personas no salen al exterior y no reciben la exposición solar adecuada. Esto también se está convirtiendo en un problema en los meses de verano también, dado que muchos ancianos se quedan fuera del sol y cierran sus persianas para ahorrar en costos de energía. El trastorno afectivo estacional por lo general se trata con una terapia de luz de tanto como 10.000 lux a 30 pulgadas del cuerpo durante por lo menos 30 minutos por día. Por el contrario, la terapia de cuadro de luz que se utiliza actualmente se centra más en el lux total frente a la calidad de la luz para que coincida con un espectro de luz solar plena.

Por lo tanto, se debe entender 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 las siguientes personas o escenarios:

- aplicación militar de los soldados de formación para los días de 36 horas;
- armamentización (desorientación intencional de los biorritmos de los combatientes enemigos);
- astronautas (para entornos fuera de la Tierra o entornos de retorno a la Tierra no deseados); esto incluiría misiones lunares o a Marte, o el empleo del sistema/método a 1000 atmósferas por debajo de la superficie del océano; la temperatura del color puede ser extraña para compensar la luz disponible localmente en el espacio profundo/Marte/atenuación del océano/o por lo general extraña;
- otras aplicaciones militares o aeroespaciales que utilizan diferentes espacios de color, por ej., el acondicionamiento de astronautas de Marte y la formación para trabajar en luz constante de atmósfera de Marte a 1800K manteniendo el equilibrio del Ritmo Circadiano, o el acondicionamiento de soldados para despliegues de días de 36 horas y de nuevo a ciclos de 24 horas fuera de servicio. A modo de ejemplo solamente, la Fig. 38 representa un cronograma a modo de ejemplo donde se utiliza el sistema/método de la presente invención en una manipulación del ritmo circadiano. En particular, la Fig. 38 describe otra forma de realización, en la que el sistema de iluminación se utiliza para ajustar un sujeto a un día de 36 horas, en lugar de un día 24 horas. En esta forma de realización, los ciclos de períodos de tiempo variables se introducen de extremo a extremo en el sistema de iluminación, comenzando con un horario diario de 24 horas, 525. Los ciclos de 24 horas son seguidos por múltiples ciclos de acondicionamiento 526, que varían entre las 24 y 36 horas, que comprenden el período de acondicionamiento 526. Después de que los sujetos se han acondicionado de manera adecuada a un día de 36 horas, comienza el período de despliegue 527, que consiste en una longitud definida por el usuario en el número de ciclos. Con el fin de aclimatar un sujeto de nuevo a un horario diario de 24 horas natural 529, un período de recuperación 529 es definido por el usuario.

Se debe señalar que los elementos de iluminación discutidos con anterioridad pueden comprender diodos de emisión de luz de tipo chip (LED), emisores de LED envasados, matrices de emisores de LED de tipo chip de incorporados en un solo paquete, o colecciones de emisores de LED envasados asociados a una tarjeta común o un motor de luz. Estos emisores de LED pueden estar recubiertos con materiales destinados a convertir la luz de alta frecuencia en baja frecuencia de la luz de amplio espectro, tales como fósforos YAG:Ce, recubrimientos de fósforo, películas de fósforo, o lentes que contienen dispersiones de fósforo. Además, los cristales de punto cuántico fotónicos, los nanocristales fotónicos, o las nanopartículas semiconductoras se pueden incorporar en los elementos de iluminación por medio de recubrimiento, película o material de lente llena para convertir la luz de alta frecuencia en luz de frecuencia más baja. Por extensión, los elementos de iluminación pueden incorporar una mezcla de lumíforos o materiales de conversión, donde cada componente convierte la luz en un color único de frecuencia más baja. Más de un lumíforo se puede incorporar en dispositivos de iluminación donde se aplican lumíforos en secuencia para diferentes regiones del componente emisor de luz, de forma análoga a subpíxeles en una pantalla de vídeo. Los elementos de iluminación pueden comprender también dispositivos que emplean materiales semiconductores orgánicos, tales como diodos orgánicos de emisión de luz (OLED), o materiales fosforescentes que emiten luz de banda ya sea blanca o estrecha en regiones específicas en el espectro.

Se debe señalar además que la intensidad de los canales o grupos de elementos de iluminación se pueden cambiar por medio de modulación de ancho de pulso, modulación de corriente, u otros medios de modulación del ciclo de trabajo.

Los sensores identificados en las Figs. 16 a 24 pueden comprender dispositivos de carga acoplada (CCD, por su sigla en inglés), sensores de óxidos metálicos cerámicos (CMOS, por su sigla en inglés), fototransistores, o fotodiodos. Cada sensor puede ser un conjunto o colección de múltiples tales dispositivos que emplean filtros visibles o filtros de densidad neutra en la abertura óptica de los sensores. Además, este sensor puede ser un dispositivo del tipo de chip que incorpora múltiples tales sensores y filtros de color en un solo paquete. La matrices envasadas de esta manera se refieren a menudo como "sensores de color" y pueden incorporar un medio para cambiar los ajustes de ganancia para modificar las características de salida de flujo luminoso del dispositivo a través del ajuste de los puentes de marcadores. Los sensores, matrices de sensores, o conjuntos de sensores se comunican con el controlador a través de una interfaz analógica o digital.

El sensor o los sensores pueden emplear un circuito de transimpedancia para convertir las salidas de corriente discretos a voltajes y un circuito convertidor de analógico a digital integrado para combinar las salidas de múltiples sensores en una única interfaz digital o en serie. Los componentes de ejemplo incluyen:

- a. el sensor de color 7 bits de RGB digital ADJD-S313-QR999 de Avago Technologies;
- b. el sensor de color RGB analógico HDJD-S722-QR999 de Avago Technologies;
- c. el fotodiodo de 3 canales Hamamatsu S10170;
- d. el convertidor de Luz a Frecuencia TAOS TCS230

Se debe señalar, además, que está dentro del ámbito más amplio de la presente invención la inclusión de varios tipos de sensores ópticos y formatos de salida de los sensores ópticos.

Por ejemplo, los sensores ópticos de la presente invención pueden incluir sensores ópticos analógicos que emiten voltajes o sensores digitales que emiten datos y/o frecuencia. Por lo tanto, los sensores ópticos que emiten coordenadas de cromaticidad a diferencia de voltaje, frecuencia u otros formatos de salida (por ej., otros datos) están todos dentro del alcance más amplio de la invención.

Esto también incluye diversos mecanismos de procesamiento del sensor, tales como señales de voltaje/frecuencia/corriente que son representativas de datos ópticos que se pueden correlacionar con datos ópticos conocidos (por ej., a través de tablas de búsqueda u otros métodos de correlación).

También se debe señalar que, si bien el sistema preferido y el método de la presente invención utilizan un control de retroalimentación, que está dentro del alcance amplio de la presente invención incluyen un sistema de accesorio de luz o el método de accesorio de luz que no utiliza control de retroalimentación alguno para generar de manera artificial el locus de luz diurna.

Además, se debe señalar que está dentro del ámbito más amplio de la presente invención la inclusión del uso del diagrama de cromaticidad CIE 1960 más reciente, además del diagrama de cromaticidad CIE 1931 que se ha mencionado con anterioridad, con respecto a la operación del sistema/método de la presente invención.



**REIVINDICACIONES**

1. Un sistema para generar luz solar artificial con características espectrales que se asemejan a la luz solar natural, el sistema comprende:
  - 5 una pluralidad de canales de elementos de iluminación (301) operable para generar una mezcla de luz compuesta que tiene luz blanca de amplio espectro de temperatura del color de 1800K a 6500K, los canales de elementos de iluminación (301) comprende cada uno una pluralidad de dispositivos emisores de luz (LED);
  - 10 por lo menos dos sensores de luz (258) que detectan la luz compuesta emitida desde la pluralidad de canales de elementos de iluminación (301) y generar una pluralidad de señales representativas de la luz compuesta detectada; y
  - 15 un controlador (309) acoplado de manera comunicativa a los por lo menos dos sensores de luz (258) para recibir la pluralidad de señales representativas de la luz compuesta detectada y acoplado de manera comunicativa a la pluralidad de canales de elementos de iluminación (301) para proporcionar de manera automática una pluralidad de señales de excitación que se basa por lo menos en parte en un algoritmo de coincidencia de color y que varía de manera automática un nivel de brillo para cada uno de la pluralidad de canales de elementos de iluminación (301) para producir la luz compuesta en un nivel de color deseado a lo largo de por lo menos una porción de un locus de luz diurna, en el que el controlador ajusta un flujo total de luz azul desde un nivel relativo de 1 a 100% de un flujo máximo de luz azul dentro de la luz blanca de amplio espectro a través de los canales de elementos de iluminación (301).
- 20 2. El sistema de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la pluralidad de señales de excitación se basa por lo menos en parte en una entrada seleccionada por el usuario y de manera automática varía el nivel de brillo para cada uno de la pluralidad de canales de elementos de iluminación (301) para producir la luz compuesta en el nivel de color deseado a lo largo de por lo menos una porción del locus de luz diurna que corresponde a la entrada seleccionada por el usuario.
- 25 3. El sistema de acuerdo con la reivindicación 2, en el que la entrada seleccionada por el usuario indica una actividad actual del usuario, y la pluralidad de señales de excitación varía de manera automática el nivel de brillo para cada uno de la pluralidad de canales de elementos de iluminación (301) para producir la luz compuesta en el nivel de color deseado a lo largo de por lo menos una porción del locus de luz diurna que corresponde a la actividad actual del usuario.
- 30 4. El sistema de acuerdo con la reivindicación 2, en el que el sistema genera un escenario de luz solar deseado, el escenario de luz solar deseado, que es uno de despejado, parcialmente nublado, nublado, brumoso, lluvioso y nevado, y la pluralidad de señales de excitación varía de manera automática el nivel de brillo para cada uno de la pluralidad de canales de elementos de iluminación (301) para producir la luz compuesta en el nivel de color deseado a lo largo de por lo menos una porción del locus de luz diurna que corresponde a la escenario de luz solar deseado.
- 35 5. El sistema de acuerdo con la reivindicación 2, en el que la entrada seleccionada por el usuario indica uno deseado de por lo menos dos perfiles de tiempo y color diferentes, cada uno de los por lo menos dos perfiles de tiempo y color diferentes especifica valores para uno o más del brillo y la temperatura del color en función del tiempo, y la pluralidad de señales de excitación varía de manera automática el nivel de brillo para cada uno de la pluralidad de canales de elementos de iluminación (301) para producir la luz compuesta en el nivel de color deseado a lo largo de por lo menos una porción del locus de luz diurna que corresponde a los valores especificados por el deseado de los por lo menos dos perfiles de tiempo y color diferentes para un momento actual.
- 40 6. El sistema de acuerdo con la reivindicación 2, en el que la entrada seleccionada por el usuario indica una ubicación geográfica, y la pluralidad de señales de excitación varía de manera automática el nivel de brillo para cada uno de la pluralidad de canales de elementos de iluminación (301) para producir la luz compuesta en el nivel de color deseado a lo largo de por lo menos una porción del locus de luz diurna que corresponde a las condiciones de iluminación que existen en la ubicación geográfica.
- 45 7. El sistema de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la pluralidad de canales de elementos de iluminación (301) comprende una pluralidad de matrices combinadas en un bus digital común, cada una de la pluralidad de matrices comprende por lo menos tres de la pluralidad de canales de elementos de iluminación (301) y por lo menos dos de los por lo menos dos sensores de luz (258) agrupados dentro de una región espacial común, el controlador (309) proporciona a través del bus digital común una pluralidad de señales de excitación a los por lo menos tres canales de elementos de iluminación (301) de cada una de la pluralidad de matrices con base, por lo menos en parte, en la pluralidad de señales representativas de la luz compuesta detectada por medio de los por lo menos dos sensores de luz (258) de dicha matriz para formar una pluralidad de bucles de retroalimentación cerrados.
- 50 8. El sistema de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la pluralidad de canales de elementos de iluminación
- 55

- (301) operable para generar luz blanca de amplio espectro de temperaturas de color de 1800K a 6500K comprende una pluralidad de canales de elementos de iluminación (301) operable para generar luz blanca de amplio espectro de temperaturas de color de 3000K a 6000K, la luz blanca de amplio espectro respectiva de cada uno de los canales tiene una cantidad diferente respectiva de luz azul en comparación con la luz blanca de amplio espectro respectiva desde los otros canales.
- 5
9. El sistema de acuerdo con la reivindicación 1, en el que los por lo menos dos sensores de luz (258) son espectralmente únicos entre sí.
10. El sistema de acuerdo con la reivindicación 1, en el que los canales de elementos de iluminación (301) incluyen por lo menos tres canales de elementos de iluminación (301).
- 10 11. Un método de operación en un sistema de iluminación para generar luz solar artificial con características espectrales que se asemejan a la luz solar natural, el sistema de iluminación comprende una pluralidad de canales de elementos de iluminación (301), que son operables para generar una mezcla de luz compuesta que tiene luz blanca de amplio espectro de temperatura del color de 1800K a 6500K, cada uno de los canales de elementos de iluminación (301) comprende una pluralidad de dispositivos emisores de luz (LED) y la luz blanca de amplio espectro respectiva de cada uno de los canales que tienen una cantidad diferente respectiva de luz azul en comparación con la luz blanca de amplio espectro respectiva de los otros canales, por lo menos dos sensores de luz (258), y un controlador (309) acoplado de manera comunicativa a los por lo menos dos sensores de luz (258) y acoplado de manera comunicativa a la pluralidad de canales de elementos de iluminación (301), el método comprende:
- 15
- 20 la detección, por medio de los por lo menos dos sensores de luz (258), de la luz compuesta emitida desde la pluralidad de canales de elementos de iluminación (301);  
la generación, por medio de los por lo menos dos sensores de luz (258), de una pluralidad de señales representativas de la luz compuesta detectada;  
la recepción, por medio del controlador (309) de las por lo menos dos sensores de luz (258), la pluralidad de  
25 señales representativas de la luz compuesta detectada; y  
la generación, por medio del controlador (309), de una pluralidad de señales de excitación que se basa por lo menos en parte en un algoritmo de coincidencia de color y que varía de manera automática un nivel de brillo para cada uno de la pluralidad de canales de elementos de iluminación (301) para producir la luz compuesta en un nivel de color deseado a lo largo de por lo menos una porción de un locus de luz diurna, en el que la generación de una pluralidad de señales de excitación por medio del controlador (309) comprende la generación de una pluralidad de señales de excitación para controlar un flujo total de luz azul desde un nivel relativo de 1% a 100% de un flujo máximo de luz azul dentro de dicha luz blanca de amplio espectro producida por los elementos de iluminación.
- 30
12. El método de acuerdo con la reivindicación 11, en el que la generación de la pluralidad de señales de excitación comprende la generación de la pluralidad de señales de excitación con base, por lo menos en parte, en una entrada seleccionada por el usuario y que además comprende:  
el suministro de la pluralidad de señales de excitación para variar de manera automática el nivel de brillo para cada uno de la pluralidad de canales de elementos de iluminación (301) para producir la luz compuesta en el nivel de color deseado a lo largo de por lo menos una porción del locus de luz diurna que corresponde a la  
35 entrada seleccionada por el usuario.
- 40
13. El método de acuerdo con la reivindicación 12, en el que la entrada seleccionada por el usuario indica una actividad actual del usuario, y la generación de la pluralidad de señales de excitación comprende la generación de la pluralidad de señales de excitación con base en la actividad actual del usuario para variar de manera automática el nivel de brillo para cada uno de la pluralidad de canales de elementos de iluminación (301) para producir la luz compuesta en el nivel de color deseado a lo largo de por lo menos una porción del locus de luz diurna que corresponde a la actividad actual del usuario.
- 45
14. El método de acuerdo con la reivindicación 12, en el que el sistema genera un escenario de luz solar deseado, el escenario de luz solar deseado, que es uno de despejado, parcialmente nublado, nublado, brumoso, lluvioso y nevado, y la generación de la pluralidad de señales de excitación comprende la generación de la pluralidad de señales de excitación con base, por lo menos en parte, en el escenario de luz solar deseado para variar el nivel de brillo para cada uno de la pluralidad de canales de elementos de iluminación (301) para producir la luz compuesta en el nivel de color deseado a lo largo de por lo menos una porción del locus de luz diurna que corresponde al escenario de luz solar deseado.
- 50
15. El método de acuerdo con la reivindicación 12, en el que la entrada seleccionada por el usuario indica uno deseado de por lo menos dos perfiles de tiempo y color diferentes, cada uno de los por lo menos dos perfiles de tiempo y color diferentes especifica valores para uno o más del brillo y la temperatura del color en función del tiempo, y la generación de la pluralidad de señales de excitación comprende la generación de la pluralidad de señales de excitación con base, por lo menos en parte, en los valores especificados por el deseado de los por lo menos dos perfiles de tiempo y color diferentes para un momento actual para variar el nivel de brillo para  
55

cada uno de la pluralidad de canales de elementos de iluminación (301) para producir la luz compuesta en el nivel de color deseado a lo largo de por lo menos una porción del locus de luz diurna que corresponde a los valores especificados por el deseado de los por lo menos dos perfiles de tiempo y color diferentes para un momento actual.

- 5     **16.** El método de acuerdo con la reivindicación 12, en el que la entrada seleccionada por el usuario indica una ubicación geográfica, y la generación de la pluralidad de señales de excitación comprende la generación de la pluralidad de señales de excitación con base, por lo menos en parte, en la ubicación geográfica indicada para variar el nivel de brillo para cada uno de la pluralidad de canales de elementos de iluminación (301) para producir la luz compuesta en el nivel de color deseado a lo largo de por lo menos una porción del locus de luz diurna que corresponde a las condiciones de iluminación que existen en la ubicación geográfica.
- 10
- 17.** El método de acuerdo con la reivindicación 11, en el que la pluralidad de canales de elementos de iluminación (301) comprende una pluralidad de matrices combinadas en un bus digital común, cada una de la pluralidad de matrices comprende por lo menos tres de la pluralidad de canales de elementos de iluminación y por lo menos dos de los por lo menos dos sensores de luz (258) agrupados dentro de una región espacial común, y que además comprende el suministro de una pluralidad de señales de excitación a través del bus digital común a los por lo menos tres canales de elementos de iluminación (301) de cada una de la pluralidad de matrices con base, por lo menos en parte, en la pluralidad de señales representativas de la luz compuesta detectada por medio de los por lo menos dos sensores de luz (258) de dicha matriz para formar una pluralidad de bucles de retroalimentación cerrados.
- 15
- 18.** El método de acuerdo con la reivindicación 11, que además comprende:  
la creación automática, por medio de un controlador, de una secuencia de calibración en la que cada canal se activa y las salidas de los sensores se registran para permitir la modificación de un valor de referencia del controlador.
- 20

Fig. 1

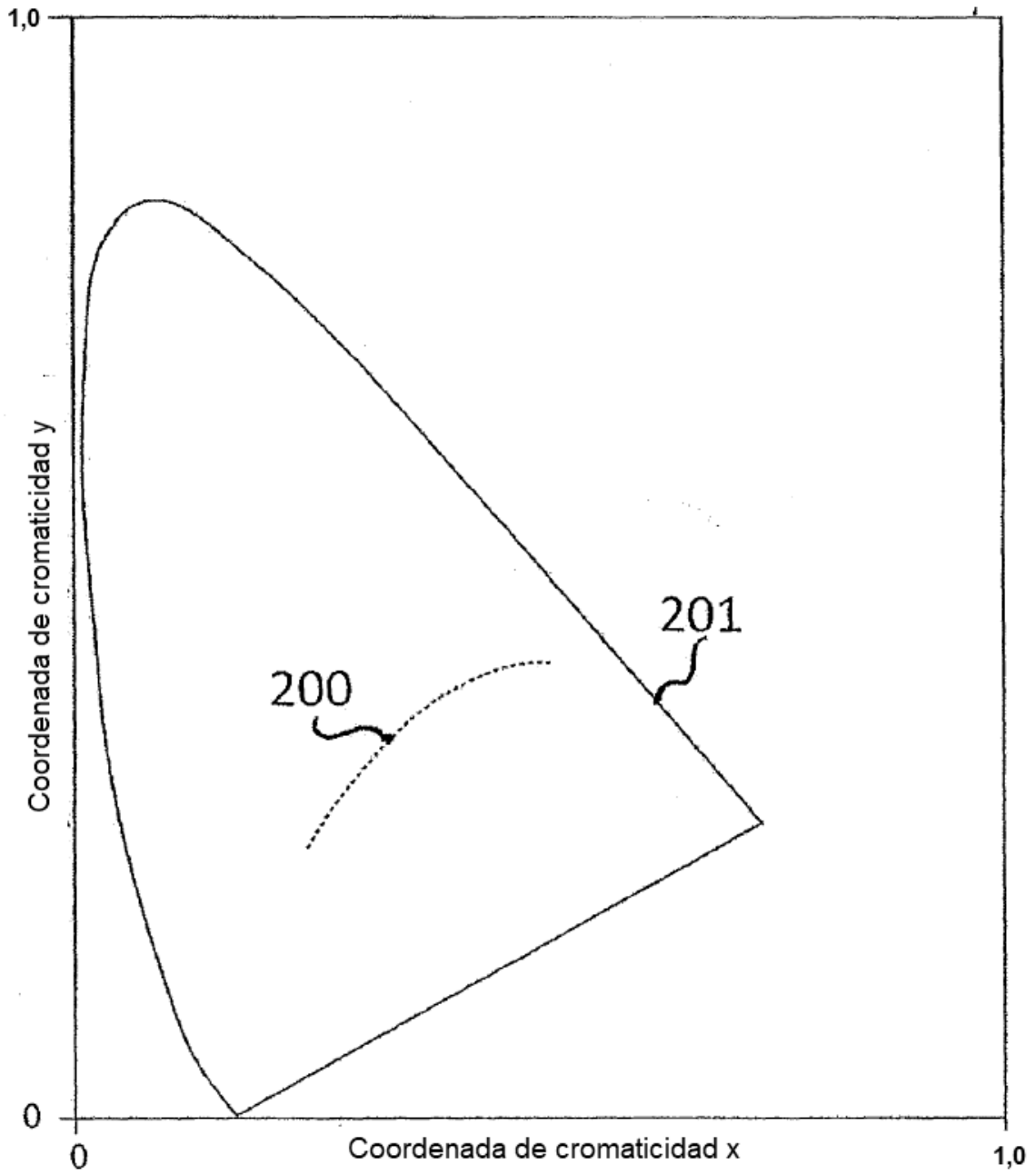


Fig. 1b

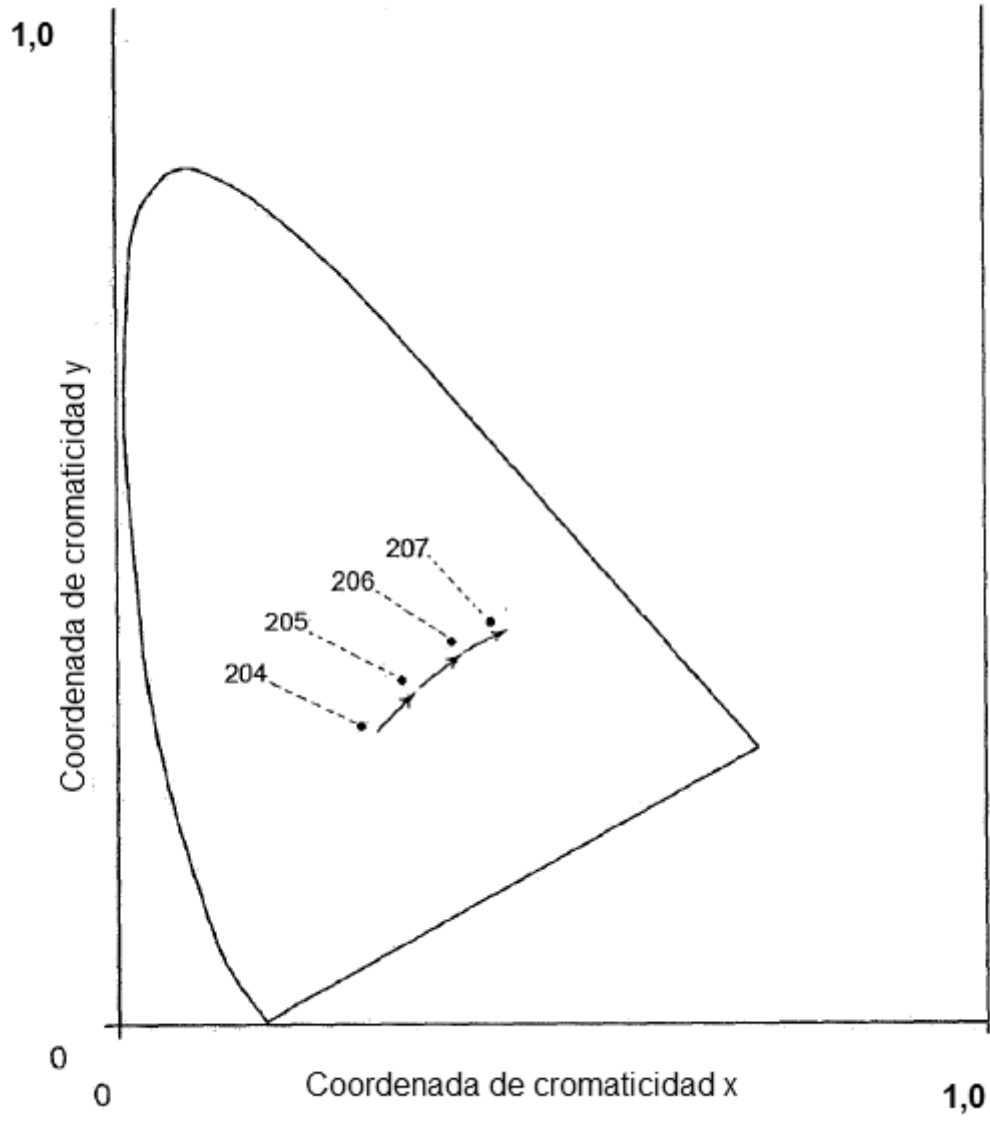


Fig. 2

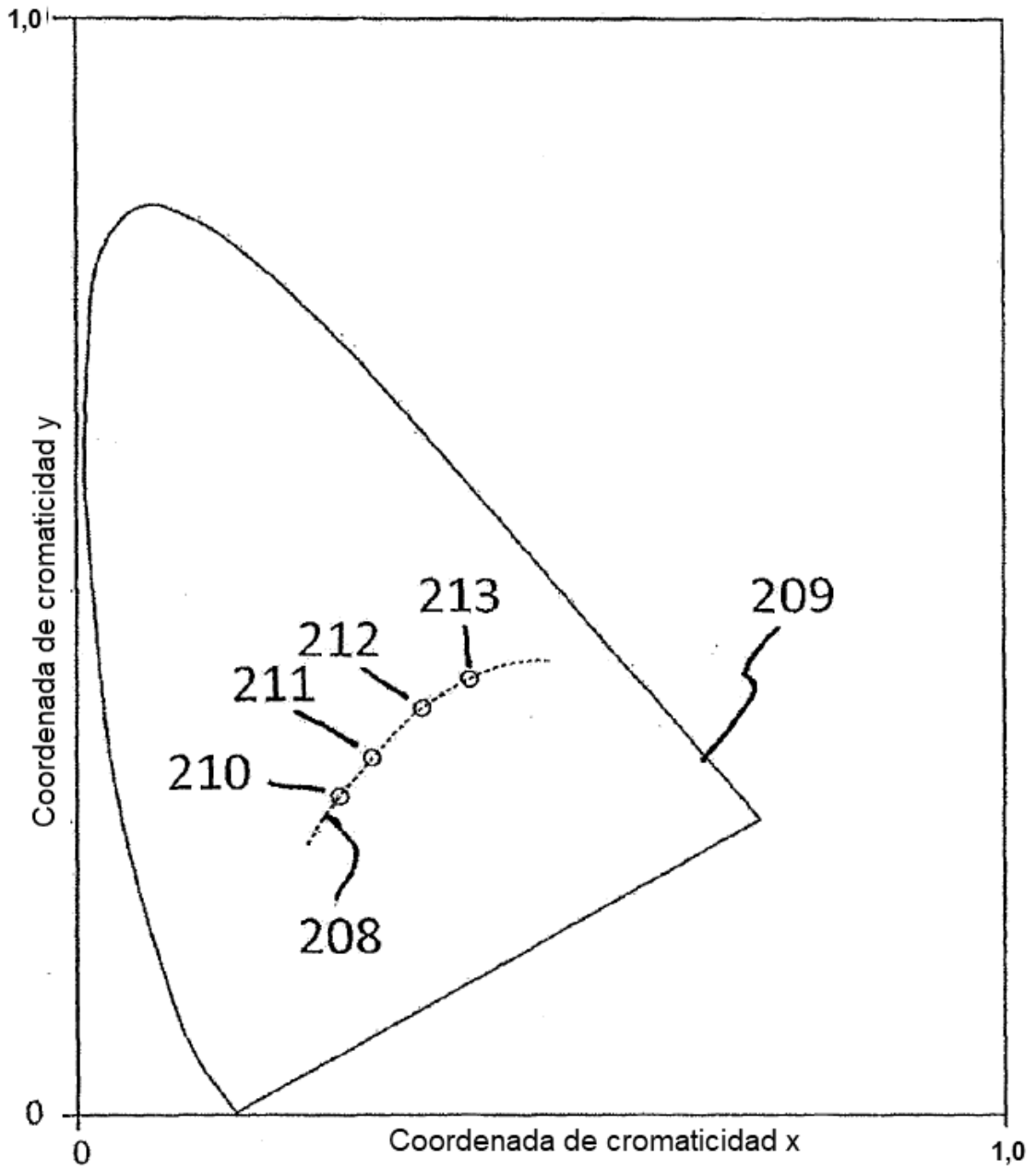


Fig. 3

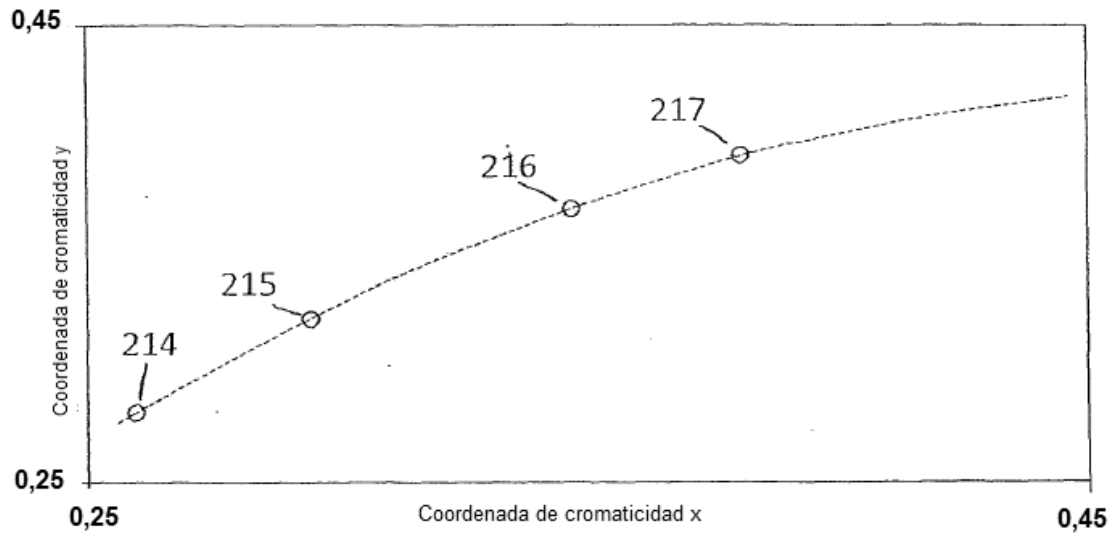


Fig. 4

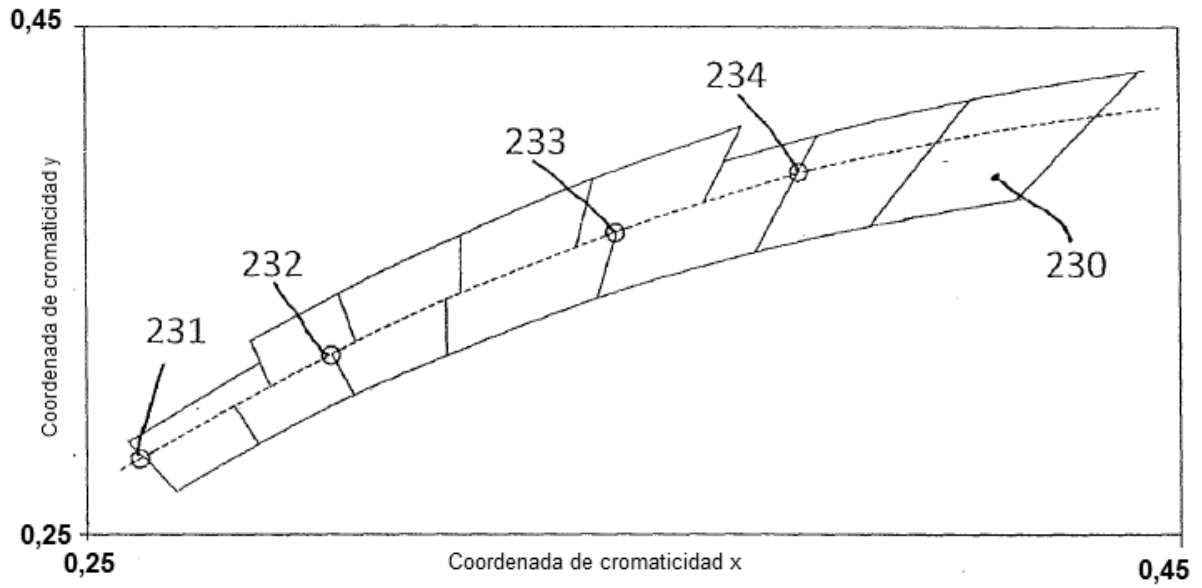


Fig. 5

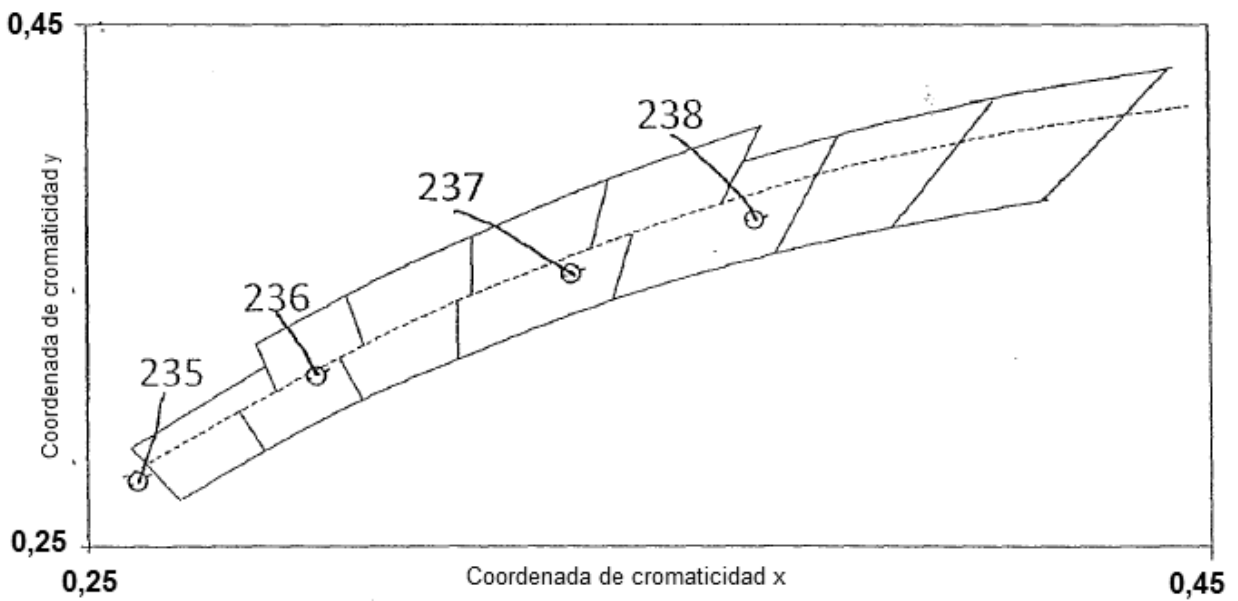




Fig. 6

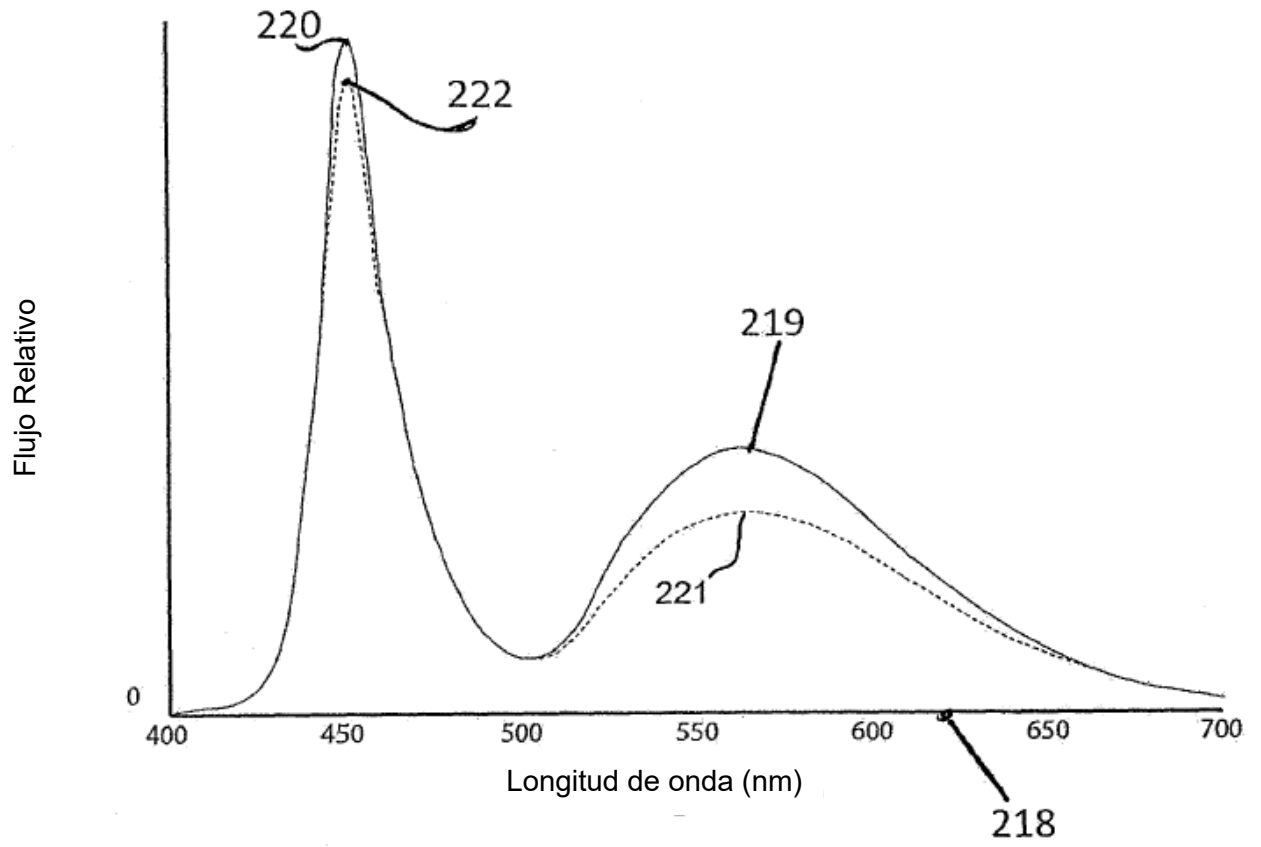


Fig. 7

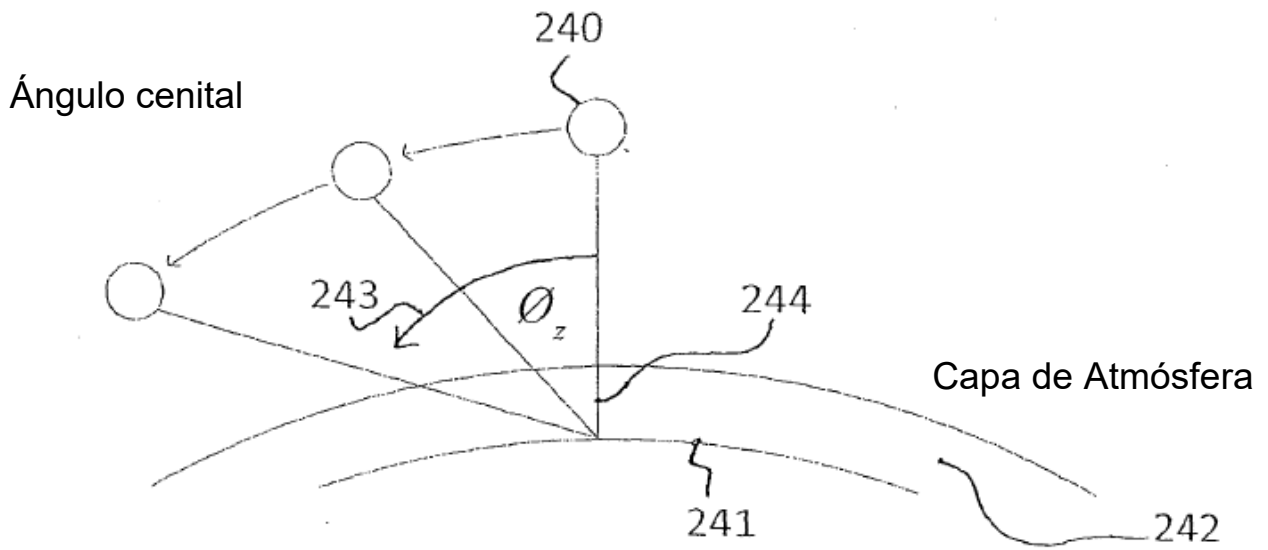


Fig. 8

$$\text{masa de aire} = \frac{1}{\cos \theta_z + 0,50572(96,07995 - \theta_z)^{-1,6364}}$$

Labels: 245 points to "masa de aire", 246 points to  $\theta_z$  in the denominator, and another 246 points to  $\theta_z$  in the denominator.

Fig. 9

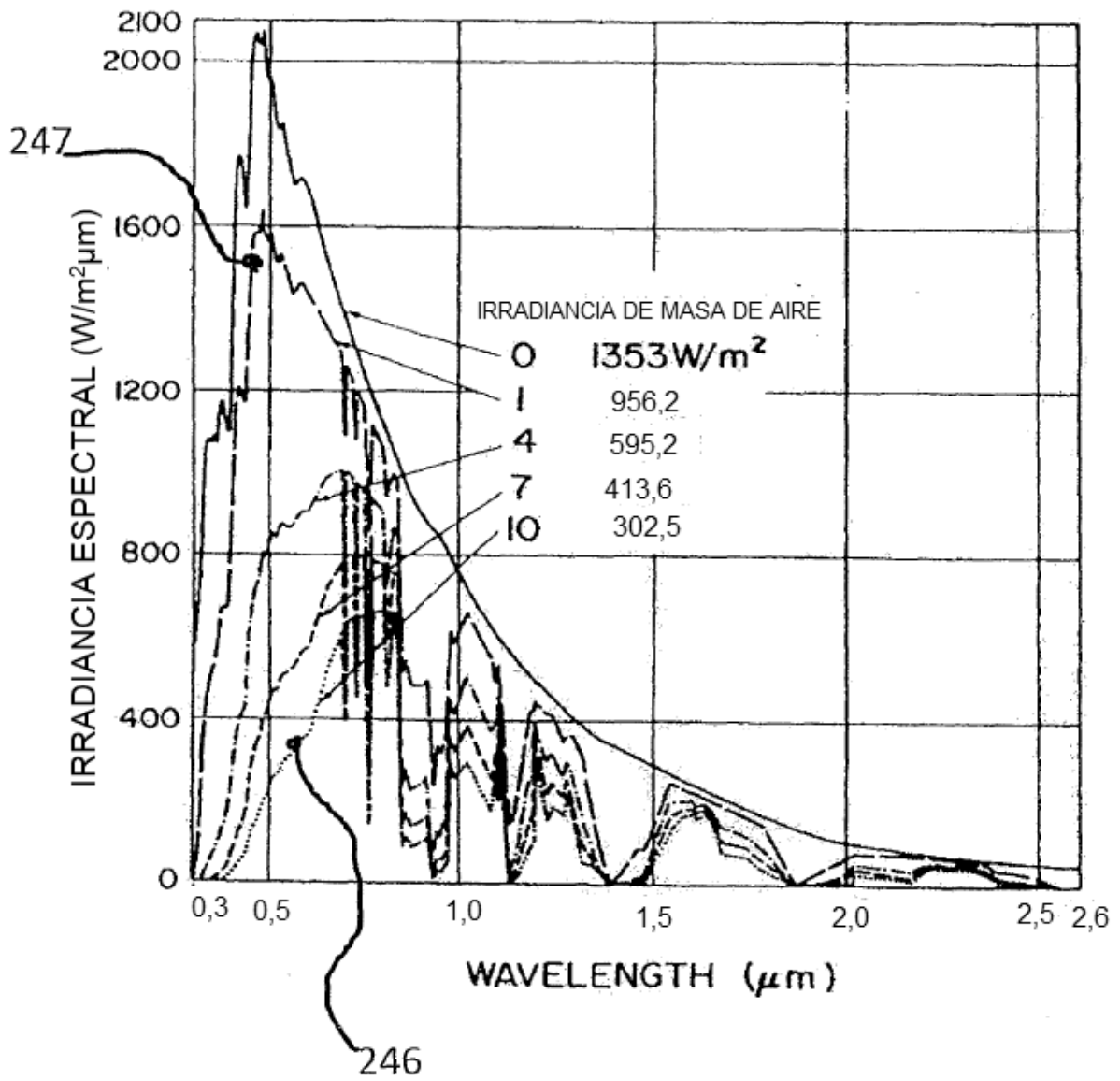


Fig. 10

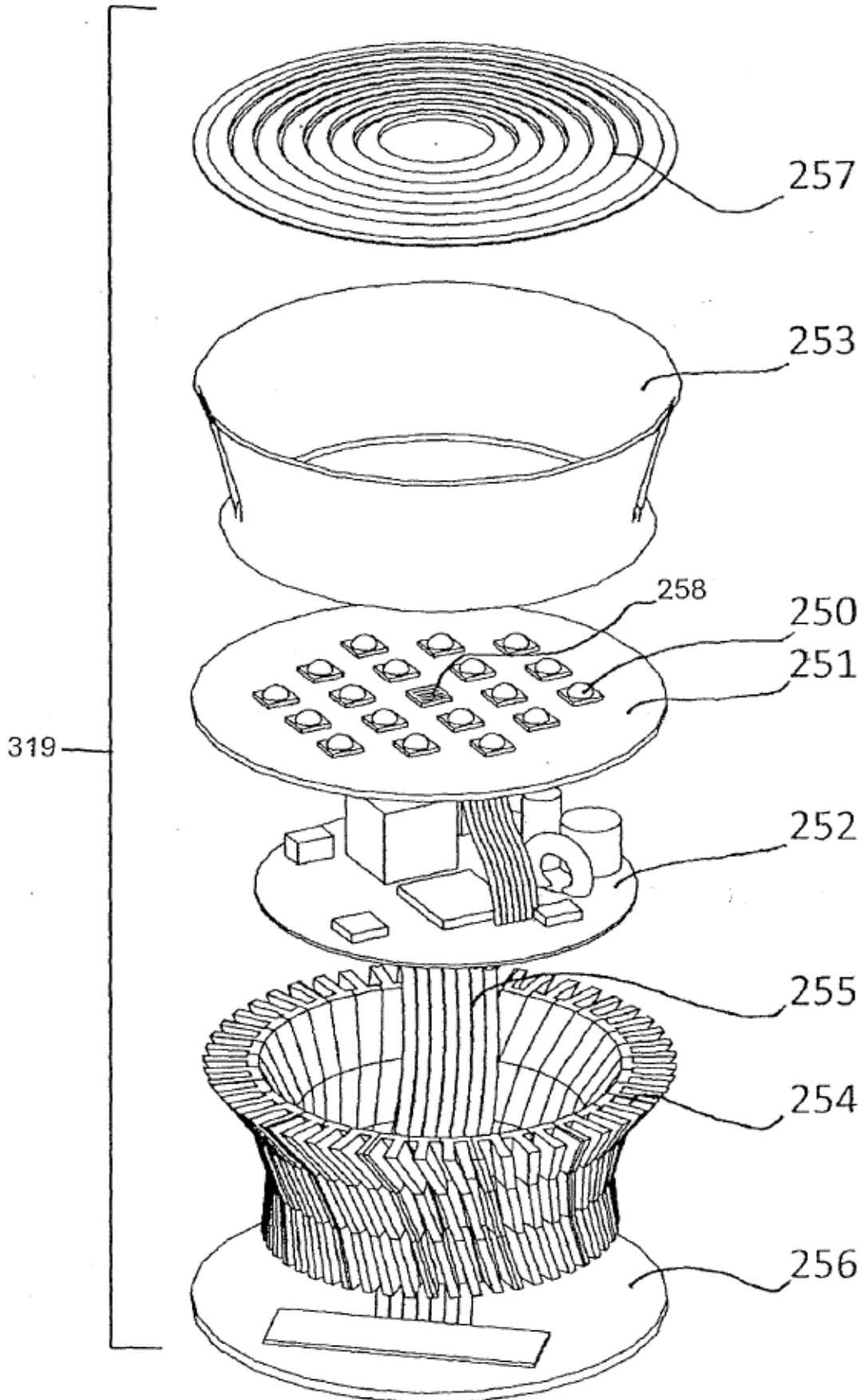


Fig. 11

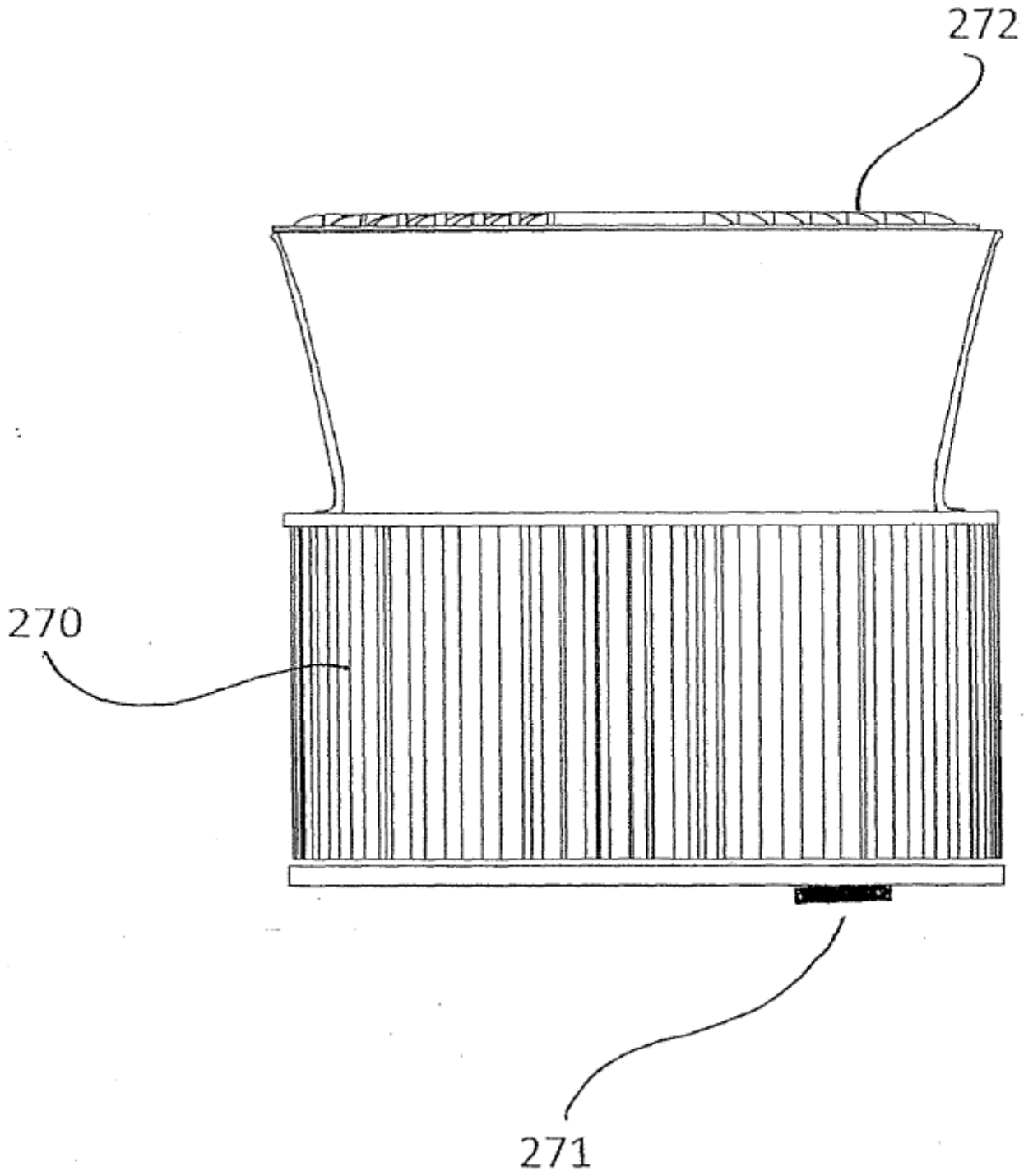


Fig. 12

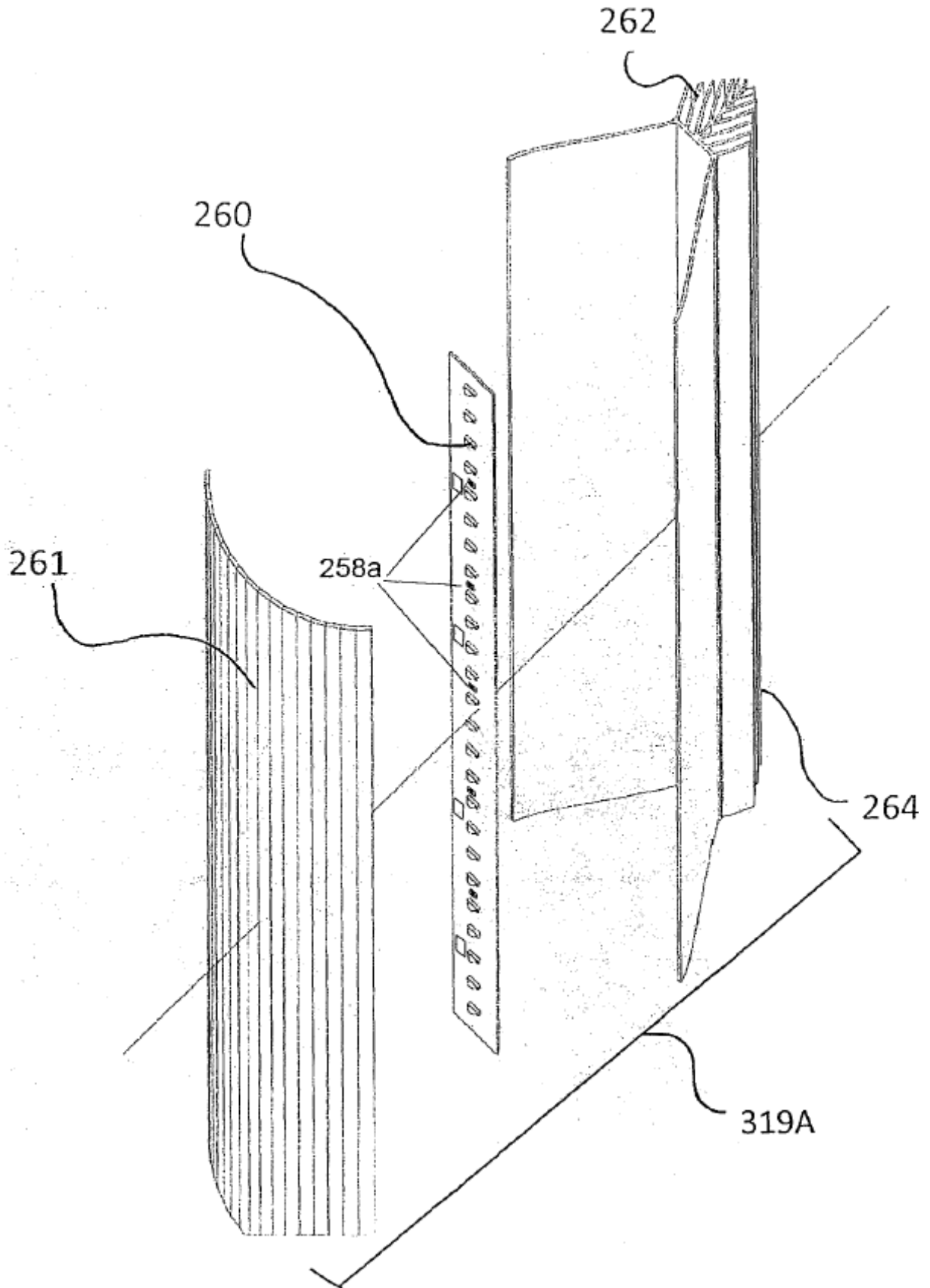


Fig. 13a

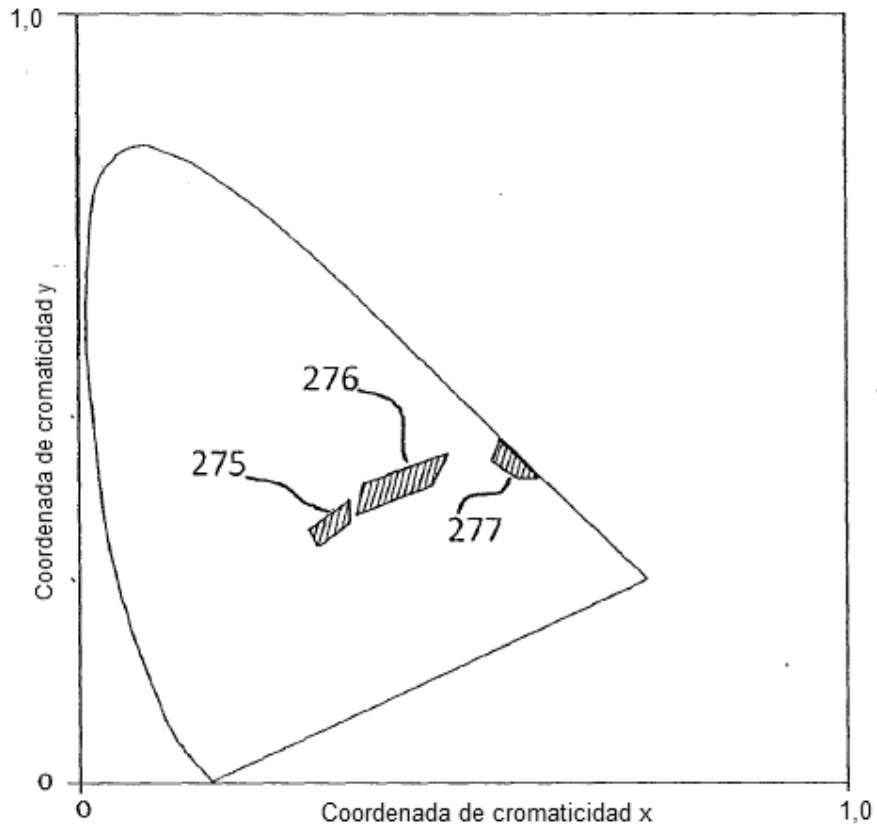


Fig. 13b

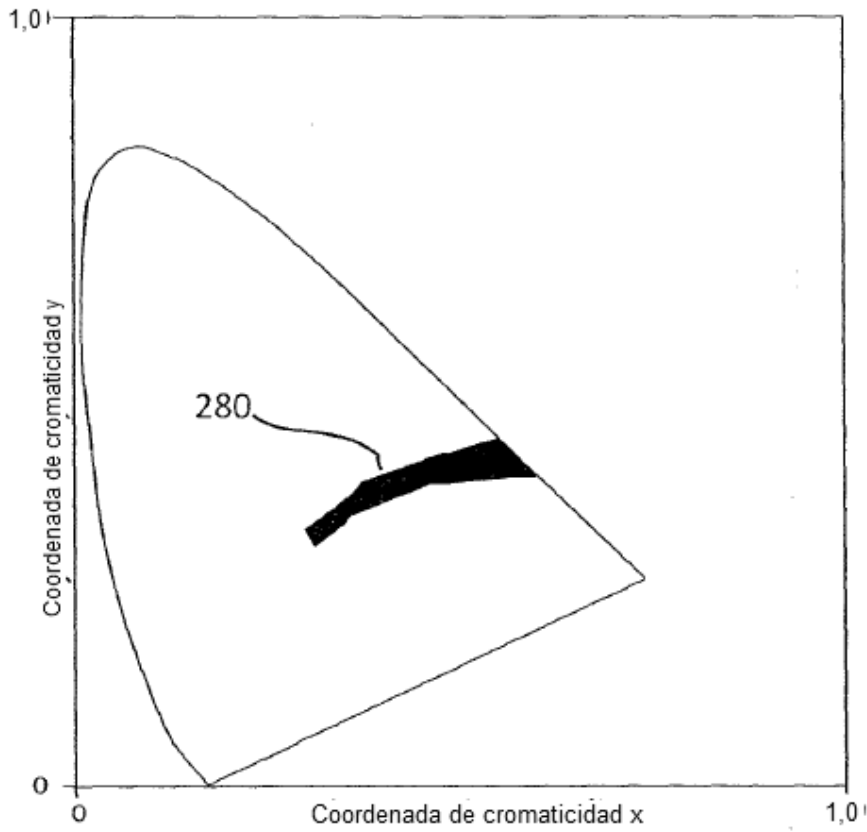


Fig. 14a

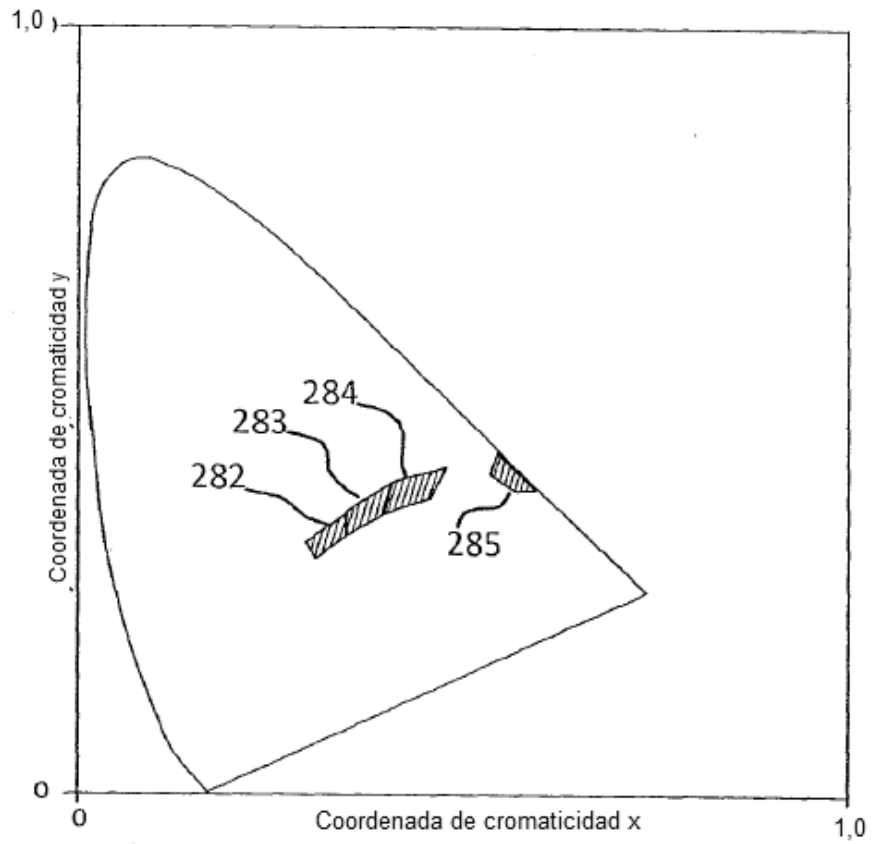


Fig. 14b

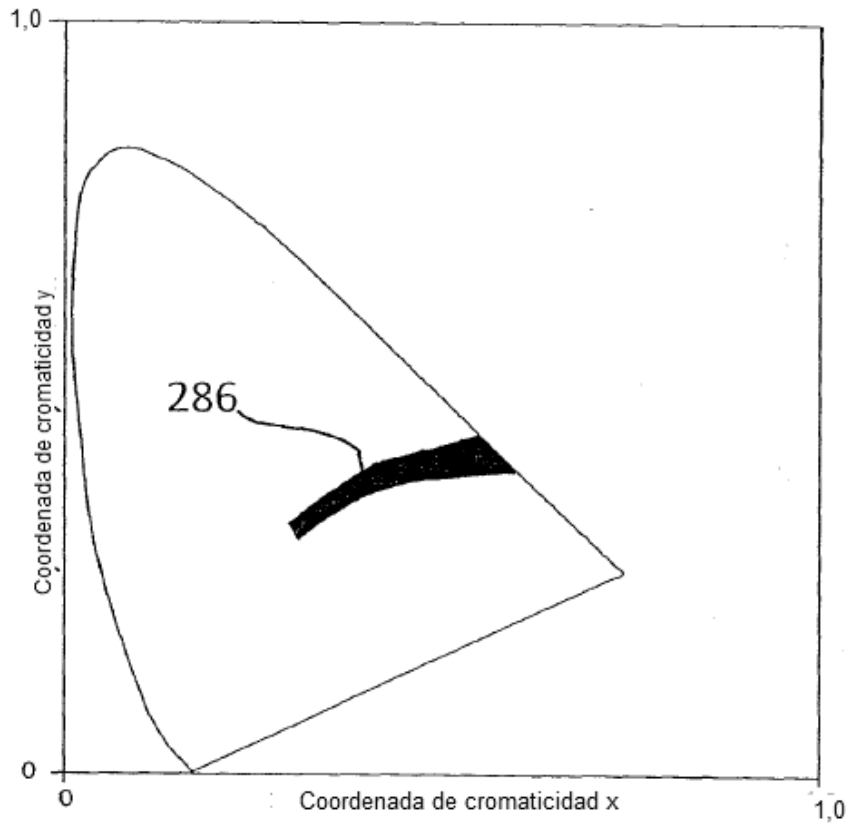




Fig. 15

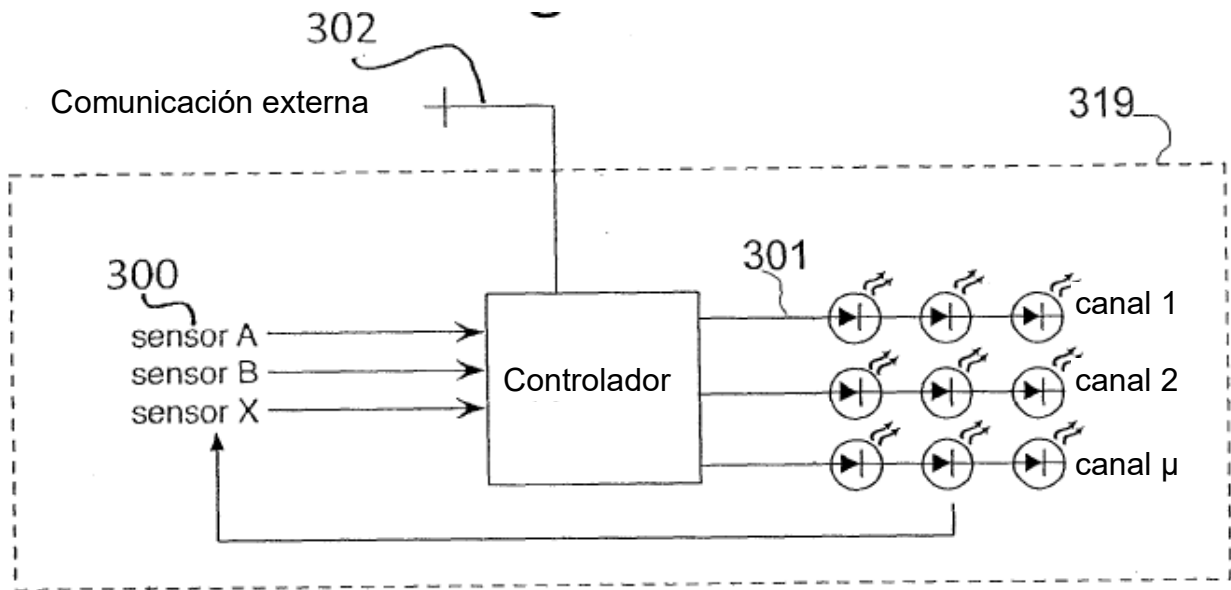


Fig. 16

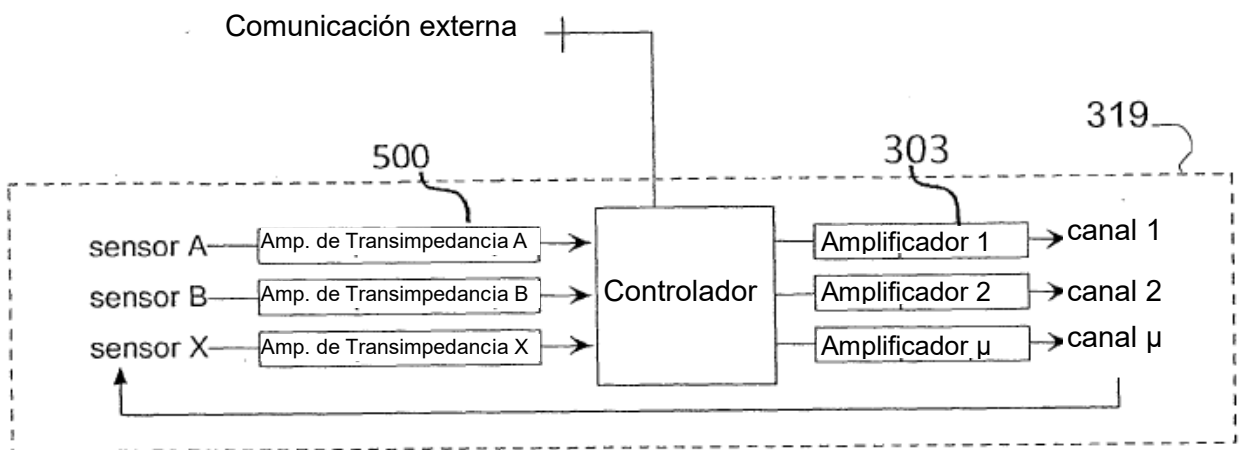


Fig. 17

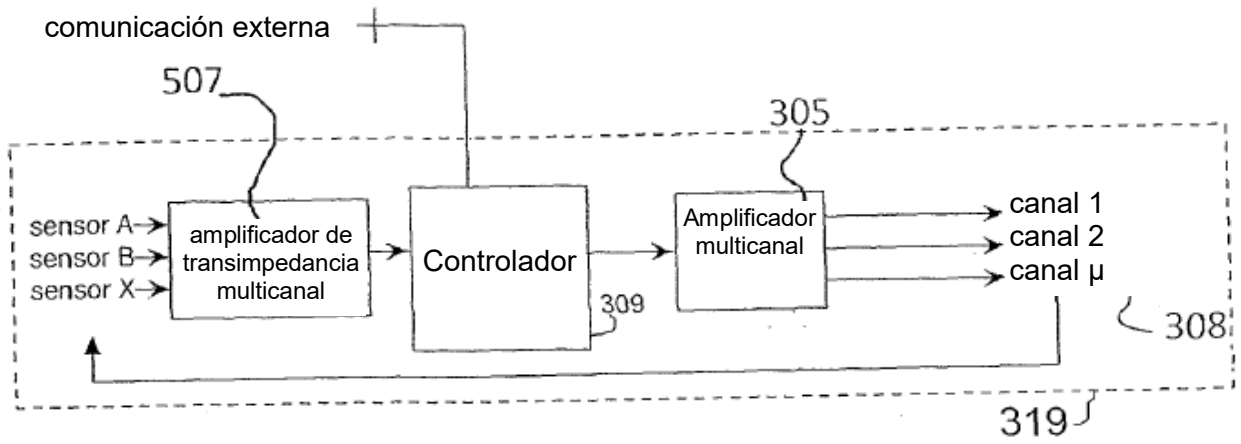


Fig. 18

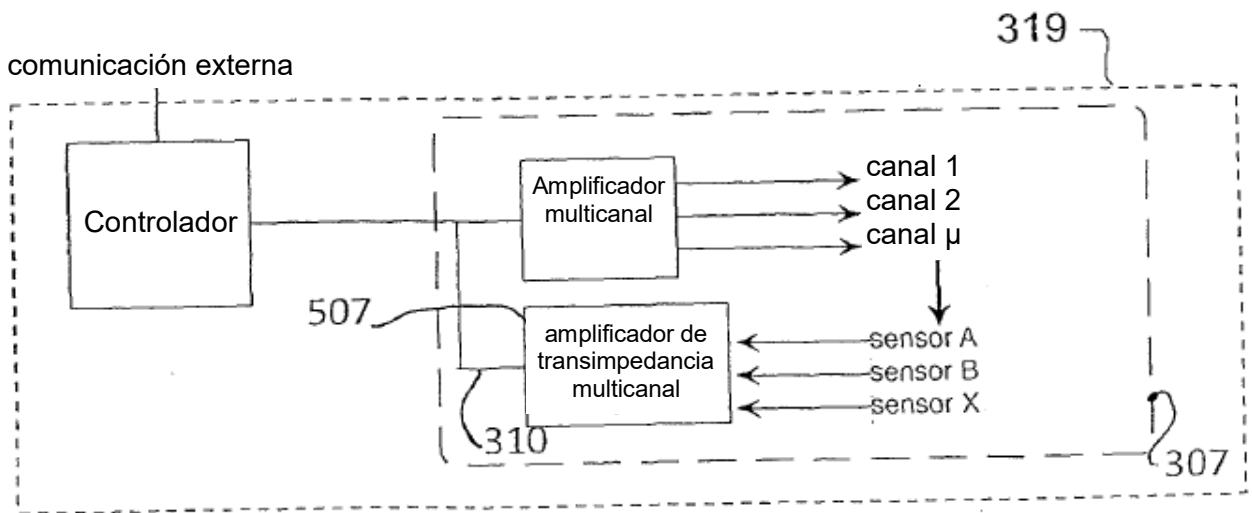


Fig. 19

comunicación externa

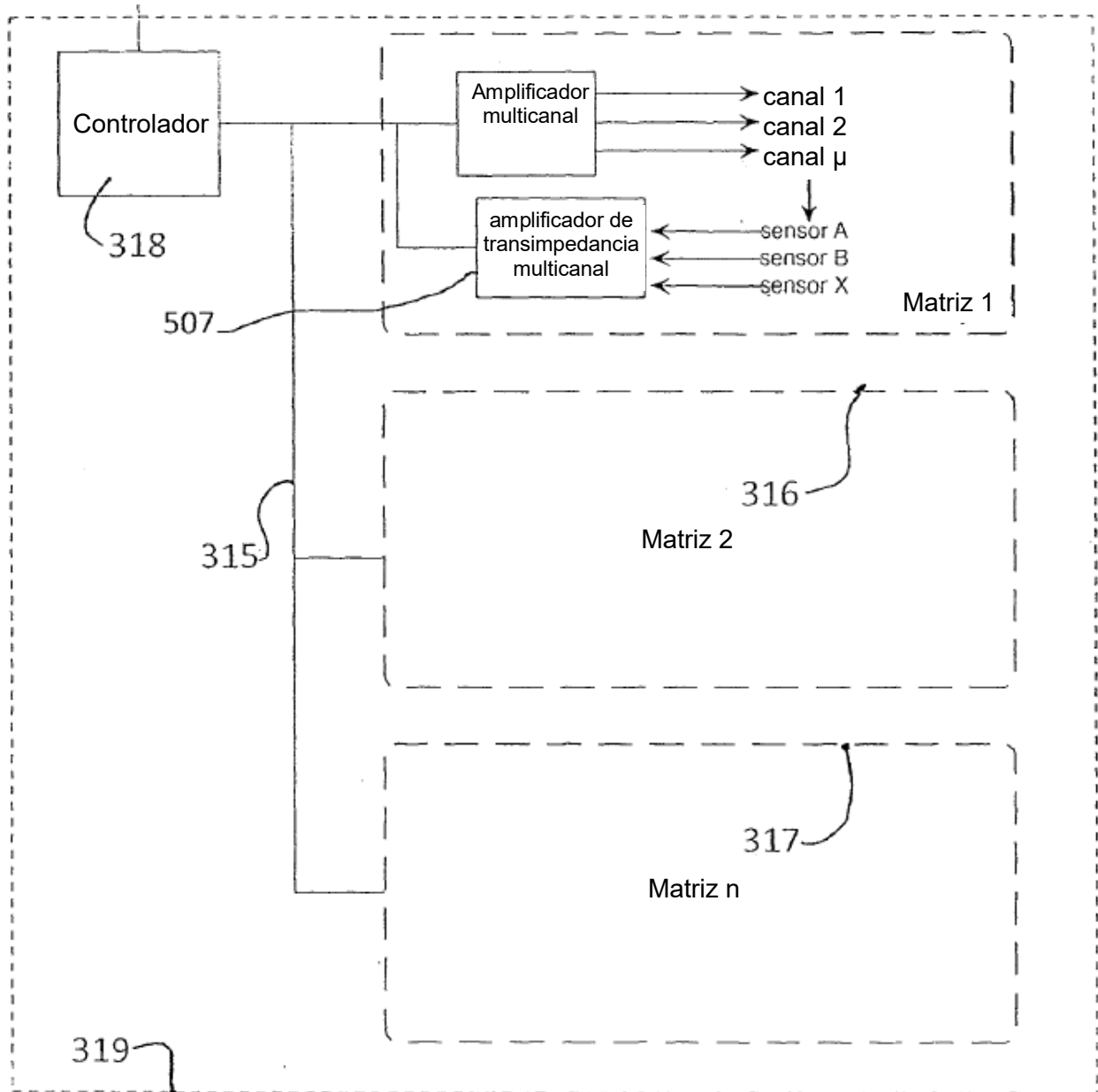


Fig. 20

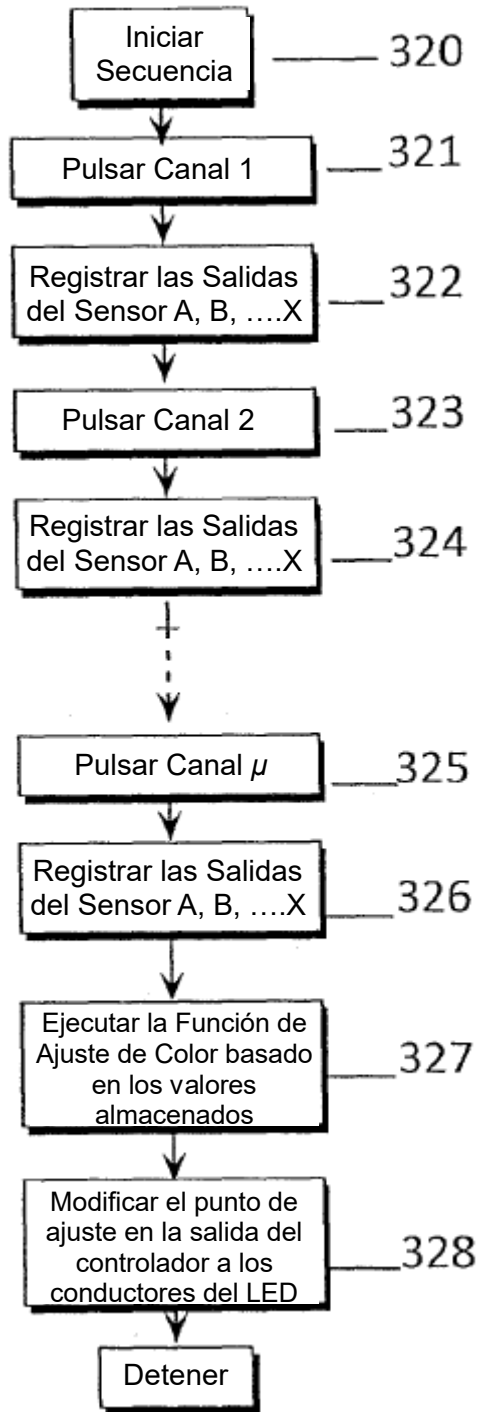


Fig. 21

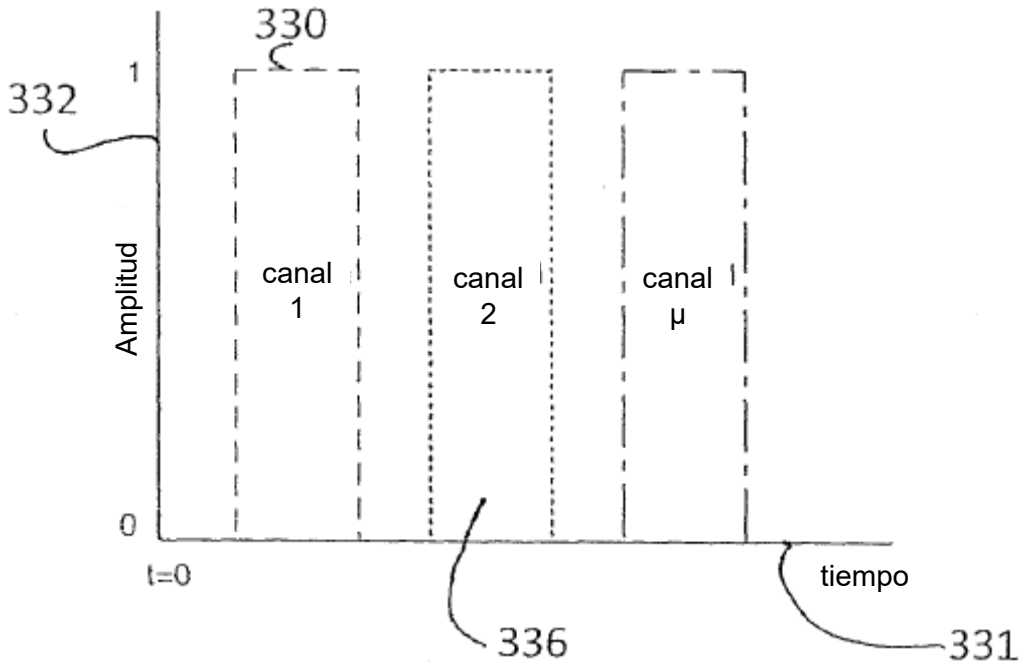


Fig. 22

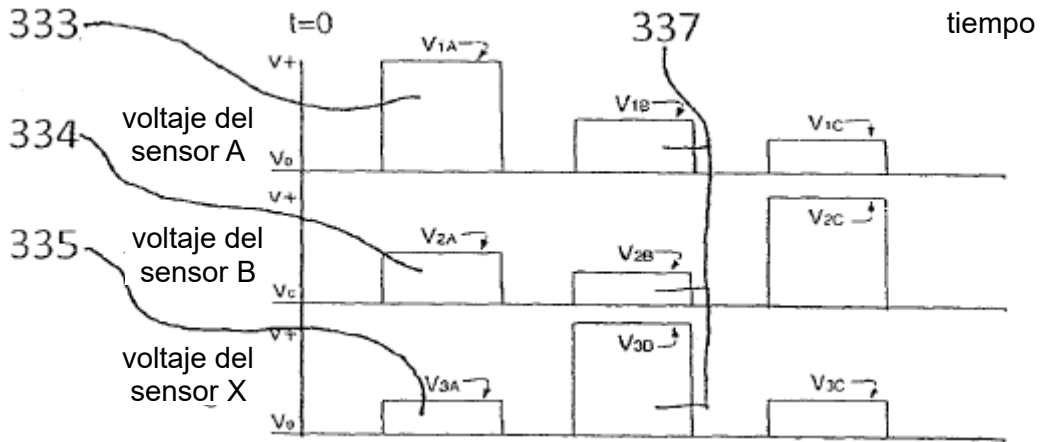


Fig. 23

	341 Canal 1	342 Canal 2	343 Canal $\mu$	344 Condición $\beta^+$	345 Condición $\Omega$
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

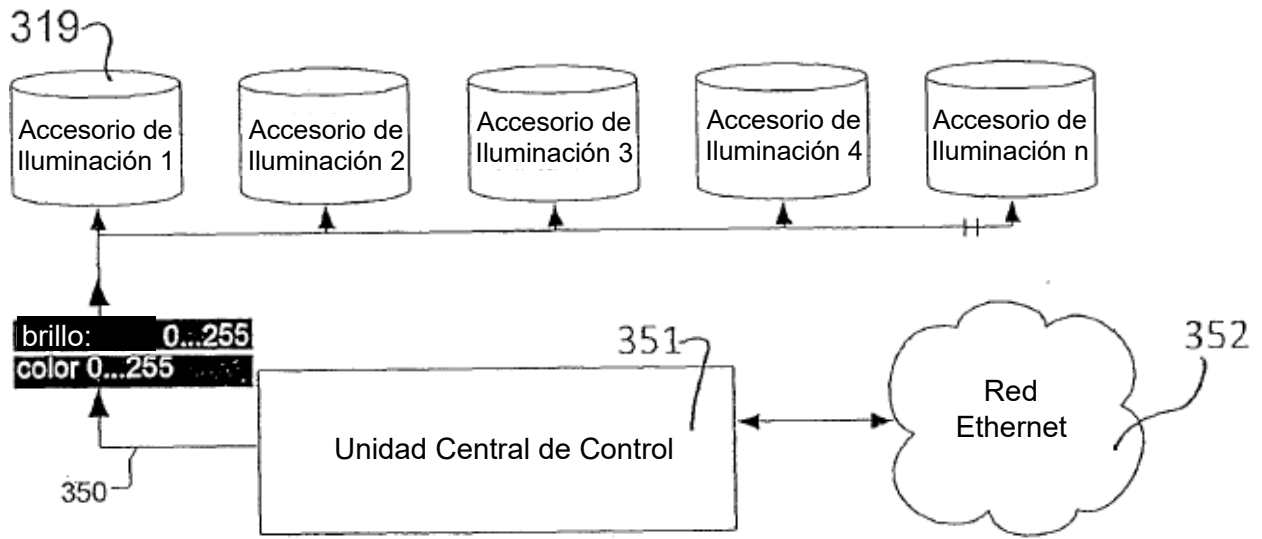


Fig. 25

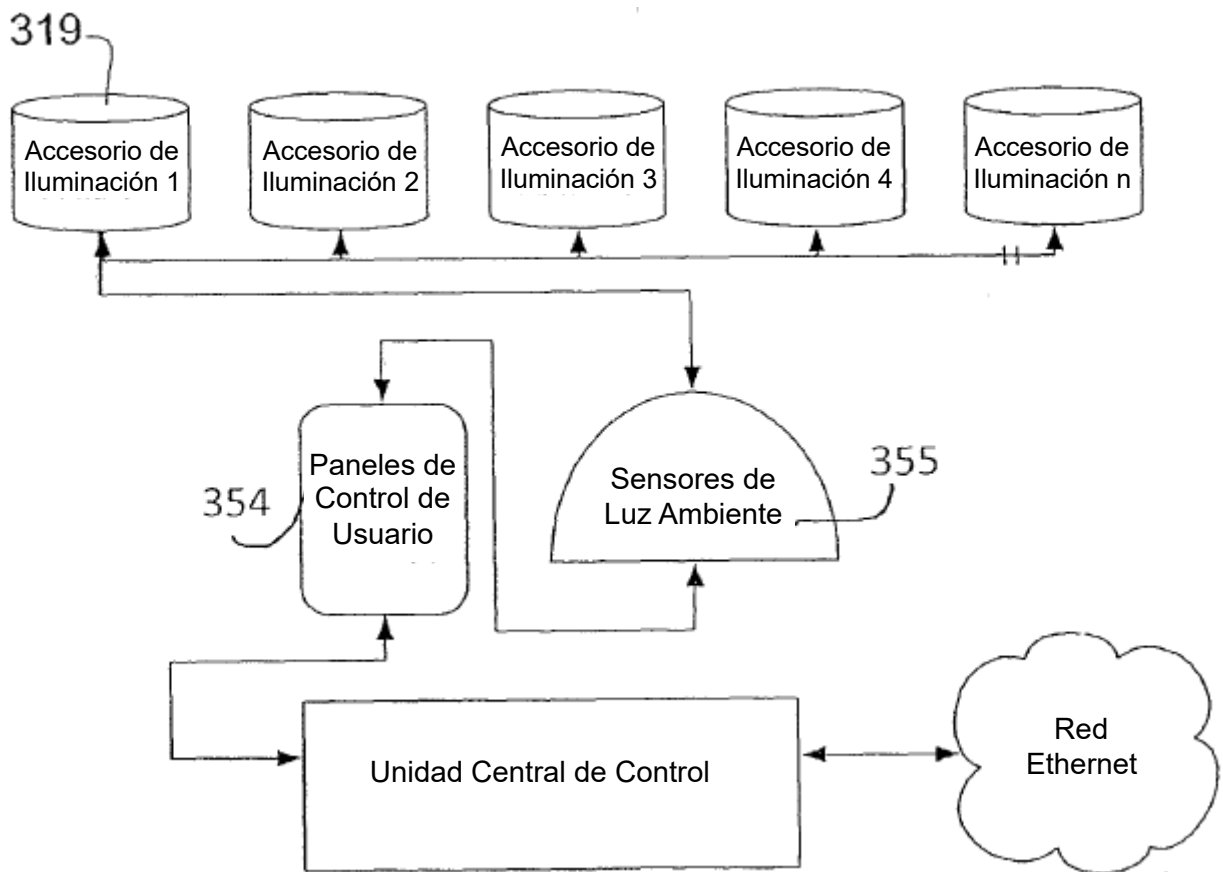


Fig. 26

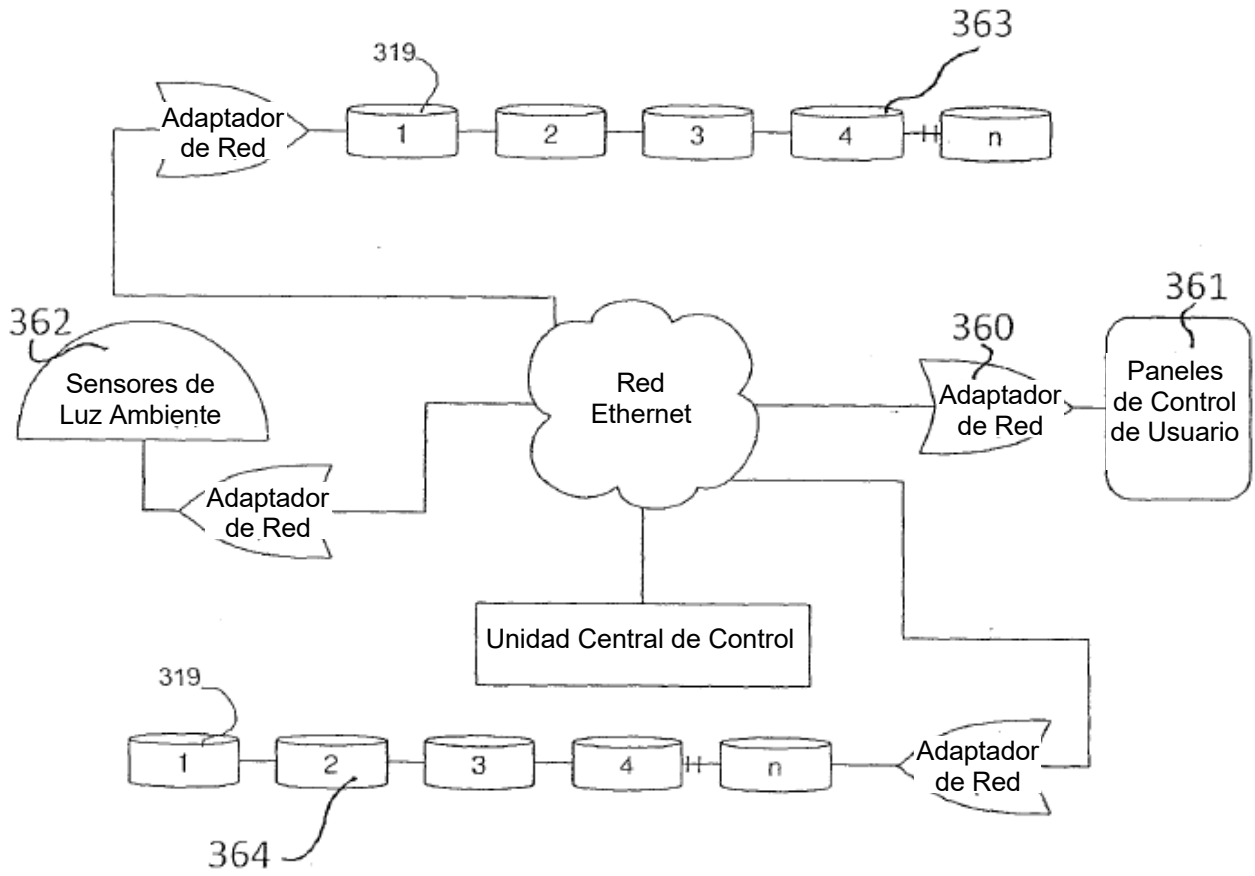


Fig. 27

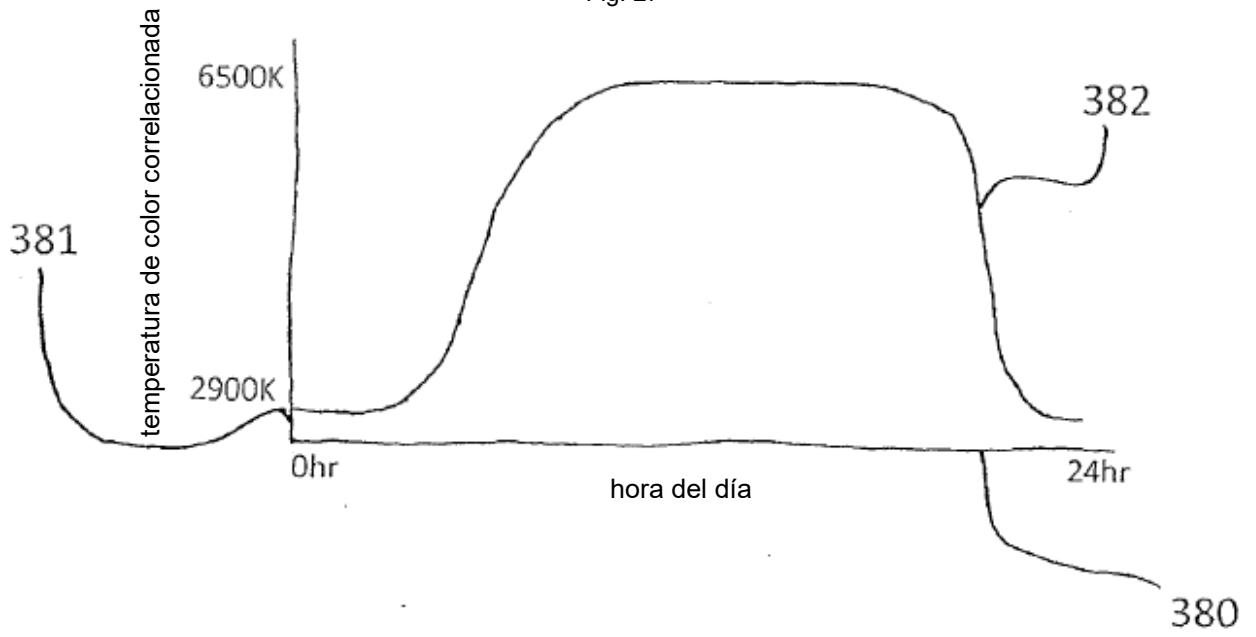


Fig. 28

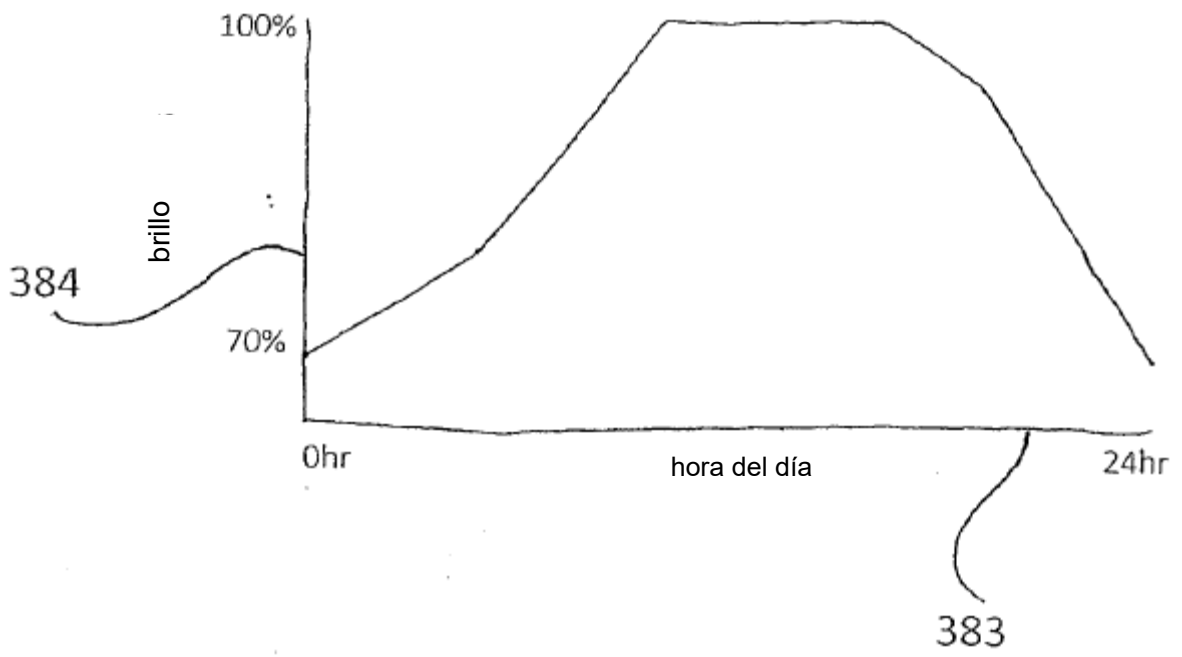




Fig. 29

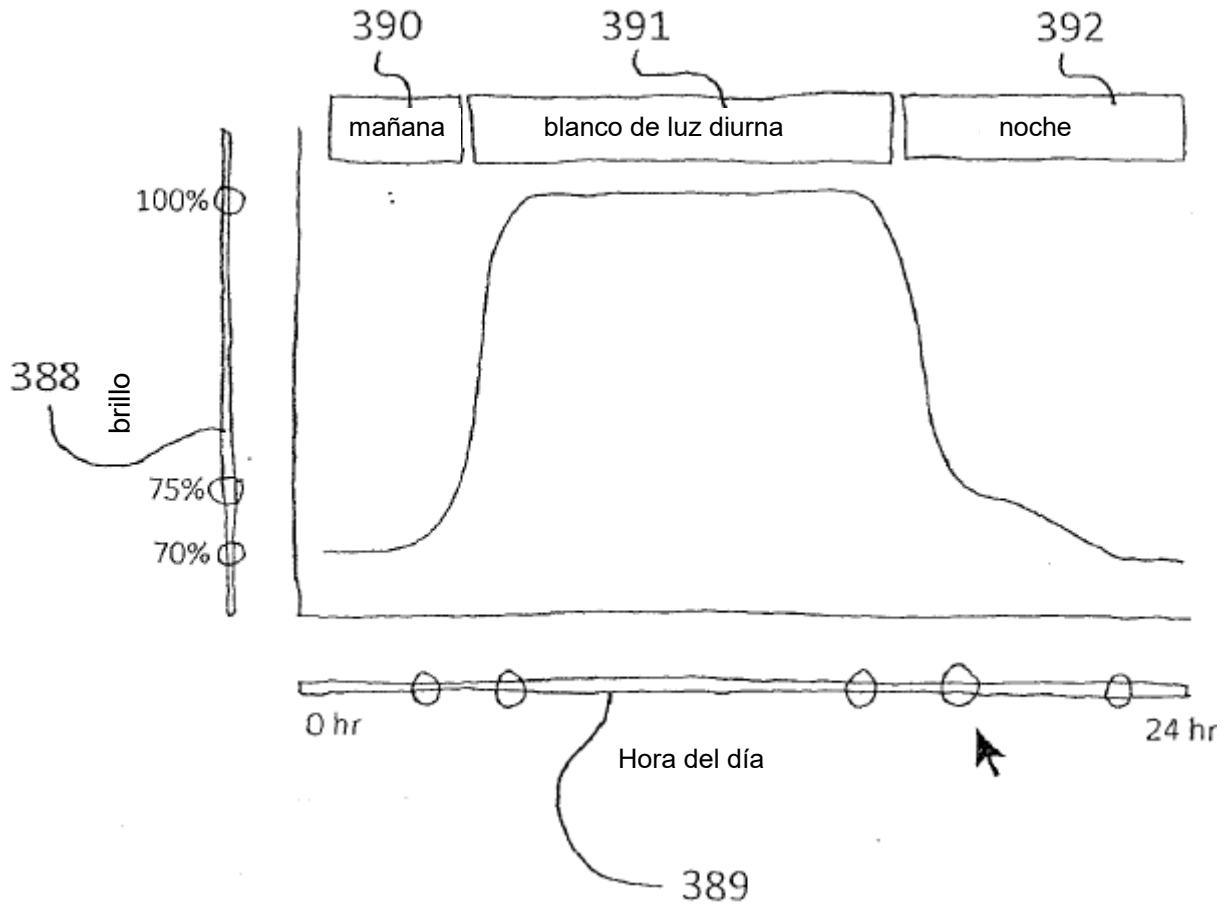


Fig. 30

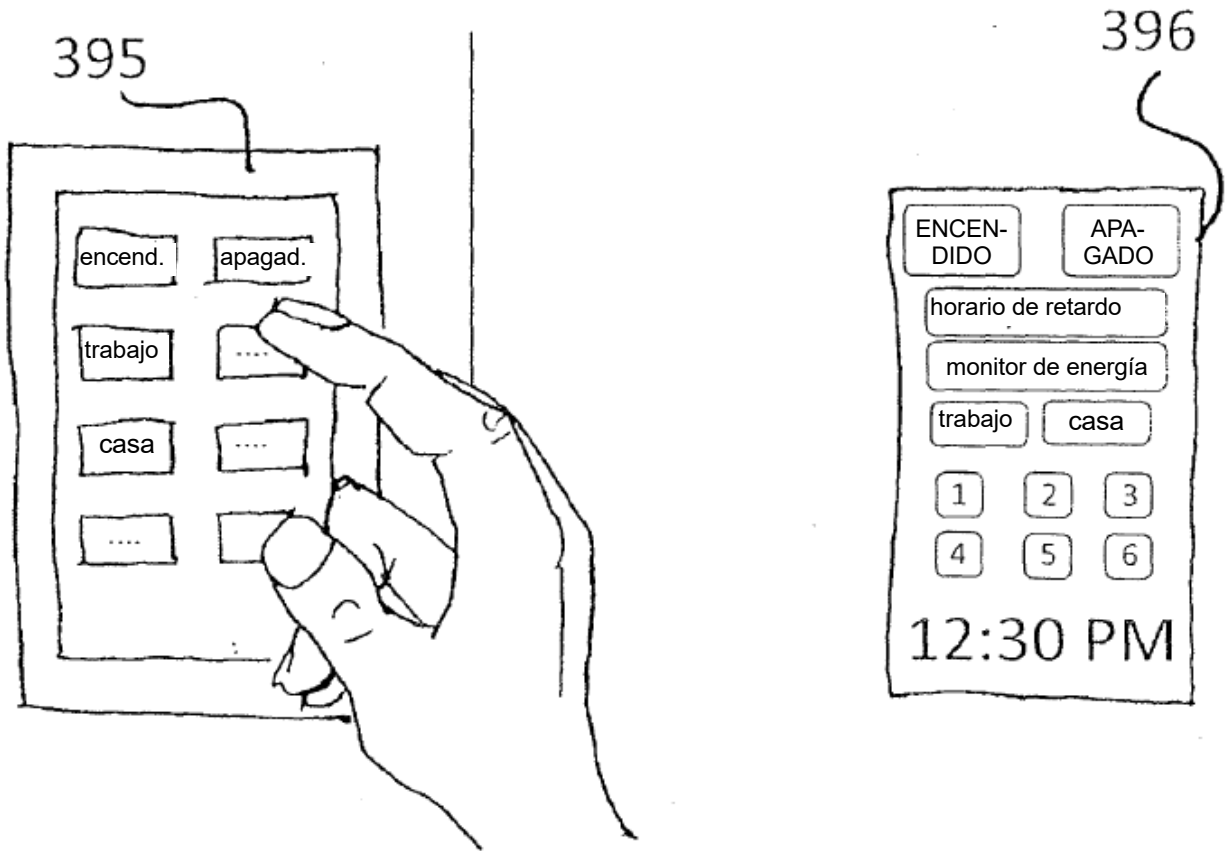


Fig. 31

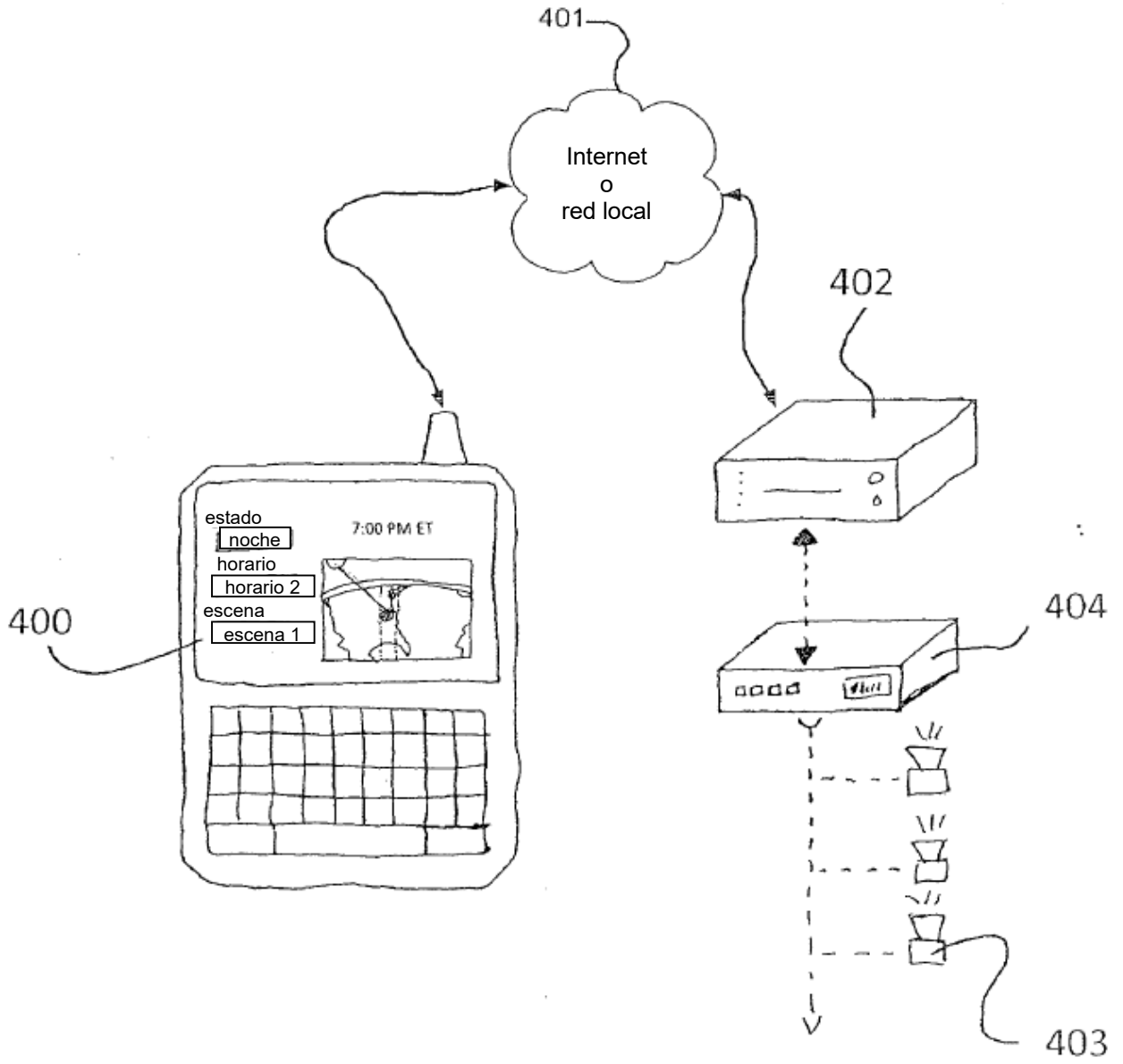


Fig. 32

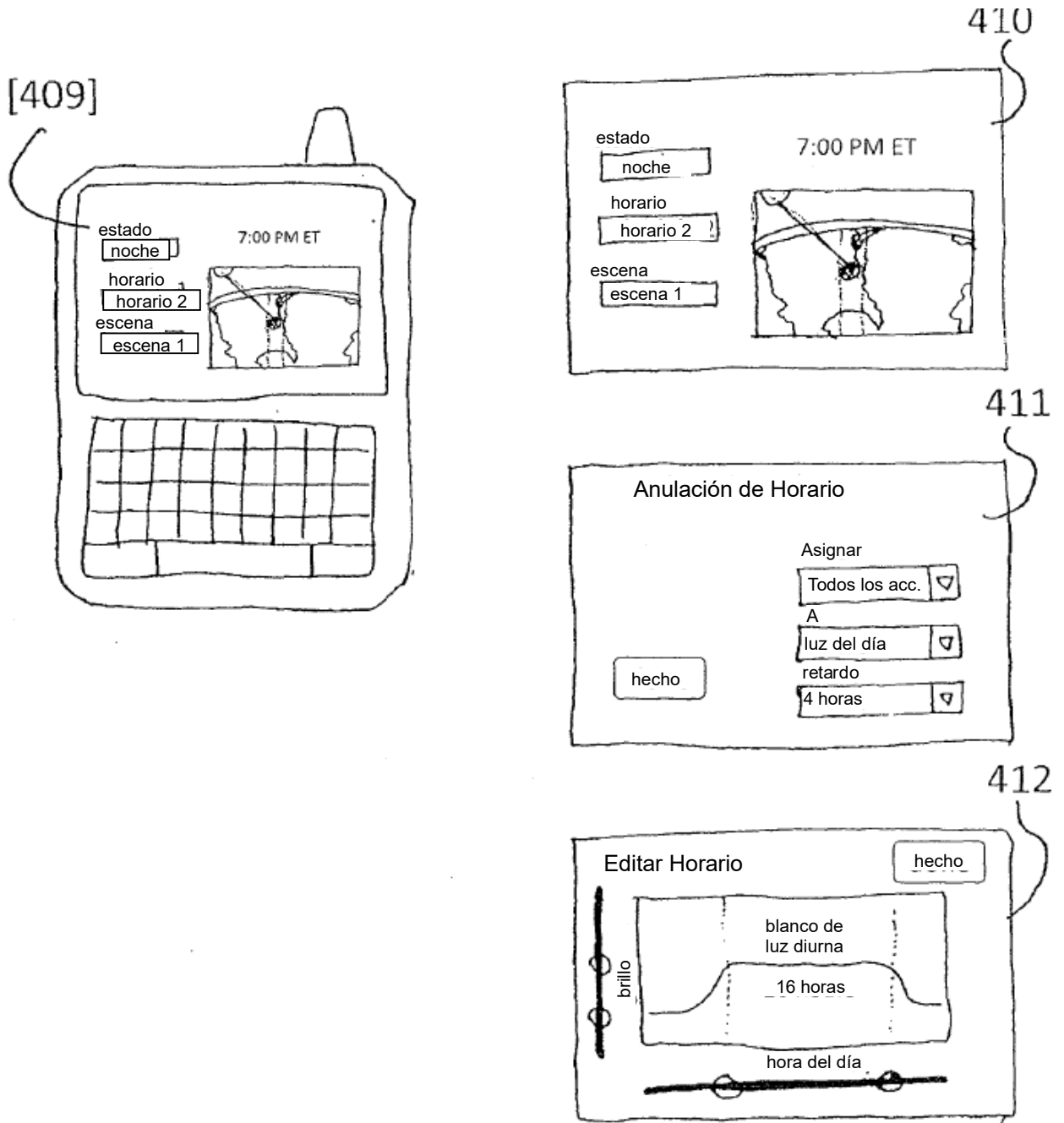


Fig. 33

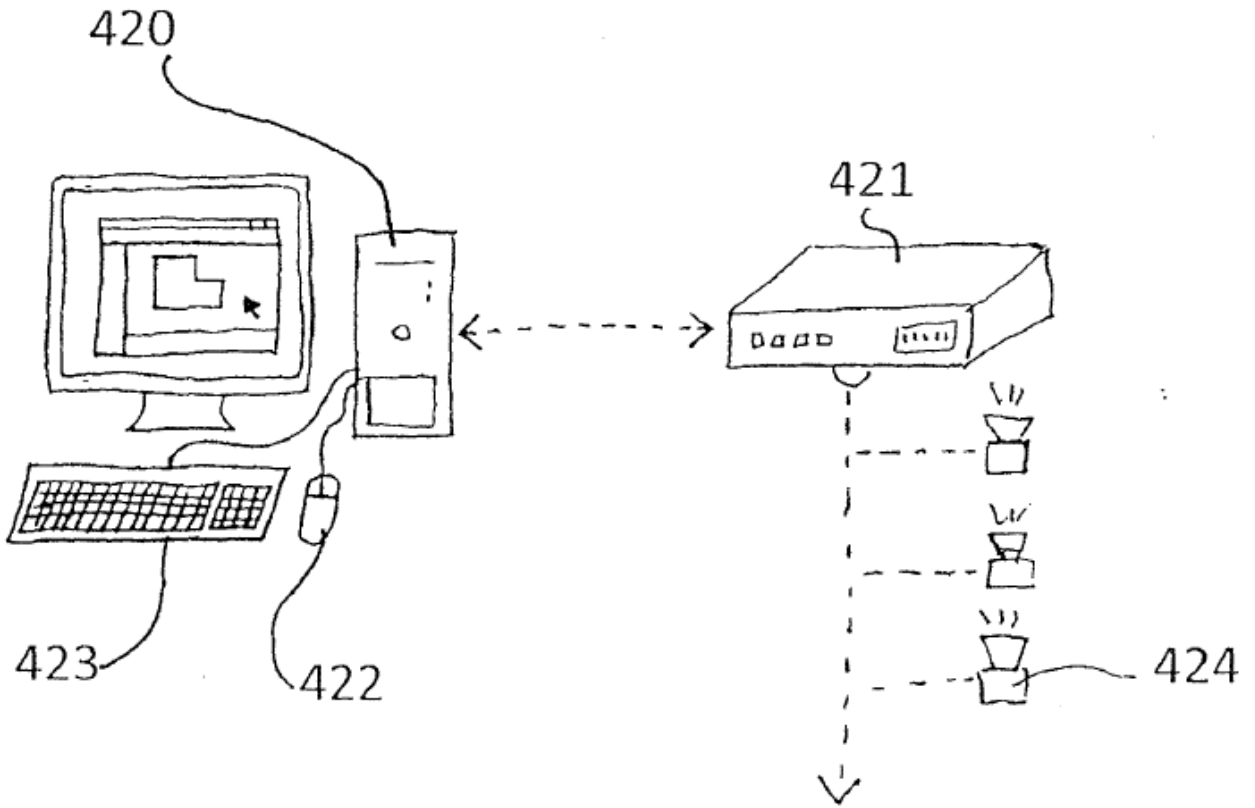


Fig. 34

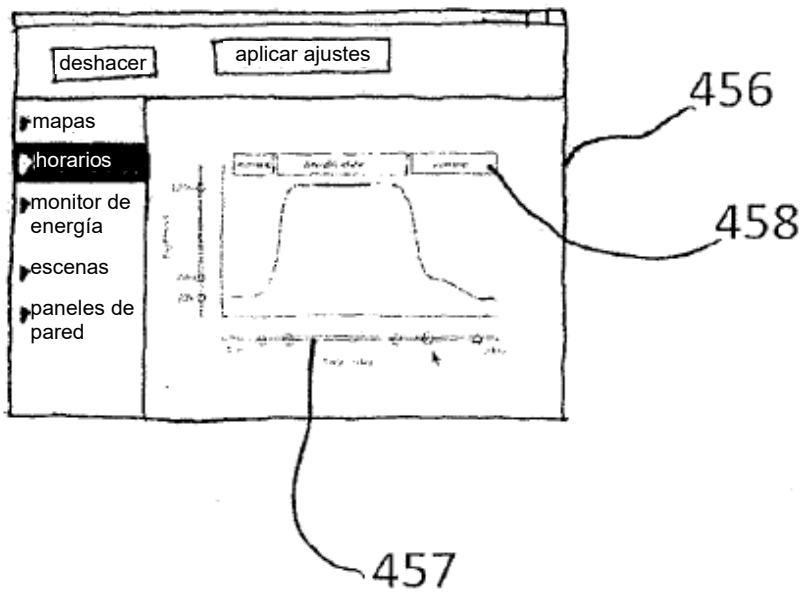
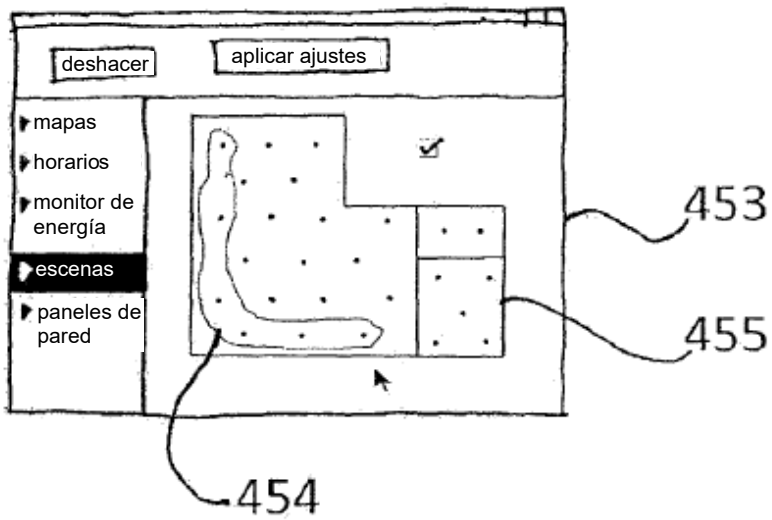
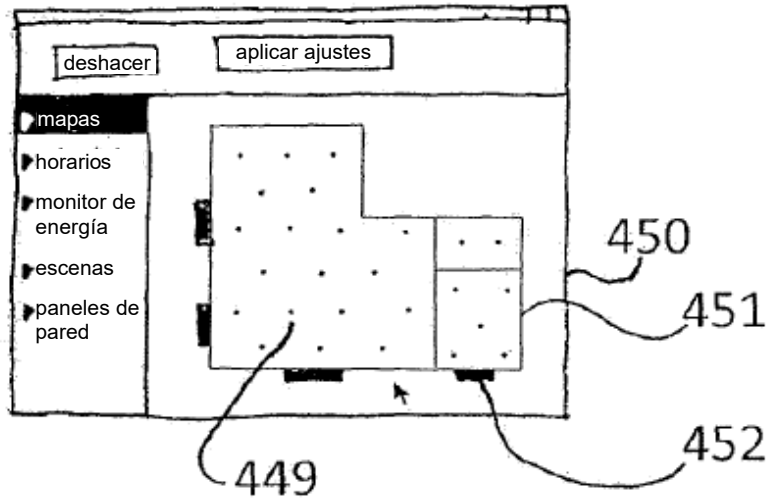


Fig. 35

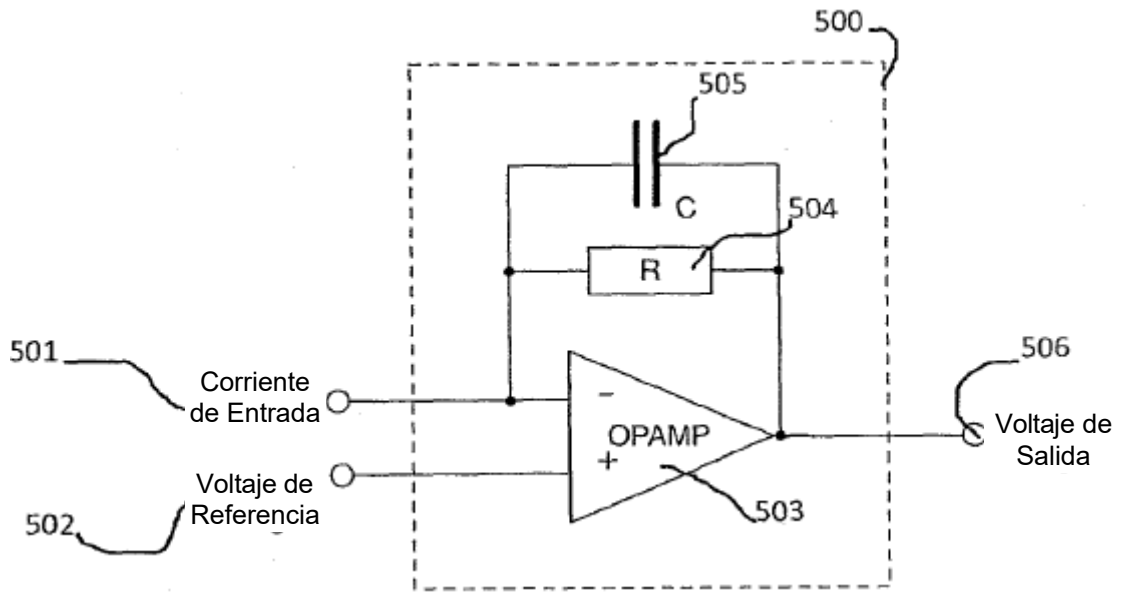


Fig. 36

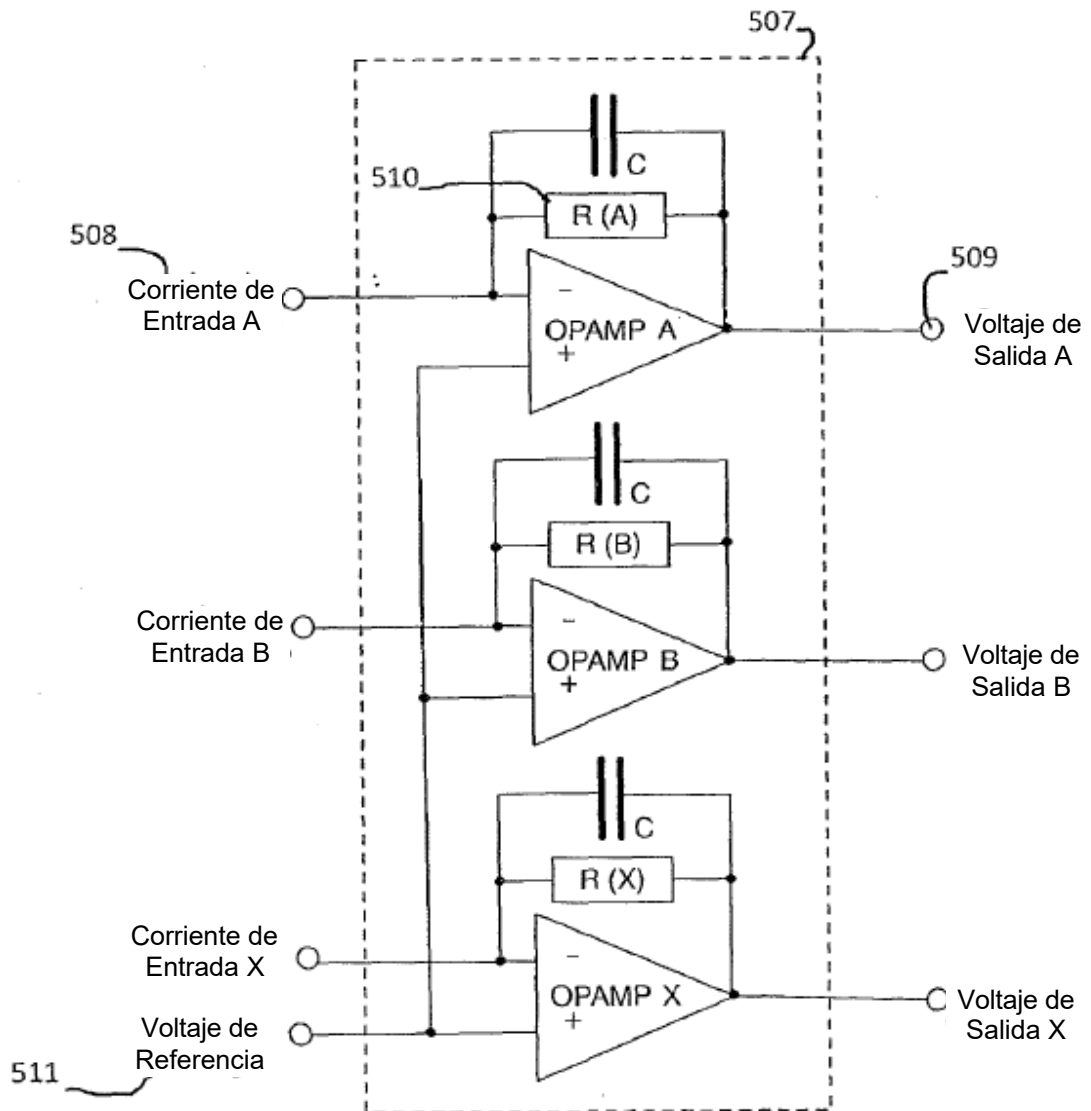


Fig. 37

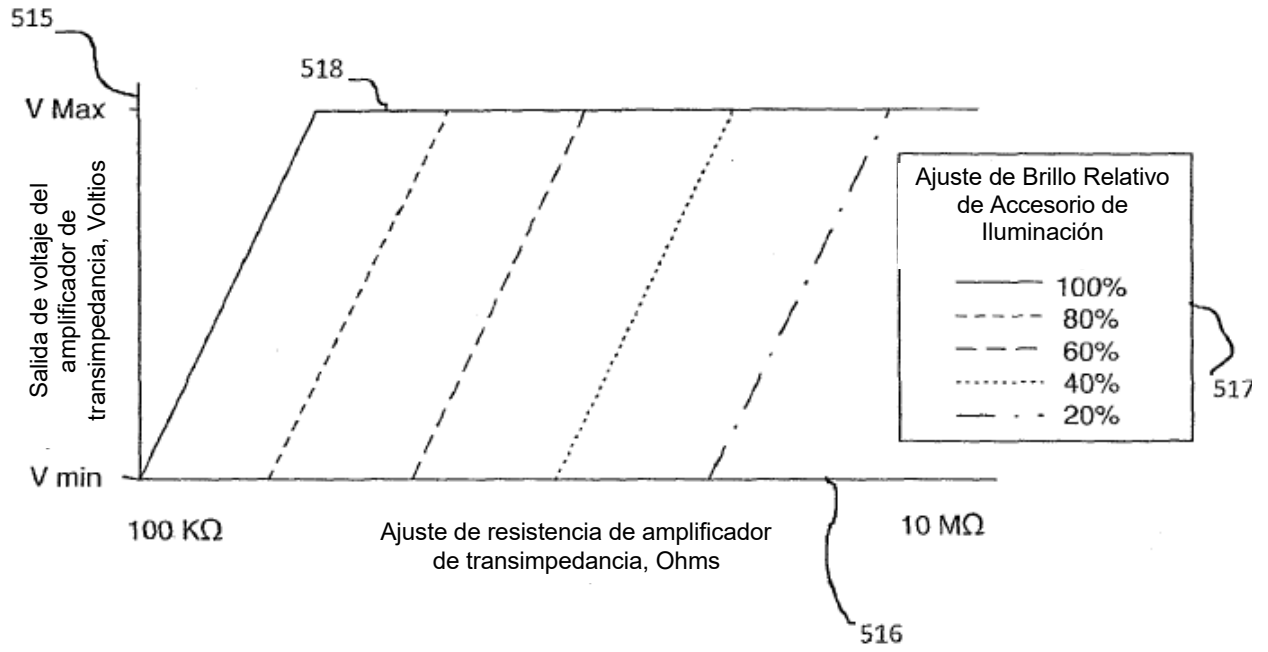




Fig. 38

