

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 735 357**

51 Int. Cl.:

**F21K 9/60** (2006.01)

**F21Y 113/13** (2006.01)

**F21Y 115/10** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **03.09.2014 PCT/NL2014/050598**

87 Fecha y número de publicación internacional: **12.03.2015 WO15034350**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.09.2014 E 14784541 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.04.2019 EP 3055609**

54 Título: **Luz blanca mejorada espectralmente para una mejor agudeza visual**

30 Prioridad:

**03.09.2013 NL 2011375**

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

**18.12.2019**

73 Titular/es:

**GEMEX CONSULTANCY B.V. (100.0%)  
Bachlaan 4  
5343 ED Oss, NL**

72 Inventor/es:

**ROOIJMANS, JOHANNES OTTO**

74 Agente/Representante:

**TOMAS GIL, Tesifonte Enrique**

ES 2 735 357 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

Luz blanca mejorada espectralmente para una mejor agudeza visual

### 5 ANTECEDENTES DE LA INVENCION

#### 1. Campo de la invención

10 [0001] La presente invención se refiere a una configuración de iluminación que emite luz de un espectro predefinido con una alta relación S/P (relación entre la luminancia escotópica y fotópica) a valores de TCC práctica comunes, en particular se refiere a una configuración de iluminación que emite luz de un espectro espectralmente mejorado para mejorar la agudeza visual en condiciones mesópicas y fotópicas.

#### 15 2. Descripción de la técnica relacionada

[0002] Algunas configuraciones de iluminación de la técnica anterior tienen como objetivo mejorar la visibilidad en condiciones mesópicas.

20 [0003] La solicitud PCT WO2006/132533 A2 se refiere a una configuración de iluminación que proporciona una visibilidad mejorada en comparación con la iluminación exterior convencional. La configuración de iluminación está diseñada para emitir luz en una primera región de longitud de onda y luz en una segunda región de longitud de onda. La primera región de longitud de onda comprende longitudes de onda de 500-550 nm. La segunda región de longitud de onda comprende longitudes de onda de 560-610 nm. La unidad de iluminación está diseñada para generar luz con una longitud de onda dominante a partir de la primera región de longitud de onda de tal manera que la sensibilidad ocular del ojo humano esté dominada por los bastones.

25 [0004] WO 2009/013317 A1 se refiere a una configuración de iluminación para iluminar un área en condiciones mesópicas. La configuración de iluminación tiene uno o más LED que emiten luz sustancialmente monocromática en una primera región de longitud de onda. La configuración de iluminación tiene además uno o más LED que emiten luz sustancialmente monocromática en una segunda región de longitud de onda. Por lo tanto, la combinación de LED es tal que, en uso, la luz proporcionada por la configuración de iluminación tiene una relación de luz escotópica a luz fotópica (relación S/P) superior a 2.

30 [0005] EP 2469983 A2 reivindica mejoras al iluminar un área en condiciones mesópicas mediante la aplicación de LED azules cubiertos con una capa de conversión de color que emite luz en el rango de un primer pico de intensidad a una longitud de onda de 440 a 480 nm y un segundo pico de intensidad (12) a una longitud de onda de 600 a 650nm. Las formas de realización preferidas comprenden LED con una tercera capa de conversión de color que emite luz que tiene una longitud de onda en el rango de 550-590 nm.

35 [0006] US 2006/0149607 describe una configuración de iluminación que comprende al menos dos fuentes de luz que emiten luz de diferentes longitudes de onda. Una fuente de luz tiene una longitud de onda que corresponde sustancialmente al máximo escotópico (505 nm); una segunda fuente de luz tiene una longitud de onda que corresponde sustancialmente al máximo fotópico (555 nm).

40 [0007] La técnica anterior refleja una comprensión incompleta de las contribuciones de partes específicas del espectro visible al rendimiento global de una configuración de iluminación para proporcionar una agudeza visual óptima.

45 [0008] Por lo tanto, existe la necesidad de una configuración de iluminación que proporcione luz mejorada espectralmente para mejorar la agudeza visual.

#### 50 BREVE RESUMEN DE LA INVENCION.

[0009] La presente invención aborda estos problemas proporcionando una configuración de iluminación según la reivindicación 1.

[0010] La mezcla de la luz de tres fuentes de luz que funcionan en las regiones de longitud de onda identificadas da como resultado una iluminación altamente efectiva.

### 60 DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

[0011] La siguiente es una descripción detallada de la invención.

#### 65 Definiciones

[0012] El término "fotópico", como se usa en este documento, se refiere a la visión en longitudes de onda de luz dentro de la función de luminosidad fotópica de la CIE, que tiene una distribución casi gaussiana y un pico en 555 nm.

5 [0013] El término "escotópico", como se usa en el presente documento, se refiere a la visión en longitudes de onda de luz dentro de la función de luminosidad escotópica de la CIE, que tiene una distribución casi gaussiana y un pico en 507 nm.

10 [0014] El término "relación escotópica/fotópica", como se usa en este documento, se refiere a la cantidad de luz producida por una fuente de luz en la región escotópica dividida por la cantidad de luz producida por esa misma fuente de luz en la región fotópica.

15 [0015] "La temperatura de color correlacionada" (TCC) de una fuente de luz es la temperatura del cuerpo negro que produce una luz del mismo tono que la de la fuente de luz. La TCC se expresa en Kelvin (K).

20 [0016] El "Índice de reproducción cromática" (IRC) de una fuente de luz se refiere a la capacidad de la fuente de luz para reproducir fielmente los colores de los objetos iluminados por la fuente de luz. El índice expresa esta capacidad con referencia a la luz del día como una fuente de luz estándar con una TCC de 6500K denominada D65 o una bombilla incandescente o una bombilla halógena que tiene una TCC de 3200K, que tienen un IRC de 100.

25 [0017] La "cromaticidad" de una fuente de luz se refiere a la posición del color de la luz emitida por la fuente de luz en el espacio de color CIE 1931 xy. Las representaciones gráficas del espacio de cromaticidad xy generalmente contienen una línea curva que muestra las cromaticidades de las fuentes de luz del cuerpo negro de varias temperaturas.

30 [0018] En su aspecto más amplio, la presente invención se refiere a una configuración de iluminación que comprende una primera fuente de luz diseñada para emitir luz que tiene un primer pico de longitud de onda en el rango de 500 a 530 nm; una segunda fuente de luz diseñada para emitir luz que tiene un segundo pico de longitud de onda en el rango de 600 a 640 nm y una tercera fuente de luz diseñada para emitir luz que tiene un tercer pico de longitud de onda en el rango de 440 a 460 nm, y ninguna fuente de luz que tenga una longitud de onda que corresponda sustancialmente al máximo fotópico, donde dicha configuración de iluminación proporciona una distribución de potencia espectral con una relación escotópica/fotópica (S/P) entre 2 y 5 y una potencia irradiada a 555 nm que es inferior a entre el 10 y el 50% de la potencia irradiada en la longitud de onda del segundo pico de longitud de onda.

40 [0019] La configuración de iluminación de la invención incorpora varios nuevos conocimientos sobre el funcionamiento del ojo humano con luz artificial. Debe apreciarse que la opinión establecida con respecto a la calificación del rendimiento de una fuente de luz artificial se basa en la ciencia desarrollada en las primeras décadas del siglo XX con referencia a la bombilla incandescente.

45 [0020] La bombilla incandescente produce luz al enviar una corriente a través de un filamento de, por ejemplo, tungsteno. El filamento está dimensionado de modo que se calienta cuando una corriente eléctrica de la fuerza diseñada pasa a través de él. De ello se desprende que el filamento se comporta como un cuerpo negro, y que el espectro emitido y la TCC de la bombilla incandescente corresponden a la temperatura del filamento.

50 [0021] Una implicación es que las bombillas incandescentes tienen una baja relación escotópica/fotópica (típicamente entre 1,4 y 1,5). Dado que se creía que los bastones de la retina tenían poca o ninguna actividad en condiciones fotópicas, la contribución de la emisión de luz escotópica de una fuente de luz ha sido ignorada en gran medida. Del mismo modo, la cantidad de luz producida por una fuente de luz, expresada en lúmenes, puede ser un parámetro engañoso, ya que la definición de lumen sobrestima la contribución de la luz fotópica y subestima la contribución de la luz escotópica.

55 [0022] Existe la necesidad de reducir la energía eléctrica requerida para producir luz artificial. La eficiencia energética de una fuente de luz tiende a expresarse en lúmenes/vatios. Debido a que la unidad del lumen sobrestima la contribución de la luz fotópica y subestima la contribución de la luz escotópica, la unidad lúmenes/vatios subestima la eficiencia energética de las fuentes de luz que tienen una alta relación S/P. Esto tiene una serie de consecuencias no deseadas:

60 (a) cuando se cambia de una fuente de luz tradicional que tiene una baja relación S/P a una nueva fuente de luz que tiene una mayor relación S/P, el número de fuentes de luz instaladas (en función de una comparación de lúmenes) es demasiado alto, lo que resulta en un ahorro de energía que es menor del que se podía lograr, y en una reputación innecesaria de dureza y deslumbramiento para la nueva fuente de luz;

65 (b) se pierden oportunidades de ahorro de energía, ya que la redistribución calculada (en función de una comparación de lúmenes) se considera demasiado larga;

(c) diseño subóptimo de nuevas fuentes de luz en un intento mal concebido de aumentar la emisión de lúmenes fotónicos de la fuente de luz.

5 [0023] La configuración de iluminación de la presente invención aborda estos problemas al maximizar la relación S/P, de modo que se hace un uso máximo de la dinámica de la pupila por los bastones de una retina humana.

10 [0024] Otro concepto erróneo establecido es el papel que desempeña el tamaño de la pupila en condiciones de iluminación mesópica. En general, a medida que la luz se vuelve más tenue, el tamaño de la pupila aumenta para permitir que una mayor parte de la luz disponible alcance la retina. Se cree que el tamaño de la pupila está controlado por la melanopsina de la retina, que es sensible a la luz que tiene una longitud de onda de 480 nm. Se ha sugerido reducir la cantidad de luz de 480 nm en el espectro de una fuente de luz para maximizar el tamaño de la pupila (véase la EP 2469983 A2).

15 [0025] Ahora se ha descubierto que, en cambio, es deseable evitar que el tamaño de la pupila se agrande demasiado en condiciones de iluminación mesópica. Cuando la pupila no está completamente dilatada, el cristalino produce una imagen más nítida en la retina, lo que resulta en una mejor visión aunque llegue menos luz a la retina debido a un tamaño algo más pequeño de la pupila. Además, un tamaño más pequeño de la pupila produce una mayor profundidad de campo, de modo que el ojo necesita ajustar su enfoque con menor frecuencia. Esto resulta en una reducción significativa de la fatiga.

20 [0026] La construcción de iluminación de la presente invención incluye además el descubrimiento del inventor de que las altas relaciones S/P de la invención pueden obtenerse mientras se produce luz que tiene una alta sensación de color, y que tiene una posición en el espacio de cromaticidad xy que está en o cerca de la curva del cuerpo negro.

25 [0027] Los diodos emisores de luz (LED) son particularmente adecuados para su uso como fuentes de luz en la configuración de iluminación de la invención. Por consiguiente, al menos una de la primera fuente de luz, la segunda fuente de luz y la tercera fuente de luz puede comprender un diodo emisor de luz. Preferiblemente, las tres de la primera fuente de luz, la segunda fuente de luz y la tercera fuente de luz comprenden un diodo emisor de luz.

30 [0028] Un LED que tiene un pico de longitud de onda en el rango de 500 a 530 nm puede denominarse un LED cian. Un LED que tiene un pico de longitud de onda en el rango de 600 a 640 nm puede denominarse un LED rojo. Un LED que tiene un pico de longitud de onda en el rango de 440 a 460 nm puede denominarse un LED azul.

35 [0029] Los tres tipos de LED pueden ser un LED con un pico de longitud de onda en la parte azul del espectro, con el LED cian y el LED rojo provistos de una capa de conversión de color para convertir el color del LED a la longitud de onda deseada. Sin embargo, las capas de conversión de color tienen desventajas significativas en términos de pérdidas de conversión denominadas cambio de Stokes y disipación de energía que acortan la vida útil del LED. Es posible obtener las longitudes de onda deseadas con LED que están sustancialmente libres de una capa de conversión de color. Por lo tanto, se prefieren las configuraciones de iluminación que tienen al menos un LED que está sustancialmente libre de una capa de conversión de color. Se prefieren aún más las configuraciones de iluminación en las que todos los LED están sustancialmente libres de una capa de conversión de color.

40 [0030] Un ejemplo de un LED que emite una luz roja sin una capa de conversión de color es un LED basado en AlInGaP o InGaN. Los ejemplos de LED que emiten luz cian o luz azul sin una capa de conversión de color incluyen GaN, InGaN y GaAs. Son posibles otras composiciones, tales como GaP: ZnO, GaP, GaAsPN, AlGaAs/GaAs, AlInGaP/GaAs, AlInGaP/GaP y ZnCdSe. El experto está familiarizado con las técnicas para ajustar la distribución espectral en el rango deseado.

45 [0031] Se ha descubierto que la agudeza visual en condiciones de iluminación mesópica se mejora cuando la pupila del ojo se contrae un poco. La contracción de la pupila es provocada por la luz que tiene una longitud de onda de aproximadamente 480 nm, ya que esta es la longitud de onda a la que la melanopsina es sensible. Una forma de realización preferida de la configuración de iluminación de la presente invención tiene una distribución de potencia espectral tal que la potencia irradiada a 480 nm es al menos el 20% del segundo pico de longitud de onda.

50 [0032] En una forma de realización, la distribución de potencia espectral de la configuración de iluminación comprende un primer mínimo a una longitud de onda entre 470 y 490 nm, y un segundo mínimo a una longitud de onda entre 550 y 590 nm. En particular, el segundo mínimo contribuye a las altas relaciones S/P obtenidas con estas configuraciones de iluminación. La ausencia de una fuente de luz que tenga una longitud de onda correspondiente al máximo fotónico aumenta aún más la relación S/P.

55 [0033] Las contribuciones relativas de las tres fuentes de luz se pueden equilibrar para producir una temperatura de color deseada y una relación S/P correspondiente. Por ejemplo, las relaciones de las emisiones de luz de la primera fuente de luz, la segunda fuente de luz y la tercera fuente de luz se pueden seleccionar de manera que la

configuración de iluminación tenga una relación S/P entre 2,5 y 3 a una temperatura de color correlacionada de 4000K a 6000K. En una forma de realización alternativa, las relaciones se seleccionan para producir una configuración de iluminación que tenga una relación S/P entre 3 y 3,5 a una temperatura de color correlacionada de 6000K a 8000K. En general, es posible crear valores de TCC en el rango de 4000K a 10 000K.

5 [0034] Al igual que tantos parámetros utilizados para calificar el rendimiento de una fuente de luz artificial, el Índice de reproducción cromática se basa en las características de una bombilla incandescente, lo que hace que sea difícil o incluso sin sentido determinar un IRC para la configuración de iluminación de la presente invención. Sin embargo, es posible comparar la reproducción cromática de la configuración de iluminación con las de las bombillas incandescentes con IRC conocido, hasta que se ha encontrado una coincidencia. El resultado de esta comparación se menciona aquí como el Índice de reproducción cromática percibido. Se ha descubierto que la configuración de iluminación puede tener un IRC percibido de al menos 100. Más importante aún, la configuración de iluminación puede tener un IRC percibido en condiciones de iluminación mesópicas de al menos 100.

15 [0035] El color de la luz artificial se puede representar como una ubicación, expresada como coordenadas x e y en el espacio de cromaticidad CIE. Es deseable colocar el color de la luz lo más cerca posible de la curva del cuerpo negro en el diagrama de cromaticidad. Las coordenadas de cromaticidad de un punto en la curva del cuerpo negro para una temperatura T del cuerpo negro específica se pueden escribir como x(bbT) e y(bbT), respectivamente. Las coordenadas de cromaticidad de una configuración de iluminación con la misma temperatura de color T se pueden escribir como x(lcT) e y(lcT), respectivamente. La cromaticidad de la configuración de iluminación está cerca de la curva del cuerpo negro, de modo que  $|x(lcT)-x(bbT)| < 0,02$ , y  $|y(lcT)-y(bbT)| < 0,02$ , donde  $|x(lcT)-x(bbT)|$  es el valor absoluto de  $x(lcT)-x(bbT)$  y  $|y(lcT)-y(bbT)|$  es el valor absoluto de  $y(lcT)-y(bbT)$ .

25 [0036] La relación S/P de una fuente de luz es muy importante para la intensidad de luz percibida. La intensidad de la luz se mide en la unidad del SI "lux". La intensidad de la luz percibida viene dada por la fórmula:

$$\text{Intensidad de la luz percibida} = (\text{intensidad de la luz medida}) \times (\text{S/P})^{0,8}$$

30 [0037] Por ejemplo, la relación S/P máxima de una fuente de luz de espectro completo óptimo con una TCC de 4000K es 1,87. Si la fuente de luz tiene una intensidad de luz medida de 200 lux, la intensidad de luz percibida es de  $200 \times 1,87^{0,8} = 330$  lux. Una configuración de iluminación con la misma TCC (4000K) tiene una relación S/P de 2,5. Si la intensidad de luz medida nuevamente es de 200 lux, la intensidad de luz percibida es de  $200 \times 2,5^{0,8} = 416$  lux. En comparación con la luz S/P teórica de 4000K de cuerpo negro más alta, la fuente de ganancia en la intensidad de luz percibida es  $116/300 \times 100\% = 38,7\%$ .

35 [0038] Con valores más altos de TCC se pueden obtener incluso mayores ganancias. La siguiente tabla compara los valores máximos teóricos de S/P para las fuentes de luz de cuerpo negro y los valores de S/P que se pueden obtener con la configuración de iluminación de la invención.

| TCC (Kelvin) | Proporción S/P (cuerpo negro) | Proporción S/P (invención) |
|--------------|-------------------------------|----------------------------|
| 3000         | 1,48                          | 2,1                        |
| 4000         | 1,87                          | 2,5                        |
| 5000         | 2,15                          | 3,0                        |
| 6000         | 2,36                          | 3,4                        |
| 10000        | 2,83                          | 3,6                        |

40 DESCRIPCIÓN DE FORMAS DE REALIZACIÓN/EJEMPLOS ILUSTRATIVOS

[0039] La siguiente es una descripción de algunas formas de realización de la invención, dada solo a modo de ejemplo.

45 La figura 1 es una representación esquemática de una forma de realización de la invención. La configuración de iluminación 2 comprende tres grupos de LED cian 3, LED rojo 4 y LED azul 5. Se entenderá que el balance de color puede variar al variar las potencias respectivas de los tres tipos de LED y/o utilizando números desiguales de LED de cada tipo. Por ejemplo, la configuración de iluminación de la Figura 1 puede comprender cuatro LED rojos, tres LED cian y tres LED azules; o tres LED rojos, dos LED cian y dos LED azules; etc. En una forma de realización preferida, la configuración de iluminación contiene solo LED cian, azul y rojo.

50 La Figura 2 muestra la distribución de potencia espectral de una configuración de iluminación con una TCC de 4000K. La distribución comprende tres picos; el pico 8 está a aproximadamente 458 nm; el pico 9 está a aproximadamente 515 nm; y el pico 11 está a aproximadamente 628 nm. La configuración de iluminación produce una potencia significativa a 480 nm. La potencia espectral a 555 nm (mostrada en 10) se mantiene baja.

55 La Figura 3 muestra la distribución de potencia espectral de una configuración de iluminación con una TCC de 8000K. En comparación con la Figura 2, los picos a 458 nm y 515 nm son significativamente más altos, lo

que resulta en un color de luz mucho más "frío". En la Figura 3 se muestra también la curva CIE  $V(\lambda)$  estándar, con un pico a 555 nm. Quedará claro que la configuración de iluminación recibirá una mala calificación de lúmenes. Sin embargo, en uso, la configuración de iluminación tiene puntuaciones muy altas en términos de comodidad y ausencia de fatiga.

5

[0040] Por lo tanto, la invención se ha descrito en referencia a algunas formas de realización descritas anteriormente. Se reconocerá que estas formas de realización son susceptibles de diversas modificaciones y formas alternativas ampliamente conocidas por los expertos en la técnica.

10

[0041] Se pueden realizar muchas modificaciones, además de las descritas anteriormente, a las estructuras y técnicas descritas en este documento sin apartarse del alcance de la invención como se define en las reivindicaciones adjuntas. Por consiguiente, aunque se han descrito formas de realización específicas, estas son solo ejemplos y no limitan el alcance de la invención.

**REIVINDICACIONES**

- 5 1. Configuración de iluminación que comprende una primera fuente de luz diseñada para emitir luz que tiene un primer pico de longitud de onda en el rango de 500 a 530 nm; una segunda fuente de luz diseñada para emitir luz que tiene un segundo pico de longitud de onda en el rango de 600 a 640 nm y una tercera fuente de luz diseñada para emitir luz que tiene un tercer pico de longitud de onda en el rango de 440 a 460 nm, ninguna fuente de luz que tenga una longitud de onda sustancialmente correspondiente al máximo fotópico, donde dicha configuración de iluminación proporciona una distribución de potencia espectral con una relación escotópica/fotópica (S/P) entre 2 y 5 y una potencia irradiada a 555 nm que es inferior a entre el 10 y el 50% de la potencia irradiada a la longitud de onda del segundo pico de longitud de onda.
- 10 2. Configuración de iluminación según la reivindicación 1, en la que al menos una de la primera fuente de luz, la segunda fuente de luz y la tercera fuente de luz comprende un diodo emisor de luz (LED).
- 15 3. Configuración de iluminación según la reivindicación 2, en la que las tres de la primera fuente de luz, la segunda fuente de luz y la tercera fuente de luz comprenden un diodo emisor de luz (LED).
- 20 4. Configuración de iluminación según la reivindicación 2 o 3, en la que al menos uno de los LED está sustancialmente libre de una capa de conversión de color.
- 25 5. Configuración de iluminación según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que la potencia irradiada a 480 nm es al menos el 20% del segundo pico de longitud de onda.
- 30 6. Configuración de iluminación según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la que la distribución de potencia espectral comprende un primer mínimo a una longitud de onda entre 470 y 490 nm y un segundo mínimo a una longitud de onda entre 550 y 590 nm.
- 35 7. Configuración de iluminación según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que las relaciones de las emisiones de luz de la primera fuente de luz, la segunda fuente de luz y la tercera fuente de luz crean una relación S/P entre 2,5 y 3 a una temperatura de color correlacionada (TCC) de 4000 a 6000K.
- 40 8. Configuración de iluminación según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que las relaciones de emisiones de luz de la primera fuente de luz, la segunda fuente de luz y la tercera fuente de luz crean una relación S/P entre 3 y 3,5 a una TCC de 6000 a 8000K.
- 45 9. Configuración de iluminación según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que la primera fuente de luz, la segunda fuente de luz y la tercera fuente de luz son fuentes de luz LED constituidas por un tono cian, un tono rojo y un tono azul, respectivamente.
- 50 10. Configuración de iluminación según cualquiera de las reivindicaciones anteriores que tiene una TCC entre 4 000 Kelvin y 10 000 Kelvin.
11. Configuración de iluminación según cualquiera de las reivindicaciones anteriores que proporciona luz que tiene un Índice de reproducción cromática (IRC) percibido de al menos 100.
12. Configuración de iluminación según la reivindicación 11, que proporciona luz que tiene un Índice de reproducción cromática (IRC) percibido de al menos 100 en condiciones de iluminación mesópica.
13. Configuración de iluminación según cualquiera de las reivindicaciones anteriores que emite luz que tiene una TCC entre 4000K y 8500K y coordenadas de cromaticidad  $x, y$   $x(lcT)$  e  $y(lcT)$  cercanas a las coordenadas de cuerpo negro correspondientes  $x(bbT)$  e  $y(bbT)$ , de manera que  $|x(lcT)-x(bbT)| < 0,02$ , y  $|y(lcT)-y(bbT)| < 0,02$ .

*Fig. 1*

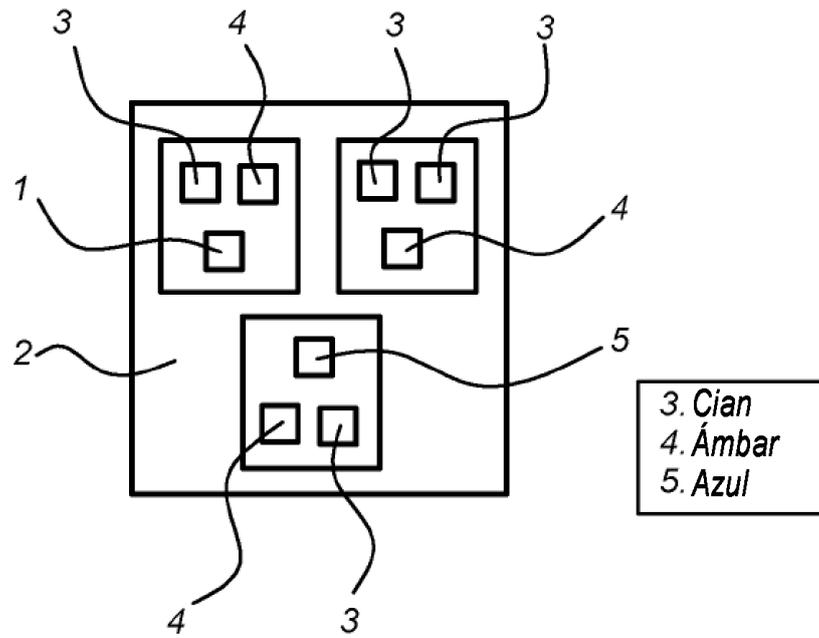


Fig. 2

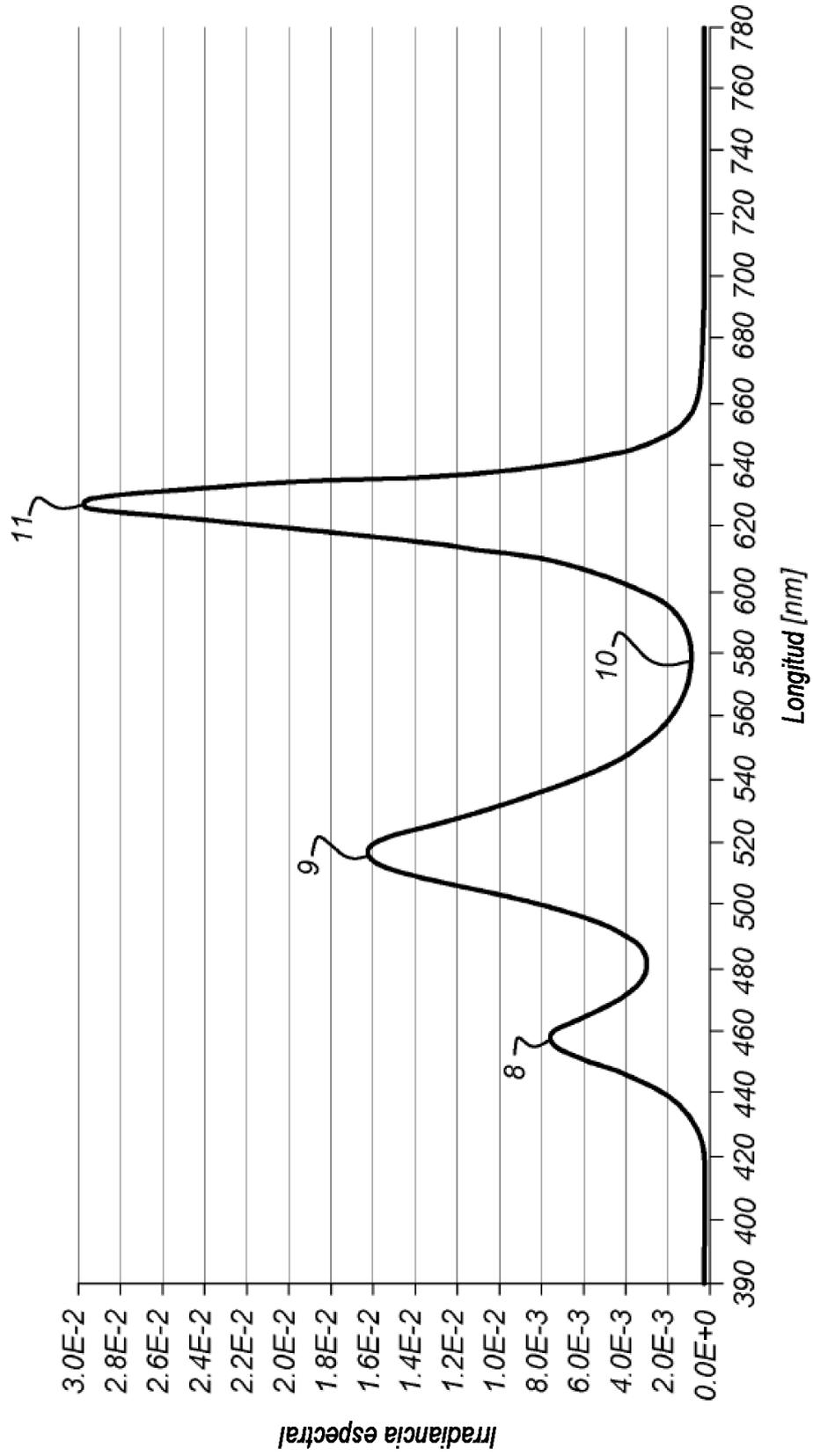


Fig. 3

