

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 621 153**

51 Int. Cl.:

**G02C 7/10**

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **12.06.2007 PCT/US2007/070995**

87 Fecha y número de publicación internacional: **21.12.2007 WO07146933**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.06.2007 E 07784415 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.01.2017 EP 2030075**

54 Título: **Sistema oftálmico equilibrado en color con inhibición de luz selectiva**

30 Prioridad:

**12.06.2006 US 812628 P**

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

**03.07.2017**

73 Titular/es:

**HIGH PERFORMANCE OPTICS, INC. (100.0%)  
Professional Park, 4502 Starkey Road, Suite 109  
Roanoke, Virginia 24018, US**

72 Inventor/es:

**ISHAK, ANDREW, W.;  
HADDOCK, JOSHUA, N.;  
KOKONASKI, WILLIAM;  
DUSTON, DWIGHT;  
IYER, VENKATRAMANI y  
BLUM, RONALD, D.**

74 Agente/Representante:

**ISERN JARA, Jorge**

**ES 2 621 153 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 oftálmico equilibrado en color con inhibición de luz selectiva

## 5 Antecedentes

La investigación actual apoya firmemente la premisa de que la longitud de onda corta de luz visible (luz azul) que tiene una longitud de onda de aproximadamente 400 nm-500 nm (nanómetros o  $10^{-9}$  metros) podría ser una causa contribuyente de la DMRE (degeneración macular relacionada con la edad). Se cree que el mayor nivel de absorción de luz azul se produce aproximadamente en una región de 430 nm, tal como 400 nm-460 nm. La investigación sugiere además que la luz azul agrava otros factores causativos de DMA, tales como la herencia, el humo del tabaco y el consumo excesivo de alcohol.

La luz está compuesta por radiaciones electromagnéticas que viajan en ondas. El espectro electromagnético incluye ondas de radio, ondas milimétricas, microondas, rayos infrarrojos, de luz visible, ultravioleta (UVA y UVB), X y rayos gamma. La retina humana responde solo a una parte de la luz visible del espectro electromagnético. El espectro de la luz visible incluye la longitud de onda de luz visible más larga de aproximadamente 700 nm y la menor de aproximadamente 400 nm. Las longitudes de onda de luz azul caen en el intervalo aproximado de 400 nm a 500 nm. Para las bandas ultravioletas, las longitudes de onda UVB se comprenden entre 290 nm y 320 nm y las longitudes de onda UVA se comprenden entre 320 nm y 400 nm.

La retina humana incluye múltiples capas. Estas capas enumeradas en orden desde la primera luz expuesta a cualquier luz que entra en el ojo hasta el nivel más profundo incluyen:

- 25 1) capa de fibras nerviosas
- 2) células ganglionares
- 30 3) capa plexiforme interna
- 4) células bipolares y horizontales
- 5) capa plexiforme externa
- 35 6) fotorreceptores (bastones y conos)
- 7) epitelio pigmentario retinal (EPR)
- 8) membrana de Bruch
- 40 9) coroides

Cuando la luz es absorbida por las células fotorreceptoras (conos y bastones) del ojo, las células se decoloran y se vuelven poco receptivas hasta que se recuperan. Este proceso de recuperación es un proceso metabólico y se denomina "ciclo visual". Se ha demostrado que la absorción de la luz azul invierte este proceso prematuramente. Esta inversión prematura aumenta el riesgo de daño oxidativo y se cree que conduce a la acumulación del pigmento de lipofuscina en la retina. Esta acumulación se produce en la capa del epitelio pigmentario retinal (EPR). Se cree que los agregados de los materiales extracelulares llamados drusas se forman en la capa del EPR debido a las cantidades excesivas de lipofuscina. Las drusas obstaculizan o bloquean la capa del EPR a causa de la proporción de nutrientes adecuados a los fotorreceptores, lo que provoca daños o incluso a la muerte de estas células. Para complicar aún más este proceso, parece que cuando la lipofuscina absorbe la luz azul en grandes cantidades se vuelve tóxica, causando un mayor daño y/o muerte de las células del EPR. Se cree que el constituyente lipofuscina A2E es al menos parcialmente responsable de la sensibilidad de la longitud de onda corta de las células del EPR. A2E ha demostrado estar máximamente excitado por la luz azul; los acontecimientos fotoquímicos resultantes de dicha excitación pueden conducir a la muerte celular. Véase, por ejemplo, Janet R. Sparrow *et al.*, "Blue light-absorbing intraocular lens and retinal pigment epithelium protection in vitro", *J. Cataract Refract. Surg.* 2004, vol. 30, págs. 873-78.

Las industrias de la iluminación y el cuidado ocular presentan normas en cuanto a la exposición de la visión humana a la radiación UVA y UVB. Sorprendentemente, ninguna norma de este tipo se ha puesto en práctica respecto a la luz azul. Por ejemplo, en los tubos fluorescentes comunes disponibles en la actualidad, la envoltura de cristal bloquea principalmente la luz ultravioleta, pero la luz azul se transmite con poca atenuación. En algunos casos, la envoltura está diseñada para tener una mayor transmisión en la región azul del espectro.

Se conocen sistemas oftálmicos que proporcionan el bloqueo de azul en cierto grado. Sin embargo, existen desventajas asociadas con tales sistemas. Por ejemplo, tienden a ser cosméticamente poco

atractivos a causa de un tinte amarillo o ámbar que se produce en las lentes mediante el bloqueo de azul. Más específicamente, una técnica común para el bloqueo de azul implica el tinte de lentes o lentes teñidas con un tinte de bloqueo de azul, tales como filtro BPI Vision 450 o colorante BPI Diamond 500. El tinte puede llevarse a cabo, por ejemplo, mediante la inmersión de la lente en un recipiente para tinte calentado que contiene una solución colorante que bloquea azul durante un determinado periodo de tiempo predeterminado. Normalmente, la solución colorante tiene un color amarillo o ámbar y, de este modo, imparte un tinte amarillo o ámbar a la lente. Para muchas personas, el aspecto de este tinte amarillo o ámbar puede ser cosméticamente indeseable. Además, el tinte puede interferir con la percepción normal del color por parte de un usuario de la lente, haciendo difícil, por ejemplo, percibir correctamente el color de un semáforo o señales.

Se han hecho enormes esfuerzos para compensar el efecto amarillento de los filtros convencionales de bloqueo de azul. Por ejemplo, las lentes de bloqueo de azul han sido tratadas con colorantes adicionales, tales como colorantes azules, rojos o verdes para compensar el efecto amarillento. El tratamiento hace que los colorantes adicionales se entremezclen con los colorantes originales de bloqueo de azul. No obstante, mientras que esta técnica puede reducir el color amarillo en una lente de bloqueo de azul, entremezclar los colorantes puede reducir la eficacia del bloqueo de azul al permitir pasar más del espectro de luz azul. Además, estas técnicas convencionales reducen indeseablemente la transmisión global de las longitudes de onda de luz distintas de las longitudes de onda de luz azul. Esta reducción no deseada puede dar lugar, a su vez, a una disminución de la agudeza visual de un usuario de lentes.

En vista de lo anterior, es necesario un sistema oftálmico que permita el bloqueo selectivo de las longitudes de onda de luz azul, mientras que al mismo tiempo transmita más del 80 % de la luz visible y sea percibido a menudo como un color neutro por alguien que observa el sistema oftálmico cuando sea utilizado por un portador. Además, más importante aún es que un sistema de este tipo no perjudique la visión del color del portador y, asimismo, que las reflexiones de la superficie posterior del sistema en el ojo del portador estén en un nivel que no sea cuestionable por el portador. Esta necesidad existe a medida que más y más datos están apuntados a la luz azul como uno de los posibles factores que contribuyen a la degeneración macular (la principal causa de ceguera en el mundo industrializado) y también otras enfermedades de la retina.

El documento WO 2007/109202 A2 describe un sistema oftálmico que combina componentes oftálmicos con funcionalidades de bloqueo de longitud de onda de luz azul y de equilibrio cromático. El documento US 6.373.615 describe un plástico fotocromático de color gris neutro. El artículo está diseñado para mantener casi completamente un color neutro o gris cuando se oscurece y cuando se decolora. El documento US 5.729.379 describe un dispositivo electrocromático que tiene un electrodo conductor opuesto a un contraelectrodo conductor con una capa polimérica electroquímicamente activa dispuesta sobre una superficie opuesta de uno de los electrodos y un electrólito que contiene al menos un material activo redox dispuesto de forma que contacte la capa electroquímicamente activa y otra superficie opuesta de uno de dichos electrodos.

#### Sumario de la invención

La presente invención se refiere a un sistema oftálmico. Más particularmente, la invención se refiere a un sistema oftálmico que realiza el bloqueo de las longitudes de onda de luz azul, mientras se presenta un producto cosméticamente atractivo.

Se produce un sistema oftálmico que pueda proporcionar el 80 % o una mejor transmisión de la luz visible, que inhiba las longitudes de onda selectivas de luz azul, que permita el rendimiento de la visión del color apropiado por parte del portador, y que proporcione principalmente un aspecto de color neutro a un observador que mira al portador que lleva dicha lente o sistema de lentes. El sistema puede utilizar varios recubrimientos ópticos, películas, materiales, y colorantes absorbentes para producir el efecto deseado.

#### Breve descripción de los dibujos

Las FIGS. 1A y 1B muestran ejemplos de un sistema oftálmico que incluye un componente de bloqueo de azul posterior y un componente de equilibrio cromático anterior.

La FIG. 2 muestra un ejemplo del uso de una capa protectora del colorante para formar un sistema oftálmico.

La FIG. 3 ilustra un sistema a modo de ejemplo con un componente de bloqueo de azul y un componente de equilibrio cromático integrados en una lente oftálmica transparente o casi transparente.

La FIG. 4 ilustra un sistema oftálmico a modo de ejemplo formado utilizando un recubrimiento en molde.

La FIG. 5 ilustra la unión de dos componentes oftálmicos.

La FIG. 6 ilustra sistemas oftálmicos a modo de ejemplo que utilizan recubrimientos antirreflectantes.

Las FIGS. 7A-7C ilustran diversas combinaciones a modo de ejemplo de un componente de bloqueo de azul, un componente de equilibrio cromático, y un componente oftálmico.

5 Las FIGS. 8A y 8B muestran ejemplos de un sistema oftálmico que incluye un componente de bloqueo de azul multifuncional y un componente de equilibrio cromático.

La FIG. 9 muestra una referencia de colores observados que corresponden a diferentes coordenadas CIE.

10 La FIG. 10 muestra la transmisión del colorante absorbente Gentex E465.

La FIG. 11 muestra la absorbancia del colorante absorbente Gentex E465.

15 La FIG. 12 muestra la transmitancia de un sustrato de policarbonato con una concentración colorante adecuada para ser absorbida en el intervalo de 430 nm.

La FIG. 13 muestra la transmitancia como función de la longitud de onda de un sustrato de policarbonato con un recubrimiento antirreflectante.

20 La FIG. 14 muestra el gráfico de colores de un sustrato de policarbonato con un recubrimiento antirreflectante.

La FIG. 15 muestra la transmitancia como una función de la longitud de onda de un sustrato de policarbonato no recubierto y un sustrato de policarbonato con un recubrimiento antirreflectante en ambas superficies.

25 La FIG. 16 muestra la transmitancia espectral de una capa de  $\text{TiO}_2$  de 106 nm sobre un sustrato de policarbonato.

La FIG. 17 muestra el gráfico de colores de una capa de  $\text{TiO}_2$  de 106 nm sobre un sustrato de policarbonato.

30 La FIG. 18 muestra la transmitancia espectral de una capa de  $\text{TiO}_2$  de 134 nm sobre un sustrato de policarbonato.

La FIG. 19 muestra el gráfico de colores de una capa de  $\text{TiO}_2$  de 134 nm sobre un sustrato de policarbonato.

35 La FIG. 20 muestra la transmitancia espectral de un recubrimiento AR modificado adecuado para equilibrar el color de un sustrato que tiene un colorante absorbente de azul.

La FIG. 21 muestra el gráfico de colores de un recubrimiento AR modificado adecuado para equilibrar el color de un sustrato que tiene un colorante absorbente de azul.

40 La FIG. 22 muestra la transmitancia espectral de un sustrato que tiene un colorante absorbente de azul.

La FIG. 23 muestra el gráfico de colores de un sustrato que tiene un colorante absorbente de azul.

45 La FIG. 24 muestra la transmitancia espectral de un sustrato que tiene un colorante absorbente de azul y un recubrimiento AR trasero.

La FIG. 25 muestra el gráfico de colores de un sustrato que tiene un colorante absorbente de azul y un recubrimiento AR trasero.

50 La FIG. 26 muestra la transmitancia espectral de un sustrato que tiene un colorante absorbente de azul y recubrimientos AR en las superficies frontal y trasera.

La FIG. 27 muestra el gráfico de colores de un sustrato que tiene un colorante absorbente de azul y recubrimientos AR en las superficies frontal y trasera.

55 La FIG. 28 muestra la transmitancia espectral de un sustrato que tiene un colorante absorbente de azul y un recubrimiento AR de equilibrio cromático.

La FIG. 29 muestra el gráfico de colores de un sustrato que tiene un colorante absorbente de azul y un recubrimiento AR de equilibrio cromático.

60 Descripción detallada

65 Las realizaciones de la presente invención se refieren a un sistema oftálmico que realiza un bloqueo eficaz de azul mientras que al mismo tiempo proporciona un producto cosméticamente atractivo, una percepción normal o aceptable del color para un usuario, y un alto nivel de la luz transmitida para una buena agudeza visual. Se produce un sistema oftálmico que pueda proporcionar una transmisión media del 80 % o una mejor transmisión de la luz

visible, que inhiba las longitudes de onda selectivas de luz azul ("bloqueo de azul"), que permita el rendimiento de la visión del color apropiado por parte del portador, y que proporcione principalmente un aspecto de color neutro a un observador que mira al portador que lleva dicha lente o sistema de lentes. Como se utiliza en la presente memoria, la "transmisión media" de un sistema se refiere a la transmisión media en las longitudes de onda en un intervalo, tal como el espectro visible. Un sistema también puede caracterizarse por la "transmisión luminosa" del sistema, que se refiere a un promedio en un intervalo de longitud de onda, que se pondera de acuerdo con la sensibilidad del ojo en cada longitud de onda. Los sistemas descritos en la presente memoria pueden utilizar diversos recubrimientos ópticos, películas, materiales, y colorantes absorbentes para producir el efecto deseado.

Más específicamente, las realizaciones de la invención pueden proporcionar un bloqueo eficaz de azul en combinación con el equilibrio cromático. "Equilibrio cromático" o "color equilibrado", como se utiliza en la presente memoria, significa que el color amarillo o ámbar, u otro efecto no deseado del bloqueo azul se reduce, se contrarresta, se neutraliza o de otro modo se compensa de manera que se produzca un resultado cosméticamente aceptable, sin que al mismo tiempo se reduzca la eficacia del bloqueo de azul. Por ejemplo, las longitudes de onda que están en o cerca de 400 nm-460 nm pueden ser bloqueadas o reducidas en intensidad. En particular, por ejemplo, las longitudes de onda que están en o cerca de 420-440 nm pueden ser bloqueadas o reducidas en intensidad. Es más, la transmisión de longitudes de onda no bloqueadas puede permanecer en un nivel alto, por ejemplo, al menos el 80 %. Adicionalmente, para un observador externo, el sistema oftálmico puede tener un aspecto transparente o mayormente transparente. Para un usuario del sistema, la percepción de los colores puede ser normal o aceptable.

Un "sistema oftálmico", como se utiliza en la presente memoria, incluye lentes oftálmicas con receta o sin receta utilizadas, por ejemplo, para gafas (o anteojos), gafas de sol, lentes de contacto, lentes intraoculares, incrustaciones corneales, injertos superficiales corneales, y pueden ser tratadas o procesadas o combinadas con otros componentes para proporcionar funcionalidades deseadas descritas con más detalle en la presente memoria. Como se utiliza en la presente memoria, un "material oftálmico" es aquel utilizado comúnmente para fabricar un sistema oftálmico, tal como una lente correctiva. Materiales oftálmicos a modo de ejemplo incluyen vidrio, plásticos, tales como CR-39, Trivex, y materiales de policarbonato, aunque otros materiales pueden ser utilizados y son conocidos para varios sistemas oftálmicos.

Un sistema oftálmico puede incluir un componente de bloqueo de azul posterior a un componente de equilibrio cromático. Cualquier componente de bloqueo de azul o componente de equilibrio cromático puede ser, o formar parte de, un componente oftálmico, tal como una lente. El componente de bloqueo de azul posterior y el componente de equilibrio cromático anterior pueden tener distintas capas sobre una superficie o superficies o adyacentes a estas o próximas a estas de una lente oftálmica. El componente de equilibrio cromático puede reducir o neutralizar un tinte amarillo o ámbar del componente de bloqueo de azul posterior para producir un aspecto cosméticamente aceptable. Por ejemplo, para un observador externo, el sistema oftálmico puede tener un aspecto transparente o mayormente transparente. Para un usuario del sistema, la percepción de colores puede ser normal o aceptable. Además, dado que los tintes del bloqueo de azul y del equilibrio cromático no se entremezclan, las longitudes de onda en el espectro de luz azul pueden bloquearse o reducirse en intensidad y la intensidad de la luz incidente transmitida en el sistema oftálmico puede ser al menos del 85 % para las longitudes de onda no bloqueadas.

Como se ha discutido previamente, se conocen técnicas para el bloqueo de azul. Las técnicas conocidas para bloquear las longitudes de onda de luz azul incluyen la absorción, la reflexión, la interferencia, o cualquier combinación de las mismas. Como se ha discutido anteriormente, de acuerdo con una técnica, un lente puede tintarse/colorearse con un tinte de bloqueo de azul, tal como filtro BPI Vision 450 o colorante BPI Diamond 500, en una proporción o concentración adecuada. La tintura puede llevarse a cabo, por ejemplo, mediante la inmersión de la lente en un recipiente para tintes calentado que contiene una solución colorante de bloqueo de azul durante un determinado periodo de tiempo predeterminado. De acuerdo con otra técnica, se utiliza un filtro para el bloqueo de azul. El filtro podría incluir, por ejemplo, compuestos orgánicos o inorgánicos que exhiben absorción y/o reflexión y/o interferencia con longitudes de onda de luz azul. El filtro podría comprender múltiples capas delgadas o recubrimientos de sustancias orgánicas y/o inorgánicas. Cada capa puede tener propiedades, las cuales, ya sea individualmente o en combinación con otras capas, absorbe, refleja o interfiere con la luz que tiene longitudes de onda de luz azul. Los filtros de corte rugate son un ejemplo de filtros de bloqueo de azul. Los filtros rugate son películas delgadas únicas de dieléctricos inorgánicos en los que el índice de refracción oscila continuamente entre valores altos y bajos. Fabricados por la co-deposición de dos materiales con diferente índice de refracción (por ejemplo,  $\text{SiO}_2$  y  $\text{TiO}_2$ ), los filtros rugate son conocidos por tener bandas de nula transmisión muy bien definidas para el bloqueo de la longitud de onda, con muy poca atenuación fuera de la banda. Los parámetros de construcción del filtro (periodo de oscilación, modulación del índice de refracción, número de oscilaciones del índice de refracción) determinan los parámetros de rendimiento del filtro (centro de la banda de nula transmisión, anchura de la banda de nula transmisión, transmisión en la banda). Los filtros rugate se desvelan con más detalle, por ejemplo, en las patentes de Estados Unidos n.º 6.984.038 y 7.066.596, cada una de las cuales se realiza por referencia en su totalidad. Otra técnica para el bloqueo de azul es el uso de múltiples capas de pilas dieléctricas. Las pilas dieléctricas de múltiples capas se fabrican mediante el depósito de capas diferentes que alternan materiales con un índice de refracción alto y bajo. De manera similar a los filtros rugate, los parámetros de diseño, tales como el grosor de capa individual, índice de refracción de capa individual, y el número de repeticiones de capa determinan los

parámetros de rendimiento de las pilas dieléctricas de múltiples capas.

El equilibrio cromático puede comprender impartir, por ejemplo, una proporción o concentración adecuada de tinte/colorante azul, o una combinación adecuada de tinte/colorante rojo y verde para el componente de equilibrio cromático, de manera que cuando sea visto por un observador externo, el sistema oftálmico en su conjunto tenga un aspecto cosméticamente aceptable. Por ejemplo, el sistema oftálmico en su conjunto puede tener un aspecto transparente o mayormente transparente.

La FIG. 1A muestra un sistema oftálmico que incluye un componente 101 de bloqueo de azul posterior y un componente 102 de equilibrio cromático anterior. Cada componente tiene un lado posterior cóncavo o superficie 110, 115 y un lado anterior convexo o superficie 120, 125. En el sistema 100, el componente 101 de bloqueo de azul posterior puede ser o incluir un componente oftálmico, tal como una lente de visión única, placa o pre-forma óptica. La lente de visión única, placa o pre-forma óptica puede teñirse o colorearse para realizar el bloqueo de azul. El componente 102 de equilibrio cromático anterior puede comprender una capa de matiz superficial, aplicada a la lente de visión única, placa o pre-forma óptica de acuerdo con técnicas conocidas. Por ejemplo, la capa de matiz superficial puede estar fijada o unida a la lente de visión única, placa o pre-forma óptica utilizando luz visible o UV, o una combinación de las dos.

La capa de matiz superficial puede estar formada en el lado convexo de la lente de visión única, placa o pre-forma óptica. Puesto que la lente de visión única, placa o pre-forma óptica se ha teñido o coloreado para realizar el bloqueo de azul, esta puede tener un color amarillo o ámbar que es cosméticamente no deseable. En consecuencia, la capa de matiz superficial puede, por ejemplo, teñirse con una proporción adecuada de tinte/colorante azul, o una combinación adecuada de tinte/colorante rojo y verde.

La capa de matiz superficial puede ser tratada con aditivos de equilibrio cromático después de aplicarse a la lente de visión única, placa o pre-forma óptica que ya ha sido procesada para realizar el bloqueo de azul. Por ejemplo, la lente de visión única, placa o pre-forma óptica de bloqueo de azul con la capa de matiz superficial sobre su superficie convexa puede sumergirse en un recipiente para tinte calentado que tiene las proporciones y concentraciones apropiadas de colorantes de equilibrio cromático en una solución. La capa de matiz superficial tomará muestras de los colorantes de equilibrio cromático de la solución. Para evitar que la lente de visión única, placa o pre-forma óptica de bloqueo de azul a partir de la absorción de cualquiera de los colorantes de equilibrio cromático, su superficie cóncava puede enmascararse o sellarse con una capa protectora del colorante, por ejemplo, cinta o cera u otro recubrimiento. Esto se ilustra en la FIG. 2, que muestra un sistema oftálmico 100 con una capa protectora del colorante 201 sobre la superficie cóncava de la lente de visión única, placa o pre-forma óptica 101. Los bordes de la lente de visión única, placa o pre-forma óptica pueden quedar sin recubrir para permitir que se ajusten cosméticamente al color. Esto puede ser importante para las lentes focales negativas que tienen bordes gruesos.

La FIG. 1B muestra otro sistema oftálmico 150 en el que el componente 104 de equilibrio cromático anterior puede ser o incluir un componente oftálmico, tal como una lente de visión única o lente multifocal, placa o pre-forma óptica. El componente 103 de bloqueo de azul posterior puede ser una capa de matiz superficial. Para elaborar esta combinación, la superficie convexa de la lente de visión única, placa o pre-forma óptica de equilibrio cromático puede enmascararse con una capa protectora del colorante, como se ha descrito previamente, para tomar muestras de los colorantes de bloqueo de azul cuando la combinación se sumerja en un recipiente para tinte calentado que contiene una solución colorante de bloqueo de azul. Mientras tanto, la capa de matiz superficial expuesta tomará muestras de los colorantes de bloqueo de azul.

Debe entenderse que la capa de matiz superficial podría ser utilizada en combinación con una lente multifocal, en lugar de una lente de visión única, placa o pre-forma óptica. Además, la capa de matiz superficial se podría utilizar para añadir potencia a una lente de visión única, placa o pre-forma óptica, incluyendo la potencia multifocal, convirtiendo así la lente de visión única, placa o pre-forma óptica a una lente multifocal, ya sea con una adición de tipo pautado o progresivo. Por supuesto, la capa de matiz superficial también puede ser diseñada para añadir una escasa o ninguna potencia a la lente de visión única, placa o pre-forma óptica.

La FIG. 3 muestra la funcionalidad del bloqueo de azul y del equilibrio cromático integrada en un componente oftálmico. Más específicamente, en la lente oftálmica 300, una parte 303 que corresponde a una profundidad de penetración del tinte en un componente oftálmico 301 transparente o mayormente transparente en una región posterior del mismo puede ser el bloqueo de azul. Además, una parte 302, que corresponde a una profundidad de penetración del tinte en el componente oftálmico 301 transparente o mayormente transparente en una región frontal o anterior del mismo puede ser el equilibrio cromático. El sistema ilustrado en la FIG. 3 se puede producir del siguiente modo. El componente oftálmico 301 puede, por ejemplo, ser inicialmente una lente de visión única transparente o mayormente transparente o lente multifocal, placa o pre-forma óptica. La lente de visión única transparente o mayormente transparente o lente multifocal, placa o pre-forma óptica puede ser teñida con un tinte de bloqueo de azul, mientras que su superficie convexa frontal se vuelve no absorbente, por ejemplo, al enmascararse o recubrirse con una capa protectora del colorante, como se ha descrito previamente. Como resultado, una parte 303, que comienza en la superficie cóncava posterior de la lente de visión única transparente o mayormente transparente o lente multifocal, placa o pre-forma óptica 301 y que se extiende hacia dentro, y que tiene una

funcionalidad de bloqueo de azul, puede ser creada por la penetración del tinte. Entonces, el recubrimiento anti-absorbente de la superficie convexa frontal puede ser eliminado. Un recubrimiento anti-absorción puede entonces ser aplicado a la superficie cóncava, y la superficie convexa frontal y los bordes periféricos de la lente de visión única o lente multifocal, placa o pre-forma óptica pueden teñirse (por ejemplo, por inmersión en un recipiente para tinte calentado) para el equilibrio cromático. Los colorantes de equilibrio cromático serán absorbidos por los bordes periféricos y una parte 302 que comienza en la superficie convexa frontal y que se extiende hacia dentro, se dejó sin teñir debido al recubrimiento anterior. El orden del proceso anterior se podría invertir, es decir, la superficie cóncava podría ser enmascarada en primer lugar mientras que la parte restante se tiñe para el equilibrio cromático. Entonces, el recubrimiento podría ser eliminado y una profundidad o grosor en la región cóncava dejada sin teñir por el enmascaramiento podría teñirse para el bloqueo de azul.

Haciendo referencia ahora a la FIG. 4, un sistema oftálmico 400 puede formarse utilizando un recubrimiento en molde. Más específicamente, un componente oftálmico 401, tal como una lente de visión única o lente multifocal, placa o pre-forma óptica que se ha coloreado/teñido con un tinte de bloqueo de azul adecuado, colorante u otro aditivo puede ser un color equilibrado a través del moldeo superficial utilizando un recubrimiento 403 en molde teñido. El recubrimiento en molde 403, que comprende un nivel y/o mezclas adecuados de colorantes de equilibrio cromático, se puede aplicar al molde superficial convexo (es decir, un molde, que no se muestra, para aplicar el recubrimiento 403 a la superficie convexa del componente oftálmico 401). Un monómero incoloro 402 puede rellenarse y curarse entre el recubrimiento 403 y el componente oftálmico 401. El proceso de curado del monómero 402 hará que el recubrimiento en molde del equilibrio cromático se transfiera a la superficie convexa del componente oftálmico 401. El resultado es un sistema oftálmico de bloqueo de azul con un recubrimiento superficial de equilibrio cromático. El recubrimiento en molde puede ser, por ejemplo, un recubrimiento anti-reflectante o un recubrimiento duro convencional.

Con referencia ahora a la FIG. 5, un sistema oftálmico 500 puede comprender dos componentes oftálmicos, uno de bloqueo de azul y el otro de equilibrio cromático. Por ejemplo, un primer componente oftálmico 501 podría ser una lente de visión única trasera o lente multifocal de superficie cóncava, placa o pre-forma óptica, coloreada/teñida con el tinte de bloqueo de azul adecuado para alcanzar el nivel deseado de bloqueo de azul. Un segundo componente oftálmico 503 podría ser una lente de visión única frontal o lente multifocal de superficie convexa, placa o pre-forma óptica, unida o fijada a la lente de visión única trasera o lente multifocal de superficie cóncava, placa o pre-forma óptica, por ejemplo utilizando un adhesivo 502 de UV o curable visible. La lente de visión única frontal o lente multifocal de superficie convexa, placa o pre-forma óptica podría conseguir que el equilibrio cromático antes o después se una con la lente de visión única posterior o lente multifocal de superficie cóncava, placa o pre-forma óptica. Si se produce después, la lente de visión única frontal o lente multifocal de superficie convexa, placa o pre-forma óptica podría conseguir el equilibrio cromático, por ejemplo, mediante técnicas descritas anteriormente. Por ejemplo, la lente de visión única posterior o lente multifocal de superficie cóncava, placa o pre-forma óptica puede estar enmascarada o recubierta con una capa protectora del colorante para evitar que tome muestras de los colorantes de equilibrio cromático. A continuación, las partes posteriores y frontales unidas pueden colocarse entre sí en un recipiente para tinte calentado que contiene una solución adecuada de colorantes de equilibrio cromático, permitiendo que la parte frontal tome muestras de los colorantes de equilibrio cromático.

Cualquiera de los sistemas de realización descritos anteriormente puede combinarse con uno o más componentes antirreflectantes (AR). Esto se muestra en la FIG. 6, a modo de ejemplo, para las lentes oftálmicas 100 y 150 mostradas en las FIGS. 1A y 1B. En la FIG. 6, un primer componente AR 601, por ejemplo, un recubrimiento, se aplica a la superficie cóncava del elemento 101 de bloqueo de azul posterior, y un segundo componente AR 602 se aplica a la superficie convexa del componente 102 de equilibrio cromático. Del mismo modo, un primer componente AR 601 se aplica a la superficie cóncava del componente 103 de bloqueo de azul posterior, y un segundo componente AR 602 se aplica a la superficie convexa del componente 104 de equilibrio cromático.

Las FIGS. 7A-7C muestran los sistemas adicionales a modo de ejemplo que incluyen un componente de bloqueo de azul y un componente de equilibrio cromático. En la FIG. 7A, un sistema oftálmico 700 incluye un componente 703 de bloqueo de azul y un componente 704 de equilibrio cromático que se forma como recubrimientos o capas adyacentes, pero distintos, sobre la superficie anterior o adyacente a esta de una lente oftálmica 702 transparente o mayormente transparente. El componente 703 de bloqueo de azul es posterior al componente 704 de equilibrio cromático. Sobre la superficie posterior o adyacente a esta de la lente oftálmica transparente o mayormente transparente, un recubrimiento AR u otra capa 701 puede formarse. Otro recubrimiento AR o capa 705 puede formarse en la superficie anterior o adyacente a esta de la capa 704 de equilibrio cromático.

En la FIG. 7B, el componente 703 de bloqueo de azul y el componente 704 de equilibrio cromático están dispuestos en superficie posterior o adyacente a esta de la lente oftálmica 702 transparente o mayormente transparente. Una vez más, el componente 703 de bloqueo de azul es posterior al componente 704 de equilibrio cromático. Un componente AR 701 se puede formar en la superficie posterior o adyacente a esta del componente 703 de bloqueo de azul. Otro componente AR 705 se puede formar en la superficie anterior o adyacente a esta de la lente oftálmica 702 transparente o mayormente transparente.

En la FIG. 7C, el componente 703 de bloqueo de azul y el componente 704 de equilibrio cromático están dispuestos en las superficies posterior y anterior o adyacentes a estas, respectivamente, de la lente oftálmica 702 transparente. Una vez más, el componente 703 de bloqueo de azul es posterior al componente 704 de equilibrio cromático. Un componente AR 701 se puede formar en la superficie posterior o adyacente a esta del componente 703 de bloqueo de azul, y otro componente AR 705 se puede formar en la superficie anterior o adyacente a esta del componente 704 de equilibrio cromático.

Las FIGS. 8A y 8B muestran un sistema oftálmico 800 en el que la funcionalidad para bloquear las longitudes de onda de luz azul y realizar el equilibrio cromático se puede combinar en un único componente 803. Por ejemplo, el componente de funcionalidad combinada puede bloquear las longitudes de onda de luz azul y reflejar algunas longitudes de onda verdes y rojas, neutralizando así la azul y eliminando la aparición de un color dominante en la lente. El componente 803 de funcionalidad combinada puede estar dispuesto sobre la superficie anterior o posterior o adyacente a esta de una lente oftálmica 802 transparente. La lente oftálmica 800 puede incluir además un componente AR 801 sobre la superficie anterior o posterior o adyacente a esta de la lente oftálmica 802 transparente.

Para cuantificar la eficacia de un componente de equilibrio cromático, puede ser útil observar la luz reflejada y/o transmitida por un sustrato de un material oftálmico. La luz observada se puede caracterizar por sus coordenadas CIE para indicar el color de la luz observada; mediante la comparación de estas coordenadas a las coordenadas CIE de la luz incidente, es posible determinar la cantidad de color de la luz que varía debido a la reflexión/transmisión. La luz blanca se define por tener unas coordenadas CIE de (0,33, 0,33). Por consiguiente, cuanto más próximas sean las coordenadas CIE de la luz observada a (0,33, 0,33), "más blanco" parecerá para un observador. Para caracterizar la variación o el equilibrio cromático realizado por una lente (0,33, 0,33), la luz blanca puede dirigirse a la lente, y se observaron las CIE de la luz reflejada y transmitida. Si la luz transmitida tiene unas CIE de aproximadamente (0,33, 0,33), no se producirá variación cromática alguna, y los artículos vistos a través de la lente tendrán un aspecto natural, es decir, el color no variará con relación a los artículos observados sin la lente. Del mismo modo, si la luz reflejada tiene unas CIE de aproximadamente (0,33, 0,33), la lente tendrá un aspecto cosmético natural, es decir, no parecerá teñida a un observador que ve a un usuario de la lente o sistema oftálmico. Por consiguiente, es deseable para la luz transmitida y reflejada tener unas CIE lo más próximas posibles a (0,33, 0,33).

La FIG. 9 muestra un gráfico de CIE que indica los colores observados correspondientes a diversas coordenadas CIE. Un punto de referencia 900 indica las coordenadas (0,33, 0,33). Aunque la región central del gráfico se designa normalmente como "blanco", una determinada luz que tiene coordenadas CIE en esta región puede tener un aspecto ligeramente teñido para un observador. Por ejemplo, la luz que tiene unas coordenadas CIE de (0,4, 0,4) parecerá amarilla para un observador. De este modo, para lograr un aspecto de color neutro en un sistema oftálmico, es deseable para la luz (0,33, 0,33) (es decir, luz blanca) que sea transmitida y/o reflejada por el sistema que tenga coordenadas CIE tan próximas a (0,33, 0,33) como sea posible después de la transmisión/reflexión. El gráfico de CIE mostrado en la FIG. 9 se utiliza en la presente memoria como referencia para mostrar las variaciones cromáticas observadas con diversos sistemas, a pesar de que las regiones marcadas serán omitidas para mayor claridad.

Los colorantes absorbentes pueden ser incluidos en el material de sustrato de una lente oftálmica mediante moldeo por inyección del colorante en el material de sustrato para producir lentes con propiedades de transmisión y de absorción de luz específicas. Estos materiales colorantes pueden absorberse en la longitud de onda máxima fundamental del colorante o en longitudes de onda de resonancia más cortas debido a la presencia de una banda de Soret encontrada normalmente en materiales de porfirina. Materiales oftálmicos a modo de ejemplo incluyen varios vidrios y polímeros, tales como CR-39®, TRIVEX®, policarbonato, polimetilmetacrilato, silicona y fluoropolímeros, aunque otros materiales pueden ser utilizados y son conocidos por varios sistemas oftálmicos.

Solo a modo de ejemplo, la transmitancia y la absorbancia del material diario Gentex E465 se muestran en las FIGS. 10-11. La absorbancia (A) está relacionada con la transmitancia (T) por la ecuación,  $A = \log_{10} (1/T)$ . En este caso, la transmitancia está comprendida entre 0 y 1 ( $0 < T < 1$ ). A menudo, la transmitancia es expresada como un porcentaje, es decir,  $0 \% < T < 100 \%$ . El colorante E465 bloquea esas longitudes de onda inferiores a 465 y se proporciona normalmente para bloquear estas longitudes de onda con una alta densidad óptica ( $DO > 4$ ). Productos similares están disponibles para bloquear otras longitudes de onda. Por ejemplo, E420 de Gentex bloquea las longitudes de onda inferiores a 420 nm. Otros colorantes a modo de ejemplo incluyen porfirinas, perileno, y colorantes similares que pueden absorber en longitudes de onda de azul.

La absorbancia en longitudes de onda más cortas se puede reducir por medio de una reducción de la concentración de colorante. Esta y otros materiales colorantes pueden lograr una transmitancia de ~50 % en la región de 430 nm. La FIG. 12 muestra la transmitancia de un sustrato de policarbonato con una concentración de colorante adecuada para absorberse en el intervalo de 430 nm, y con una determinada absorción en el intervalo de 420 nm-440 nm. Esto se logró mediante la reducción de la concentración del colorante e incluye los efectos de un sustrato de policarbonato. La superficie trasera no se encuentra en este punto recubierta con un antirreflectante.

- La concentración de colorante también puede afectar al aspecto y a la variación cromática de un sistema oftálmico. Mediante la reducción de la concentración, se pueden obtener los sistemas con diferentes grados de variación cromática. Una "variación cromática", como se utiliza en la presente memoria, se refiere a la cantidad por la cual las coordenadas CIE de una luz de referencia cambian después de la transmisión y/o reflexión del sistema oftálmico.
- 5 También puede ser útil para caracterizar un sistema por causas de variación cromática por el sistema debido a las diferencias en diversos tipos de luz percibidos normalmente como blanco (por ejemplo, luz del sol, luz incandescente, y luz fluorescente). Por lo tanto, puede ser útil para caracterizar un sistema basado en la cantidad por la cual las coordenadas CIE de la luz incidente varían cuando la luz es transmitida y/o reflejada por el sistema. Por ejemplo, un sistema en el que una luz con coordenadas CIE de (0,33, 0,33) se convierte en una luz con unas
- 10 CIE de (0,30, 0,30) después de la transmisión puede describirse como causante de una variación cromática de (-,03, -,03), o, más en general, ( $\pm 0,03$ ,  $\pm 0,03$ ). Por consiguiente, la variación cromática causada por un sistema indica cuán luz "natural" y artículos vistos aparecen a un portador del sistema. Como se describe en lo sucesivo, se han logrado sistemas causantes de variaciones cromáticas inferiores de ( $\pm 0,05$ ,  $\pm 0,05$ ) a ( $\pm 0,02$ ,  $\pm 0,02$ ).
- 15 Una reducción en la transmisión de onda corta en un sistema oftálmico puede ser útil en la reducción de la muerte celular debido a los efectos fotoeléctricos en el ojo, tales como excitación de A2E. Se ha demostrado que la reducción de la luz incidente a  $430 \pm 30$  nm en aproximadamente el 50 % puede reducir la muerte celular en aproximadamente un 80 %. Véase, por ejemplo, Janet R. Sparrow *et al.*, "*Blue light-absorbing intraocular lens and retinal pigment epithelium protection in vitro*", *J. Cataract Refract. Surg.* 2004, vol. 30, págs. 873-78. Se cree además
- 20 que la reducción de la cantidad de luz azul, tal como la luz en el intervalo de 430-460 nm, en tan solo un 5 % puede reducir de manera similar la muerte celular y/o la degeneración, y por lo tanto, evitar o reducir los efectos adversos de las afecciones, tales como la degeneración macular relacionada con la edad atrófica.
- Aunque un colorante absorbente puede utilizarse para bloquear longitudes de onda no deseables de la luz, el colorante puede producir un tinte de color en la lente como efecto secundario. Por ejemplo, muchas lentes oftálmicas de bloqueo de azul tienen una coloración amarilla que a menudo es indeseable y/o estéticamente desagradable. Para contrarrestar esta coloración, un recubrimiento de equilibrio cromático puede aplicarse a una o ambas superficies de un sustrato, incluyendo el colorante absorbente en ello.
- 25 Los recubrimientos antirreflectantes (AR) (que son filtros de interferencia) están adecuadamente establecidos en la industria comercial de los recubrimientos oftálmicos. Los recubrimientos son normalmente unas pocas capas, a menudo inferior a 10, y normalmente se utilizan para reducir la reflexión de la superficie de policarbonato a menos del 1 %. Un ejemplo de tal recubrimiento en una superficie de policarbonato se muestra en la FIG. 13. El gráfico de colores de este recubrimiento se muestra en la FIG. 14 y se observa que el color es bastante neutro. Se observó que la reflectancia total era del 0,21 %. Se observó que la luz reflejada tiene coordenadas CIE de (0,234, 0,075); la luz transmitida tenía coordenadas CIE de (0,334, 0,336).
- 30 Los recubrimientos AR pueden aplicarse a ambas superficies de una lente o a otros dispositivos oftálmicos para lograr una transmitancia superior. Tal configuración se muestra en la FIG. 15 en la que la línea más oscura 1510 es el policarbonato recubierto AR y la línea más delgada 1520 es un sustrato de policarbonato sin recubrir. Este recubrimiento AR ofrece un aumento del 10 % en la luz transmitida total. Hay una cierta pérdida de luz natural debido a la absorción en el sustrato de policarbonato. El sustrato de policarbonato particular utilizado para este ejemplo tiene una pérdida de transmitancia de aproximadamente el 3 %. En la industria oftálmica, los recubrimientos AR se aplican en general a ambas superficies para aumentar la transmitancia de la lente.
- 35 Los recubrimientos AR pueden aplicarse a ambas superficies de una lente o a otros dispositivos oftálmicos para lograr una transmitancia superior. Tal configuración se muestra en la FIG. 15 en la que la línea más oscura 1510 es el policarbonato recubierto AR y la línea más delgada 1520 es un sustrato de policarbonato sin recubrir. Este recubrimiento AR ofrece un aumento del 10 % en la luz transmitida total. Hay una cierta pérdida de luz natural debido a la absorción en el sustrato de policarbonato. El sustrato de policarbonato particular utilizado para este ejemplo tiene una pérdida de transmitancia de aproximadamente el 3 %. En la industria oftálmica, los recubrimientos AR se aplican en general a ambas superficies para aumentar la transmitancia de la lente.
- 40 En los sistemas de acuerdo con la presente invención, los recubrimientos AR u otras películas de equilibrio cromático se pueden combinar con un colorante absorbente que permite la absorción simultánea de la luz de longitud de onda azul, normalmente en la región de 430 nm, y el aumento de la transmitancia. Como se ha descrito previamente, la eliminación de la luz en la región de 430 nm da como resultado únicamente una lente que tiene un determinado matiz cromático residual. Para adaptar espectralmente la luz para lograr una transmitancia de color neutro, al menos uno de los recubrimientos AR puede modificarse para ajustar el color general de la luz transmitida. En los sistemas oftálmicos de acuerdo con la invención, este ajuste se puede realizar en la superficie frontal de la lente para crear siguiente la estructura de la lente:
- 45 Aire (lo más alejado posible de los ojos del usuario)/recubrimiento de la lente convexa frontal/absorción del sustrato de la lente oftálmica/ recubrimiento antirreflectante cóncavo trasero/aire (lo más cercano posible al ojo del usuario).
- 50 En dicha configuración, el recubrimiento frontal puede proporcionar una adaptación espectral para contrarrestar el matiz cromático que resulta de la absorción en el sustrato además de la función antirreflectante realizada normalmente en las lentes convencionales. Por lo tanto, la lente puede proporcionar un equilibrio cromático apropiado para tanto la luz transmitida como reflejada. En el caso de la luz transmitida, el equilibrio cromático permite una adecuada visión del color; en el caso de la luz refleja, el equilibrio cromático puede proporcionar la estética apropiada a la lente.
- 55 En algunos casos, una película de equilibrio cromático puede estar dispuesta entre dos capas de otro material oftálmico. Por ejemplo, un filtro, una película AR, u otra película pueden estar dispuestos en un material oftálmico.

Por ejemplo, puede utilizarse la siguiente configuración:

Aire (lo más alejado posible de los ojos del usuario)/material oftálmico/película/material oftálmico/aire (lo más cercano posible al ojo del usuario).

5 La película de equilibrio cromático también puede ser un recubrimiento, tal como un recubrimiento duro, aplicado a la superficie exterior y/o interior de una lente. Son posibles otras configuraciones. Por ejemplo, con referencia a la FIG. 3, un sistema oftálmico puede incluir un material oftálmico 301 dopado con un colorante absorbente de azul y una o más capas de equilibrio cromático 302, 303. En otra configuración, una capa interior 301 puede ser una capa de equilibrio cromático rodeada por el material oftálmico 302, 303 dopado con un colorante absorbente de azul. Las capas y/o recubrimientos adicionales, tales como recubrimientos AR, pueden estar dispuestos en una o más superficies del sistema. Se entenderá cómo se pueden utilizar materiales y configuraciones similares, por ejemplo en los sistemas descritos con respecto a las FIGS. 4-8B.

15 De este modo, las películas y/o recubrimientos ópticos, tales como recubrimientos AR se pueden utilizar para configurar la respuesta espectral total de una lente que tiene un colorante absorbente. La variación de transmisión en todo el espectro visible es bien conocida y varía como una función del grosor y el número de capas en el recubrimiento óptico. En la invención, una o más capas pueden utilizarse para proporcionar el ajuste necesario de las propiedades espectrales.

20 En un sistema a modo de ejemplo, la variación cromática se produce por una sola capa de TiO<sub>2</sub> (un material de recubrimiento AR común). La Fig. 16 muestra la transmitancia espectral de una única capa de TiO<sub>2</sub> con un grosor de 106 nm. El gráfico cromático de esta misma capa se muestra en la FIG. 17. Las coordenadas de color CIE (x, y) 1710 mostradas para la luz transmitida son (0,331, 0,345). La luz reflejada tenía coordenadas CIE de (0,353, 0,251) 1720, lo que resulta en un color rosa púrpuro.

Cambiando el grosor de la capa de TiO<sub>2</sub> se cambia el color de la luz transmitida como se muestra en el gráfico de espectros transmitidos y de color para una capa de 134 nm, mostrada en las FIGS. 18 y 19, respectivamente. En este sistema, la luz transmitida exhibió coordenadas CIE de (0,362, 0,368) 1910, y la luz reflejada tenía coordenadas CIE de (0,209, 0,229) 1920. Las propiedades de transmisión de varios recubrimientos AR y la predicción o estimación de los mismos son conocidas en la materia. Por ejemplo, los efectos de transmisión de un recubrimiento AR formado a partir de un grosor conocido de un material AR pueden calcularse y predecirse utilizando diversos programas informáticos. Los programas no limitativos a modo de ejemplo incluyen el software *Essential Macleod Thin Films* disponible de Thin Film Center, Inc., TFCalc disponible de Software Spectra, Inc., y el software *Filmstar Optical Thin Film* disponible de FTG Software Associates. Otros métodos pueden ser utilizados para predecir el comportamiento de un recubrimiento AR o de otro recubrimiento o película similar.

40 En los sistemas de acuerdo con la presente invención, un colorante absorbente de azul puede combinarse con un recubrimiento u otra película para proporcionar un sistema equilibrado cromático, de bloqueo de azul. El recubrimiento puede ser un recubrimiento AR en la superficie frontal que es modificada para corregir el color de la luz transmitida y/o reflejada. El gráfico de transmitancia y del color de un recubrimiento AR a modo de ejemplo se muestra en las FIGS. 20 y 21, respectivamente. Las FIGS. 22 y 23 muestran el gráfico de transmitancia y del color, respectivamente, de un sustrato de policarbonato que tiene un colorante absorbente de azul sin un recubrimiento AR. El sustrato coloreado se absorbe más fuertemente en la región de 430 nm, incluyendo una determinada absorción en la región de 420-440 nm. El sustrato coloreado se puede combinar con un recubrimiento AR apropiado como se ilustra en las FIGS. 20-21 para aumentar la transmitancia global del sistema. El gráfico de transmitancia y del color de un sustrato coloreado que tiene un recubrimiento AR trasero se muestra en las FIGS. 24 y 25, respectivamente.

50 Un recubrimiento AR también se puede aplicar a la parte frontal de un sistema oftálmico (es decir, la superficie más alejada del ojo de un portador del sistema), lo que resulta en el gráfico de transmitancia y del color mostrado en las FIGS. 26 y 27, respectivamente. Aunque el sistema exhibe una alta transmitancia y la luz transmitida es relativamente neutra, la luz reflejada tiene un CIE de (0,249, 0,090). Por lo tanto, para un equilibrio cromático más completo de los efectos del colorante absorbente de azul, el recubrimiento AR frontal puede ser modificado para lograr el equilibrio cromático necesario para producir una configuración de color neutro. El gráfico de transmitancia y del color de esta configuración se muestra en las FIGS. 28 y 29, respectivamente. En esta configuración, tanto la luz transmitida como reflejada se puede optimizar para lograr la neutralidad del color. Puede resultar preferente que la luz reflejada interior sea de aproximadamente el 6 %. Si el nivel de reflectividad es molesto para el portador del sistema, la reflexión se puede reducir adicionalmente por medio de la adición de un colorante absorbente adicional diferente en el sustrato de la lente que absorbería una longitud de onda diferente de la luz visible. Sin embargo, el diseño de esta configuración logra un rendimiento notable y satisface la necesidad de un sistema oftálmico equilibrado cromático, de bloqueo de azul, como se describe en la presente memoria. La transmitancia total es de más del 90 % y los colores transmitidos y reflejados están bastante próximos al punto neutro de color blanco. Como se muestra en la FIG. 27, la luz reflejada tiene unas CIE de (0,334, 0,334), y la luz transmitida tiene unas CIE de (0,341, 0,345), lo que indica una escasa o ninguna variación cromática.

- 5 En algunas configuraciones, el recubrimiento antirreflejo modificado frontal puede ser diseñado para bloquear el 100 % de la longitud de onda de luz azul que se va a inhibir. Sin embargo, esto puede dar lugar a una reflexión de retorno de aproximadamente el 9 % al 10 % para el portador. Este nivel de reflectividad puede ser molesto para el portador. De este modo, mediante la combinación de un colorante absorbente en el sustrato de la lente, esta reflexión con el recubrimiento antirreflejo modificado frontal, el efecto deseado puede lograrse junto con una reducción de la reflectividad a un nivel que es bien aceptado por el portador. La luz reflejada observada por un portador de un sistema que incluye uno o más recubrimientos AR puede reducirse al 8 % o menos, o más preferentemente al 3 % o menos.
- 10 La combinación de un recubrimiento AR frontal y trasero puede ser denominada como una pila dieléctrica, y diversos materiales y grosores pueden utilizarse para alterar aún más las características transmisivas y reflectivas de un sistema oftálmico. Por ejemplo, el recubrimiento AR frontal y/o el recubrimiento AR trasero pueden estar fabricados de diferentes grosores y/o materiales para lograr un efecto de equilibrio cromático particular. En algunos casos, los materiales utilizados para crear la pila dieléctrica pueden no ser materiales utilizados tradicionalmente para crear recubrimientos antirreflectantes. Es decir, los recubrimientos de equilibrio cromático pueden corregir la variación cromática causada por un colorante absorbente de azul en el sustrato sin necesidad de realizar una función antirreflectante.
- 15 Como se ha discutido previamente, los filtros son otra técnica para el bloqueo de azul. En consecuencia, cualquiera de los componentes de bloqueo de azul discutidos podría ser o incluir o combinarse con filtros de bloqueo de azul. Estos filtros pueden incluir filtros rugate, filtros de interferencia, filtros pasa banda, filtros de bloqueo de banda, filtros de corte o filtros dicróicos.
- 20 En realizaciones de la invención, una o más de las técnicas de bloqueo de azul desveladas anteriormente pueden utilizarse conjuntamente con otras técnicas de bloqueo de azul. Solo a modo de ejemplo, un componente de lente o lentes puede utilizar tanto un colorante/tinte como un filtro de corte rugate para bloquear de manera efectiva la luz azul.
- 25 Cualquiera de las estructuras y técnicas desveladas anteriormente pueden emplearse en un sistema oftálmico de acuerdo con la presente invención para realizar el bloqueo de longitudes de onda de luz azul en o cerca de 400-460 nm. Por ejemplo, en las realizaciones, las longitudes de onda de luz azul bloqueadas pueden estar dentro de un intervalo predeterminado. En realizaciones, el intervalo puede ser  $430 \text{ nm} \pm 30 \text{ nm}$ . En otras realizaciones, el intervalo puede ser  $430 \text{ nm} \pm 20 \text{ nm}$ . En aún otras realizaciones, el intervalo puede ser  $430 \text{ nm} \pm 10 \text{ nm}$ . En realizaciones, el sistema oftálmico puede limitar la transmisión de las longitudes de onda azul dentro de los intervalos definidos anteriormente a sustancialmente el 90 % de las longitudes de onda incidente. En otras realizaciones, el sistema oftálmico puede limitar la transmisión de las longitudes de onda azul dentro de los intervalos definidos anteriormente a sustancialmente el 80 % de las longitudes de onda incidente. En otras realizaciones, el sistema oftálmico puede limitar la transmisión de las longitudes de onda azul dentro de los intervalos definidos anteriormente a sustancialmente el 70 % de las longitudes de onda incidente. En otras realizaciones, el sistema oftálmico puede limitar la transmisión de las longitudes de onda azul dentro de los intervalos definidos anteriormente a sustancialmente el 60 % de las longitudes de onda incidente. En otras realizaciones, el sistema oftálmico puede limitar la transmisión de las longitudes de onda azul dentro de los intervalos definidos anteriormente a sustancialmente el 50 % de las longitudes de onda incidente. En otras realizaciones, el sistema oftálmico puede limitar la transmisión de las longitudes de onda azul dentro de los intervalos definidos anteriormente a sustancialmente el 40 % de las longitudes de onda incidente. En aún otras realizaciones, el sistema oftálmico puede limitar la transmisión de las longitudes de onda azul dentro de los intervalos definidos anteriormente a sustancialmente el 30 % de las longitudes de onda incidente. En aún otras realizaciones, el sistema oftálmico puede limitar la transmisión de las longitudes de onda azul dentro de los intervalos definidos anteriormente a sustancialmente el 20 % de las longitudes de onda incidente. En aún otras realizaciones, el sistema oftálmico puede limitar la transmisión de las longitudes de onda azul dentro de los intervalos definidos anteriormente a sustancialmente el 10 % de las longitudes de onda incidente. En aún otras realizaciones, el sistema oftálmico puede limitar la transmisión de las longitudes de onda azul dentro de los intervalos definidos anteriormente a sustancialmente el 5 % de las longitudes de onda incidente. En aún otras realizaciones, el sistema oftálmico puede limitar la transmisión de las longitudes de onda azul dentro de los intervalos definidos anteriormente a sustancialmente el 1 % de las longitudes de onda incidente. En aún otras realizaciones, el sistema oftálmico puede limitar la transmisión de las longitudes de onda azul dentro de los intervalos definidos anteriormente a sustancialmente el 0 % de las longitudes de onda incidente. Dicho de otra manera, la atenuación por el sistema oftálmico del espectro electromagnético para longitudes de onda en los intervalos especificados anteriormente puede ser al menos del 10 %; o al menos 20 %; o al menos 30 %; o al menos 40 %; o al menos 50 %; o al menos 60 %; o al menos 70 %; o al menos 80 %; o al menos 90 %; o al menos 95 %; o al menos 99 %; o sustancialmente 100 %.
- 30
- 35
- 40
- 45
- 50
- 55
- 60
- 65 En algunos casos, puede ser particularmente deseable filtrar una parte relativamente pequeña del espectro azul, tal como la región 400 nm-460 nm. Por ejemplo, se ha encontrado que el bloqueo excesivo del espectro azul puede interferir con la visión escotópica y los ritmos circadianos. Las lentes oftálmicas de bloqueo de azul convencionales bloquean normalmente una cantidad mucho mayor de un amplio intervalo del espectro azul, que puede afectar

negativamente al "reloj biológico" del portador y tener otros efectos adversos. Por consiguiente, puede ser deseable bloquear un intervalo relativamente estrecho del espectro azul como se describe en la presente memoria. Los sistemas a modo de ejemplo que pueden filtrar una cantidad relativamente pequeña de luz en un intervalo relativamente pequeño incluyen un sistema que bloquea o absorbe el 5-50 %, 5-20 % y 5-10 % de la luz que tiene una longitud de onda de 400 nm-460 nm, 410 nm-450 nm y 420 nm-440 nm.

Al mismo tiempo, a medida que las longitudes de onda de la luz azul se bloquean selectivamente como se ha descrito previamente, al menos el 80 %, o al menos el 85 %, y en otras realizaciones al menos el 90-95 %, de otras partes del espectro electromagnético visual pueden ser transmitidas por el sistema oftálmico. Dicho de otra manera, la atenuación por el sistema oftálmico del espectro electromagnético con longitudes de onda fuera del espectro de la luz azul, por ejemplo, longitudes de onda distintas de las de un intervalo de aproximadamente 430 nm pueden ser del 20 % o menos, 15 % o menos, 10 % o menos, y en otras realizaciones, 5 % o menos.

Adicionalmente, las realizaciones de la presente invención pueden bloquear además la radiación ultravioleta de las bandas espectrales UVA y UVB, así como la radiación infrarroja con longitudes de onda mayores a 700 nm.

Cualquier sistema oftálmico descrito anteriormente puede incorporarse en un artículo de lentillas, incluyendo lentillas llevadas externamente, tales como gafas, gafas de sol, anteojos o lentes de contacto. En dichas lentillas, debido a que el componente de bloqueo de azul de los sistemas es posterior al componente de equilibrio cromático, el componente de bloqueo de azul siempre estará más próximo al ojo de lo que lo estará el componente de equilibrio cromático cuando se utilizan las lentillas. El sistema oftálmico también puede ser utilizado en tales artículos de fabricación como lentes intraoculares quirúrgicamente implantables.

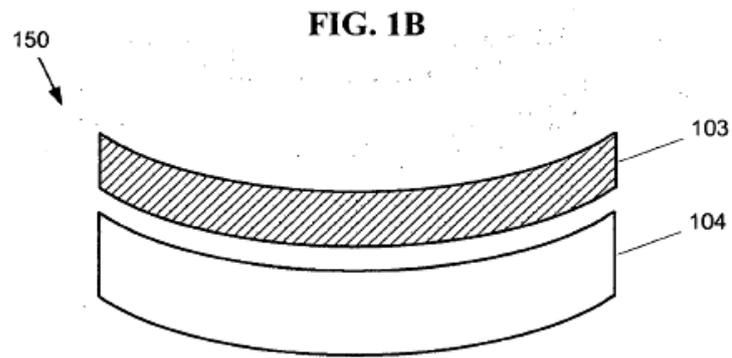
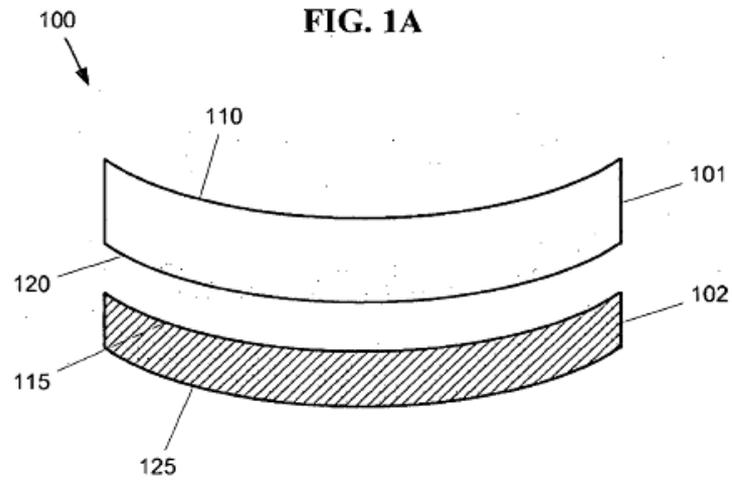
Varias formas de realización de la invención se ilustran específicamente y/o se describen en la presente memoria. Sin embargo, se apreciará que las modificaciones y variaciones obvias de la invención están cubiertas por las enseñanzas anteriores y dentro del ámbito de las reivindicaciones adjuntas. La presente invención se define por las características de las reivindicaciones.

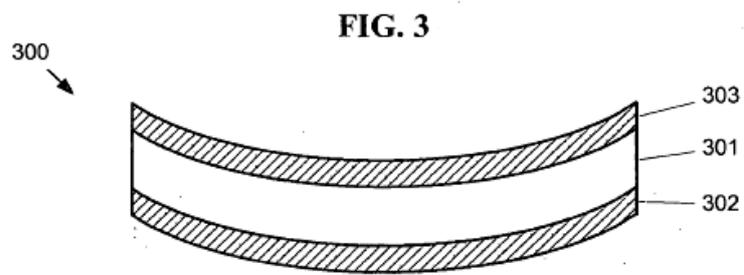
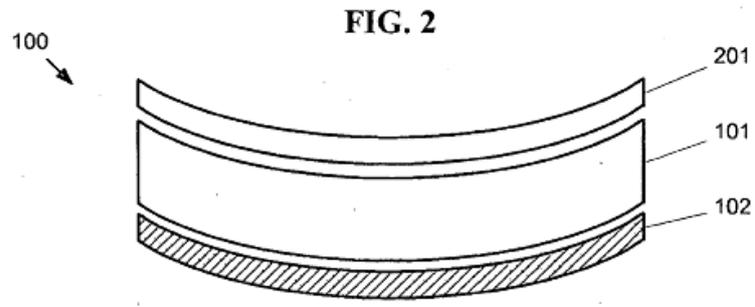
## REIVINDICACIONES

1. Un sistema oftálmico (100, 200, 300, 400, 500) que comprende:
- 5 una primera capa que comprende:
- un material oftálmico; y  
 un colorante que absorbe selectivamente al menos el 5 % de luz en un intervalo de longitud de onda comprendido entre 400 nm y 460 nm; y
- 10 una película dispuesta sobre la primera capa;  
 en el que la película compensa un desequilibrio de colores resultante de la absorción de luz por el colorante;  
 en el que el sistema (100, 200, 300, 400, 500) tiene una transmisión media de al menos el 80 % en el espectro visible; y
- 15 en el que la luz blanca tiene coordenadas CIE (x, y) de  $(0,33 \pm 0,05, 0,33 \pm 0,05)$ , preferentemente de  $(0,33 \pm 0,02, 0,33 \pm 0,02)$ , después de la transmisión por el sistema oftálmico.
2. El sistema oftálmico (100, 200, 300, 400, 500) de la reivindicación 1, que comprende además una segunda capa del material oftálmico dispuesta sobre la película, en la que la película está dispuesta entre la primera capa y la segunda capa.
- 20 3. El sistema oftálmico (100, 200, 300, 400, 500) de la reivindicación 1, en el que la película es un recubrimiento antirreflectante dispuesto sobre la superficie exterior del sustrato oftálmico.
4. El sistema oftálmico (100, 200, 300, 400, 500) de la reivindicación 1, que comprende además un recubrimiento antirreflectante dispuesto sobre una superficie del sistema más cercana al ojo de un portador del sistema.
- 25 5. El sistema oftálmico (100, 200, 300, 400, 500) de la reivindicación 4, en el que la luz reflejada observada por un portador del sistema es inferior al 8 %, preferentemente inferior al 3 %.
- 30 6. El sistema oftálmico (100, 200, 300, 400, 500) de la reivindicación 1, en el que el colorante es perileno, una porfirina o un colorante similar que puede absorber longitudes de onda azules.
7. El sistema oftálmico (100, 200, 300, 400, 500) de la reivindicación 1, en el que dicho colorante absorbe selectivamente al menos el 5 % de luz en un intervalo de longitud de onda comprendido entre 400 nm-460 nm, y en el que el sistema está adaptado para tener una transmisión media de al menos el 80 % en el espectro visible.
- 35 8. El sistema oftálmico (100, 200, 300, 400, 500) de la reivindicación 7, en el que el sistema está adaptado para tener una transmisión media de al menos el 90 % en el espectro visible.
- 40 9. Un método para fabricar un dispositivo oftálmico, que comprende:
- la preparación de una primera capa que comprende un material oftálmico y un colorante que absorbe selectivamente al menos el 5 % de luz en un intervalo de longitud de onda comprendido entre 400 nm-460 nm;
- 45 y  
 el depósito de una película sobre la primera capa;  
 en el que la película compensa un desequilibrio de colores resultante de la absorción de luz por el colorante, de tal manera que la luz blanca tiene coordenadas CIE (x, y) de  $(0,33 \pm 0,05, 0,33 \pm 0,05)$ , preferentemente de  $(0,33 \pm 0,02, 0,33 \pm 0,02)$ , después de la transmisión por el dispositivo.
- 50 10. El método de la reivindicación 9, en el que el intervalo de longitud de onda está en o cerca de 420 nm-440 nm.
11. El método de la reivindicación 10, en el que el intervalo de longitud de onda absorbida por el colorante incluye la absorción de al menos el 20 %, preferentemente al menos el 50 % de luz que tiene una longitud de onda de 430 nm.
- 55 12. El método de la reivindicación 9, en el que la película es un recubrimiento antirreflectante.
13. El procedimiento de la reivindicación 9, que comprende además:
- 60 el depósito de una segunda capa del material oftálmico sobre la película, en la que la película está dispuesta entre la primera capa y la segunda capa.
14. El sistema oftálmico de la reivindicación 7, en el que el intervalo de longitud de onda abarca 60 nm, 40 nm o 20 nm.
- 65 15. El sistema oftálmico de la reivindicación 7, en el que la anchura a media altura del intervalo de longitud de onda selectivamente absorbida es de aproximadamente 15 nm.

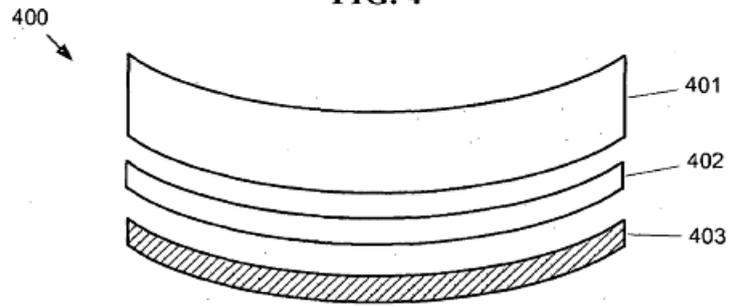
16. El sistema oftálmico de la reivindicación 1 o 7, en el que el intervalo de longitud de onda está en o cerca de 420 nm-440 nm.

5 17. El sistema oftálmico de la reivindicación 16, en el que el intervalo de longitud de onda absorbida por el colorante incluye la absorción de al menos el 20 %, preferentemente al menos el 50 %, de luz que tiene una longitud de onda de 430 nm.





**FIG. 4**



**FIG. 5**

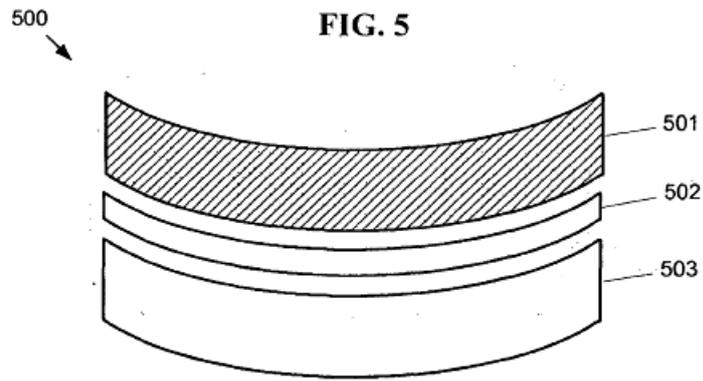
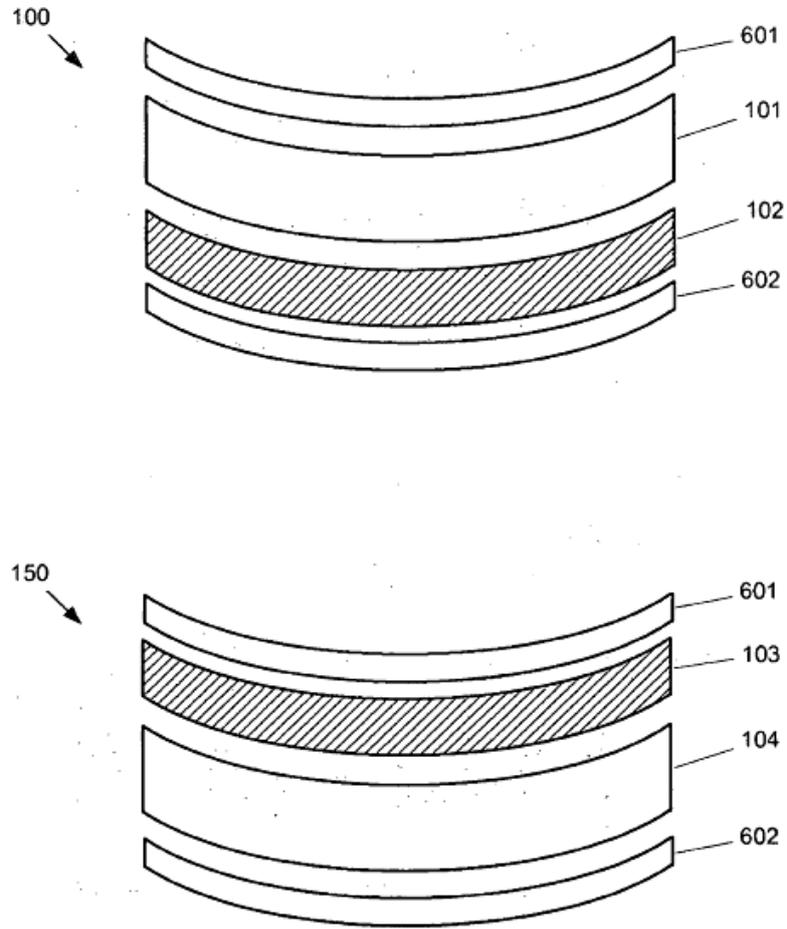


FIG. 6



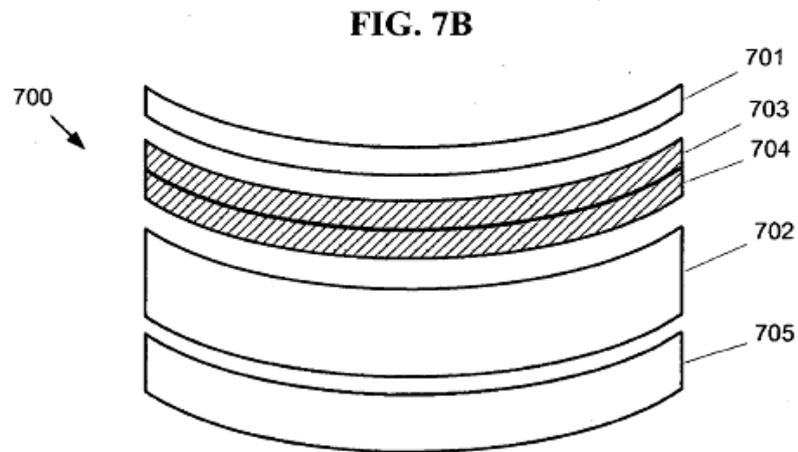
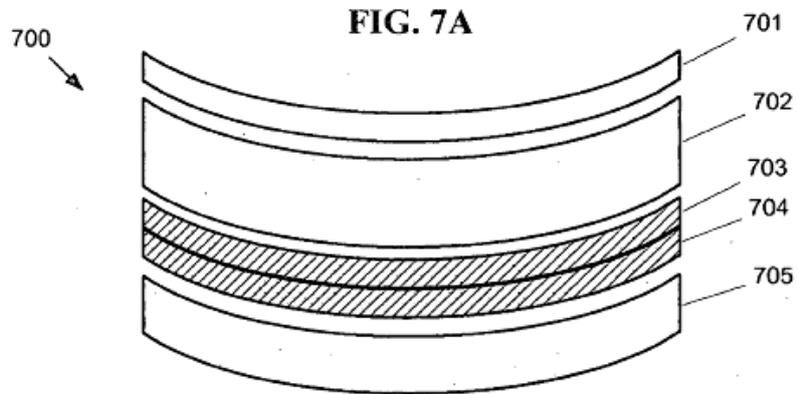
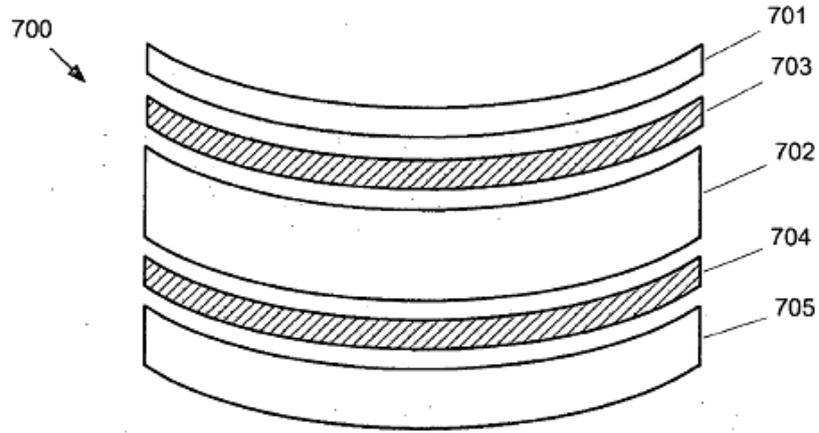
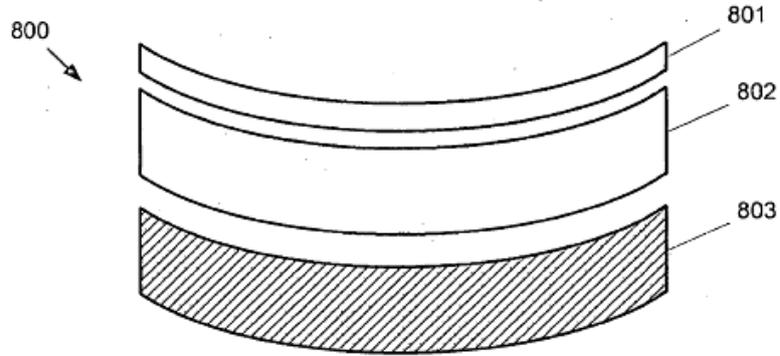


FIG. 7C



**FIG. 8A**



**FIG. 8B**

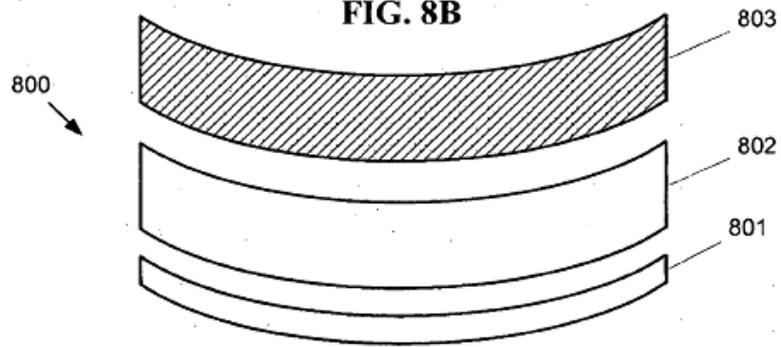
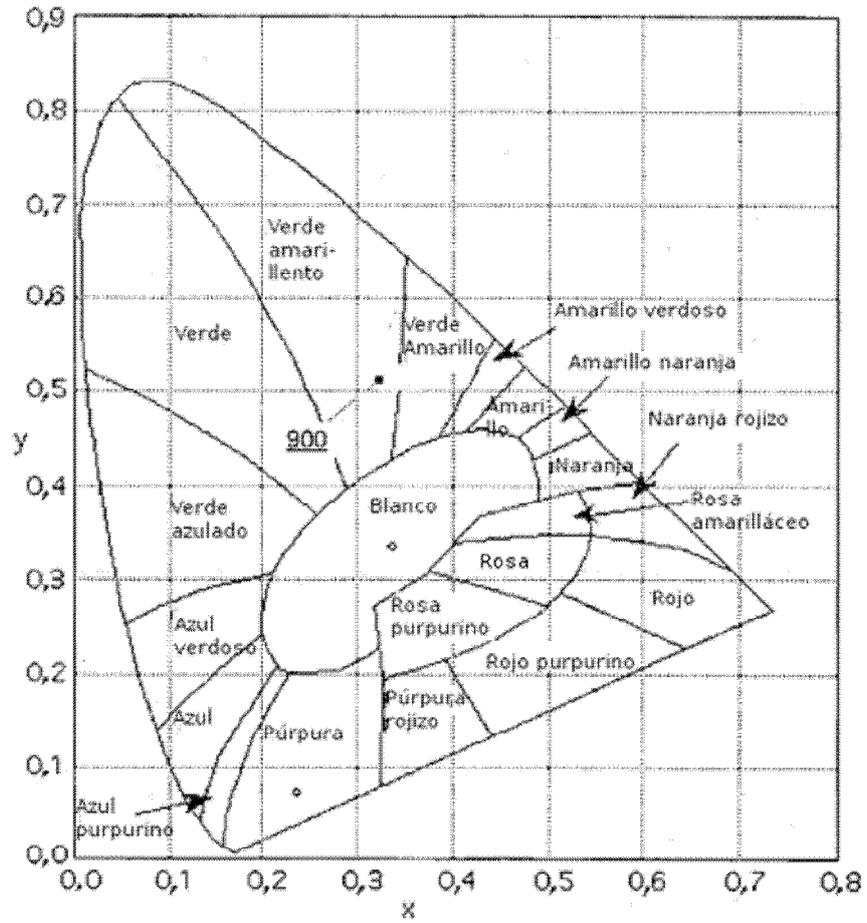
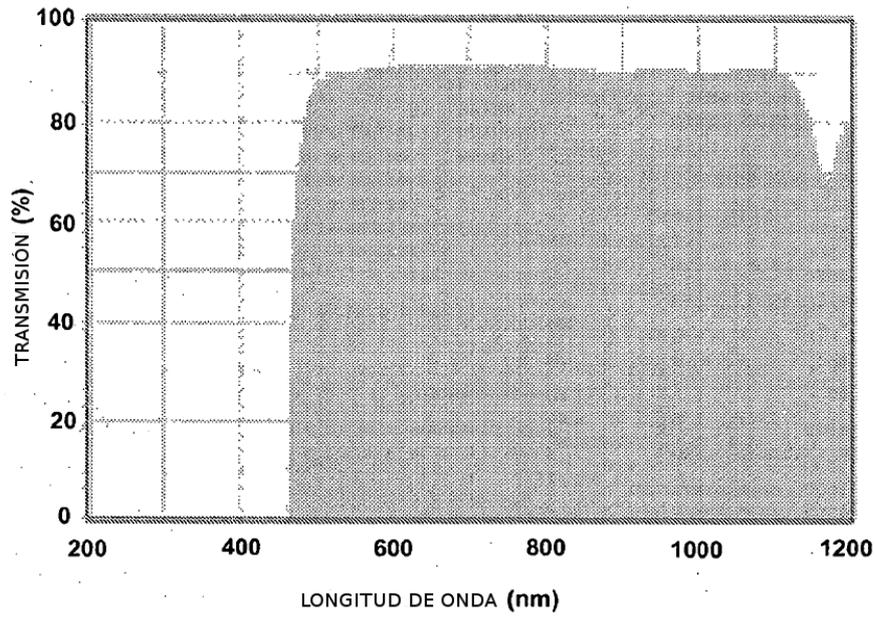


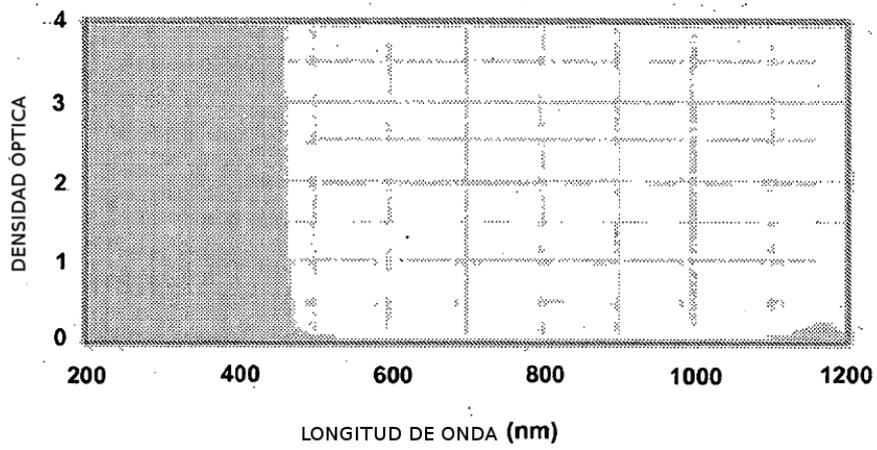
FIG. 9



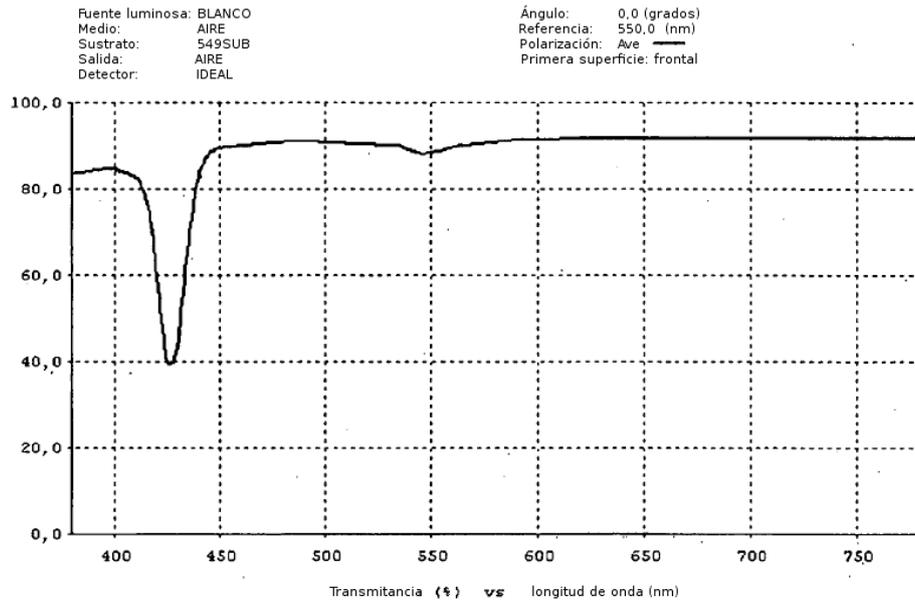
**FIG. 10**



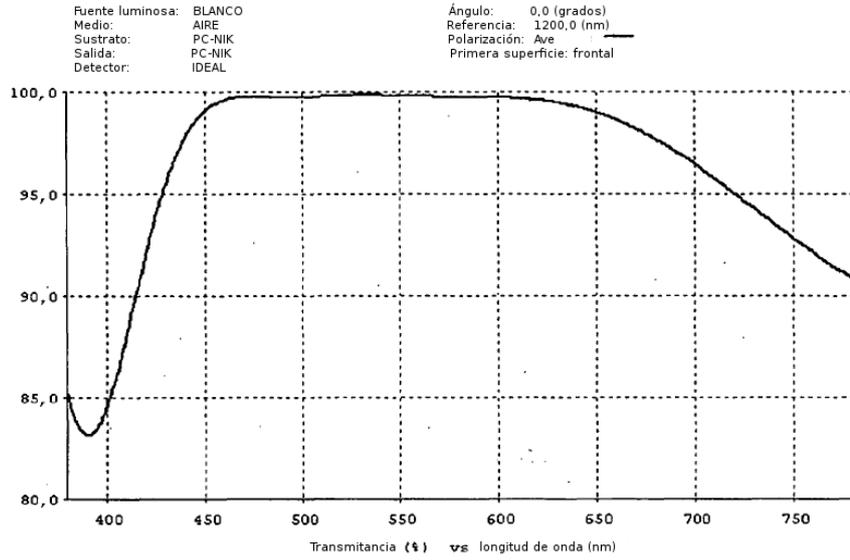
**FIG. 11**



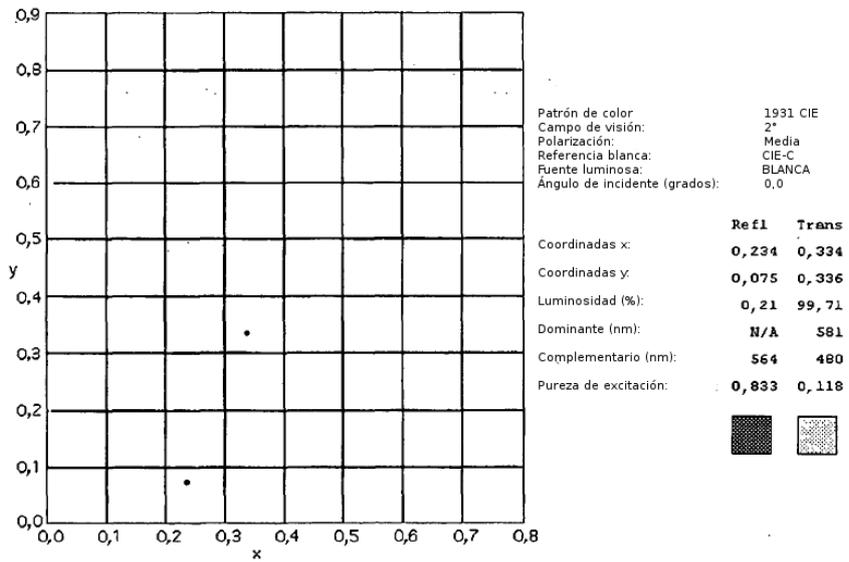
**FIG. 12**



**FIG. 13**



**FIG. 14**



**FIG. 15**

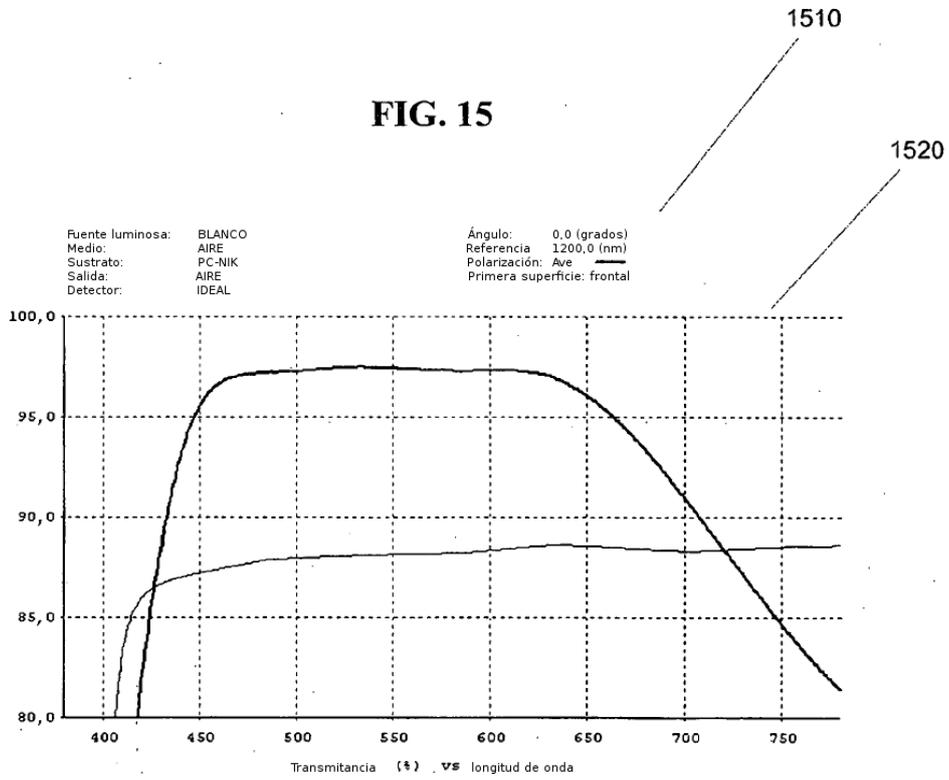


FIG. 16

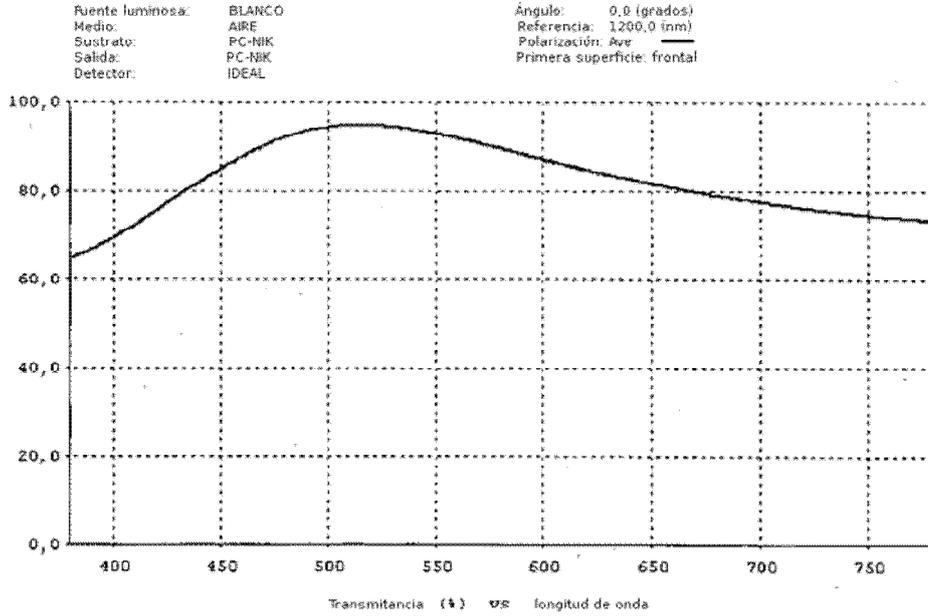
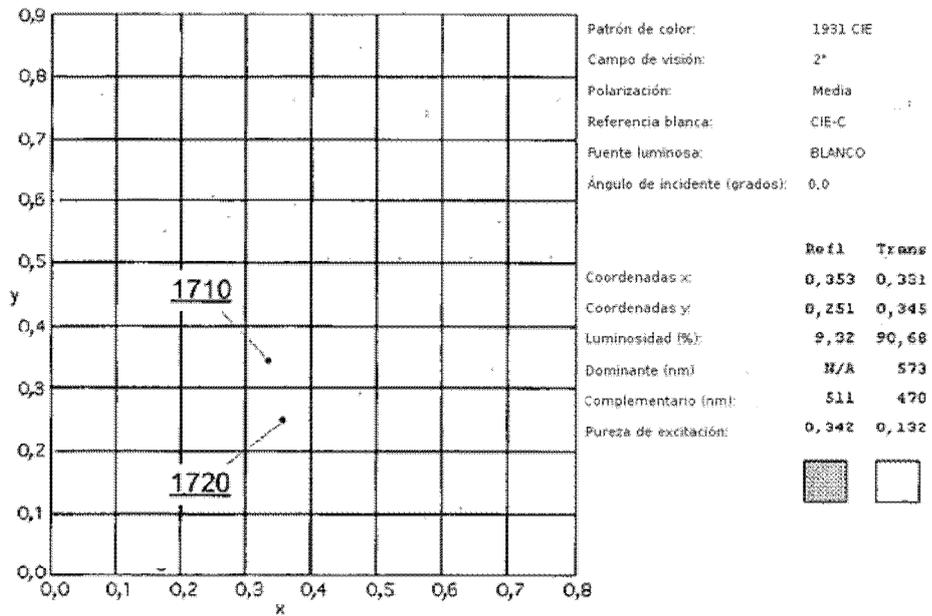
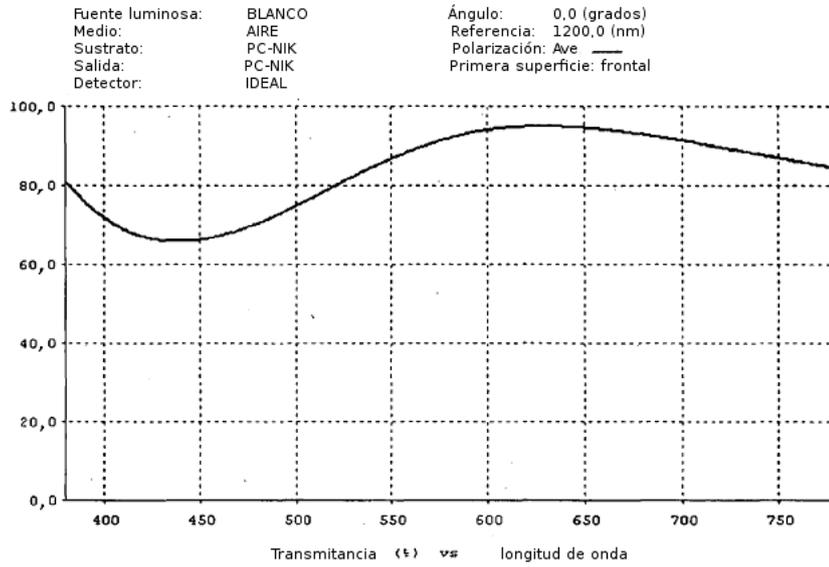


FIG. 17



**FIG. 18**



**FIG. 19**

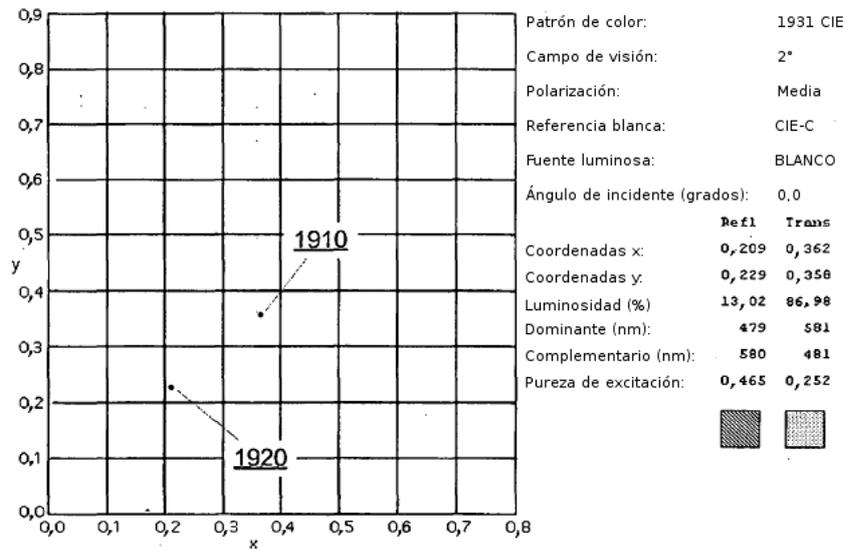


FIG. 20

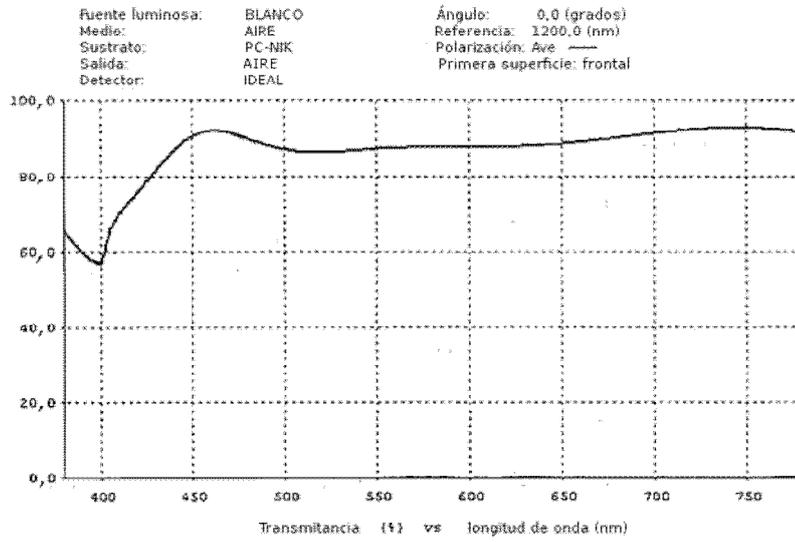
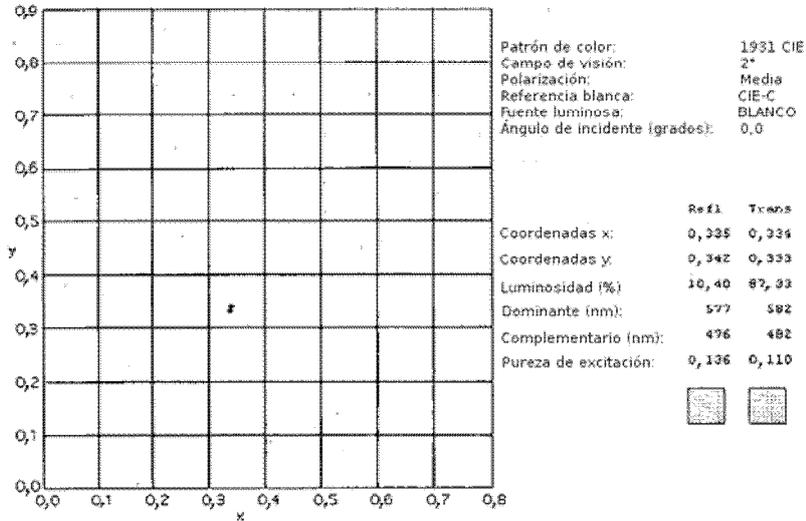
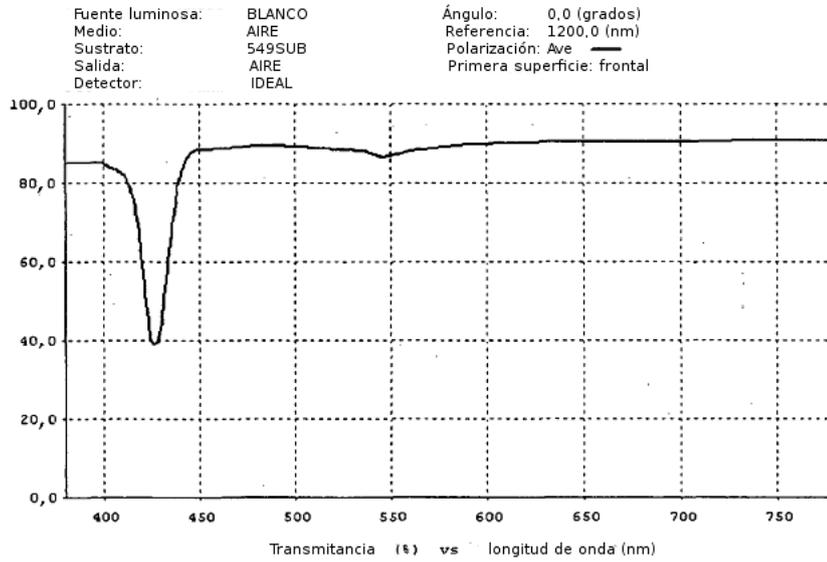


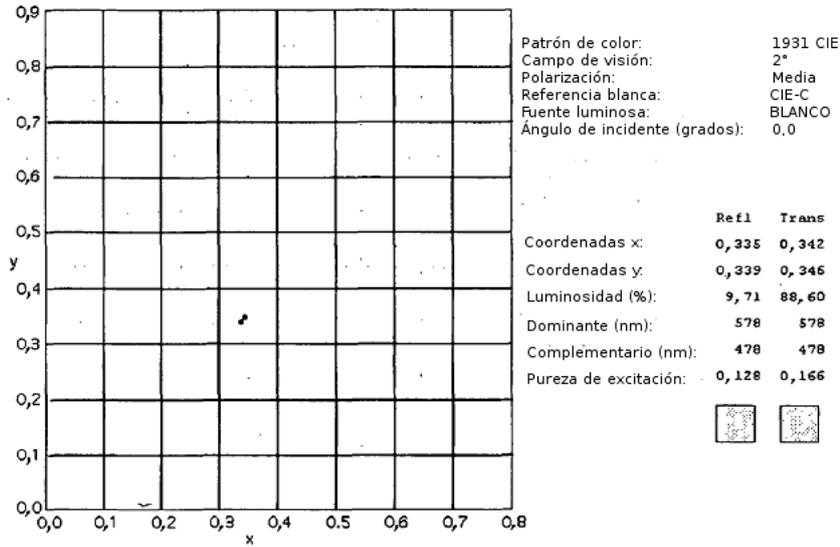
FIG. 21



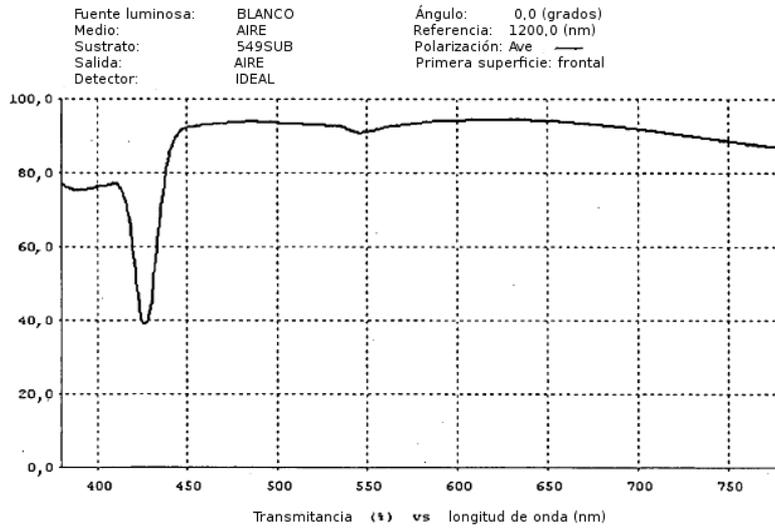
**FIG. 22**



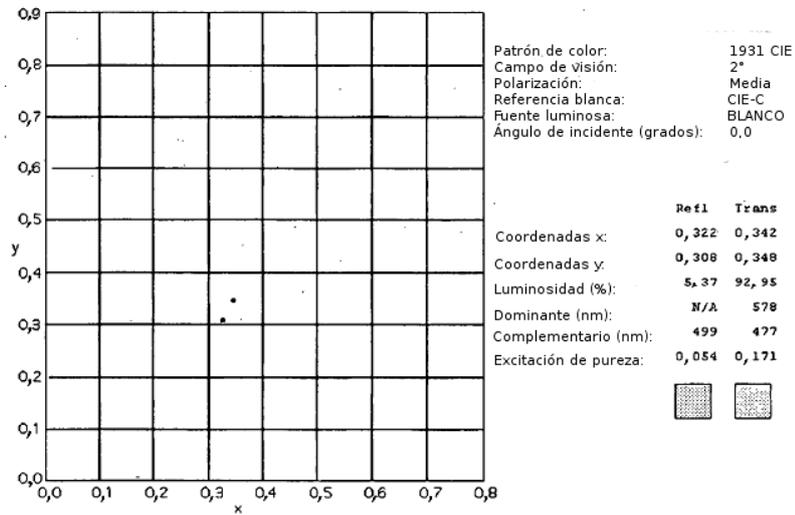
**FIG. 23**



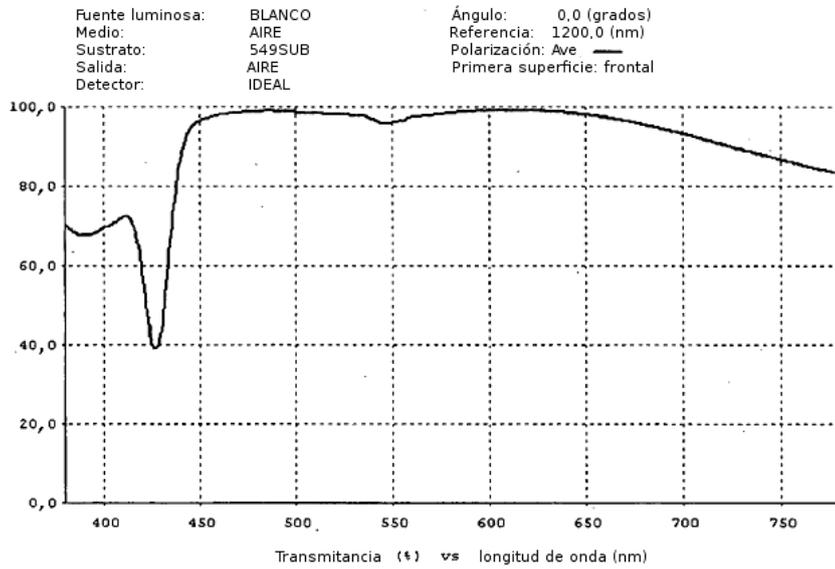
**FIG. 24**



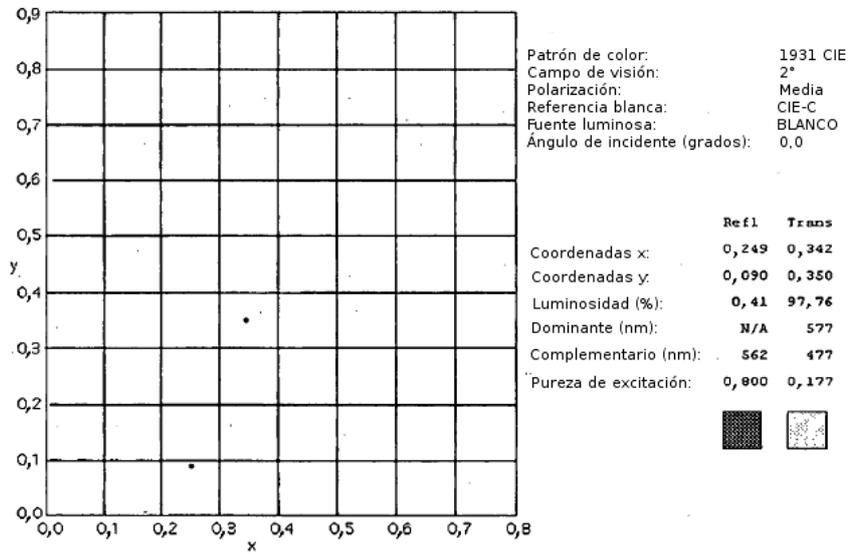
**FIG. 25**



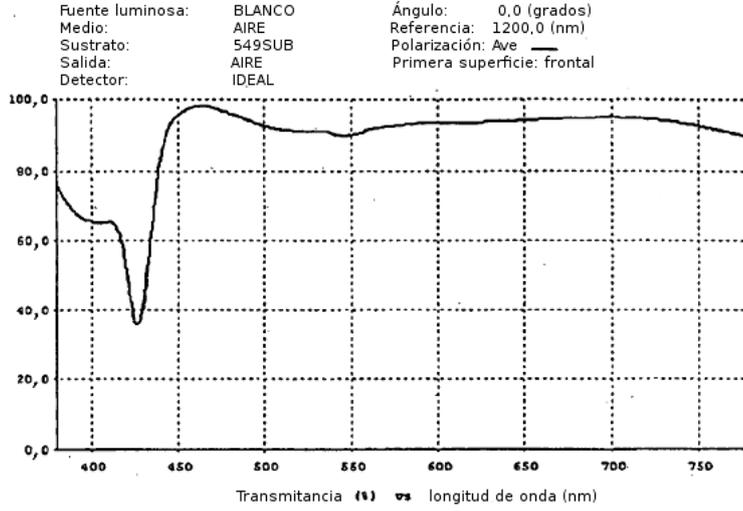
**FIG. 26**



**FIG. 27**



**FIG. 28**



**FIG. 29**

