

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 770 732**

51 Int. Cl.:

G02C 7/04 (2006.01)

A61F 2/16 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **02.02.2015 PCT/NL2015/050067**

87 Fecha y número de publicación internacional: **06.08.2015 WO15115901**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.02.2015 E 15704859 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.12.2019 EP 3100101**

54 Título: **Lente oftálmica multifocal para usarse dentro o sobre el ojo**

30 Prioridad:

31.01.2014 EP 14153523

11.07.2014 EP 14176734

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

02.07.2020

73 Titular/es:

OPHTEC B.V. (100.0%)

Schweitzerlaan 15

9728 NR Groningen, NL

72 Inventor/es:

VERBURG, ERIK;

BIEMOLD, PETER y

WASSENBURG, ALFRED WILLEM

74 Agente/Representante:

SÁEZ MAESO, Ana

ES 2 770 732 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

Lente oftálmica multifocal para usarse dentro o sobre el ojo

5 Campo y antecedentes de la invención

La invención se refiere a una lente oftálmica para usarse dentro o sobre el ojo, tal como una lente de contacto o una lente intraocular, la lente que tiene zonas con diferentes potencias ópticas refractivas.

10 La presbicia es una condición en la cual, con la edad, el ojo es menos capaz de adaptarse para enfocar objetos a diferentes distancias del ojo al doblar la lente natural del ojo. En general, la capacidad de cambiar la distancia focal entre objetos lejanos y cercanos disminuye a lo largo de la vida, desde una adaptación de aproximadamente 20 dioptrías (capacidad de cambiar la distancia focal entre el infinito hasta 50 mm de distancia) en un niño, a 10 dioptrías a los 25 años (infinito a 100 mm), y se nivela a 0,5 a 1 dioptría a los 60 años (infinito a 1-2 metros solamente). La capacidad de adaptarse también se pierde si se retira la lente natural, un tratamiento que los pacientes con cataratas suelen sufrir.

15 La capacidad de enfocarse en objetos cercanos y en objetos lejanos sin recurrir a cambiar la distancia focal de la óptica de corrección, por ejemplo, mediante el uso de anteojos de lectura o lentes de gafas multifocales, puede mejorarse mediante el uso de lentes intraoculares multifocales o lentes de contacto. Las lentes multifocales tienen diferentes distancias focales para visión cercana y lejana. En algunas lentes la potencia óptica adicional de la visión de cerca es proporcionada por un patrón difractivo en la superficie frontal o posterior de la lente. Las lentes multifocales difractivas sufren de disfotopsia (desenfoque, deslumbramiento, halos) y pérdida de luz. En otras lentes se crean diferentes distancias focales al proporcionar zonas con diferente poder de refracción. El uso de tales lentes implica la pérdida de contraste causada por la zona de transición entre las zonas para visión cercana y lejana. La diferencia en el radio de las zonas para visión cercana y visión lejana ($R_{\text{visión cercana}} < R_{\text{visión lejana}}$) da como resultado un escalón en el nivel de superficie entre las zonas de visión cercana y lejana. En algunas lentes, se intenta diseñar el escalón para minimizar la disfotopsia, por ejemplo, al proporcionar una zona de transición diseñada para dirigir la luz que ingresa a la lente a través de la zona de transición a las partes del ojo donde la luz no perturba la visión.

20 Debido a que en las lentes multifocales difractivas la potencia óptica adicional es proporcionada por una estructura difractiva agregada a la forma de la lente refractiva, la relación entre las cantidades de luz difractada y refractada con diferentes distancias focales independientemente de la ubicación dentro de la lente o sobre el ojo con relación al área pupilar. Cuando un multifocal refractivo no está centrado con relación a (coaxial con) el área pupilar del ojo, la relación entre la luz que pasa a través de una zona de visión cercana y la luz que pasa a través de una visión lejana tiende a cambiar. En otros tipos de lentes multifocales, como las lentes difractivas, una diferencia angular entre el eje óptico del ojo y el eje de la pupila (ángulo K) puede causar insatisfacción del paciente debido a perturbaciones ópticas.

25 En el documento US 5 512 220 se describe una lente en la que se evitan las perturbaciones ópticas en las uniones entre los bordes entre las zonas de visión cercana y visión lejana al tener los bordes entre las zonas de visión cercana y visión lejana en forma de caminos semicirculares que terminan fuera de la región óptica de la lente.

Además, las lentes con segmentos de visión cercana y visión lejana alternos se muestran en los documentos EP 1712947-A2 y US 2005/088615-A1.

45 Resumen de la invención

Es un objeto de la presente invención proporcionar una lente para mejorar la capacidad de enfocar objetos cercanos y objetos lejanos sin recurrir a cambiar la distancia focal de la óptica de corrección, por ejemplo, mediante el uso de anteojos de lectura o lentes de anteojos multifocales, con disfotopsia reducida y en particular una alta eficiencia de dirigir la luz a los focos de luz deseados y una relación de mejoría de la visión cercana y lejana que permanece muy constante cuando el tamaño de la pupila varía y en el que la descentración de la lente tiene muy poca influencia.

Este objetivo se consigue al proporcionar una lente de acuerdo con la reivindicación 1.

55 Debido a que las zonas de visión lejana y las zonas de visión cercana incluyen segmentos de anillo que limitan radialmente a una zona más central, los segmentos de anillo incluyen zonas de segmento de anillo de visión lejana y zonas de segmento de anillo de visión cercana que bordean el límite periférico y se alternan en sentido circunferencial a lo largo de la circunferencia completa del límite periférico, se puede proporcionar una sucesión de zonas de visión lejana y cercana en sentido radial y circunferencial sin requerir una zona de transición sustancial en el área óptica que deteriore la eficiencia óptica. En particular, las diferencias de nivel en la dirección del eje óptico entre las zonas adyacentes de visión cercana y lejana se reducen hasta el límite periférico, donde cualquier escalón restante en la transición a la porción no óptica no es problemático ópticamente. Dado que se proporciona una combinación de zonas de visión cercana y lejana en dirección radial sobre la mayor parte de la superficie óptica y se alterna sobre la circunferencia completa, la relación de luz que llega a la retina a través de zonas de visión cercana y luz que llega a la retina a través de zonas de visión lejana es muy insensible a las variaciones del tamaño de la pupila y al posicionamiento fuera del centro de la lente como ocurre en la práctica.

Las elaboraciones particulares y modalidades de la invención se exponen en las reivindicaciones dependientes.

Otras características, efectos y detalles de la invención aparecen a partir de la descripción detallada y los dibujos.

5

Breve descripción de las figuras

La Figura 1 es una vista frontal de un primer ejemplo de una lente de acuerdo con la invención.

La Figura 2 es una vista frontal de una porción óptica de un segundo ejemplo de una lente de acuerdo con la invención.

10

La Figura 3 es una vista frontal de una porción óptica de un tercer ejemplo de una lente de acuerdo con la invención; y

La Figura 4 es una vista frontal de una porción óptica de un cuarto ejemplo de una lente de acuerdo con la invención.

La Figura 5 es una vista frontal de una porción óptica de un ejemplo de una lente que no está de acuerdo con la invención;

La Figura 6 es un gráfico que muestra la agudeza visual proporcionada por una lente de acuerdo con la invención como

15

se muestra en la Figura 1, y la agudeza visual proporcionada por una lente que no está de acuerdo con la invención como se muestra en la Figura 5;

La Figura 7 es un gráfico que muestra el efecto de la variación del tamaño de la pupila sobre el porcentaje de área de superficie ópticamente efectiva cubierta por zonas de visión lejana y visión cercana para una lente de acuerdo con la invención como se muestra en la Figura 1 y para una lente que no está de acuerdo con la invención como se muestra en la Figura 5, las lentes que están perfectamente centradas;

20

La Figura 8 es un gráfico que muestra el efecto de la variación del tamaño de la pupila sobre el porcentaje de área de superficie ópticamente efectiva cubierta por zonas de visión lejana y visión cercana para una lente de acuerdo con la invención como se muestra en la Figura 1 y para una lente que no está de acuerdo con la invención como se muestra en la Figura 5, las lentes que están a 1 mm del centro, la cual es la peor medida de descentración que ocurre comúnmente en la práctica; y

25

La Figura 9 es una vista en sección transversal esquemática de la lente de acuerdo con la Figura 1 a lo largo de un meridiano muy cerca de los bordes entre las zonas de visión cercana y lejana circunferencialmente adyacentes.

Descripción detallada

30

En la Figura 1 se muestra un primer ejemplo de una lente multifocal oftálmica de acuerdo con la invención en la forma de una lente intraocular 1 con hápticos 2, un cuerpo de la lente 3 y una porción óptica 4. La lente 1 de acuerdo con el presente ejemplo está diseñada para implantarse en una bolsa capsular de un ojo afáquico (ojo del que se ha retirado la lente natural) y, por consiguiente, para usarse en un ojo humano. Tales lentes intraoculares generalmente tienen una porción óptica que tiene un diámetro de 5-8 mm, un diámetro total de 12-15 mm y están hechas, por ejemplo, de PMMA o acrílico hidrófilo, acrílico hidrófobo, silicona, poliuretano o material colámero. Las lentes de acuerdo con la invención también se pueden proporcionar en otras formas para usar dentro o sobre el ojo, por ejemplo, en forma de lente para usar en la cámara anterior del ojo, lo que permite la implantación en un ojo que tiene la lente natural en su lugar, o en forma de lentes de contacto. Las lentes intraoculares de la cámara anterior generalmente tienen una porción óptica que tiene un diámetro de 5-8 mm, un diámetro total de 8-15 mm y están hechas, por ejemplo, de PMMA o acrílico hidrófilo, acrílico hidrófobo, silicona, poliuretano o material colámero. Una lente de contacto está típicamente libre de hápticos y la porción no óptica del cuerpo de la lente que limita periféricamente la porción óptica se conformará para proporcionar una transición suave a la superficie externa de la córnea y las características deseadas de flotación y adherencia. Las lentes de contacto duras generalmente tienen un diámetro de 8-9 mm y están hechas, por ejemplo, de PMMA o acrilato de fluorosilicona o material de acrilato de silicona. Las lentes de contacto blandas generalmente tienen un diámetro de 14-14,5 mm y están hechas, por ejemplo, de elastómero de silicona, macrómero que contiene silicona, hidrogel o material de hidrogel que contiene silicona. Generalmente, una lente de acuerdo con la invención puede tener, por ejemplo, un diámetro total de menos de 15 a 16 mm y una porción óptica que tiene un diámetro de menos de 9 a 10 mm.

35

40

45

50

55

La porción óptica 4 del cuerpo de la lente 3 es la porción más grande de la lente que se puede esperar que se coloque dentro o sobre el ojo, de manera que la luz que pasa a través de ella alcance la retina de una manera que contribuye a la imagen proyectada en la retina. En vista de la forma redonda del área pupilar a través de la cual la luz pasa a la retina y la distribución generalmente aleatoria de la descentración que ocurre en la práctica, el límite periférico de la porción óptica es típicamente de forma redondeada, como circular u ovalada. En el presente ejemplo el límite periférico 5 de la porción óptica 4 tiene una forma circular. En el presente ejemplo el límite periférico 5 coincide, además, con el límite periférico de las superficies frontal y posterior de la lente que están conformadas para proporcionar refracción óptica con una potencia para mejorar la visión. Sin embargo, la porción no óptica también puede tener una forma tal que tenga una potencia óptica refractiva, por ejemplo, como una continuación de al menos algunas zonas de la porción óptica.

60

65

La porción óptica 4 tiene superficies anterior y posterior en forma tal que se forman zonas de visión lejana 6, 7, 8 que tienen una primera potencia refractiva y se forman zonas de visión cercana 9, 10, 11 que tienen una potencia adicional. En los dibujos, las zonas de visión cercana se han sombreado, pero son igualmente transparentes que las zonas de visión lejana. Las zonas de visión lejana 6, 7, 8 y las zonas de visión cercana 9, 10, 11 incluyen segmentos de anillo 7, 8, 10, 11, cada uno que delimita radialmente una zona más central 6, 7, 9, 10. Los segmentos de anillo 7, 8, 10, 11 incluyen segmentos de anillo 8, 11 que bordean el límite periférico 5. Estos segmentos de anillo de visión lejana y visión cercana se alternan en sentido circunferencial a lo largo de la circunferencia completa del límite periférico 5 de la porción óptica 4.

Por lo tanto, se proporciona una sucesión de zonas de visión lejana y cercana 6-11 en sentido radial y circunferencial sin requerir una zona de transición sustancial en el área óptica que deteriore la eficiencia óptica. Las zonas de borde que forman transiciones entre zonas ópticas adyacentes pueden cubrir, por ejemplo, menos del 5%, menos del 3% o menos del 1% del área de superficie de la porción óptica. En vista de pequeños escalones en el nivel de superficie entre zonas circunferencialmente adyacentes, esto generalmente será suficiente para proporcionar una transición suficientemente suave. En particular, las diferencias de nivel en la dirección del eje óptico entre las zonas de visión cercana y lejana circunferencialmente adyacentes se reducen hasta el límite periférico, porque en sentido radial se obtiene una alternancia de zonas de visión cercana y lejana esencialmente sobre la porción óptica completa de la lente. Como se ilustra en la Figura 9, la alternancia de las zonas de visión cercana N y las zonas de visión lejana F en sentido radial hace que la diferencia máxima en el nivel de superficie entre las zonas de visión circunferencialmente adyacentes cercana y lejana sea relativamente pequeña. En el ejemplo que se muestra de un conjunto de segmentos circunferencialmente adyacentes de los segmentos de anillo, uno primero tiene un grosor que varía desde un primer grosor en un borde radialmente interno del primer segmento de anillo hasta un segundo grosor en un borde radialmente externo del primer segmento de anillo y el segundo tienen un grosor que varía desde un tercer grosor en un borde radialmente interno del segundo segmento de anillo hasta un cuarto grosor en un borde radialmente externo del segundo segmento de anillo. El primer grosor es más pequeño que el tercer grosor y el segundo grosor es más grande que el cuarto grosor y los segmentos de anillo circunferencialmente adyacentes del conjunto tienen el mismo grosor en una posición ubicada en sentido radial entre los bordes interno y externo del conjunto de segmentos de anillo circunferencialmente adyacentes. Por lo tanto, los grosores variables de los segmentos de anillo circunferencialmente adyacentes se cruzan entre sí, de manera que la diferencia máxima en el nivel de superficie entre las zonas de segmento de anillo de visión cercana y lejana circunferencialmente adyacentes 9 y 6, 10 y 7 y 11 y 8 es particularmente pequeña.

Para reducir las diferencias en el nivel de superficie entre las zonas de segmento de anillo de visión cercana y lejana circunferencialmente adyacentes en toda la porción óptica, este principio puede aplicarse para al menos otro conjunto de segmentos de anillo circunferencialmente adyacentes, radialmente adyacente al conjunto de los segmentos circunferencialmente adyacentes de los segmentos de anillo o incluso para cada conjunto de los segmentos circunferencialmente adyacentes de los segmentos de anillo.

Para reducir la diferencia máxima en el nivel de superficie entre las zonas de segmento de anillo de visión cercana y lejana circunferencialmente adyacentes 9 y 6, 10 y 7 y 11 y 8 es particularmente pequeña, las posiciones de igual grosor de las circunferenciales adyacentes de los segmentos de anillo pueden ubicarse en una zona entre, por ejemplo, 30 y 70% o, para una reducción adicional, entre 40 y 60% de la distancia entre los bordes interno y externo de los respectivos segmentos de anillo.

Cualquier escalón restante en la transición a la porción periférica no óptica no es problemático ópticamente. Dado que se proporciona una combinación de zonas de visión cercana y lejana en dirección radial sobre la mayor parte de la superficie óptica y las zonas del segmento de anillo de visión cercana y lejana alternan sobre la circunferencia completa hasta el límite periférico externo, la relación de luz que llega a la retina a través de zonas de visión cercana y la luz que llega a la retina a través de zonas de visión lejana es muy insensible a las variaciones del tamaño de la pupila y al posicionamiento fuera del centro de la lente, como ocurre en la práctica.

Estas ventajas ópticas se ilustran mediante resultados de medición que comparan una lente como se muestra en la Figura 1 con una lente no de acuerdo con la invención de la cual se muestra una porción óptica 20 en la Figura 5. Esta lente tiene una zona de visión lejana 21 y una zona de visión cercana 22, pero las zonas de visión lejana y las zonas de visión cercana 21, 22 no incluyen segmentos de anillo de ambas potencias refractivas, cada una de las cuales limita radialmente una zona más central de otra de las potencias refractivas y las zonas de anillo de visión lejana y segmento de anillo de visión cercana que bordean el límite periférico no se alternan en sentido circunferencial a lo largo de la circunferencia completa del límite periférico. Como se muestra en la Figura 6, la lente de acuerdo con la Figura 1 proporciona una agudeza visual sustancialmente más constante en el rango de distancia lejano a cercano que la lente de acuerdo con la Figura 5. Además, en comparación con la lente de acuerdo con la Figura 5, la lente de acuerdo con la Figura 1 proporciona una agudeza visual sustancialmente mejor en el rango de distancia lejano a intermedio y en el rango de distancia cercana, y solo una agudeza visual un poco menos buena en un rango de distancia intermedio a cercano relativamente corto.

En las lentes de contacto los pequeños escalones entre las zonas visuales adyacentes no solo son ventajosos por razones ópticas, sino también para mejorar la comodidad de uso contra la córnea o los párpados, en particular cuando se parpadea.

La Figura 7 muestra que, para una lente perfectamente centrada, los cambios en la relación entre las áreas de superficie ópticamente activas de las zonas de visión cercana y lejana debido a los cambios en el diámetro de la pupila son casi iguales y bastante limitados. Sin embargo, como se muestra en la Figura 8, cuando se mira una lente con una descentración de 1 mm, el peor centrado que normalmente se encuentra en la práctica, el rango en el que la relación entre las áreas de superficie ópticamente activas de las zonas de visión cercana y lejana cambia debido a cambios en el diámetro de la pupila es mayor para la lente que no está de acuerdo la invención que para una lente de acuerdo con la invención, en la cual el porcentaje del área de superficie ópticamente activa cubierta por zonas de visión cercana o lejana disminuye nuevamente después de haber aumentado cuando el diámetro de la pupila disminuye de 5 mm a 2 mm.

En el ejemplo que se muestra en la Figura 1 los segmentos de anillo 7, 10 en un anillo hacia dentro de los segmentos de anillo 8, 11 que bordean el límite periférico 5, cada uno limita una zona radialmente más central 6, 9 a lo largo de una circunferencia interna completa de ese anillo. Esto permite que se reduzca la diferencia en el nivel de superficie entre las zonas adyacentes de visión cercana y visión lejana, y en consecuencia la perturbación óptica.

5

Además, cada una de la visión lejana 8 de los segmentos de anillo 8, 11 que bordean el límite periférico circunferencial 5 limita radialmente un segmento de anillo de visión cercana 10 de un anillo hacia dentro de los segmentos de anillo 8, 11 que bordean el límite periférico 5 y cada una de la visión cercana 11 de los segmentos de anillo 8, 11 que bordean el límite periférico circunferencial 5 limita radialmente un segmento de anillo de visión lejana 7 del anillo hacia dentro de los segmentos de anillo 8, 11 que bordean el límite periférico. Por lo tanto, se logra una alternancia entre las zonas de visión cercana y lejana radialmente hacia dentro desde el límite periférico sobre toda la porción óptica de circunferencia 4, de manera que se pueden lograr pequeños escalones entre las superficies de las zonas adyacentes de visión cercana y lejana sobre toda la porción óptica de circunferencia 4.

10

15

Los bordes 31 entre las más centrales 6, 9 de las zonas de visión cercana y visión lejana están curvados con un lado convexo orientado hacia un centro 38 de la porción óptica 4 y entre sí, de manera que se evitan las intersecciones de bordes entre las zonas adyacentes de visión cercana y lejana en una porción central de la porción óptica 4. Otra ventaja de esta característica es que fabricar una lente que tiene bordes entre las zonas de visión cercana y lejana que pasan a través del centro de la lente es muy difícil y costoso. Tal lente se fabrica, por ejemplo, mediante torneado, en el que se coloca un troquel de lente en un soporte de mecanizado giratorio y se somete a la influencia de una o más herramientas de eliminación de material, mientras que la lente giratoria o la herramienta se somete a un movimiento de ida y vuelta en la dirección del eje de rotación en función de la rotación de la lente para formar al menos una de las elevaciones, el engrosamiento del borde periférico o la lente de lectura.

20

25

Los bordes 31 tienen continuaciones 32, 33 que se extienden radialmente hacia el límite periférico 5 de la porción óptica 4, de manera que los bordes 33 entre los circunferencialmente vecinos 8, 11 de los segmentos de anillo que bordean en el límite periférico 5 están en línea con los bordes 32 entre los circunferencialmente vecinos 7, 10 de los segmentos de anillo del anillo hacia dentro de los segmentos de anillo 8, 11 que bordean en el límite periférico 5. Esto reduce el número de intersecciones de bordes, por lo que la perturbación óptica es limitada. Además, los escalones entre zonas sucesivas en dirección radial se pueden mantener muy pequeños en toda la longitud del borde entre estas zonas, lo que proporciona que los segmentos de anillo que delimitan radialmente una zona más central estén alineados, con la zona más central delimitada, de esta manera, en al menos una posición a lo largo de un borde entre ese segmento de anillo y la zona más central. Cada zona siguiente en dirección radial puede elevarse o bajarse para minimizar el escalón entre la superficie de esa zona y la superficie de la zona radialmente adyacente de manera muy efectiva, porque el nivel de cada zona de visión siguiente tiene que adaptarse para nivelar solamente una zona de visión más interna. Además, si al menos las zonas de visión cercana o lejana tienen una forma esférica, un escalón entre las zonas de visión cercana y lejana radialmente adyacentes puede ser mutuamente, esencialmente al ras en toda la longitud del borde entre estas zonas de visión cercana y lejana mediante la aplicación de una superficie corrección de nivel que es incrementalmente diferente para cada zona meridiana.

30

35

40

Si bien el escalón entre zonas radialmente adyacentes se puede reducir a cero o casi cero a lo largo de todo el borde entre dos de esas zonas sucesivas, el escalón entre las zonas de visión cercana circunferencialmente adyacentes y de visión lejana no se reduce en tal medida, porque la inclinación en dirección radial de cada zona de visión cercana diferirá significativamente de la inclinación en dirección radial de las zonas de visión lejana circunferencialmente adyacentes. Sin embargo, debido a la alternancia de zonas de visión lejana y cercana en dirección radial, la corrección del nivel de la superficie para minimizar los escalones entre las zonas de visión lejana y cercana radialmente adyacentes también reduce el escalón máximo entre las superficies de las zonas de visión cercana y visión lejana circunferencialmente adyacentes. Esta reducción puede equivaler a reducir el escalón máximo como máximo a 1/3 del escalón máximo que se obtendría si todas las superficies de la zona de visión cercana son parte de una esfera o asfera de visión cercana común y todas las superficies de la zona de visión lejana son parte de una superficie común esfera o asfera de visión lejana dispuesta para minimizar el escalón promedio entre las superficies adyacentes de la visión cercana y de la zona de visión lejana.

45

50

Aunque en el presente ejemplo, las zonas de visión cercana 9-11 y las zonas de visión lejana 6-8 ocupan cada una aproximadamente el 50% de la superficie de la porción óptica 4, en dependencia de los requisitos de un usuario, también se pueden proporcionar otras relaciones entre el área de superficie de las zonas de visión cercana 9-11 y las zonas de visión lejana 6-8. En la mayoría de los casos, se prefiere que las zonas de visión cercana formen al menos 10% y a lo máximo 50% del área de superficie de la porción óptica 4, ya que la buena visión lejana en condiciones de poca luz generalmente se considera más importante que buena cerca visión en condiciones de poca luz.

55

60

Cada zona 6-11 puede tener una corrección esférica que coincida con la posición de esa zona en la porción óptica 4. En el presente ejemplo, todas las zonas 6-11 de la superficie anterior de la porción óptica 4 son esféricas para corregir las aberraciones esféricas, mientras que la superficie posterior de la porción óptica 4 tiene una forma uniformemente esférica. Sin embargo, también es posible incluir algo o toda la asfericidad en la superficie de forma uniforme opuesta a la superficie en la que se forman las zonas con diferentes poderes de refracción. Además, las zonas con diferentes poderes de refracción pueden proporcionarse conformando dichas zonas parcialmente en las superficies anterior y parcialmente en las superficies posteriores.

65

La lente 1 tiene una porción no óptica 18 que limita periféricamente la porción óptica 4. La porción no óptica 18 soporta la porción óptica, que es particularmente relevante para mantener la porción óptica 4 plana si la lente 1 es del tipo plegable, de modo que también la porción óptica 4 es de material muy flexible. La porción no óptica del cuerpo de la lente puede ser de un tinte, color y/o textura que absorba la luz, para evitar perturbaciones ópticas por la luz reflejada desde allí.

Dentro del marco de la invención como se establece en las reivindicaciones, son concebibles muchas otras variantes. Por ejemplo, además de las zonas de visión cercana y lejana, también se pueden proporcionar zonas para mejorar la visión a distancias intermedias y alternar con las zonas de visión cercana y lejana en sentido circunferencial y radial. Además, las zonas de visión cercana y lejana pueden disponerse de manera intercambiada, de manera que, en cualquiera de las modalidades, todas las zonas que forman zonas de visión cercana se reemplazan por zonas de visión lejana y viceversa.

En la Figura 2, se muestra una porción óptica 54 de un segundo ejemplo de una lente de acuerdo con la invención. En esta lente, en comparación con la lente que se muestra en la Figura 1, el número de zonas de visión cercana y lejana sucesivas en sentido radial se ha incrementado de dos anillos de zonas de segmentos de anillo de visión cercana y lejana que se alternan circunferencialmente a cinco anillos de zonas de segmento de anillo de visión cercana 63-67 y zonas de segmento de anillo de visión lejana 57-61 que se alternan circunferencialmente. Dentro del anillo interno de los segmentos de anillo alternos 57, 63, están dispuestas las zonas de segmento de anillo de visión lejana central 56 y la zona de visión cercana central 62. Cuanto mayor sea el número de anillos de zonas de segmentos de anillo de visión cercana y lejana que se alternan circunferencialmente (que por ejemplo también pueden ser tres, cuatro o siete de dichos anillos), más pequeños serán los escalones entre los niveles de superficie entre zonas de visión cercana y lejana circunferencialmente adyacentes en particular. Sin embargo, con el número de tales anillos de zona de segmento de anillo que se alternan, la longitud creciente de los límites entre las zonas adyacentes de visión cercana y lejana puede compensar las ventajas adicionales obtenidas por la altura reducida del escalón.

En la Figura 3, se muestra una porción óptica 104 de un tercer ejemplo de una lente de acuerdo con la invención. En esta lente, en comparación con la lente mostrada en la Figura 1, el tamaño en sentido circunferencial de las zonas de segmento de anillo de visión cercana 110, 111 en los anillos de zonas de segmento de anillo de visión cercana y lejana que se alternan circunferencialmente 107, 108, 110, 111 se ha reducido, de manera que la porción de la superficie óptica efectiva ocupada por las zonas de visión cercana 109, 110, 111 se reduce a medida que el diámetro del área de la porción óptica 104 que es efectiva aumenta con el diámetro de la pupila. El diámetro de la pupila tiende a aumentar a medida que disminuye la intensidad de la luz ambiental. Por lo tanto, la proporción del área de superficie disponible para mejorar la visión lejana aumenta a medida que los niveles de luz son más bajos y la visión lejana se vuelve más importante, por ejemplo, al caminar en la oscuridad o conducir de noche.

También se puede lograr un aumento o disminución de la porción de la superficie óptica efectiva ocupada por las zonas de visión cercana, ya que el diámetro del área de la porción óptica que es efectiva aumenta con el diámetro de la pupila y también se puede lograr al organizar los bordes entre las zonas de visión lejanas y cercanas radialmente adyacentes más hacia dentro o más hacia fuera.

En la lente de acuerdo con la Figura 3, los bordes 133 entre las zonas de visión lejana circunferencialmente adyacentes 108 y las zonas de visión cercana 111 en el anillo que limita con el límite periférico 105 de la porción óptica 104 no están en línea con los bordes 132 entre las zonas de visión lejana circunferencialmente adyacentes 107 y zonas de visión cercana 110 en el anillo que limita internamente con el anillo que limita con el límite periférico 105 de la porción óptica 104. Estos límites más internos 132 tampoco están en línea con el límite 131 entre las zonas 106 de visión lejana más centrales y la zona 109 de visión cercana. Por lo tanto, la lente de acuerdo con la Figura 3 tiene más intersecciones de bordes entre zonas de visión adyacentes y pueden ocurrir escalones relativamente grandes en los bordes entre zonas de visión lejana radialmente adyacentes 106, 107, 108.

Este problema se ha resuelto en la lente de acuerdo con la Figura 4 en la cual los bordes circunferenciales contiguos 184-187 entre las zonas de visión cercana radialmente sucesivas 159-161 y las zonas de visión lejana 156-158 forman formas no circulares, las formas no circulares están dispuestas de manera que las zonas de visión de un tipo (en este ejemplo, las zonas de visión cercana 159-161) son más pequeñas en dirección radial que las zonas de visión del otro tipo (en este ejemplo, las zonas de visión lejana 156-158). Así, se obtiene una reducción de la porción de la superficie óptica efectiva ocupada por las zonas de visión cercana 159-161 a medida que el diámetro del área de la porción óptica 154 que es efectiva aumenta con el diámetro de la pupila, mientras se mantiene la característica que limita 183 entre las zonas de visión lejana circunferencialmente adyacentes 158 y las zonas de visión cercana 161 en el anillo que limita con el límite periférico 155 de la porción óptica 154 están en línea con los bordes 182 entre las zonas de visión lejana circunferencialmente adyacentes 157 y las zonas de visión cercana 160 en el anillo que limita hacia dentro con el anillo que limita con el límite periférico 155 de la porción óptica 154. También se mantiene la característica de que los bordes 182 más hacia dentro también están en línea con los límites 181 entre las zonas 156 de visión lejana más centrales y la zona 109 de visión cercana. Por lo tanto, se evitan las intersecciones adicionales de las fronteras entre las zonas de visión adyacentes y los escalones relativamente grandes en los bordes entre las zonas de visión lejana radialmente adyacentes.

Las formas no circulares formadas por los bordes circunferenciales contiguos 184-187 son ovales, lo cual es ventajoso para mantener baja la longitud total de los bordes 184-187. Se ha logrado una longitud total particularmente pequeña de

5 estos bordes 184-187 en el presente ejemplo al proporcionar las formas no circulares en forma de elipsoides. Para una longitud de borde global corta, también es ventajoso que se hayan proporcionado dos conjuntos de bordes circunferencialmente contiguos 184, 185 y 186, 187, siendo el eje longitudinal de la forma formada por el primer conjunto de bordes circunferencialmente contiguos 184, 185 perpendicular a el eje longitudinal de la forma formada por el otro conjunto de bordes circunferencialmente contiguos 186, 187.

10 Se han descrito varias características como parte de las modalidades iguales o separadas. Sin embargo, se apreciará que el alcance de la invención que se define en las reivindicaciones también incluye modalidades que tienen combinaciones de todas o algunas de estas características distintas de las combinaciones específicas de características incorporadas en los ejemplos.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Una lente multifocal oftálmica para usar en un ojo humano, la lente tiene una porción óptica con superficies anterior y posterior y un límite periférico circunferencial, la porción óptica tiene zonas de visión lejana que tienen una primera potencia refractiva y zonas de visión cercana que tienen una potencia adicional, las zonas de visión lejana y las zonas de visión cercana que incluyen segmentos de anillo que tienen una de dichas potencias refractivas, cada uno de los cuales limita radialmente una zona más central de otro de dichas potencias refractivas, los segmentos de anillo incluyen segmentos de anillo que bordean el límite periférico y se alternan en sentido circunferencial a lo largo de la circunferencia completa del límite periférico.
- 10 2. Una lente de acuerdo con la reivindicación 1, en donde los segmentos de anillo en al menos un anillo hacia dentro de dichos segmentos de anillo que bordean el límite periférico cada uno de ellos se une a una zona radialmente más central a lo largo de una circunferencia interna completa de dicho anillo.
- 15 3. Una lente de acuerdo con la reivindicación 1, en donde cada visión lejana de uno de dichos segmentos de anillo que bordean el límite periférico circunferencial limita radialmente un segmento de anillo de visión cercana de un anillo hacia dentro de dichos segmentos de anillo que bordean el límite periférico y cada visión cercana de uno de dichos segmentos de anillo que bordean el límite periférico circunferencial limita radialmente un segmento de anillo de visión lejana de dicho anillo hacia dentro de dichos segmentos de anillo que bordean el límite periférico.
- 20 4. Una lente de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde los bordes entre la mayoría de las zonas centrales de las zonas de visión cercana y visión lejana están curvados con un lado convexo orientado hacia un centro de la porción óptica.
- 25 5. Una lente de acuerdo con las reivindicaciones 3 y 4, en donde un borde entre los circunferencialmente vecinos de los segmentos de anillo que bordean el límite periférico está en línea con un borde entre los circunferencialmente vecinos de los segmentos de anillo de dicho anillo hacia dentro de dichos segmentos de anillo que bordean el límite periférico
- 30 6. Una lente de acuerdo con la reivindicación 5, en donde los bordes circunferencialmente contiguos entre zonas de visión cercana radialmente sucesivas y zonas de visión lejana forman al menos una forma no circular, la forma no circular que se dispone de manera que las zonas de visión cercana o las zonas de visión lejana de un anillo de las zonas de segmento de anillo circunferencialmente sucesivas son más pequeñas en dirección radial que las zonas de visión lejana o, respectivamente, las zonas de visión cercana del mismo anillo de zonas de segmento de anillo circunferencialmente sucesivas.
- 35 7. Un lente de acuerdo con la reivindicación 6, en donde la forma no circular es una forma ovalada.
- 40 8. Una lente de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde las zonas de visión cercana forman al menos el 10% y a lo máximo el 50% del área de superficie óptica.
- 45 9. Una lente de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde las zonas de transición entre las zonas de visión cercana y lejana forman a lo máximo el 5% del área de superficie óptica.
- 50 10. Una lente de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde al menos uno de los segmentos de anillo que delimita radialmente una zona más central está al ras con la zona más central delimitada de esta manera, en al menos una posición a lo largo de un borde entre dicho segmento de anillo y dicha zona más central.
- 55 11. Una lente de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que cada zona tiene una corrección esférica que coincide con la posición de esa zona en la porción óptica.
- 60 12. Una lente de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además una porción no óptica que limita periféricamente la porción óptica.
13. Una lente de acuerdo con la reivindicación 12, en donde la porción no óptica comprende hápticos para suspender la porción óptica en un ojo.
14. Una lente de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el límite periférico circunferencial es de forma circular u ovalada.
15. Un lente de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde: un primero de un conjunto de los circunferencialmente adyacentes de dichos segmentos de anillo tiene un grosor que varía desde un primer grosor en un borde radialmente interno de dicho primer segmento de anillo hasta un segundo grosor en un borde radialmente externo de dicho primer segmento de anillo;

un segundo de dicho conjunto de los circunferencialmente adyacentes de dichos segmentos de anillo tiene un grosor que varía desde un tercer grosor en un borde radialmente interno de dicho segundo segmento de anillo hasta un cuarto grosor en un borde radialmente externo de dicho segundo segmento de anillo;

el primer grosor es más pequeño que el tercer grosor y el segundo grosor es más grande que el cuarto grosor; y los segmentos de anillo circunferencialmente adyacentes de dicho conjunto son de igual grosor en una posición ubicada en sentido radial entre los bordes interno y externo de dicho conjunto de segmentos de anillo circunferencialmente adyacentes.

16. Una lente de acuerdo con la reivindicación 15, en donde para al menos otro conjunto de los circunferencialmente adyacentes de dichos segmentos de anillo, radialmente adyacente a dicho conjunto de los circunferencialmente adyacentes de dichos segmentos de anillo:

un primer conjunto del otro conjunto de los circunferencialmente adyacentes de dichos segmentos de anillo tiene un grosor que varía desde un primer grosor en un borde radialmente interno de dicho otro primer segmento de anillo hasta un segundo grosor en un borde radialmente externo de dicho otro primer segmento de anillo;

un segundo de dicho otro conjunto de los circunferencialmente adyacentes de dichos segmentos de anillo tiene un grosor que varía desde un tercer grosor en un borde radialmente interno de dicho otro segundo segmento de anillo hasta un cuarto grosor en un borde radialmente externo de dicho otro segundo segmento de anillo;

el primer grosor es más pequeño que el tercer grosor y el segundo grosor es más grande que el cuarto grosor; y los segmentos de anillo circunferencialmente adyacentes de dicho otro conjunto son de igual grosor en una posición ubicada en sentido radial entre los bordes interior y exterior de dicho otro conjunto de segmentos de anillo circunferencialmente adyacentes.

17. Una lente de acuerdo con la reivindicación 15, en donde, para cada conjunto de los circunferencialmente adyacentes de dichos segmentos de anillo:

un primero de un conjunto de los circunferencialmente adyacentes de dichos segmentos de anillo tiene un grosor que varía desde un primer grosor en un borde radialmente interno de dicho primer segmento de anillo hasta un segundo grosor en un borde radialmente externo de dicho primer segmento de anillo;

un segundo de dicho conjunto de los circunferencialmente adyacentes de dichos segmentos de anillo tiene un grosor que varía desde un tercer grosor en un borde radialmente interno de dicho segundo segmento de anillo hasta un cuarto grosor en un borde radialmente externo de dicho segundo segmento de anillo;

el primer grosor es más pequeño que el tercer grosor y el segundo grosor es más grande que el cuarto grosor; y los segmentos de anillo circunferencialmente adyacentes de dicho conjunto son de igual grosor en una posición ubicada en sentido radial entre los bordes interno y externo de dicho conjunto de segmentos de anillo circunferencialmente adyacentes.

18. Un lente de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 15-17, en donde las posiciones de igual grosor de los circunferencialmente adyacentes de dichos segmentos de anillo están ubicados en una zona entre 30 y 70% y con mayor preferencia entre 40 y 60% de la distancia entre los bordes interior y exterior de los segmentos de anillo respectivos.

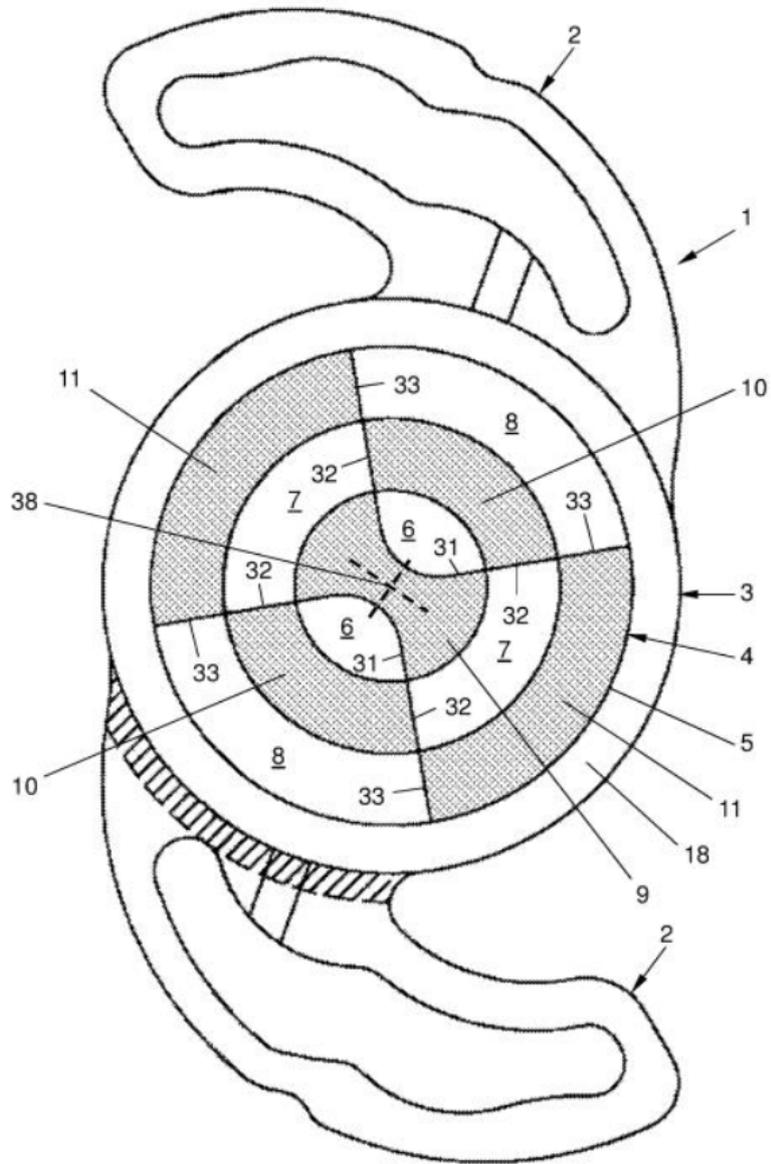


FIG. 1

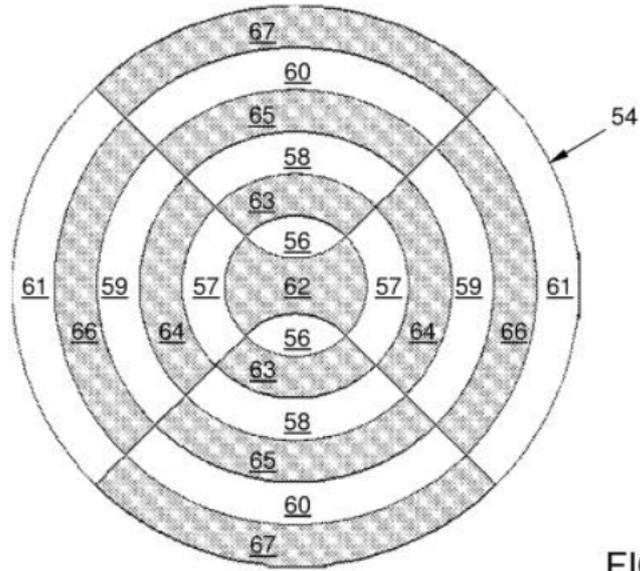


FIG. 2

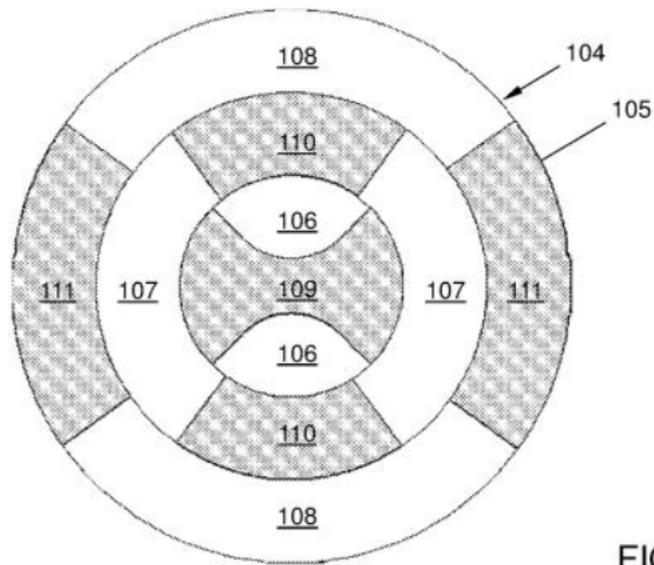


FIG. 3

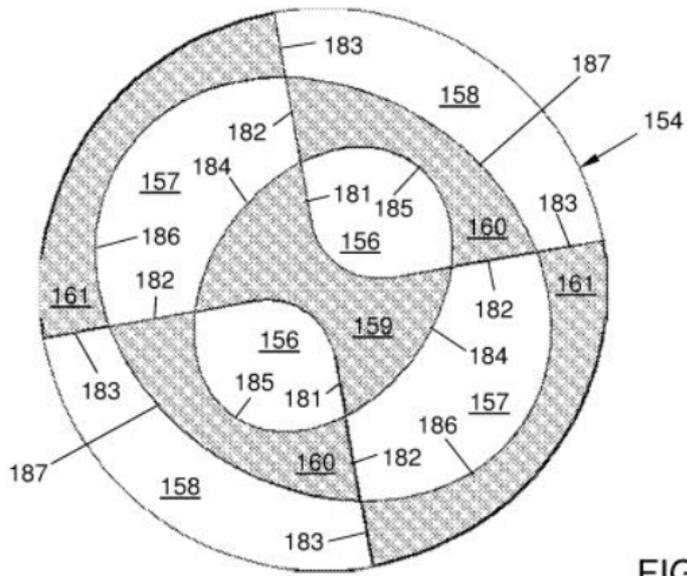


FIG. 4

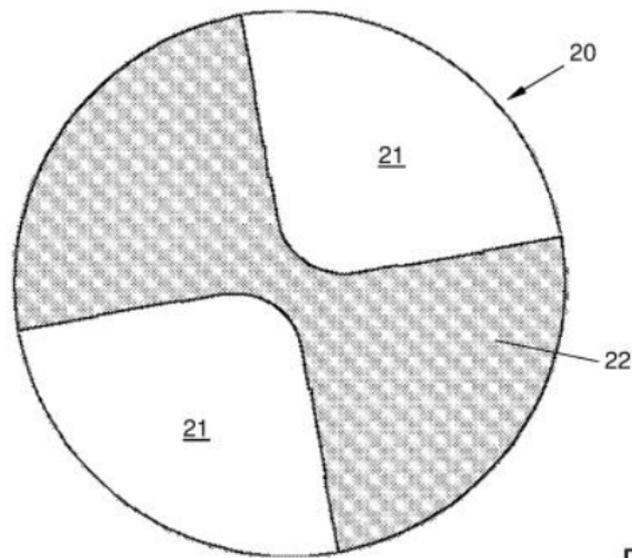


FIG. 5

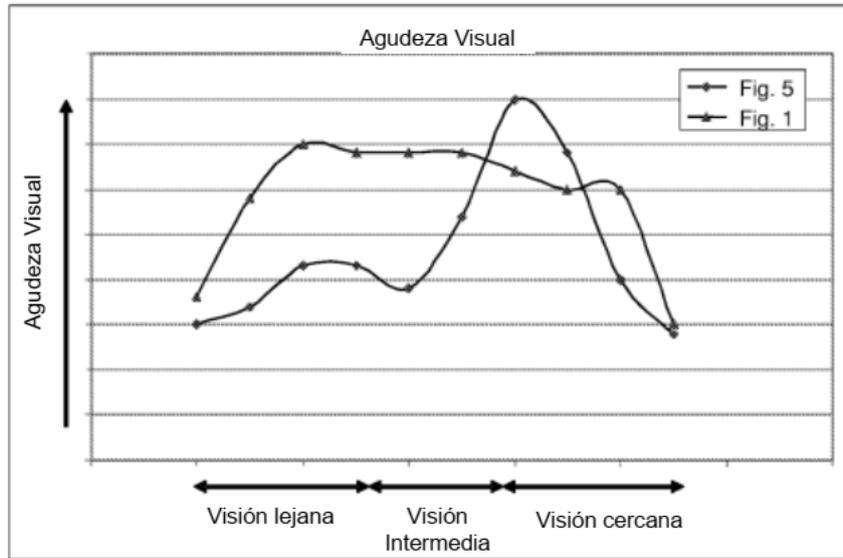


FIG. 6

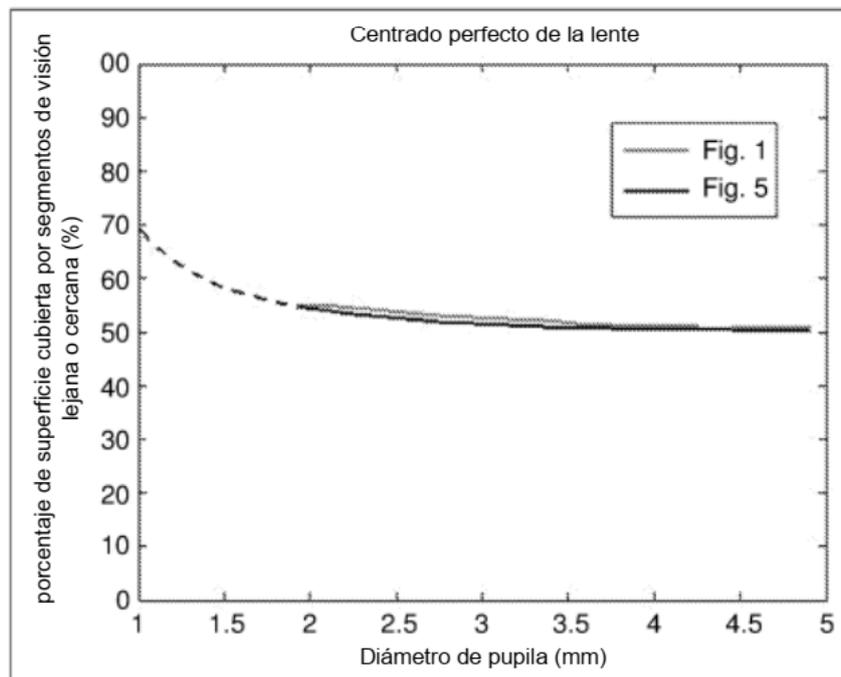


FIG. 7

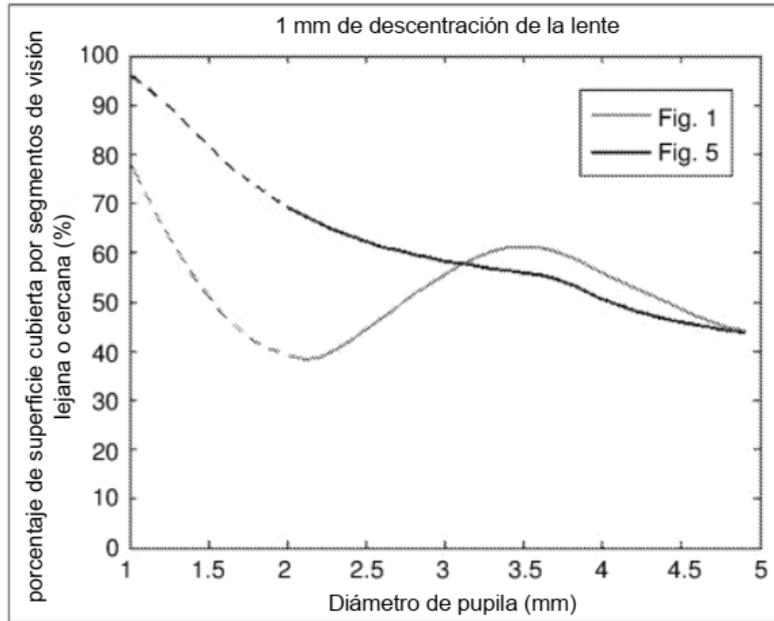


FIG. 8

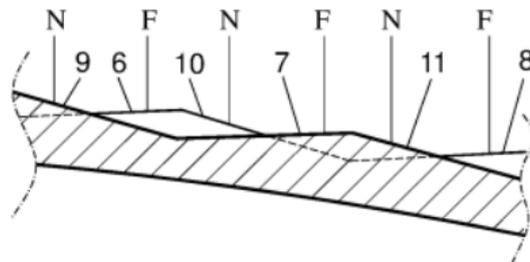


FIG. 9