

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 371 430**

51 Int. Cl.:
G02C 7/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **00400081 .6**
- 96 Fecha de presentación: **13.01.2000**
- 97 Número de publicación de la solicitud: **1022601**
- 97 Fecha de publicación de la solicitud: **26.07.2000**

54 Título: **PROCEDIMIENTO DE OPTIMIZACIÓN DE LENTE OFTÁLMICA MULTIFOCAL PROGRESIVA.**

30 Prioridad:
22.01.1999 FR 9900708

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
02.01.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
02.01.2012

73 Titular/es:
**ESSILOR INTERNATIONAL COMPAGNIE
GENERALE D'OPTIQUE
147, RUE DE PARIS
94227 CHARENTON CÉDEX, FR**

72 Inventor/es:
**François, Sandrine y
Ahsbahs, Françoise**

74 Agente: **Carpintero López, Mario**

ES 2 371 430 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

La presente invención se refiere a las lentes oftálmicas multifocales progresivas. Estas lentes son muy conocidas; están adaptadas para corregir la presbicia y, por lo tanto, proporcionan una potencia óptica diferente en visión lejana y en visión cercana cuando están montadas en un armazón.

5 Las lentes oftálmicas progresivas suelen abarcar una zona de visión lejana, una zona de visión cercana, una zona de visión intermedia y una meridiana principal de progresión que atraviesa estas tres zonas. El documento FR-A-2 699 294, en el que pueden encontrarse más detalles, describe en su preámbulo los diferentes elementos de una lente oftálmica multifocal progresiva, así como los trabajos realizados por la solicitante para mejorar el confort de los usuarios de dichas lentes. En resumen, llamamos zona de visión lejana a la parte superior de la lente, que utiliza el usuario para ver de lejos. Llamamos zona de visión cercana a la parte inferior de la lente, que utiliza el usuario para ver de cerca, por ejemplo, para leer. La zona que se extiende entre estas dos zonas se llama zona de visión intermedia.

10 En la práctica, las lentes multifocales progresivas suelen tener una cara esférica y una cara esférica o tórica, fabricada para adaptar la lente a la prescripción del usuario. Resulta habitual caracterizar una lente multifocal progresiva con los parámetros de superficie de su superficie esférica, es decir que, en cualquier punto, tiene una esfera media S y un cilindro.

15 La esfera media S se define mediante la siguiente fórmula:

$$S = \frac{n-1}{2} \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$$

en la que R₁ y R₂ representan los radios de curvatura mínimo y máximo, expresados en metros, y n representa el índice de refracción del material de la lente.

20 Con las mismas convenciones, el cilindro se define mediante la fórmula:

$$C = (n-1) \left| \frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right|$$

Llamamos entonces adición a la diferencia de esfera media entre un punto de referencia de la zona de visión lejana y un punto de referencia de la zona de visión cercana. Estos dos puntos de referencia suelen elegirse en la meridiana principal de progresión.

25 Llamamos meridiana principal de progresión a una línea que suele definirse como la intersección de la superficie esférica de una lente y la vista del usuario cuando mira hacia adelante, a diferentes distancias. La meridiana principal de progresión suele ser una línea umbilical, es decir, en la que todos los puntos presentan un cilindro nulo.

30 La solicitante también propuso, para satisfacer mejor las necesidades visuales de los présbitas y mejorar el confort de las lentes multifocales progresivas, adaptar la forma de la meridiana principal de progresión, en función de la adición de potencia, ver la solicitud de patente FR-A-2 683 642.

El documento US-A-5 691 798 describe una lente oftálmica progresiva con una zona esférica de visión lejana, una parte de la potencia de progresión con un radio de curvatura decreciente a lo largo de una meridiana umbilicada, y una zona esférica de visión cercana. Las funciones de distribución de potencia están optimizadas para que la transición a lo largo de la dirección de la mirada no sea muy abrupta.

35 El documento EP-A-0 452 802 describe una superficie progresiva para cristales de lentes progresivas que, en conjunción con una zona de progresión corta entre una zona distante y una zona de lectura, tiene una gran anchura aprovechable de esta zona y de una zona de visión cercana, el valor máximo de astigmatismo de superficie que se alcanza es inferior a 1,1 veces la adición de superficie. Dicha superficie de progresión se obtiene cuando se forma para ser dos veces diferenciable de manera continua y cumple con las seis características que se relacionan con la distribución del astigmatismo de superficie y de la potencia media de refracción de superficie en la superficie de progresión.

40 El documento DE-A-196 12 284 describe una lente oftálmica cuyo punto de referencia de visión cercana se ubica, como máximo, a 21 milímetros en sentido vertical bajo el punto de referencia de visión lejana y, preferentemente, a 2,5 milímetros. Las zonas de visión cercana y de visión lejana están conectadas por una línea de visión principal que forma una curva más o menos pronunciada en el sentido de la nariz, en función de la corrección de la visión lejana y de

45

la adición. A ambos lados de la línea de visión principal se encuentra una zona de la zona de progresión en la que la desviación de astigmatismo es inferior a 0,75 dioptrías.

5 El documento US-A-5 708 493 describe una lente multifocal progresiva que abarca una superficie esférica, con una zona de visión lejana, una zona de visión cercana, una zona de visión intermedia y una meridiana principal de progresión; tiene una adición de potencia igual a la variación de esfera media entre un punto de la zona de visión lejana y un punto de la zona de visión cercana. La anchura de la zona de visión cercana varía no sólo en función de la adición de potencia, sino también en función del valor de base, de modo tal que asegure un campo objeto ligeramente constante para todos los valores de adición y de base.

10 Las lentes multifocales progresivas existentes pueden ser mejoradas, especialmente aquellas con gran adición. Para dichas lentes, los valores del cilindro alcanzan niveles elevados en razón del aumento de la potencia de la lente. Esto provoca perturbaciones en la visión dinámica y una disminución de las anchuras de los campos en zona de visión intermedia y en zona de visión cercana. Esto es molesto, sobre todo, en prescripciones con adición superior a 2,50 en las que el usuario no cuenta con una acomodación objetiva. En estos casos, es preferible proporcionarle al usuario la adición que necesita para una visión cercana nítida así como campos visuales amplios y accesibles en visión cercana y en visión intermedia.

15 De manera ventajosa, la zona de visión cercana es lo suficientemente alta para garantizarle al usuario un confort óptimo.

20 En las solicitudes de patentes FR-A-2 683 642 y FR-A-2 683 643, la solicitante propuso mejoras haciendo variar la forma de la meridiana en función de la adición y la edad del usuario. En la región nasal, el desvío lateral del punto de referencia de la visión cercana tiene en cuenta el acercamiento del plano de lectura con la edad del usuario.

La solicitante también propuso hacer variar la posición del punto de referencia de la zona de visión cercana, no sólo en función de la adición, sino también en función de la ametropía, para considerar los efectos prismáticos.

25 En la solicitud de patente FR-A-2 753 805, la solicitante propuso otra mejora para determinar la meridiana. Un método que utiliza un trazado de rayos permite determinar la meridiana, teniendo en cuenta el acercamiento del plano de lectura así como los efectos prismáticos. De este modo, para una misma adición, los usuarios con diferentes ametropías percibirán las mismas variaciones de potencia de la zona de visión lejana a la zona de visión cercana. La gestión de la esfera y del cilindro garantiza campos bien despejados.

30 La presente invención propone mejorar las lentes con adición superior o igual a 2,50. Las lentes obtenidas presentan amplias zonas de visión cercana y de visión intermedia, así como una distribución lo más homogénea posible de la esfera y del cilindro, en toda la superficie. También propone, más particularmente, controlar bien las variaciones del cilindro en una zona que se extiende a ambos lados de la meridiana, desde el centro de la zona de visión intermedia hasta la parte superior de la zona de visión cercana.

35 La presente invención propone una lente multifocal que mitiga los inconvenientes de las lentes de la técnica anterior y que, además, le garantiza al usuario una zona de visión cercana alta y una buena binocularidad, no sólo en la visión estática, sino también en la visión dinámica.

40 La invención tiene por objeto un procedimiento de optimización numérica de una superficie esférica de una lente oftálmica multifocal progresiva, que incluye la etapa de definición de una superficie esférica que presenta, en cualquier punto, una esfera media y un cilindro y que incluye una zona de visión lejana con un punto de referencia (VL), una zona de visión cercana con un punto de referencia (VC), una zona de visión intermedia, una meridiana principal de progresión que atraviesa estas tres zonas y una cruz de centrado (CC), caracterizado porque

- la adición A, definida como la diferencia de esfera media entre el punto de referencia de la zona de visión cercana y el punto de referencia de la zona de visión lejana, es superior o igual a 2,50 dioptrías.

- la diferencia entre la esfera media en la cruz de centrado y la esfera media en el punto de referencia de la zona de visión lejana es inferior o igual a 0,25 dioptrías;

45 - la zona de visión lejana incluye al menos un sector angular con su ápice en la cruz de referencia y un ángulo central de 110°, dentro del cual los valores de cilindro y de esfera son inferiores o iguales a 0,50 dioptrías;

- en una zona de la lente por encima del punto de referencia de la visión cercana, y se extiende visiblemente hasta el centro de la zona de visión intermedia:

50 -el valor absoluto de la diferencia entre los valores máximos del cilindro sobre una distancia de 20 mm a ambos lados de la meridiana es inferior o igual a 0,30 dioptrías; y

- a cada lado de la meridiana, el valor absoluto de la diferencia entre el valor máximo del cilindro y el valor mínimo del cilindro es inferior o igual al producto $k \cdot A$ que resulta de multiplicar la adición por una constante k cuyo valor es de 0,10.

5 En un modo de realización, dicha zona de la lente se extiende sobre una distancia de 7 mm, por debajo de una línea horizontal ubicada 11 mm por debajo de la cruz de centrado.

De preferencia, la zona de visión lejana presenta un límite inferior en la parte superior de la lente formada por las líneas de isoesfera A/6, en la que A representa la adición.

10 En un modo de realización, la lente presenta una longitud principal de progresión inferior o igual a 15 mm, la longitud de progresión se define como la diferencia de altura entre la cruz de centrado y el punto de la meridiana con un valor de esfera superior en un 85% de adición a la esfera en el punto de referencia de visión lejana.

De preferencia, la norma del gradiente de la esfera, en cada punto de la superficie, es inferior o igual al producto $k' \cdot A$ que resulta de multiplicar la adición por una constante k' cuyo valor es de $0,1 \text{ mm}^{-1}$.

Ventajosamente, el valor superior del cilindro no supera la adición en más del 10%.

15 En otro modo de realización, la norma del gradiente del cilindro en las líneas de isocilindro que representan la mitad del valor de la adición, a la altura del punto de referencia de visión cercana, es inferior o igual al producto $k'' \cdot A$ que resulta de multiplicar la adición por una constante k'' cuyo valor es de $0,14 \text{ mm}^{-1}$.

De preferencia, la distancia entre las líneas de isocilindro que representan la mitad de la adición, en el punto de referencia de visión cercana, es superior o igual a 15 mm.

20 De manera ventajosa, en la zona de visión intermedia, la distancia entre las líneas de isocilindro que representan la mitad de la adición, en cada altura, es superior o igual al 40% de la distancia entre las líneas de isocilindro que representan la mitad de la adición, a la altura del punto de referencia de la visión cercana.

De preferencia, en dicha zona de la lente, el valor absoluto de la diferencia entre los valores máximos del cilindro sobre una distancia de 20 mm a ambos lados de la meridiana es inferior o igual a 0,10 dioptría.

25 A través de la lectura de la descripción, aparecerán otras características y ventajas de la presente invención, de un modo de realización de la invención, que sólo se dan a título de ejemplo y en referencia a los dibujos que muestran:

- figura 1, una vista esquemática de la superficie esférica de una lente multifocal progresiva;
- figura 2, un diagrama de las medidas del cilindro en las líneas de la figura 1, para una lente según la invención;
- figura 3, un diagrama análogo al de la figura 2;
- figura 4, un diagrama análogo al de la figura 3, para una lente de la técnica anterior;
- 30 - figura 5, una representación gráfica de la esfera media a lo largo de la meridiana de una lente según la invención;
- figura 6, una representación de las líneas de isoesfera de la lente de la figura 5;
- figura 7, una representación de las líneas de isocilindro de la lente de la figura 5;

35 En la continuación de la presente descripción, consideramos, a título de ejemplo, una lente que presenta una superficie esférica dirigida hacia el espacio objeto y una superficie tórica o cilíndrica dirigida hacia el usuario. Luego, consideramos una lente destinada al ojo derecho. La lente para el ojo izquierdo puede obtenerse, simplemente, por simetría de esta lente.

Se utiliza un sistema de coordenadas ortonormal en el que el eje de las abscisas corresponde al eje horizontal de la lente y el eje de las ordenadas al eje vertical; el centro O de la referencia es el centro geométrico de la superficie esférica de la lente. Luego, los ejes se especifican en milímetros.

40 La figura 1 muestra una vista esquemática de la superficie esférica de una lente multifocal progresiva o, más exactamente, de la proyección de esta superficie en el plano (x, y) ; allí se observa la referencia que acaba de definirse, así como la meridiana principal de progresión en un trazo más grueso. En el ejemplo de la figura, la meridiana principal de progresión presenta, globalmente, dos partes. En la primera parte, la meridiana principal de progresión presenta un segmento vertical, coincidente con el eje de las ordenadas. Este segmento termina, en su parte inferior, en un punto llamado cruz de centrado. Este punto presenta coordenadas $(0,4)$, es decir, que está ubicado cuatro milímetros por encima del centro de la superficie esférica de la lente. Los ópticos utilizan la cruz de centrado para montar la lente en la montura. Dicha cruz corresponde a una dirección horizontal de la mirada, para un usuario con la cabeza en línea recta.

En este punto se impone, de preferencia, que la esfera media no supere el valor de la esfera media, en el punto de referencia de la zona de visión lejana, en más de 0,25 dioptría. De este modo se garantiza una tolerancia de 0,25 dioptría para el usuario, en este punto, respecto del valor de prescripción.

5 La segunda parte de la meridiana comienza en la cruz de centrado. Se extiende desde la región nasal de la lente, atraviesa las zonas de visión intermedia y de visión cercana y pasa por el punto de referencia de la visión cercana. La posición de la meridiana puede calcularse mediante trazado de rayos, para garantizarle al usuario una visión binocular fovea óptima, independientemente de la potencia o la adición de la lente. Para más detalles acerca del cálculo de la meridiana puede remitirse a la patente FR 2 753 805.

10 El punto de referencia de visión lejana, señalado como VL en la figura, es un punto de coordenadas (0, 8), es decir, simétrico en el centro de la lente respecto de la cruz de centrado. El punto de referencia de visión cercana, señalado como VC en la figura, está ubicado sobre la meridiana, en una ordenada y de -14 mm. Su abscisa para una adición que va de 2,50 a 3,50 varía de 2,0 a 5.0 mm.

15 En la figura, la línea punteada que pasa por la cruz de centrado CC y que presenta una convexidad hacia arriba, representa visiblemente el límite inferior de la zona de visión lejana, en la parte superior de la lente. Este límite corresponde, visiblemente, como lo muestra la figura 6, a las líneas de isoesfera 0,50 dioptría, o A/6 en el caso de la lente de adición A = 3 representada en las figuras.

20 Asimismo, la línea punteada que corta la meridiana en su parte baja y que presenta una convexidad hacia abajo, representa visiblemente el límite superior de la zona de visión cercana, en la parte inferior de la lente. Como puede apreciarse en la figura 6, esta línea corresponde, en las partes laterales, a las líneas de isoesfera 5A/6 o 2.50 dioptrías.

25 En la figura aparecen, además, segmentos rectilíneos, horizontales, trazados en ordenadas comprendidas entre 11 mm por debajo de la cruz de centrado y 18 mm por debajo de la cruz de centrado, con un paso de 1 mm. Cada uno de estos segmentos se extiende a ambos lados de la meridiana, sobre una distancia de 20 mm. La ordenada de 18 mm debajo de la cruz de centrado corresponde a la ordenada del punto de referencia de visión cercana; la ordenada de 11 mm debajo de la cruz de centrado corresponde visiblemente al centro de la zona de visión intermedia. En el caso de la figura de una cruz de centrado con una ordenada de 4 mm, los segmentos se extienden entre ordenadas de -7 y -11 mm.

30 De este modo, verticalmente, los segmentos representan una zona correspondiente a la zona explorada por la vista de un usuario que mira objetos en el espacio objeto a distancias que varían, visiblemente, de 60 a 40 cm para una adición de 2,50 dioptrías y de 50 a 33 cm para una adición de 3,00 dioptrías.

Horizontalmente, los segmentos de la figura representan la zona del cristal que tiene las aberraciones más importantes. En particular, intentaremos compensar las aberraciones en esta zona.

35 Para mejorar el confort de los usuarios, la invención propone limitar, con los segmentos, las variaciones horizontales del cilindro en la zona representada en la figura 1. Más precisamente, la invención propone limitar, para todos los segmentos, la diferencia entre el valor máximo del cilindro a un lado de la meridiana y el valor máximo del cilindro al otro lado de la meridiana. Ventajosamente, el valor absoluto de la diferencia es inferior o igual a 0,30 dioptría; de preferencia, inferior o igual a 0,10 dioptría.

40 Si la lente derecha y la izquierda son simétricas, esta condición aplicada al cilindro permite limitar las diferencias de cilindro entre puntos homólogos correspondientes a un mismo punto del espacio objeto. En consecuencia, la invención permite mejorar el confort de los usuarios en visión binocular, en la parte superior de la zona de visión cercana y en la parte inferior de la zona de visión intermedia.

45 La invención también propone, para mejorar el confort de los usuarios en visión dinámica, limitar las variaciones horizontales y verticales del cilindro, a ambos lados de la meridiana. Más precisamente, la invención propone, a un lado de la meridiana, limitar la diferencia entre el valor máximo del cilindro y el valor mínimo del cilindro, medidos en el conjunto de los segmentos. Esta diferencia es ventajosamente inferior o igual al producto $k \cdot A$ de una constante k por la adición A ; el valor de la constante k es, por ejemplo, de 0.1, y el producto $k \cdot A$ equivale a 0,30 dioptría en el caso de una lente con una adición de 3 dioptrías.

50 Esta exigencia limita, fuera de la meridiana, las variaciones de cilindro cuando la mirada del usuario pasa de la zona de visión cercana a la zona de visión intermedia, en otras palabras, cuando el usuario mira un punto del espacio objeto cuya distancia varía de 50 a 33 cm para un usuario al que se le prescribe una adición de 3 dioptrías. Esta exigencia mejora el confort del usuario en visión dinámica y minimiza las deformaciones percibidas por el usuario.

La figura 2 muestra un diagrama de medidas del cilindro en las líneas de la figura 1, para una lente según la invención; el eje horizontal representa las abscisas especificadas en mm, y el eje vertical y el cilindro, en dioptrías. La figura muestra, para cada uno de los segmentos rectilíneos de la figura 1, el valor del cilindro; este es mínimo en la

meridiana, donde adquiere un valor nulo o casi nulo. Aumenta a cada lado de la meridiana. También muestra la distancia de 20 mm a ambos lados de la meridiana, sobre la que se extienden los segmentos de la figura 1. La abscisa x_m representa el valor medio de la abscisa de la meridiana en el rango de ordenadas entre -7 y -14 mm, que para la lente de la figura equivale 3,92 mm.

5 La figura 2 muestra, además, en la región temporal, el valor máximo del cilindro, que en la figura aparece como max_t . En el caso de la figura equivale a 3,07 dioptrías y se alcanza en el segmento rectilíneo de ordenada $y=-7$; el valor mínimo del cilindro en la región temporal, señalado con min_t en la figura, que equivale a 2,80 dioptrías, se alcanza en el segmento rectilíneo de ordenada $y=-7$; la diferencia 3,07 - 2,80 entre estos dos valores equivale a 0,282 dioptría; como lo propone la invención, es inferior o igual a 0,30 dioptría, es decir, al producto $k*A$, con $k = 0,1$ y $A = 3$ dioptrías.

10 En la región nasal, el valor máximo max_n del cilindro equivale a 3,12 dioptrías y se alcanza en el segmento rectilíneo de ordenada $y=-7$ mm. El valor mínimo min_n del cilindro se alcanza en el segmento rectilíneo de ordenada $y=-7$ mm, y equivale a 2,90 dioptrías. Como lo propone la invención, la diferencia entre estos dos valores, que es de 0,22, es inferior o igual a 0,30 dioptría, es decir, al producto $k*A$, con $k = 0,1$ y $A = 3$ dioptrías en el caso del ejemplo.

15 La invención también propone considerar la diferencia entre el valor máximo c_t del cilindro en la región temporal y el valor máximo c_n del cilindro en la región nasal y, más precisamente, considerar el valor absoluto $|\Delta c|$ de la diferencia entre estos dos valores.

20 En el ejemplo de la figura, el valor máximo del cilindro en la región nasal equivale a 3,12 dioptrías, y el valor máximo del cilindro en la región temporal equivale a 3,07 dioptrías; la diferencia entre estos dos valores es de 0,05 dioptría, por lo tanto, es muy inferior o igual al valor de 0,30 dioptría, e incluso al valor preferido de 0,10 dioptría.

25 La figura 3 muestra un diagrama análogo al de la figura 2, pero sin las diferentes menciones. A título comparativo, la figura 4, un diagrama análogo al de la figura 3, para una lente de la técnica anterior que presenta la misma adición de 3 dioptrías; la comparación de las figuras muestra que en el caso de la lente de la técnica anterior, la diferencia entre los valores mínimo y máximo del cilindro, a ambos lados de la meridiana, es superior a 0,30 dioptría. En la región temporal, esta diferencia equivale a 0,67 para la lente de la técnica anterior de la figura 4. En la región nasal, esta diferencia equivale a 0,36 para esta misma lente. La diferencia entre los valores máximos del cilindro a ambos lados de la meridiana equivale a 0,24 dioptría.

30 La figura 5 muestra una representación gráfica de la esfera media a lo largo de la meridiana de una lente según la invención; en la figura, el eje vertical se especifica en mm y representa las ordenadas en la superficie de la lente, el eje horizontal se especifica en dioptrías, con una variación de 5 dioptrías. En la figura, las líneas continuas muestran la esfera media, y las líneas punteadas los valores n/R_1 y n/R_2 cuya diferencia proporciona el cilindro. La figura muestra que los valores n/R_1 y n/R_2 son visiblemente idénticos, lo que significa que el cilindro en la meridiana es visiblemente nulo. Los valores de esfera y de cilindro en el punto de referencia de visión lejana, de ordenada 8 mm en la meridiana son, respectivamente, de 5,19 y 0,01 dioptría. En el punto de referencia de visión cercana, de ordenada -14 mm en la meridiana, estos valores son de 8,23 y 0,01 dioptría.

35 El valor de esfera media en la cruz de centrado, de ordenada 4 mm en el eje de ordenadas, es de 0,13 dioptría. Este valor, con el valor de esfera en el punto de referencia de visión lejana, presenta una escasa diferencia. De este modo, la invención garantiza al usuario, en visión horizontal, una potencia similar a la potencia en el punto de referencia de visión lejana. De preferencia, la diferencia entre la esfera en la cruz de centrado y la esfera en el punto de control de la visión lejana es inferior o igual a 0,25 dioptría. De este modo, la invención garantiza al usuario una visión nítida en la zona de visión cercana y en la zona de visión de lejana así como amplios campos en la zona de visión cercana y en la zona de visión intermedia.

40 Llamamos longitud de progresión, en una lente multifocal progresiva, a la longitud, o más exactamente a la altura en la que se adquiere la mayor parte de la adición. Partiendo de la cruz de centrado, se puede considerar especialmente la altura en la que la esfera media se incrementa a un valor que representa el 85% de la adición. En el caso de una lente de adición 3 como la de la figura, la longitud principal de progresión se define, por lo tanto, como la diferencia entre la ordenada del punto de referencia de visión lejana y la ordenada del punto en el que la esfera media es $0,85*3 = 2,55$ dioptrías superior a la de la esfera media en el punto de referencia de la zona de visión lejana. En la lente de la figura, una esfera media de $5,19 + 2,55 = 7,74$ dioptrías se alcanza en relación con un punto de la meridiana de ordenadas $y=-8,55$ mm. La longitud de progresión es de 12,55 mm. La invención propone que esta longitud de progresión sea, de preferencia, inferior o igual a 15,0 mm. Este valor garantiza que la longitud de progresión permanezca baja en la lente y que la zona de visión cercana se acerque lo suficiente a la zona de visión cercana, para que el usuario no necesite mover la cabeza de abajo hacia arriba ni de arriba hacia abajo.

45 La figura 6 muestra una representación de las líneas de iso-esfera de la lente de la figura 5; estas líneas están compuestas por puntos de la superficie esférica con igual valor de esfera media. Este valor se indica en las líneas de la figura. En la figura se dibujaron líneas de iso-esfera en relación con el valor de esfera del punto de referencia de visión

lejana - la línea continua pasa por el punto de referencia de visión lejana, y las líneas de isoesfera con valores de 0,50; 1,00; 1,50; 2,00; 2,50 y 3,00 dioptrías por encima del valor de esfera media en relación con el punto de referencia de visión lejana. El trazo continuo del punto de referencia de la zona de visión cercana es la línea de isoesfera con tres dioptrías por encima del valor de la esfera para el punto de referencia de visión lejana. Como lo muestra la figura, la pendiente de esfera media en la superficie de la lente es ventajosamente inferior o igual al producto $k''A$ de una constante k' por la adición, la constante k' equivale a $0,1 \text{ mm}^{-1}$, en el caso de la lente de la figura, inferior o igual a $0,30$ dioptría/mm. En este contexto, llamamos pendiente de la esfera a la norma del gradiente de la esfera, en un punto determinado de la superficie esférica, el gradiente de la esfera es el vector que tiene como coordenadas $(\delta S/\delta x, \delta S/\delta y)$ en la referencia $(x; y)$, los valores respectivos de las derivadas parciales de la esfera respecto de x y respecto de y .

La figura 7 muestra una representación de las líneas de isocilindro de la lente de la figura 5. Estas líneas se definen de modo similar a las líneas de isoesfera de la figura 6; la línea de isocilindro que corresponde a un valor de cilindro nulo, corresponde visiblemente a la meridiana; también se dibujaron en la figura las líneas de isocilindro 0,50; 1,00; 1,50; 2,00; y 2,50 dioptrías. Como lo muestra la figura, y debido a la presencia de la meridiana de cilindro nulo en la parte mediana de la lente, hay dos líneas de isocilindro para cada valor del cilindro, una en la región nasal y la otra en la región temporal.

La figura muestra, además, que el valor máximo del cilindro en la superficie de la lente - en un radio de 30 mm - es similar al valor de la adición, es decir, tres dioptrías en el ejemplo de la figura. De hecho, el valor máximo es de 3,12 dioptrías en la región nasal, y se alcanza en un punto de coordenadas $(x = 15; y = -7)$. Resulta ventajoso limitar el valor del cilindro en la superficie de la lente, con un límite superior similar a la adición y, de preferencia, con un límite superior cuya diferencia con la adición sea inferior o igual al 10% de esta. Una condición de este tipo permite evitar las deformaciones de la lente.

Como se explicó anteriormente, las líneas de isoesfera 0,50 dioptría, o $A/6$ en el caso de la figura 6 para una lente de adición 3 dioptrías, representan visiblemente el límite inferior de la zona de visión lejana. La figura 6 también muestra dos semirrectas, cuyo origen es la cruz de centrado y que son visiblemente tangentes a estas líneas de isoesfera 0,50 dioptría. El ángulo entre estas dos rectas, en la parte superior de la superficie es, ventajosamente, de al menos 110° . En el sector angular determinado por estas dos semirrectas, en la parte superior de la lente, el valor del cilindro permanece inferior o igual a 0,50 dioptría; de preferencia, el valor de esfera también es inferior o igual a 0,50 dioptría. Dicho valor de ángulo entre las semirrectas garantiza un amplio campo de visión lejana; impone desplazar los altos valores de cilindro hacia los costados laterales de la superficie de la lente. Esto, fundamentalmente para adiciones elevadas - típicamente adiciones superiores a 2.50 dioptrías - constituye una buena compensación entre la ambición de una amplia zona de visión lejana, y la ambición de una distribución de la esfera media y del cilindro lo más homogénea posible en la superficie de la lente.

Anteriormente se describió la limitación de la parte inferior de la zona de visión lejana respecto de las líneas de isoesfera. Para las zonas de visión intermedia y de visión cercana, conviene determinar la limitación de los campos respecto de las líneas de isocilindro. En efecto, en estas zonas, los valores de cilindro son mucho más elevados que en la zona de visión lejana. Además, cuando se corrige un defecto de potencia por acomodación, el cilindro de la superficie provoca, automáticamente, una molestia para el usuario. Entonces, en las zonas de visión cercana y de visión intermedia, es preferible referirse a las líneas de isocilindro para determinar las anchuras de los campos.

Las líneas de isocilindro $A/2$, es decir, de 1,5 dioptría en el caso de la lente de las figuras, representan, visiblemente, los límites laterales de la zona de visión intermedia y de la zona de visión cercana. La distancia entre estas líneas de isocilindro representa, visiblemente, la anchura de la zona de visión cercana o de la zona de visión intermedia. En la lente de la figura, en la ordenada $y = -14$ mm del punto de referencia de la visión cercana, la distancia horizontal entre las líneas de isocilindro $A/2$ - es decir, la diferencia de las abscisas de los dos puntos de las líneas de isocilindro $A/2$ con una ordenada de -14 mm igual a la del punto de referencia de visión cercana - es de 15,5 mm. La invención propone que esta anchura de la zona de visión cercana, medida entre los isocilindros $A/2$ a la altura del punto de referencia de visión cercana, sea ventajosamente superior o igual a 15 mm. Una anchura de campo de estas características garantiza al usuario un campo suficiente para una visión cercana confortable. Esta anchura de campo incluye, fundamentalmente, una hoja o un libro de tamaño habitual.

También se puede considerar la pendiente de cilindro cercana al límite de la zona de visión cercana. Esta pendiente de cilindro es representativa de las variaciones locales del cilindro. Se define como la pendiente de esfera, por la norma del gradiente del cilindro, en un punto determinado. El hecho de mantenerlas a valores bajos permite evitar las deformaciones bruscas en la visión dinámica al borde de la zona de visión cercana. En la lente de la figura 7, a la altura del punto de referencia de la zona de visión cercana, en $y = -14$ mm, la pendiente de cilindro en las líneas de isocilindro $A/2$ equivale a $0,38$ dioptría/mm en la región temporal y a $0,38$ dioptría/mm en la región nasal. Ventajosamente, la invención propone que la pendiente del cilindro, en las líneas de isocilindro $A/2$ a la altura del punto de referencia de la zona de visión cercana, sea inferior o igual al producto $k''A$ con una constante k'' por la adición A , la constante k'' equivale a $0,14 \text{ mm}^{-1}$; para la lente de adición 3 de la figura, esto corresponde a un límite de $0,42$ dioptría/mm.

Imponer este límite permite mejorar la visión dinámica del usuario, no sólo en la zona de visión cercana, sino también en sus bordes.

5 En la zona de visión intermedia, la anchura puede medirse entre las líneas de isocilindro $A/2$. Esta anchura, de preferencia, siempre es superior al 40% de la anchura de la zona de visión cercana a la altura del punto de referencia de la zona de visión cercana. En la lente que se ejemplifica en las figuras, la anchura de la zona de visión intermedia entre las líneas de isocilindro $A/2$ es mínima para una ordenada del orden de los -4 mm, y equivale entonces a 6,75 mm. Este valor es muy superior al 40% de la anchura de 15,5 mm de la zona de visión cercana a la altura del punto de referencia de visión cercana.

10 A continuación, se detallan las diferentes características que permiten realizar las diferentes lentes según la invención. Como es sabido, la superficie de las lentes es continua y tres veces continuamente diferenciable. Como lo sabe el experto en la materia, la superficie de lentes progresivas se obtiene mediante optimización numérica con ayuda de un ordenador, fijando condiciones a los límites para un determinado número de parámetros de la lente.

Como condiciones a los límites, se pueden utilizar uno o varios de los criterios definidos anteriormente.

15 De manera ventajosa, se puede comenzar definiendo, para cada una de las lentes de la familia, una meridiana principal de progresión. A tal efecto, se puede utilizar la experiencia de la patente FR-A-2 683 642 anteriormente mencionada. También se puede utilizar cualquier otra definición de la meridiana principal de progresión para aplicar la experiencia de la invención. Se tomarán los dos ejemplos de meridiana, dados como referencia en la figura 1, y en las figuras 5 a 7.

20 Por supuesto, la presente invención no se limita a la presente descripción: entre otras cosas, la superficie esférica podría ser la superficie dirigida hacia el usuario de las lentes. Por otra parte, en la descripción, no se hizo hincapié en la existencia de lentes que pueden ser diferentes para los dos ojos. Finalmente, aunque la descripción dé un ejemplo de lente de adición 3, la invención también puede aplicarse a lentes que presenten otras adiciones.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Procedimiento de optimización numérica de una superficie de una lente oftálmica multifocal progresiva, que incluye la etapa de definición de una superficie esférica que presenta, en cualquier punto, una esfera media y un cilindro, y que incluye una zona de visión lejana con un punto de referencia (VL), una zona de visión cercana con un punto de referencia (VC), una zona de visión intermedia, una meridiana principal de progresión que atraviesa estas tres zonas y una cruz de centrado (CC), caracterizado porque la optimización numérica utiliza los siguientes criterios:
- la adición A, definida como la diferencia de esfera media entre el punto de referencia de la zona de visión cercana y el punto de referencia de la zona de visión lejana, es superior o igual a 2,50 dioptrías.
 - 10 - la diferencia entre la esfera media en la cruz de centrado y la esfera media en el punto de referencia en la zona de visión lejana es inferior o igual a 0,25 dioptría;
 - la zona de visión lejana incluye al menos un sector angular con su ápice en la cruz de referencia y un ángulo central de 110°, dentro del cual los valores de cilindro y de esfera son inferiores o iguales a 0,50 dioptría;
 - en una zona de la lente por encima del punto de referencia de la visión cercana, que se extiende 7 mm por debajo de una línea horizontal ubicada 11 mm por debajo de la cruz de centrado:
 - 15 -el valor absoluto de la diferencia entre los valores máximos del cilindro sobre una distancia de 20 mm a ambos lados de la meridiana es inferior o igual a 0,30 dioptría; y
 - a cada lado de la meridiana, el valor absoluto de la diferencia entre el valor máximo del cilindro (max_t, max_n) sobre una distancia de 20 mm desde dicha meridiana y el valor mínimo del cilindro (min_t, min_n) sobre una distancia de 20 mm desde dicha meridiana es inferior o igual al producto $k \cdot A$ obtenido al multiplicar la adición por una constante k, la constante k equivale a 0,10.
 - 20
2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque la optimización numérica también utiliza como criterio el hecho de que la zona de visión lejana tiene un límite inferior en la parte superior de la lente formado por las líneas de isoesfera A/6, donde A es la adición.
- 25 3. Procedimiento según las reivindicaciones 1 ó 2, caracterizado porque la optimización numérica también utiliza como criterio una longitud principal de progresión inferior o igual a 15 mm, la longitud de progresión se define como la diferencia de altura entre la cruz de centrado y el punto de la meridiana con un valor de esfera superior en un 85% de adición a la esfera en el punto de referencia de visión lejana.
- 30 4. Procedimiento según las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado porque la optimización numérica también utiliza como criterio el hecho de que la norma del gradiente de la esfera en cualquier punto de la superficie es inferior o igual al producto $k \cdot A$ resultante de multiplicar la adición A por una constante k' que equivale a $0,1 \text{ mm}^{-1}$.
5. Procedimiento según las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado porque la optimización numérica también utiliza como criterio el hecho de que el valor superior del cilindro no supera la adición en más del 10%.
- 35 6. Procedimiento según las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado porque la optimización numérica también utiliza como criterio el hecho de que la norma del gradiente del cilindro en las líneas de isocilindro que representa la mitad del valor de adición de los lentes, a la altura del punto de referencia de visión cercana, es inferior o igual al producto $k'' \cdot A$ que resulta de multiplicar la adición A por una constante k'' que tiene un valor de $0,14 \text{ mm}^{-1}$.
7. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado porque la optimización numérica también utiliza como criterio el hecho de que la distancia entre las líneas de isocilindro que representan la mitad de la adición, a la altura del punto de referencia de visión cercana, es superior o igual a 15 mm.
- 40 8. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 7, caracterizado porque la optimización numérica también utiliza como criterio el hecho de que, en la zona de visión intermedia, la distancia entre las líneas de isocilindro que representan la mitad de la adición, en cada altura, es superior o igual al 40% de la distancia entre las líneas de isocilindro que representan la mitad de la adición de los lentes, a la altura del punto de referencia de visión cercana.
- 45 9. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 8, caracterizado porque la optimización numérica también utiliza como criterio el hecho de que en dicha zona de las lentes, el valor absoluto de la diferencia entre los valores máximos del cilindro sobre una distancia de 20 mm a ambos lados de la meridiana es inferior o igual a 0,10 dioptría.

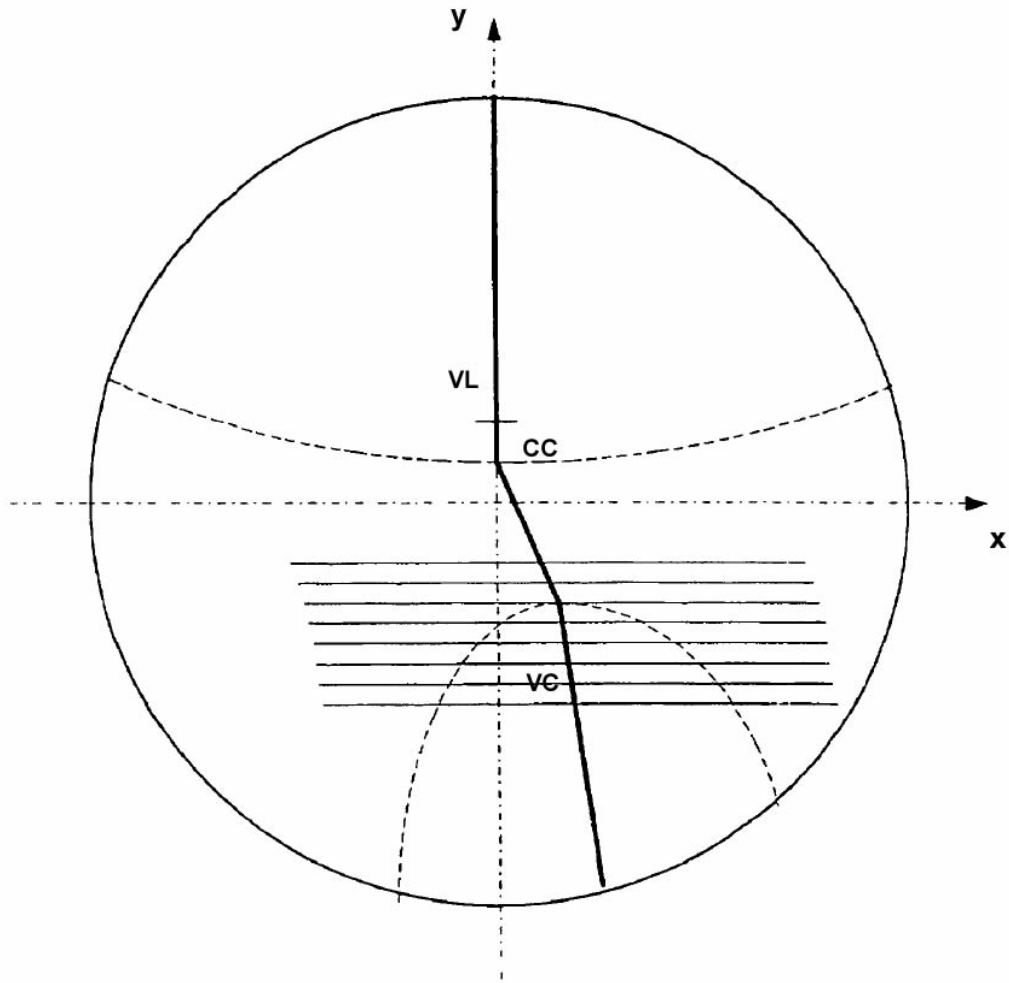


FIGURA 1

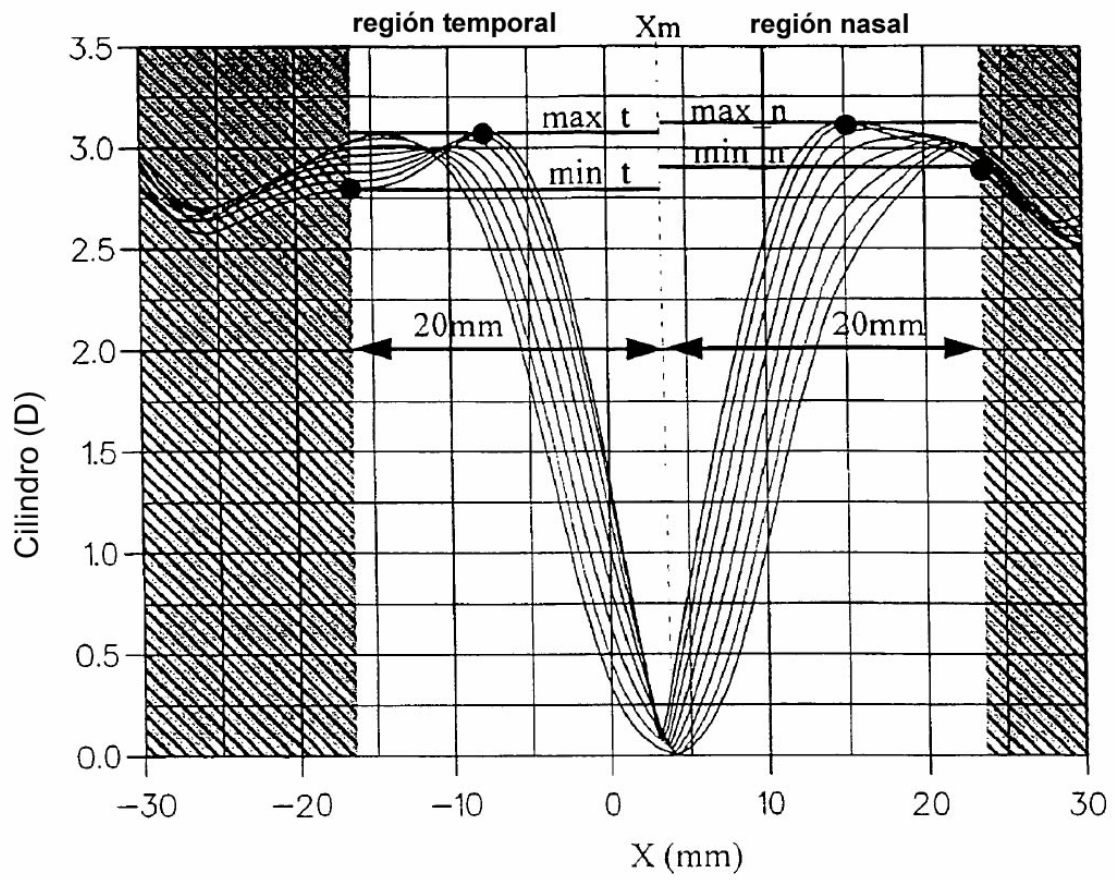


FIGURA 2

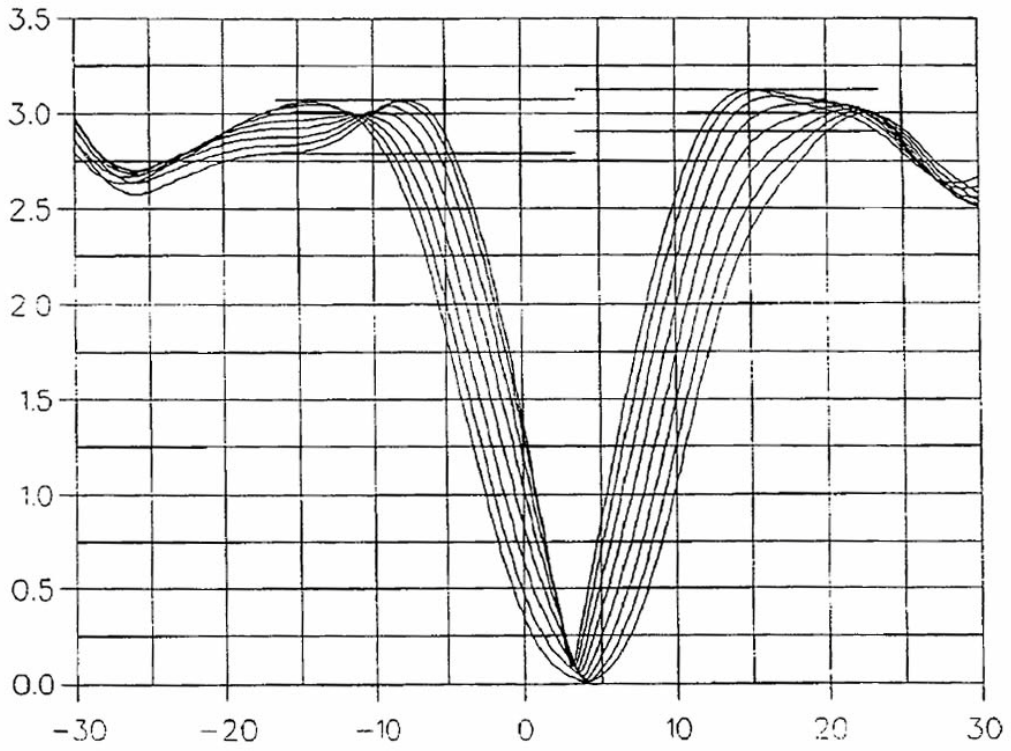


FIGURA 3

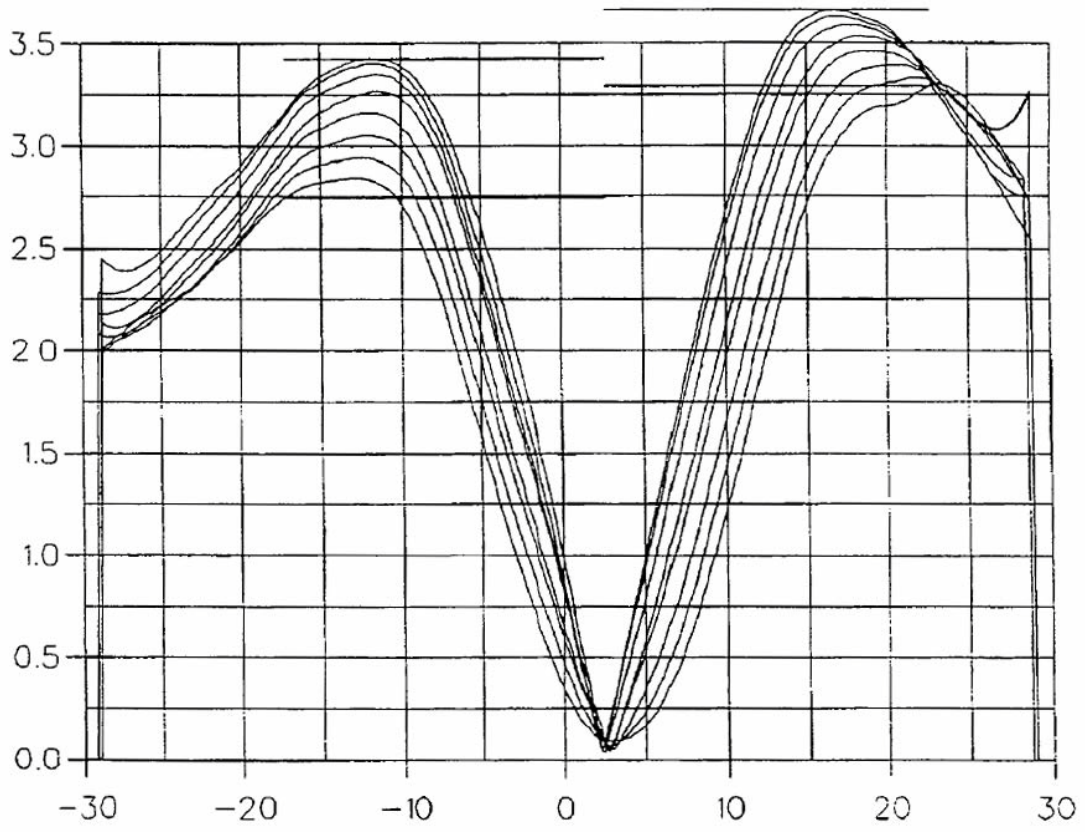


FIGURA 4

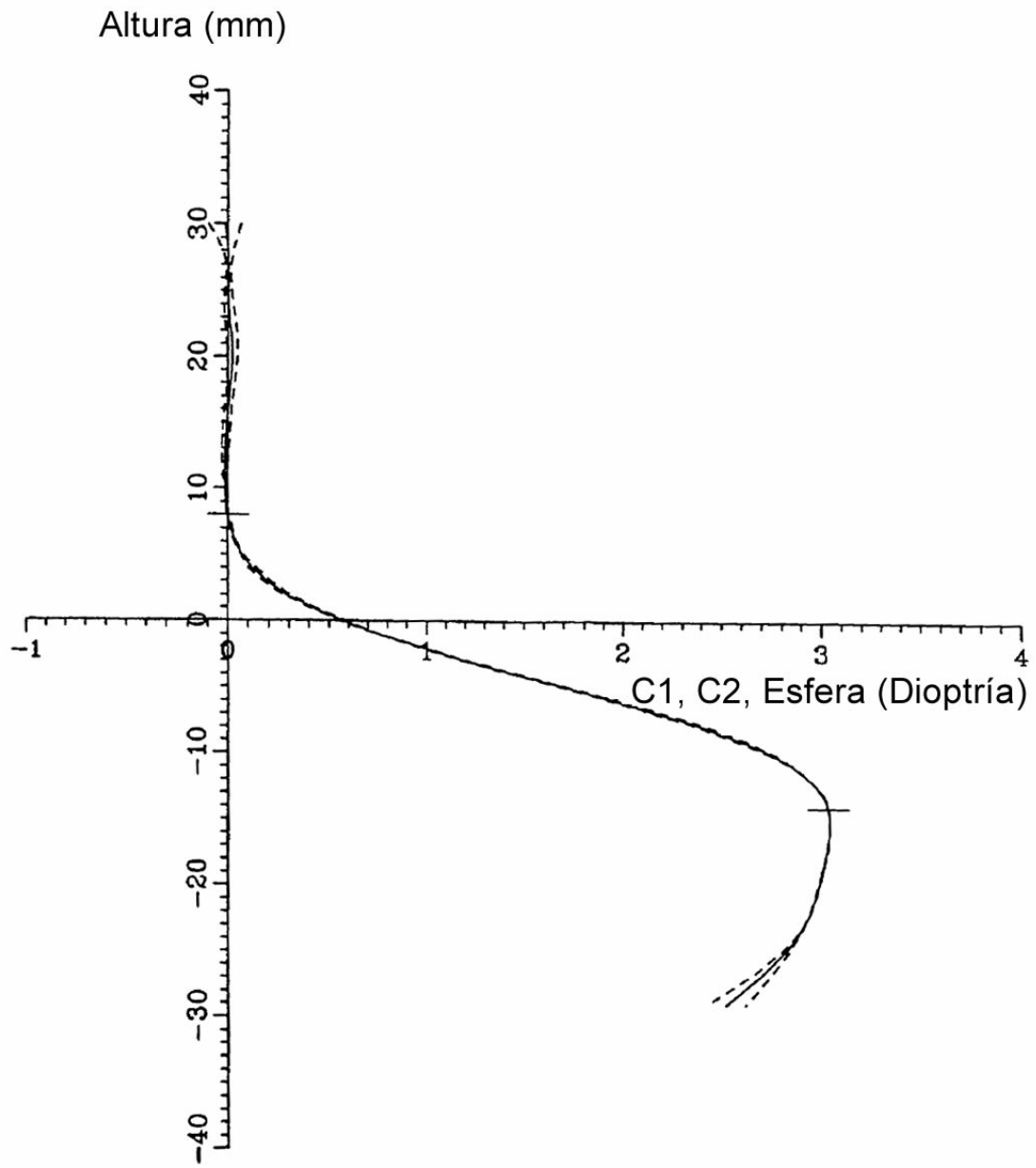


FIGURA 5

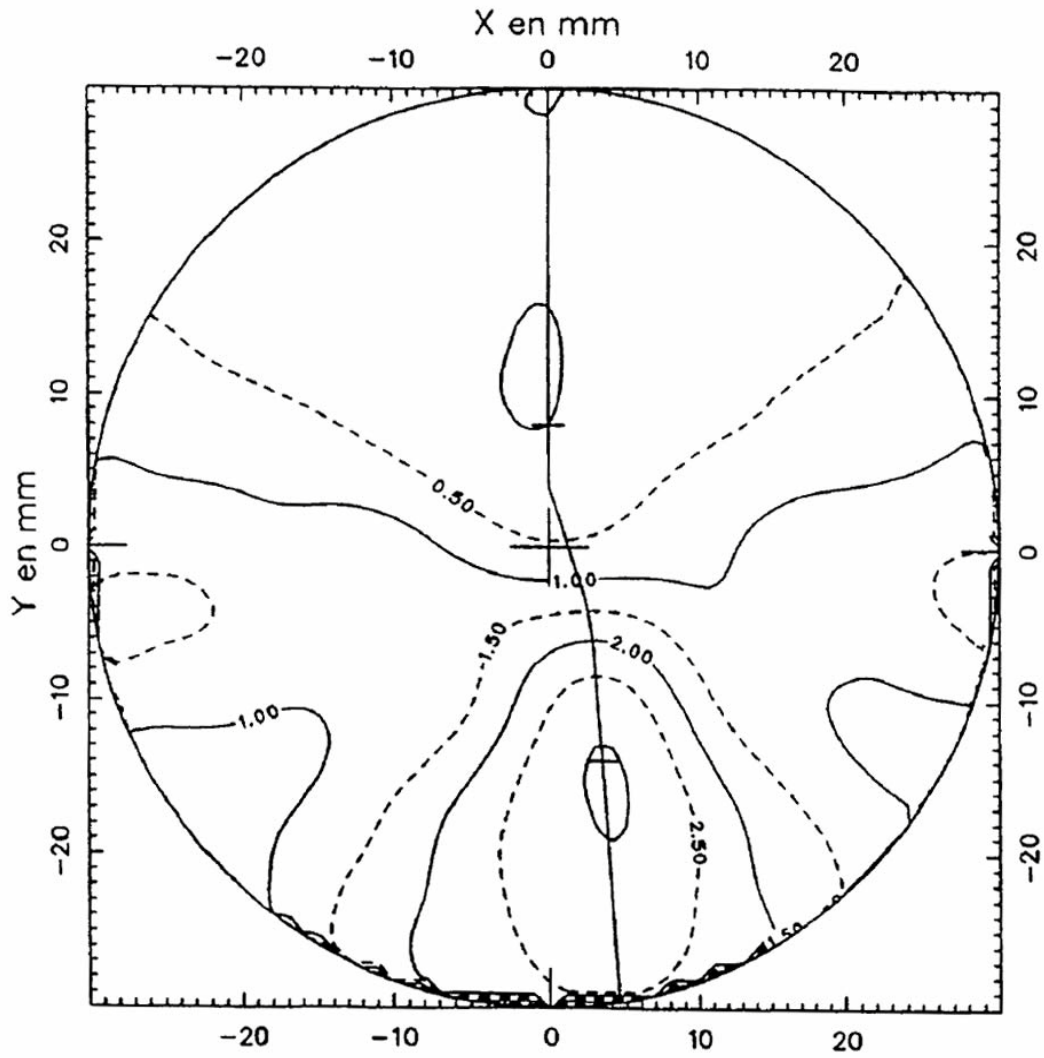


FIGURA 6

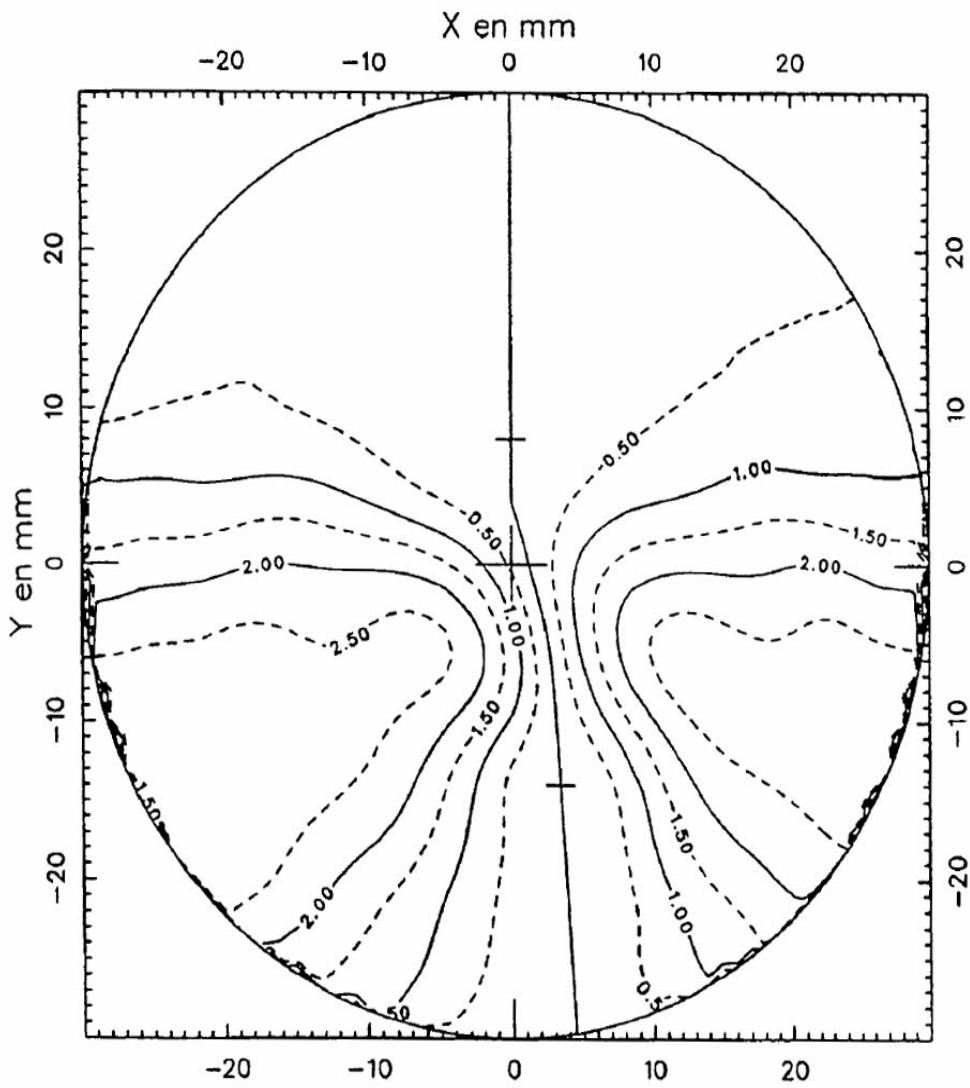


FIGURA 7