

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 389 487**

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

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **10165002 .6**
- 96 Fecha de presentación: **21.04.2006**
- 97 Número de publicación de la solicitud: **2249195**
- 97 Fecha de publicación de la solicitud: **10.11.2010**

54 Título: **Lentilla oftálmica**

30 Prioridad:
08.11.2005 FR 0511328

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
26.10.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
26.10.2012

73 Titular/es:
**ESSILOR INTERNATIONAL (COMPAGNIE
GÉNÉRALE D'OPTIQUE) (100.0%)**
147, rue de Paris
94220 Charenton le Pont, FR

72 Inventor/es:
**CHAUVEAU, JEAN-PIERRE;
DECRETON, BRUNO y
LE SAUX, GILLES**

74 Agente/Representante:
DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 389 487 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

Lentilla oftálmica.

El presente invento tiene por objeto una lentilla oftálmica.

- 5 Cualquier lentilla oftálmica, destinada a ser llevada en una montura, está asociada a una prescripción. La prescripción en materia oftálmica puede comprender una prescripción de potencia, positiva o negativa, así como una prescripción de astigmatismo. Estas prescripciones corresponden a correcciones a aportar al portador de las lentillas para corregir los defectos de su visión. Una lentilla es montada en la montura en función de la prescripción y de la posición de los ojos del portador con relación a la montura.
- 10 En los casos más simples, la prescripción se reduce a una prescripción de potencia. La lentilla es llamada unifocal y presenta una simetría de revolución. Está montada simplemente en la montura de tal forma que la dirección principal de la mirada del portador coincide con el eje de simetría de la lentilla.
- 15 Para los portadores con presbicia, el valor de la corrección de potencia es diferente en visión de lejos y en visión de cerca, por el hecho de las dificultades de acomodación en visión de cerca. La prescripción está entonces compuesta por un valor de potencia en visión de lejos y por una adición (o progresión de potencia) representativa del incremento de potencia entre la visión de lejos y la visión de cerca; esto se convierte en una prescripción de potencia en visión de lejos y en una prescripción de potencia en visión de cerca. Las lentillas adaptadas a los portadores con presbicia son lentillas multifocales progresivas; estas lentillas están descritas por ejemplo en los documentos FR-A-2.699.294, US-A-5.270.745 o US-A-5.272.495, FR-A-2.683.642, FR-A-2.699.294 o aún FR-A-2.704.327. Las lentillas oftálmicas multifocales progresivas comprenden una zona de visión de lejos, una zona de visión de cerca, una zona de visión intermedia, una meridiana principal de progresión que atraviesa estas tres zonas. Son generalmente determinadas por optimización, a partir de un cierto número de tensiones impuestas a las diferentes características de la lentilla. Estas lentillas son generalistas, porque están adaptadas a las diferentes necesidades corrientes del portador.
- 20 Se definen familias de lentillas multifocales progresivas, estando caracterizada cada lentilla de una familia por una adición, que corresponde a la variación de potencia entre la zona de visión de lejos y la zona de visión de cerca. Más precisamente, la adición, indicada con A, corresponde a la variación de potencia entre un punto VL de la zona de visión de lejos y un punto VP de la zona de visión de cerca, que son llamados respectivamente punto de control de la visión de lejos y punto de control de la visión de cerca, y que representan los puntos de intersección de la mirada y de la superficie de la lentilla para una visión al infinito y para una visión de lectura.
- 25 En una misma familia de lentillas, la adición varía de una lentilla a la otra de la familia entre un valor de adición mínimo y un valor de adición máximo. Habitualmente, los valores mínimo y máximo de adición son respectivamente de 0,75 dioptrías y 3,5 dioptrías, y la adición varía de 0,25 dioptrías en 0,25 dioptrías de una lentilla a la otra de la familia.
- 30 Lentillas de igual adición difieren por el valor de la esfera media en un punto de referencia, llamado también base. Se puede por ejemplo escoger medir la base en el punto VL de medida de la visión de lejos. Se define así por la elección de un par (adición, base) un conjunto o juego de caras delanteras esféricas para lentillas multifocales progresivas. Habitualmente, se pueden definir así 5 valores de bases y 12 valores de adiciones, o sea sesenta caras delanteras. En cada una de las bases, se realiza una optimización para una potencia dada. Este método conocido permite, a partir de lentillas semiacabadas, de las que sólo la cara delantera está conformada, preparar lentillas adaptadas a cada portador, por mecanización simple de una cara trasera esférica o tórica.
- 35 Así, las lentillas multifocales progresivas incluyen habitualmente una cara delantera esférica, que es la cara opuesta al portador de las gafas, y una cara trasera esférica o tórica, dirigida hacia el portador de las gafas. Esta cara esférica o tórica permite adaptar la lentilla a la ametropía del usuario, de tal forma que una lentilla multifocal progresiva no está generalmente definida más que por su superficie esférica. Como es bien conocido, tal superficie esférica está generalmente definida por la altitud de todos sus puntos. Se utilizan también los parámetros constituidos por las curvaturas mínimas y máximas en cada punto, o más corrientemente su semi-suma y su diferencia. Esta semi-suma y esta diferencia multiplicadas por un factor $n-1$, siendo n el índice de refracción del material de la lentilla, son denominadas esfera media y cilindro.
- 40 Una lentilla multifocal progresiva puede así ser definida, en cualquier punto de su superficie compleja, por características geométricas que comprenden un valor de esfera medio y un valor de cilindro, dados por las fórmulas siguientes.
- 45 De manera conocida en sí, en cualquier punto de una superficie compleja, se define una esfera media D dada por la fórmula:
- 50

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

donde R_1 y R_2 son los radios de curvatura máximo y mínimo locales expresados en metros, y n el índice del material que constituye la lentilla.

Se define también un cilindro C , dado por la fórmula:

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

Las características de la cara compleja de la lentilla puede ser expresadas con la ayuda de la esfera media y del cilindro.

10 Por otro lado, una lentilla multifocal progresiva puede también ser definida por características ópticas que tienen en consideración la situación del portador de las lentillas. En efecto, las leyes de la óptica de los trazados de rayos entrañan la aparición de defectos ópticos cuando los rayos se desvían del eje central de cualquier lentilla. Clásicamente se tiene interés por las aberraciones llamadas defecto de potencia y astigmatismo. Estas aberraciones ópticas puede ser llamadas de manera genérica defectos de oblicuidad de los rayos.

15 Los defectos de oblicuidad de los rayos ya han sido bien identificados en la técnica anterior y se han propuesto mejoras. Por ejemplo, el documento WO-A-98 12590 describe un método de determinación por optimización de un juego de lentillas oftálmicas multifocales progresivas. Este documento propone definir el juego de lentillas considerando las características ópticas de las lentillas y en particular la potencia del portador y el astigmatismo oblicuo, en las condiciones de uso. La lentilla es optimizada por trazado de rayos, a partir de un ergograma que asocia a cada dirección de la visión en las condiciones de uso un punto objeto considerado.

20 Se pueden además considerar las aberraciones ópticas llamadas de orden elevado como la aberración esférica o la coma interesándose por las deformaciones sufridas por un frente de onda esférico no aberrante que atraviesa la lentilla.

25 Se considera que el ojo gira por detrás del cristal para barrer el conjunto de su superficie. Así, en cada punto, se considera un sistema óptico compuesto por el ojo y por el cristal, tal y como se explicará en detalle más adelante con referencia a las figs. 1 a 3. El sistema óptico es así diferente en cada punto de la superficie del cristal pues las posiciones relativas del eje principal del ojo y del cristal son efectivamente diferentes en cada punto por el hecho de la rotación del ojo por detrás del cristal.

En cada una de estas posiciones sucesivas, se calculan las aberraciones sufridas por el frente de onda que atraviesa el cristal y limitado por la pupila del ojo.

30 La aberración esférica traduce por ejemplo el hecho de que los radios que pasan por el borde de la pupila no convergen en el mismo plano que los rayos que pasan próximos a su centro. Por otro lado, la coma representa el hecho de que la imagen de un punto situado por detrás del eje presentará un arrastre, debido a la variación de potencia del sistema óptico. Se puede hacer referencia al artículo de R.G. Dorsch y P. Baumbach, "Coma y Características de Diseño de Lentes de Adición Progresiva" R.G. Dorsch, P. Baumbach, Ciencia de la Visión y Sus Aplicaciones, Sante Fé, Febrero de 1998 que describe los efectos de la coma sobre una lentilla multifocal progresiva.

35 Las deformaciones de este frente de onda pueden ser descritas globalmente por la desviación cuadrática media, llamadas RMS que significa Raíz Cuadrada Media en inglés. La RMS es generalmente expresada en micras (μm) y designa, para cada punto de la superficie compleja, la desviación del frente de onda resultante con relación a un frente de onda no aberrante. El invento propone una lentilla multifocal progresiva definida por sus características ópticas en las condiciones de uso, garantizando una buena agudeza visual de los portadores de cristales progresivos, particularmente en visión de lejos, permitiendo al mismo tiempo un buen acceso a las potencias necesarias en visión de cerca.

40 El invento propone en consecuencia una lentilla oftálmica multifocal progresiva que tiene una prescripción de adición de potencia y que presenta una superficie compleja que tiene:

- 45 - una cruz de montaje;
 - una zona de visión de lejos con un punto de control, una zona de visión de cerca con un punto de control y una zona de visión intermedia;
 - una meridiana principal de progresión que atraviesa estas tres zonas;
- 50 presentando la lentilla, en las condiciones corrientes del portador con una cruz de montaje (CM) que corta la dirección principal de la mirada, una distancia entre el centro de rotación del ojo y la cara trasera de la lentilla de 27

mm, un ángulo pantoscópico de 8° y un valor de perfil de 0° y llevada a una prescripción plana en visión de lejos por ajustes de los radios de curvatura de al menos una de sus caras:

- 5 - una desviación cuadrática media reducida, normalizada en la prescripción de adición, inferior a 0,025 micras por dioptría sobre una zona que incluye el punto de control en visión de lejos y que cubre un sector cuya parte superior está situada sobre la meridiana de progresión a 4° sensiblemente bajo la cruz de montaje con una abertura angular comprendida entre 150° y 160° , siendo calculada la desviación cuadrática media reducida anulando los coeficientes de orden de 1 y 2 en la descomposición en polinomios de Zernike de un frente de onda que atraviesa la lentilla;
- 10 - una longitud de progresión inferior o igual a 25° , estando definida la longitud de progresión como el ángulo de bajada o descenso de la mirada desde la cruz de montaje hasta el punto de la meridiana para el que la potencia óptica de portador alcanza el 85% de la prescripción de adición.

Según los modos de realización, la lentilla según el invento presenta una o varias de las características siguientes:

- 15 - la zona de desviación cuadrática media reducida normalizada inferior a $0,025 \mu\text{m/D}$ cubre un sector de abertura angular igual a 155° ;
- la zona de desviación cuadrática media reducida normalizada inferior a $0,025 \mu\text{m/D}$ cubre un sector que tiene un eje medio sensiblemente confundido con la meridiana principal de progresión en la zona de visión de lejos;
- 20 - la zona de desviación cuadrática media reducida normalizada inferior a $0,025 \mu\text{m/D}$ cubre un sector de rayo comprendido entre 35° y 45° grados;
- la zona de desviación cuadrática media reducida normalizada inferior a $0,025 \mu\text{m/D}$ cubre un sector de rayo sensiblemente igual a 40° ;

El invento se refiere también a un equipo visual que incluye al menos una lentilla según el invento y un procedimiento de corrección de la visión de un sujeto con presbicia, que comprende el suministro al sujeto o la acción del porte por el sujeto de tal equipo.

- 25 El invento se refiere además a un procedimiento de montaje de una lentilla según el invento en un equipo visual, que comprende:
 - la medida de la posición horizontal de la pupila del portador en visión de lejos;
 - la determinación de la altura total del calibre de la montura del equipo visual;
 - el montaje en el equipo de una lentilla, con una cruz de montaje en la posición medida.

- 30 Otras ventajas y características del invento aparecerán de la lectura de la descripción siguiente de los modos de realización del invento, dados a título de ejemplo y en referencia a los dibujos que muestran:

La fig. 1, un esquema de un sistema óptico ojo-lentilla, en vista desde arriba;

Las figs. 2 y 3, esquemas en perspectiva de un sistema ojo-lentilla;

La fig. 4, un gráfico de potencia óptica de portador a lo largo de la meridiana de una lentilla según el invento;

- 35 La fig. 5, una tarjeta de potencia óptica de portador de la lentilla según el invento;

La fig. 6, una tarjeta de amplitud de astigmatismo oblicuo de la lentilla según el invento;

La fig. 7, una tarjeta de RMS reducido normalizado de la lentilla según el invento.

- 40 De manera clásica, se definen para una lentilla dada magnitudes características ópticas, a saber una potencia y un astigmatismo, y en las condiciones de uso. La fig. 1 muestra un esquema de un sistema óptico ojo y lentilla en vista de lado, y muestra las definiciones utilizadas en la continuación de la descripción. Se llama Q' el centro de rotación del ojo; el eje $Q'F'$ representado en la figura en trazos mixtos es el eje horizontal que pasa por el centro de rotación del ojo y que se extiende por delante del portador - dicho de otra forma el eje $Q'F'$ corresponde a la dirección principal de la mirada o de la visión. Este eje corta, sobre la cara delantera, un punto de la lentilla llamado Cruz de Montaje CM, que está materializado sobre las lentillas para permitir su posicionamiento por un óptico. La Cruz de Montaje está generalmente situada 4 mm por encima del Centro Geométrico de la cara delantera. Sea el punto O, el punto de intersección de la cara trasera y de este eje $Q'F'$. Se define una esfera de las partes superiores, de centro Q' , y de radio q' , que corta la cara trasera de la lentilla en el punto O. A título de ejemplo, un valor de radio q' de 27 mm corresponde a un valor corriente y proporciona resultados satisfactorios mientras se llevan las lentillas. Se puede diseñar el corte de la lentilla en el plano (O, x, y) definido con referencia a la fig. 2. La tangente a esta curva en el punto O está inclinada con relación al eje (O, y) en un ángulo llamado ángulo pantoscópico. El valor del ángulo pantoscópico es normalmente de 8° . Se puede igualmente dibujar el corte de la lentilla en el plano (O, x, z) . La tangente de esta curva en el punto O está inclinada con relación al eje (O, z) en un ángulo llamado perfil. El valor del perfil es normalmente de 0° .
- 45
- 50

- 55 Una dirección dada de la mirada - representada en trazos continuos en la figura 1 - corresponde a una posición del ojo en rotación alrededor de Q' y a un punto J de la esfera de las partes superiores; una dirección de la mirada

5 puede también ser referenciada, en coordenadas esféricas, por dos ángulos α y β . El ángulo α es el ángulo formado entre el eje Q'F' y la proyección de la recta Q'J sobre el plano horizontal que contiene al eje Q'F'; este ángulo aparece sobre el esquema de la fig. 1. El ángulo β es el ángulo formado entre el eje Q'F' y la proyección de la recta Q'J sobre el plano vertical que contiene el eje Q'F'. Una dirección dada de la mirada corresponde por tanto a un punto J de la esfera de las partes superiores o a un par (α, β) .

10 En una dirección dada de la mirada, la imagen del punto M del espacio objeto situado a una distancia objeto dada, se forma entre dos puntos S y T correspondiente a las distancias JS y JT mínima y máxima (que serán distancias focales sagitales y tangenciales en el caso de las superficies de revolución, y de un punto M en el infinito). El ángulo γ , referenciado como el eje de astigmatismo, es el ángulo formado por la imagen correspondiente a la distancia menor con el eje (z_m) en el plano (z_m, y_m) definido con referencia a las figs. 2 y 3. El ángulo γ es medido en el sentido trigonométrico directo cuando se mira el portador. En el ejemplo de la fig. 1, sobre el eje Q'F', la imagen del punto del espacio objeto en el infinito se forma en el punto F'; los puntos S y T son confundidos, lo que equivale a decir que la lentilla es localmente esférica en la dirección principal de la mirada. La distancia D es la frontal trasera de la lentilla.

15 Las figs. 2 y 3 muestran esquemas en perspectiva de un sistema ojo-lentilla. La fig. 2 muestra la posición del ojo y de la referencia unida al ojo en la dirección principal de la mirada, $\alpha = \beta = 0$, llamada dirección principal de la mirada. Los puntos J y O están entonces confundidos. La fig. 3 muestra la posición del ojo y de la referencia que le está unida en una dirección (α, β) . Se ha representado en las figs. 2 y 3 una referencia $\{x, y, z\}$ fija y una referencia $\{x_m, y_m, z_m\}$ unida al ojo, para mostrar bien la rotación del ojo. La referencia $\{x, y, z\}$ tiene por origen el punto Q'; el eje x es el eje Q'F' – no estando representado el punto F' en las figs. 2 y 3 y pasa por el punto O; este eje esta orientado de la lentilla hacia el ojo, en correspondencia con el sentido de medida del eje de astigmatismo. El plano $\{y, z\}$ es el plano vertical; el eje y es vertical y está orientado hacia arriba; el eje z es horizontal, siendo la referencia ortonormal directa. La referencia $\{x_m, y_m, z_m\}$ unida al ojo tiene como centro el punto Q'; el eje x_m está dado por la dirección JQ' de la mirada, y coincide con la referencia $\{x, y, z\}$ para la dirección principal de la mirada. La Ley de Listing proporciona las relaciones entre las referencias $\{x, y, z\}$ y $\{x_m, y_m, z_m\}$ para cada dirección de la mirada, véase Legrand, Óptica Fisiológica, tomo 1, Edición de la Revista de Óptica, París 1965.

20 Con la ayuda de estos elementos, se puede definir una potencia óptica de portador y un astigmatismo, en cada dirección de la mirada. Para una dirección de la mirada (α, β) , se considera un punto M objeto a una distancia objeto dada por el ergorama. Se determinan los puntos S y T entre los cuales se forma la imagen del objeto. La proximidad de imagen PI está entonces dada por:

$$PI = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{JT} + \frac{1}{JS} \right)$$

mientras que la proximidad del objeto PO es proporcionada por:

$$PO = \frac{1}{MJ}$$

La potencia es definida como la suma de las proximidades objeto e imagen, o sea:

$$P = PO + PI = \frac{1}{MJ} + \frac{1}{2} \left(\frac{1}{JT} + \frac{1}{JS} \right)$$

La amplitud del astigmatismo está dada por:

$$A = \left| \frac{1}{JT} - \frac{1}{JS} \right|$$

40 El ángulo del astigmatismo es el ángulo γ definido más arriba: se trata del ángulo medido en una referencia unida al ojo, con relación a la dirección z_m con la que se forma la imagen T, en el plano $\{z_m, y_m\}$. Estas definiciones de potencial y astigmatismo son definiciones ópticas, en las condiciones de uso y en una referencia unida al ojo. Cualitativamente, la potencia y el astigmatismo así definidos corresponden a las características de una lentilla delgada, que colocada en lugar de la lentilla en la dirección de la mirada, proporcionaría localmente las mismas imágenes. Se remarca que la definición proporciona, en la dirección principal de la mirada, el valor clásico de prescripción del astigmatismo. Tal prescripción es efectuada por el oftalmólogo, en visión de lejos, en forma de un par formado por un valor de eje (en grados) y por un valor de amplitud (en dioptrías).

45 La potencia y el astigmatismo así definidos su pueden ser medidos experimentalmente en la lentilla utilizando un frontofocómetro; pueden también ser calculados por trazado de rayos en las condiciones de uso.

- 5 El invento propone una lentilla oftálmica multifocal progresiva que presenta las ventajas de una visión de lejos agrandada, con una buena accesibilidad en visión de cerca además. La lentilla permite asegurar una buena agudeza visual en visión de lejos con un campo despejado limitando las aberraciones ópticas sobre un sector que se extiende por debajo de la cruz de montaje y que cubre un gran ángulo en la zona de visión de lejos. La solución propuesta asegura también una buena accesibilidad a las potencias necesarias en visión de cerca, permitiendo al portador ver de manera satisfactoria a distancias iguales aproximadamente a 40 cm sin obligarle a bajar mucho los ojos, siendo la zona de visión de cerca accesible desde 25° bajo la cruz de montaje. La lentilla es así una lentilla adaptada a la visión de lejos agrandada y a la visión de cerca. Lentilla presenta una prescripción tal que las potencias prescritas al portador en visión de lejos y en visión de cerca son alcanzadas sobre la lentilla.
- 10 La lentilla está descrita a continuación con referencia a un modo de realización adaptado a portadores con presbicia que presentan una prescripción de progresión de potencia de 2 dioptrías.
- 15 Las figs. 4 a 7 muestran una lentilla de diámetro de 60 mm con una cara delantera multifocal progresiva y que incluye un prisma de $1,15^\circ$ de base geométrica orientado a 270° en la referencia TABO. El plano del cristal está inclinado con relación a la vertical de 8° y el cristal presenta un espesor de 2 mm. Se ha considerado un valor de q' de 27 mm (tal como se ha definido con referencia a la fig. 1) para las medidas sobre la lentilla de las figuras 4 a 7.
- En las figs. 5 a 7, se ha representado la lentilla en una referencia en coordenadas esféricas, estando llevado el ángulo beta en abscisas y el ángulo alfa en ordenadas.
- 20 La lentilla presenta una línea sensiblemente umbilicada, llamada meridiana, sobre la cual el astigmatismo es casi nulo. La meridiana es confundida con el eje vertical en la parte superior de la lentilla y presenta una inclinación del lado nasal en la parte inferior de la lentilla, siendo más marcada la convergencia en visión de cerca.
- 25 Las figuras muestran la meridiana así como las referencias sobre la lentilla. La cruz de montaje CM de la lentilla puede estar referenciada geoméricamente sobre la lentilla por una cruz o cualquier otra marca tal como un punto rodeado de un círculo trazado sobre la lentilla, o por cualquier otro medio apropiado; se trata de un punto de centrado materializado sobre la lentilla que es utilizado por el óptico para el montaje de la lentilla en la montura. En coordenadas esféricas, la cruz de montaje CM presenta las coordenadas (0, 0) puesto que corresponde al punto de intersección de la cara delantera de la lentilla con la dirección principal de la visión, como se ha definido precedentemente. El punto de control en visión de lejos VL está situado sobre la meridiana y corresponde a una elevación de mirada de 8° por encima de la cruz de montaje; el punto de control en visión de lejos VL presenta las coordenadas (0, -8°) en la referencia esférica definida previamente. El punto de control de visión de cerca VP está situado sobre la meridiana y corresponde a una bajada de la mirada de 35° por debajo de la cruz de montaje; el punto de control en visión de cerca VP presenta las coordenadas (6° , 35°) en la referencia esférica predefinida.
- 30 La fig. 4 muestra un gráfico de la potencia óptica de portador a lo largo de la meridiana; se han llevado en ordenadas el ángulo β y en abscisas la potencia en dioptrías. Se han indicado en trazos discontinuos las potencias ópticas mínima y máxima que corresponden respectivamente a las cantidades $1/JT$ y $1/JS$ definidas precedentemente, y en trazo continuo la potencia óptica P tal como se ha definido precedentemente.
- 35 Se puede indicar en la figura una potencia óptica de portador sensiblemente constante alrededor del punto de control en visión de lejos VL, una potencia óptica de portador sensiblemente constante alrededor del punto de control en visión de cerca VP y una progresión regular de la potencia a lo largo de la meridiana. Los valores están desplazados a cero en el origen, donde la potencia óptica vale en realidad $-0,03$ dioptrías que corresponden a una lentilla plana en visión de lejos prescrita para portadores emétopes con presbicia.
- 40 La zona de visión intermedia comienza generalmente, para una lentilla multifocal progresiva, al nivel de la cruz de montaje CM; es allí donde comienza la progresión de potencia. Así, la potencia óptica aumenta, desde la cruz de montaje hasta el punto de control en visión de cerca VP, para valores del ángulo β de 0 a 35° . Para los valores del ángulo más allá de 35° , la potencia óptica se vuelve sensiblemente constante, con un valor de 2,23 dioptrías. Se remarcará que la progresión de potencia óptica de portador (2,26 dioptrías) es superior a la adición de potencia A prescrita (2 dioptrías). Esta diferencia de valor de potencia es debida a los efectos oblicuos.
- 45 Se puede definir sobre una lentilla una longitud de progresión, designada LP en la fig. 4, que es la distancia angular – o la diferencia de ordenadas – entre el centro óptico de la lentilla – o la cruz de montaje CM – y un punto de la meridiana sobre el que la progresión de potencia alcanza el 85% de la adición de potencia prescrita A. En el ejemplo de la fig. 4, una potencia óptica de $0,85 \times 2$ dioptrías, es decir de 1,7 dioptrías es alcanzada por un punto de coordenadas angular $\beta = 24,5^\circ$ aproximadamente.
- 50 La lentilla según el invento presenta así una accesibilidad a las potencias necesarias para la visión de cerca con una bajada moderada de la mirada, inferior o igual a 25° . Esta accesibilidad garantiza una utilización confortable de la zona de visión de cerca.
- 55 La fig. 5 muestra las líneas de nivel de la potencia óptica de portador definida en una dirección de la mirada y para un punto objeto. Como es habitual, se ha llevado en la fig. 5, en una referencia en coordenadas esféricas, las líneas

de isotencia; estas líneas están formadas por puntos que presentan un mismo valor de la potencia óptica P. Se han representado las líneas de isotencia de 0 dioptrías a 2,25 dioptrías.

5 Se constata en la fig. 5, una zona de visión de lejos sin variación de potencia, que se extiende bajo la cruz de montaje. El valor de la potencia óptica de portador es por lo tanto sensiblemente constante alrededor de la cruz de montaje CM. Esta variación de potencia casi nula alrededor de la cruz de montaje permite una cierta tolerancia de posicionamiento durante el montaje de la lentilla en el equipo visual, como ya se explicará más adelante.

10 La fig. 6 muestra las líneas de nivel de la amplitud del astigmatismo oblicuo en el uso. Como ya es habitual, se ha llevado en la fig. 6, en una referencia en coordenadas esféricas, las líneas de isoastigmatismo; estas líneas están formadas por puntos que presentan un mismo valor de amplitud de astigmatismo tal como se ha definido precedentemente. Se han representado las líneas de isoastigmatismo de 0,25 dioptrías a 2,50 dioptrías.

15 Se constata que la zona de visión de lejos está relativamente liberada o despejada: las líneas de isoastigmatismo superiores a 0,25 dioptrías se abren ampliamente para liberar el campo de visión de lejos. Se constata también que las líneas de isoastigmatismo se alargan, en la parte inferior de la lentilla, a la altura del punto de referencia para la visión de cerca VP. En la parte inferior de la lentilla, las líneas de isoastigmatismo 0,75 y 1 dioptría son casi paralelas y verticales y delimitan una zona que contiene el punto de referencia en visión de cerca VP.

20 La fig. 7 muestra las líneas de nivel de la RMS reducida y normalizada a la prescripción de adición calculada en las condiciones de uso. La RMS es calculada para cada dirección de la mirada, para cada punto del cristal de la lentilla con un método de trazado de rayos. Se ha considerado un diámetro de pupila del portador sensiblemente igual a 5 mm. La RMS representa, para cada punto de la lentilla que corresponde a una dirección de mirada, la desviación entre el frente de onda resultante y un frente de onda de referencia esférico no aberrante que corresponde a la mejor esfera que pasa por este frente de onda resultante. Los valores de RMS han sido calculados para la lentilla de las figs. 4 a 6, es decir para una lentilla plana en visión de lejos que presenta una prescripción de adición de potencia de 2 dioptrías, prescrita para portadores emétopes con presbicia.

25 Un montaje posible para medir las aberraciones de un frente de onda que atraviesa la lentilla tales como percibidas por el ojo del portador está descrito en el artículo de Eloy A. Villegas y Pablo Artal, "Aberraciones de Frente de Onda Resueltas Espacialmente de Lentes de Potencia Progresiva Oftálmicas en Condiciones de Visión Normales", Optometría y Ciencia de la Visión, Vol. 80, No. 2, Febrero de 2003.

30 De manera conocida, un frente de onda que ha atravesado una superficie esférica puede ser descompuesto por polinomios de Zernike. Más precisamente, una superficie de onda puede ser aproximada por una combinación lineal de polinomios del tipo:

$$z(x_m, y_m, z_m) = \sum_i a_i P_i(x_m, y_m, z_m)$$

donde los P_i son los polinomios de Zernike, y las a_i son coeficientes reales.

35 La descomposición del frente de onda en polinomios de Zernike y el cálculo de las aberraciones del frente de onda ha sido estandarizados por la sociedad americana de óptica (Sociedad Óptica de América); estando disponible la norma en la dirección de Internet de la Universidad de Harvard <ftp://color.eri.harvard.edu/standardization/Standards TOPS4.pdf>.

40 La RMS es así calculada, en las condiciones de uso. La RMS es a continuación reducida, es decir que los coeficientes de orden 1 y 2 en la descomposición del frente de onda en polinomios de Zernike son anulados. Las aberraciones ópticas de defecto de potencia y de astigmatismo, no son por lo tanto incluidas en el cálculo de la RMS reducida. La RMS es a continuación normalizada, es decir dividida por la adición de la potencia prescrita.

45 En la fig. 7, está representada la RMS reducida normalizada, expresada en micras por dioptría. Se han representado las líneas de iso RMS de 0,01 $\mu\text{m}/\text{D}$ a 0,05 $\mu\text{m}/\text{D}$. Se ha trazado en la fig. 7 un sector cuya parte superior está situada sobre la meridiana principal de progresión a 4° bajo la cruz de montaje CM y con una abertura angular de 155° . Según los criterios de optimización ópticos utilizados, la abertura angular de este sector puede estar comprendida entre 150° y 160° . En la zona de la lentilla cubierta por este sector, que incluye el punto de control de visión de lejos VL, la RMS reducida normalizada está limitada a 0,025 $\mu\text{m}/\text{D}$. Esta zona que presenta una RMS reducida normalizada de valor pequeño asegura una percepción visual óptima al portador en visión de lejos.

Por razones de simetría de los cristales, el sector así definido puede presentar un eje medio sensiblemente confundido con la meridiana principal de progresión en la zona de visión de lejos.

50 En la fig. 7, el sector que presenta una RMS reducida normalizada limitada a 0,025 $\mu\text{m}/\text{D}$ tiene un rayo de 40° ; pero según los criterios de optimización óptica utilizados, este rayo puede estar comprendido entre 35° y 45° .

La lentilla según el invento presenta por lo tanto una zona en visión de lejos bien despejada con aberraciones

ópticas limitadas.

La lentilla según el invento se prescribe considerando las prescripciones de portador en visión de lejos y en visión de cerca lo que determina la adición necesaria. Cuando la superficie compleja está sobre la cara delantera de la lentilla, puede obtenerse la potencia necesaria, como en el estado de la técnica, por mecanización de la cara trasera para asegurar que la potencia es idéntica a la potencia prescrita.

5 El montaje de la lentilla en un equipo visual puede hacerse de la forma siguiente. La posición horizontal de la pupila del portador en visión de lejos es media, o sea la semi-desviación de pupila únicamente, y la altura total del calibre de la montura del equipo visual es determinada. La lentilla es entonces montada en el equipo visual con la cruz de montaje posicionada en la posición medida.

10 Se puede hacer referencia sobre este punto a la solicitud de patente FR-A-2.807.169 que describe un procedimiento de montaje simplificado de lentillas oftálmicas en una montura. Este documento describe en particular las diferentes medidas tomadas por los ópticos y propone no medir más que la semi-desviación de pupilas para efectuar el montaje de los cristales en la montura utilizando la altura total del calibre de la montura.

15 El montaje de la lentilla no necesita por lo tanto más que una medida clásica de la semi-desviación de pupila de visión de lejos, así como una medida de la altura del calibre de la montura, para determinar la altura a la cual debe ser colocada la cruz de montaje en la montura. Se afina a continuación la lentilla y se monta en la montura, de tal forma que la cruz de montaje se encuentra en una posición determinada. La determinación de la posición vertical de la cruz de montaje puede bien entendido hacerse clásicamente por la toma de medida de la altura de montaje midiendo la posición en la montura de la mirada del sujeto en visión de lejos; esta medida se efectúa de manera clásica, llevando el sujeto la montura y mirando al infinito.

20 La lentilla según el invento permite una tolerancia mejorada al montaje descrito con anterioridad. Esta tolerancia es aportada por una limitación de las aberraciones ópticas alrededor de la cruz de montaje. En particular, los valores de potencia de portador y de astigmatismo oblicuo son sensiblemente constantes alrededor de la cruz de montaje. Además, el valor de la RMS reducida normalizada está limitado alrededor de la cruz de montaje.

25 La lentilla descrita más arriba puede ser obtenida por optimización de una superficie según los métodos de optimización conocidos en sí y descritos en los documentos del estado de la técnica citados más arriba relativos a las lentillas multifocales progresivas. En particular, un software de optimización es utilizado para calcular las características ópticas del sistema ojo-lentilla con una función de mérito predeterminada. Se pueden utilizar para la optimización uno o varios de los criterios expuestos en la descripción que precede con referencia a las figs. 4 a 7, y en particular:

- una desviación cuadrática media (RMS) reducida normalizada inferior a $0,25 \mu\text{m/D}$ sobre una zona que incluye el punto de control en visión de lejos VL y que cubre un sector cuya parte superior está situada sobre la meridiana de progresión sensiblemente a 4° bajo la cruz de montaje con una abertura angular comprendida entre 150° y 160° ; y
- 35 - una longitud de progresión inferior o igual a 25° , estando definida la longitud progresión como el ángulo de bajada o descenso de la visión desde la cruz de montaje hasta el punto de la meridiana para el que la potencia óptica de portador alcanza el 85% de la prescripción de adición.

Estos criterios pueden ser combinados con otros y en particular con un rayo del sector de la zona de desviación cuadrática media reducida normalizada inferior a $0,025 \mu\text{m/D}$ comprendido entre 35° y 45° .

40 La elección de estos criterios permite obtener, por lo optimización, una lentilla. El experto en la técnica comprende fácilmente que la lentilla en cuestión no presenta necesariamente valores correspondientes exactamente a los criterios impuestos; por ejemplo, no es indispensable que el valor superior de la RMS reducida normalizada limitada sea alcanzado o que la parte superior del sector de RMS reducida normalizada limitada esté exactamente situado a 4° bajo la cruz de montaje.

45 En los ejemplos de optimización anteriores, se ha propuesto optimizar una sola de las caras de las lentillas. Está claro que en todos estos ejemplos, se puede intercambiar fácilmente la misión de las superficies delantera y trasera en el momento en que se consiguen objetivos ópticos similares a los de la lentilla descrita.

REIVINDICACIONES

1. Una lentilla oftálmica multifocal progresiva que tiene una prescripción de adición de potencia (A) y que presenta una superficie compleja que tiene:
- una cruz de montaje (CM);
 - una zona de visión de lejos con un punto de control (VL), una zona de visión de cerca con un punto de control (VP) y una zona de visión intermedia;
 - una meridiana principal de progresión que atraviesa estas tres zonas;
- presentando la lentilla, en condiciones corrientes de uso con la cruz de montaje (CM) cortando la dirección principal de la mirada, una distancia (q') entre el centro de rotación del ojo y la cara trasera de la lentilla de 27 mm, un ángulo pantoscópico de 8° y un valor de perfil de 0°, y llevada a una prescripción plana en visión de lejos por ajuste de los radios de curvatura de al menos una de sus caras:
- una desviación cuadrática media (RMS) entre un frente de onda resultante que ha atravesado la lentilla y un frente de onda de referencia esférico no aberrante correspondiente a la mejor esfera que pasa por este frente de onda resultante, reducida, y normalizada a la prescripción de adición (A), inferior a 0,025 micras por dioptría sobre una zona que incluye el punto de control en visión de lejos (VL) y que cubre un sector cuya parte superior está situada sobre la meridiana de progresión sensiblemente a 4° bajo la cruz de montaje (CM) con una abertura angular comprendida entre 150 ° y 160° y de rayo comprendido entre 35° y 45°, siendo calculada la desviación cuadrática media reducida anulando los coeficientes de orden 1 y 2 en la descomposición en polinomios de Zernike de un frente de onda que atraviesa la lentilla para un diámetro de pupila de 5 mm;
 - una longitud de progresión (LP) inferior o igual a 25°, estando definida la anchura de progresión como el ángulo de bajada o descenso de la visión desde la cruz de montaje (CM) hasta el punto de la meridiana para el que la potencia óptica de portador alcanza el 85% de la prescripción de adición (A).
2. La lentilla de la reivindicación 1, caracterizada porque la zona de desviación cuadrática media reducida normalizada inferior a 0,025 $\mu\text{m}/\text{D}$ cubre un sector de abertura angular igual a 155°.
3. La lentilla de la reivindicación 1 ó 2, caracterizada porque la zona de desviación cuadrática media reducida normalizada inferior a 0,025 $\mu\text{m}/\text{D}$ cubre un sector que tiene un eje medio sensiblemente confundido con la meridiana principal de progresión en la zona de visión de lejos.
4. La lentilla de una de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizada porque la zona de desviación cuadrática media reducida normalizada inferior a 0,025 $\mu\text{m}/\text{D}$ cubre un sector de rayo sensiblemente igual a 40°.
5. Un equipo visual que comprende al menos una lentilla según una de las reivindicaciones precedentes.

Fig. 1

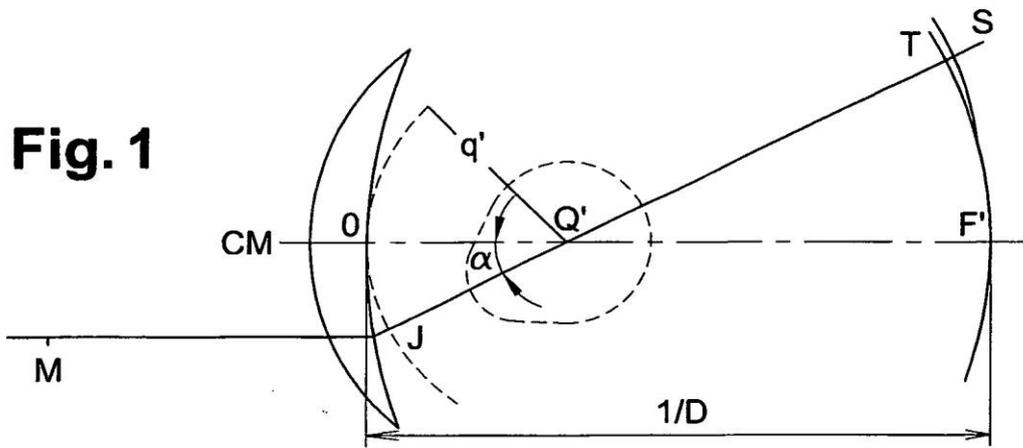


Fig. 2

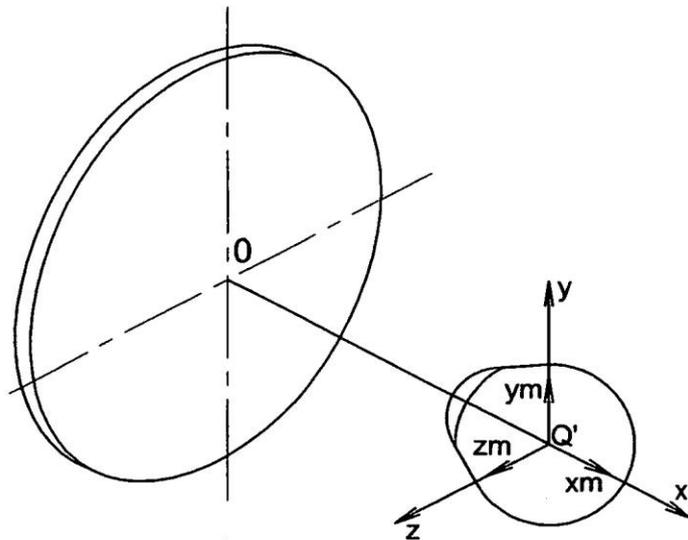
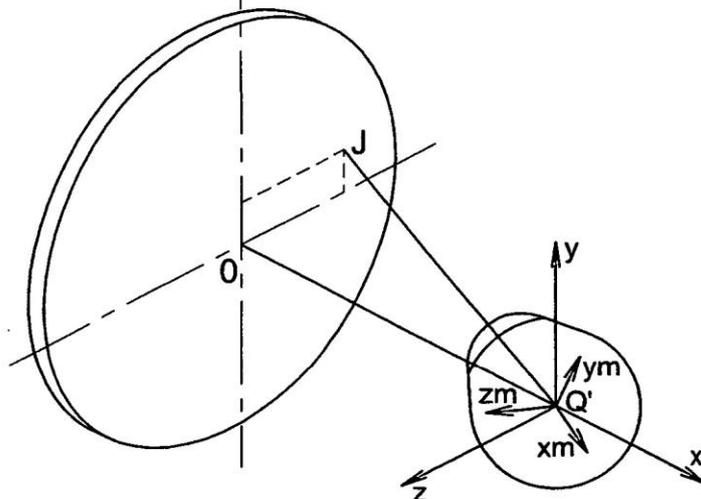


Fig. 3



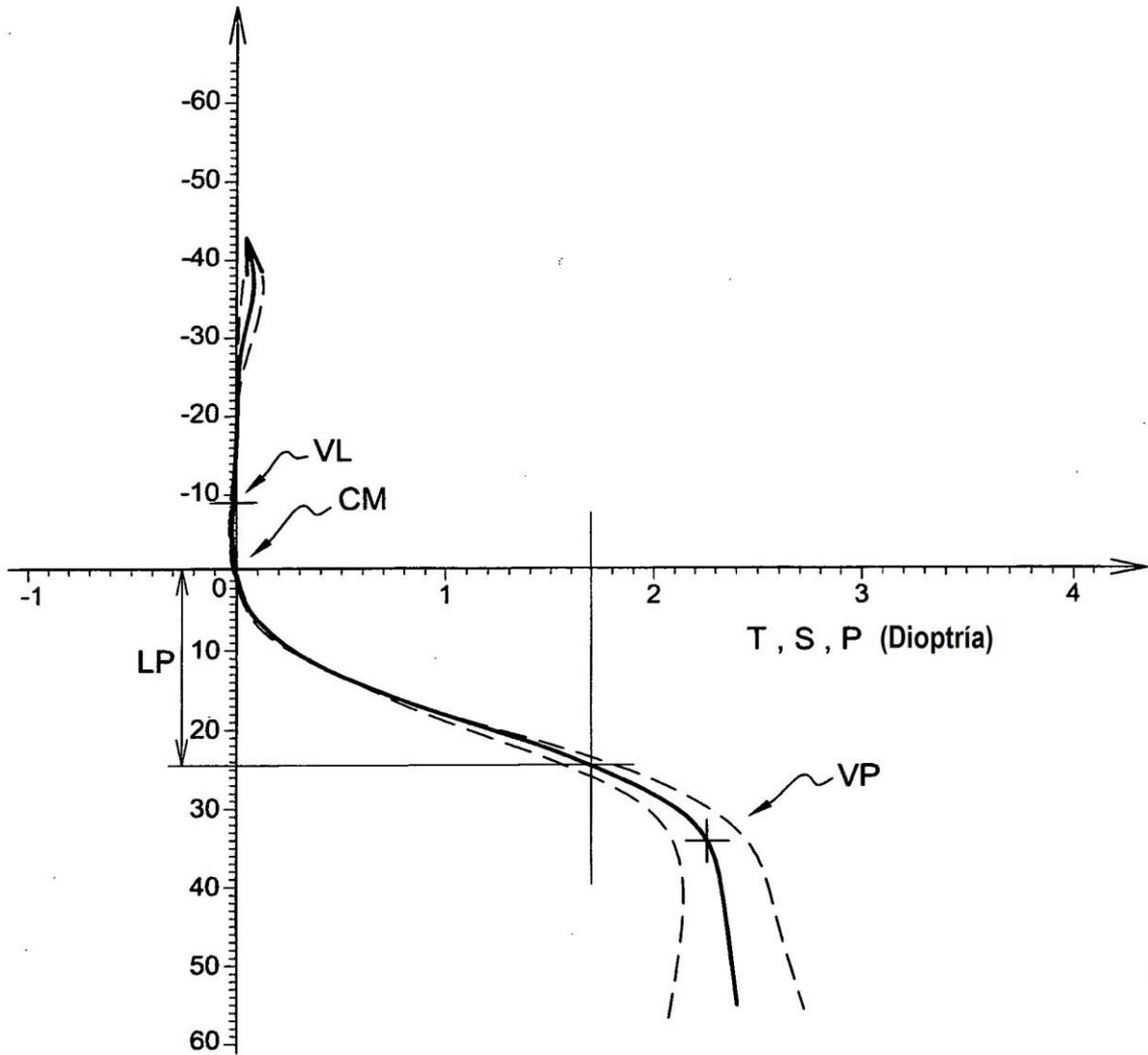


Fig. 4

Fig. 5

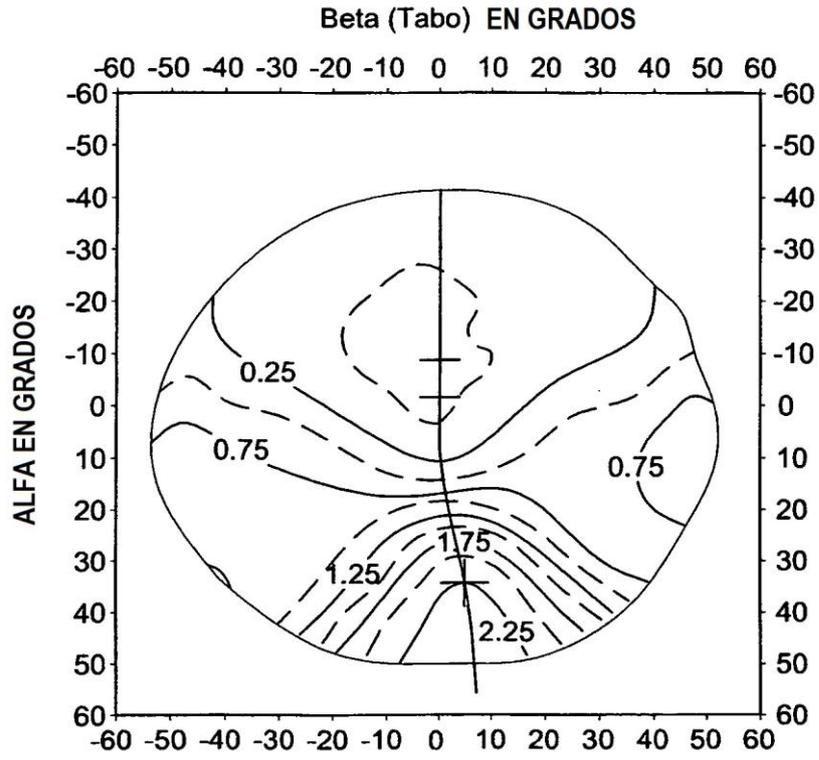
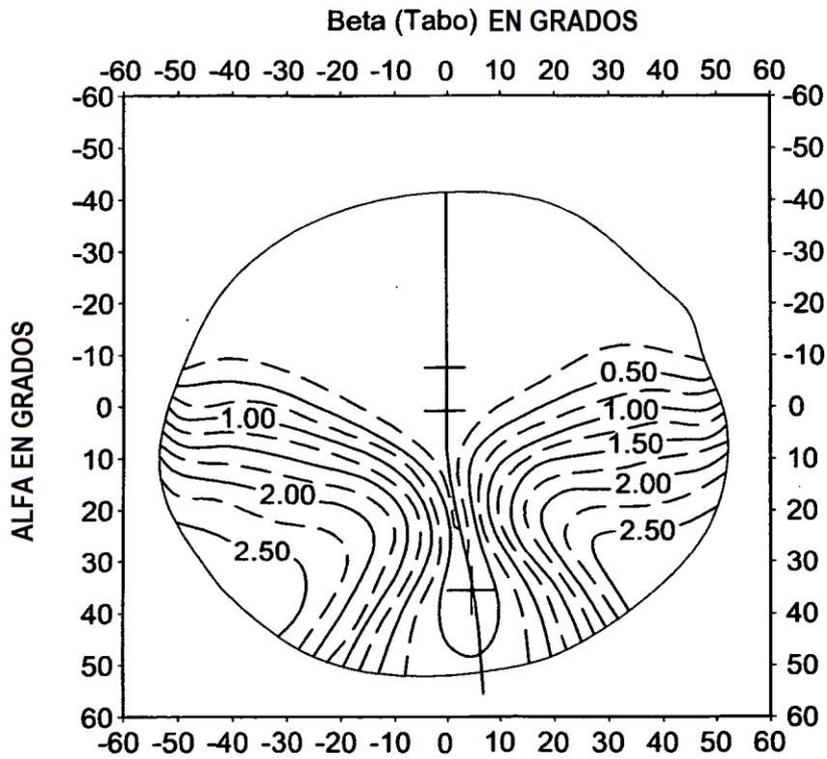


Fig. 6



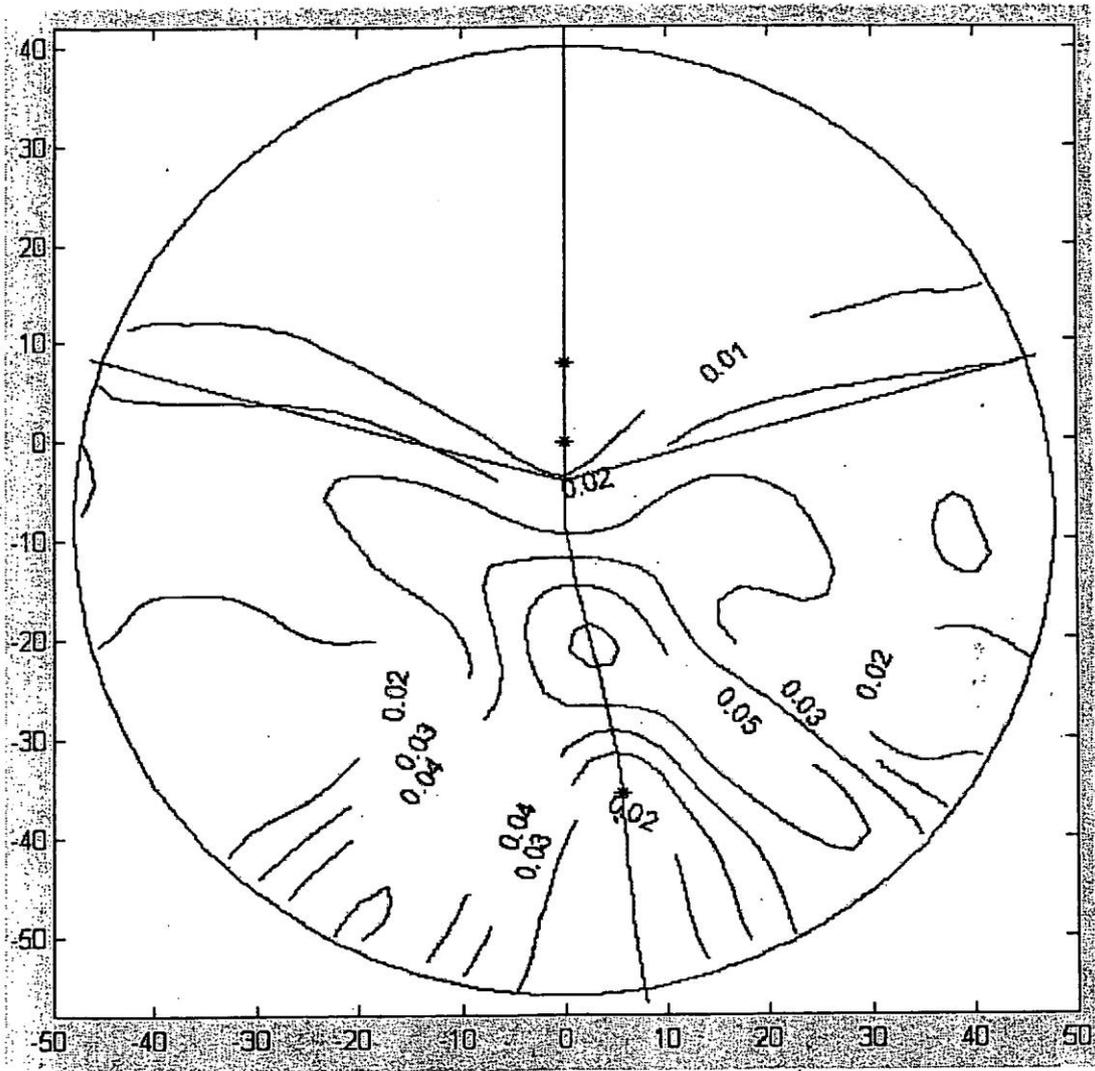


Fig. 7