

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 730 725**

51 Int. Cl.:

**G02C 7/06**

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.11.2003** **E 13168354 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.04.2019** **EP 2629139**

54 Título: **Método para diseñar lentes progresivas**

30 Prioridad:

**20.11.2002 AU 2002953061**

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

**12.11.2019**

73 Titular/es:

**CARL ZEISS VISION AUSTRALIA HOLDINGS  
LIMITED (100.0%)  
Sherriffs Road  
Lonsdale, South Australia 5160, AU**

72 Inventor/es:

**FISHER, SCOTT, WARREN;  
VARNAS, SAULIUS, RAYMOND y  
SPRATT, RAY, STEVEN**

74 Agente/Representante:

**LEHMANN NOVO, María Isabel**

**ES 2 730 725 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**

Método para diseñar lentes progresivas

Campo de la invención

5 La presente invención se refiere a un método para diseñar una lente de adición progresiva que tiene características de diseño que han sido individualmente personalizadas para un usuario según se ha definido en las reivindicaciones. En una aplicación típica, las características de diseño que son personalizables incluyen equilibrio de tamaño de zona, inserción de trayectoria ocular y longitud del corredor.

Antecedentes de la invención

10 Las lentes de adición progresivas convencionales son lentes que tienen una porción de lejos superior ('la zona de lejos'), una porción de cerca inferior ('la zona de cerca'), y un corredor progresivo ('la zona intermedia') entre ellas que proporciona una progresión de potencia gradual desde la zona de lejos a la zona de cerca sin ninguna línea divisoria ni salto prismático.

15 Hablando en términos generales, la dispensación de una lente de adición progresiva particular (a continuación denominada como una 'lente progresiva') a un usuario implica un dispensador que selecciona un diseño de lente progresiva a partir de una gama de diseños de lente disponibles basándose en ciertos requisitos visuales del usuario. Tales exigencias visuales pueden incluir las preferencias personales del usuario.

20 El proceso de selección puede implicar un dispensador (o un sistema experto) que selecciona un diseño de lente que tiene un diseño periférico con el que el usuario está cómodo y así que es adecuado para el usuario. Sin embargo, aunque la lente seleccionada puede tener un diseño periférico que es adecuado para el usuario, otras características (tales como el equilibrio de tamaño de la zona, inserción de trayectoria ocular, longitud de corredor) pueden no ser óptimas para las exigencias visuales del usuario.

25 De hecho en un proceso de selección que implica la selección de un diseño de lente progresiva particular de la gama de diseños de lente, un diseño de lente que tiene un diseño periférico adecuado junto con otras características de diseño (tales como, equilibrio de tamaño de zona, inserción de trayectoria ocular y longitud de corredor) que están relacionadas con las exigencias del usuario puede no estar disponible.

Por consiguiente, sería una ventaja significativa si un diseño de lente progresiva fuera capaz de ser dispensado a un usuario de tal modo que el diseño de lente seleccionado tuviera un diseño periférico adecuado así como características de diseño que estén más estrechamente relacionadas con los requisitos del usuario, es decir, un diseño de lente que tenga características de diseño que hayan sido personalizadas individualmente para un usuario.

30 Por consiguiente, es un objeto de la presente invención proporcionar un método para diseñar una lente progresiva para un usuario que incluye características de diseño que han sido personalizadas para el usuario de modo que la lente próxima sea adecuada para las exigencias visuales del usuario.

35 El documento US-B-6.193.370 describe un método para fabricar lentes de gafas de potencia progresiva. El documento US-A-6.074.062 describe elementos de lente progresiva y métodos para diseñar y utilizar la misma. El documento EP-A-0880046 describe un método para fabricar una lente multifocal progresiva. El documento US-A-4.676.610 describe un método para fabricar una superficie de lente progresiva y el artículo resultante. El documento EP-A-0295849 describe una lente progresiva mejorada y su fabricación. El documento US-A-5.812.238 describe un par de lentes oftálmicas multifocales progresivas.

Resumen de la invención

40 Brevemente, la presente invención está dirigida a un método para diseñar una lente progresiva según ha sido definido en las reivindicaciones, incluyendo el método la modificación de un diseño de lente progresiva de referencia (a continuación denominado como 'el diseño de lente de referencia') que tiene un diseño periférico que es adecuado para un usuario y características de diseño con valores conocidos, proporcionando dicha modificación un nuevo diseño de lente progresiva  
45 (a continuación denominado como 'el nuevo diseño de lente') en el que al menos una de las características de diseño ha sido personalizada de acuerdo con las preferencias del usuario, en el que el nuevo diseño de lente tiene sustancialmente el mismo diseño periférico que el diseño de lente de referencia.

Más específicamente, la presente invención proporciona un método implementado por ordenador de concebir un diseño de lente de adición progresiva para un usuario según la reivindicación 1.

50 Se prefiere que la modificación del diseño de lente de referencia proporcione un nuevo diseño de lente que es realizable como una lente progresiva que tiene una forma diferente al diseño de lente de referencia. A este respecto, la modificación de la forma del diseño de lente de referencia modifica la ubicación de puntos que están conectados de modo que definen líneas que tienen igual potencia. Así, la modificación de la forma del diseño de lente de referencia incluye la traslación de las posiciones de los puntos asociados con una potencia dada al tiempo que se mantiene

sustancialmente la conectividad entre ellos de modo que se consiga el valor preferido del usuario para una o más de las características de diseño al tiempo que se permite que el diseño periférico del nuevo diseño de lente sea sustancialmente idéntico al diseño periférico del diseño de lente de referencia.

5 A todo lo largo de esta memoria, ha de comprenderse que la referencia al término 'diseño de lente progresiva' hace referencia a una especificación que describe el efecto óptico que una lente progresiva acabada tiene para el usuario cuando es colocada enfrente de los ojos del usuario en una posición de utilización. Como se apreciará, el efecto óptico de un diseño de lente particular puede ser fácilmente evaluado mediante el trazado de rayos de una lente para una prescripción, campo de objeto y configuración de lente ocular dados.

10 Un diseño de lente de referencia puede ser seleccionado calculando una distribución de potencia de convergencia óptica para una lente progresiva acabada. Un modo de conseguir dicho cálculo es calculando una distribución de potencia de superficie para una superficie que tiene una forma compleja capaz de entregar un efecto óptico deseado en combinación con otra superficie que tiene una forma simple (tal como una esfera).

15 Tradicionalmente, la superficie con forma compleja ha sido la superficie frontal de una lente progresiva, aunque puede ser la superficie posterior. Desde luego, la combinación de la superficie de forma compleja y la superficie de forma simple puede ser utilizada para derivar un diseño de lente progresiva de referencia resultante (por ejemplo, mediante trazado de rayos), que los expertos en la técnica serán capaces de reproducir fácilmente en cualquiera de las combinaciones de forma de la superficie frontal y posterior fijando una de las superficies de la lente y resolviendo al menos un problema de ajuste por mínimos cuadrados al diseño de lente progresiva resultante.

20 Como se apreciará, el diseño de lente progresiva resultante puede ser reproducido muy exactamente para una prescripción dada o casi exactamente para cualquier otra prescripción.

25 Como se apreciará, una lente progresiva incluye una superficie frontal y una superficie posterior que se combinan para proporcionar un efecto óptico particular. A este respecto, hay un número infinito de combinaciones de diseño de superficie frontal y superficie posterior adecuadas que pueden proporcionar un efecto óptico particular. Así, una lente progresiva de acuerdo con un nuevo diseño de lente particular puede ser realizada como cualquier combinación adecuada de una superficie frontal y una superficie posterior. Una combinación adecuada puede ser una combinación de una superficie frontal progresiva y una superficie posterior esférica. Otra combinación adecuada puede incluir una superficie frontal esférica y una superficie posterior progresiva. Aún otra combinación adecuada puede incluir una superficie frontal tórica y una superficie progresiva con la curva base tórica sobre la superficie posterior.

30 Ha de comprenderse que la referencia al término 'diseño periférico' a lo largo de esta memoria hace referencia a la distribución de una o más características ópticas de las regiones periféricas de un diseño de lente progresiva. A este respecto, las características ópticas pueden incluir características de superficie, tales como distribución de potencia, o distribución de astigmatismo, o características ópticas basadas en trazado de rayos de la lente que cuantifica el rendimiento óptico de las regiones periféricas. Dichas características ópticas pueden incluir el error de potencia de raíz cuadrada medio (RMS) que cuantifica la distribución de falta de nitidez de una lente. En el contexto de esta memoria, el diseño periférico está caracterizado por la distribución de las características ópticas elegidas dentro de la zona periférica pero no la posición real de la zona en la superficie de la lente relativa al punto de ajuste de la lente. Una cierta magnitud de cambio en la forma y tamaño de la zona, resultante de los cambios en la inserción del punto de cerca y en la longitud del corredor tampoco alteraría sustancialmente la naturaleza del diseño periférico.

40 A lo largo de esta memoria, ha de comprenderse que la referencia al término 'equilibrio de tamaño de zona' hace referencia a la relación entre las áreas superficiales de la lente disponibles para una visión clara de objetos a distancia infinita a la superficie de la lente disponible para ver objetos y a la distancia de lectura crítica del usuario. Se apreciará que estas áreas están limitadas por los contornos del umbral de falta de nitidez problemáticos que se pueden obtener por trazado de rayos de una lente para la prescripción del usuario y la configuración de la lente-ojo particular.

45 La referencia al término 'inserción de trayectoria ocular' a lo largo de esta memoria ha de entenderse como referencia a una distancia horizontal entre un punto de referencia principal vertical bisector de la zona de lejos y el punto de referencia principal vertical bisector de la zona de cerca.

50 La referencia al término 'corredor' a lo largo de esta memoria ha de comprenderse que hace referencia a un canal de progresión de potencia gradual que une la zona de lejos y la zona de cerca. La longitud del corredor es especificada como la diferencia entre las coordenadas Y del punto de referencia de lejos y del punto de referencia de cerca sobre la superficie de la lente.

En esta memoria, la referencia al término 'zona de lejos' ha de comprenderse como la referencia a una zona designada situada en la parte superior del diseño de lente progresiva que es adecuada para la visión de lejos. La referencia al término 'zona de cerca' a lo largo de esta memoria ha de comprenderse como referencia a una zona diseñada en la porción inferior del diseño de lente progresiva que proporciona adición de cerca.

55 Se prefiere que cada especificación de diseño de lente (es decir, el diseño de lente de referencia y el nuevo diseño de lente) incluya un archivo de datos electrónicos (tal como un archivo CAD) que incluye información (es decir, datos) que

describen el diseño. Idealmente, la información puede ser utilizable por un aparato programado de manera adecuada para construir una representación gráfica del diseño, tal como en forma de un 'mapa de contorno' que tiene líneas que conectan puntos de la superficie de la lente que tienen igual potencia.

5 Así, se prefiere que la información para un diseño de lente incluya datos geométricos de lente que son representativos de la forma del diseño de lente respectivo.

10 Para cada una de las una o más características de diseño para las que se ha especificado un valor preferido de usuario, se prefiere que el valor especificado respectivo esté relacionado con las exigencias visuales de un usuario particular. A este respecto, las exigencias visuales del usuario pueden ser determinadas analizando el uso pretendido de la lente progresiva. Dicho análisis puede implicar someter al usuario a una evaluación para determinar las exigencias visuales del usuario, y así los valores preferidos para la característica o características de diseño.

En términos de especificar un valor preferido para el equilibrio de tamaño de zona, dicha evaluación puede incluir obtener información de 'estilo de vida' para el usuario y utilizar esta información para calcular la frecuencia relativa para la que el usuario utiliza la zona de lejos en comparación con la zona de cerca.

15 La frecuencia relativa puede ser representada en términos de una calificación que clasifica al usuario de acuerdo con una escala numérica que oscila desde dominante de cerca a dominante de lejos dependiendo de las exigencias visuales del usuario. Idealmente, cada calificación en la escala será hecha corresponder con un equilibrio de tamaño de zona.

Preferiblemente, la operación de modificar el diseño de lente de referencia para obtener por ello un nuevo diseño de lente incluye un proceso de transformación que emplea un sistema de coordenadas adecuado. Un sistema de coordenadas adecuado puede incluir un sistema de coordenadas elíptico que consiste de elipses e hipérbolas con foco común.

20 A lo largo de esta memoria, la referencia al término 'transformación' ha de entenderse que hace referencia a un proceso que incluye la distorsión de un diseño de lente de referencia de modo que proporcione el nuevo diseño de lente.

25 Se prefiere que el proceso de transformación sea cumplido aplicando una función de transformación adecuada al diseño de lente de referencia para modificar por ello la distribución de potencia de superficie progresiva del diseño de lente de referencia de acuerdo con los valores preferidos del usuario. Es decir, el proceso de transformación modificará preferiblemente las posiciones de puntos que tienen una potencia igual definida sobre la superficie de la lente de referencia al tiempo que se mantienen sustancialmente las 'conexiones' entre aquellos puntos para preservar el carácter del diseño periférico.

30 Se prefiere que la modificación del diseño de lente de referencia sea realizada utilizando una función de transformación diferente para cada una de las una o más características de diseño que tienen un valor preferido especificado por el usuario y que han de ser personalizadas. Así, en esta forma de la invención, la modificación del diseño de lente de referencia puede incluir un proceso de transformación de múltiples etapas.

35 En términos de modificación del diseño de lente de referencia para obtener un nuevo diseño de lente que tiene el equilibrio de tamaño de zona preferido por el usuario, la aplicación de la función de transformación puede dar como resultado un proceso de transformación por el que las regiones periféricas nasal y temporal del diseño de lente de referencia son giradas en direcciones opuestas. Como se apreciará, hacer girar las regiones periféricas del diseño de lente de referencia en direcciones opuestas da como resultado una zona (que es la zona de lejos o de cerca) que es agrandada y siendo la otra zona comprimida.

40 Se prefiere que la aplicación de una función de transformación adecuada dé como resultado un nuevo diseño de lente que tiene equilibrio de zona que es sustancialmente el mismo que el equilibrio de tamaño de zona preferido del usuario y un diseño periférico que es sustancialmente idéntico al diseño periférico del diseño de lente de referencia.

Se prefiere que el área del diseño de lente de referencia que se encuentra en la trayectoria ocular del usuario no sea modificada por el proceso de transformación. Sin embargo, la forma de la propia trayectoria ocular puede ser modificada para satisfacer los requisitos de convergencia del usuario para sus tareas típicas de visión de cerca.

45 En una forma de la invención, el diseño de lente de referencia puede ser representado utilizando una matriz de curvatura superficial. Ventajosamente, en esta forma de la invención la función de transformación puede ser aplicada a la matriz de curvatura superficial del diseño de lente de referencia de modo que produzca una distribución de curvatura superficial objetivo.

50 En otra forma de la invención, el diseño de lente de referencia puede ser representado utilizando convergencias ópticas trazadas por rayos de una lente de acuerdo con el diseño de lente de referencia y la función de transformación puede ser aplicada a las convergencias ópticas trazadas por rayos.

En el caso de que la distribución de curvatura superficial objetivo no sea realizable, la distribución de curvatura superficial del nuevo diseño de lente puede ser obtenida utilizando un proceso que aplica a un ajuste de mínimos cuadrados a la superficie objetivo. Sin embargo, se prefiere que el proceso de transformación produzca una distribución de curvatura

- 5 superficial objetivo que esté cerca de ser realizable. En esta forma preferida, el ajuste por mínimos cuadrados a la distribución de curvatura superficial objetivo puede ser realizado utilizando funciones de ponderación adecuadas. Idealmente, una función de ponderación adecuada permitirá que áreas críticas del nuevo diseño de lente (que son las áreas situadas alrededor de la trayectoria ocular y en las zonas designadas para visión clara) no sean afectadas por el proceso de transformación.
- El método de la presente invención puede ser realizado en un aparato programable. Consecuentemente, la presente invención también proporciona un aparato programable para diseñar un diseño de lente de adición progresiva para un usuario según la reivindicación 8.
- 10 Se prefiere que el medio para obtener el valor preferido del usuario para una o más de las características de diseño incluya un medio para especificar o calcular el valor preferido del usuario.
- La selección del diseño de lente de referencia puede implicar un proceso de selección manual y/o automático y puede ser ligado a medidas directas o de otro tipo del usuario, su estado refractivo, necesidades visuales declaradas o datos de cuestionario que revelan su estilo de vida y/o factores ergonómicos que influyen en sus necesidades visuales.
- 15 Preferiblemente, en una realización de la presente invención que emplea un proceso de selección de diseño de lente de referencia manual, el proceso de selección puede ser realizado utilizando un medio de interfaz para recibir una selección de diseño de lente de referencia procedente de un usuario. Como se apreciará, el usuario puede ser el portador o alternativamente puede ser un dispensador (tal como un optometrista) que sea capaz de dispensar el nuevo diseño de lente al usuario.
- 20 En una realización de la invención que emplea un proceso automático de selección de diseño de lente de referencia, el proceso de selección puede implicar calcular una selección de diseño de lente de referencia de acuerdo con las entradas del usuario.
- 25 El contenido de la información puede ser un archivo de datos electrónico que es recuperado del repositorio de información de acuerdo con la selección de diseño de lente de referencia. Se prefiere que el repositorio de información incluya una base de datos que indexe una pluralidad de archivos de datos electrónicos para diferentes diseños de lente de referencia. La base de datos puede residir en el aparato programable o en un dispositivo de almacenamiento de datos que esté alejado del aparato programable, pero que sea accesible al mismo.
- En una realización en la que la base de datos reside en un dispositivo de almacenamiento de datos que está alejado del aparato programable, la base de datos será preferiblemente accesible al aparato programable mediante un enlace de comunicaciones (tal como la Internet).
- 30 La especificación de los valores preferidos del usuario para una o más características de diseño puede implicar también un proceso de especificación manual o automático. En una realización de la invención que emplea un proceso de especificación manual, la especificación de los valores preferidos del usuario para una o más características de diseño puede incluir que un usuario introduzca los valores requeridos de estos parámetros en el aparato programable. En esta forma de la invención, los medios para recibir los valores preferidos del usuario pueden incluir una interfaz para recibir los parámetros procedentes de un usuario.
- 35 En una realización de la invención que emplea un proceso de especificación automático, el proceso de selección puede incluir la introducción de un conjunto de parámetros del usuario en el aparato programable. El aparato programable procesa entonces los parámetros del usuario de modo que obtiene los valores preferidos del usuario para el nuevo diseño de lente. Se prefiere que los parámetros del usuario incluyan parámetros que son representativos de características del comportamiento visual del usuario.
- 40 El medio para modificar la forma del diseño de lente de referencia para obtener una superficie objetivo que tiene las características de diseño requeridas puede incluir un medio de procesamiento que puede ser empleado para realizar un proceso de transformación.
- 45 La presente invención proporciona también un programa informático con código de programa para llevar a cabo todas las operaciones de método del método de la presente invención cuando el programa informático es cargado en un ordenador o ejecutado en un ordenador.
- En una realización de la presente invención, se ha proporcionado un programa informático para hacer que un aparato programado ejecute un método para diseñar una lente progresiva, incluyendo el programa informático:
- 50 (a) un código de programa informático para procesar un archivo electrónico que contiene un diseño de lente progresiva de referencia que tiene un diseño periférico que es adecuado para un usuario y características de diseño con valores conocidos, modificando dicho procesamiento el diseño de lente progresiva de referencia de modo que proporcione un nuevo diseño de lente progresiva en el que al menos una de las características de diseño han sido personalizada de acuerdo con las preferencias de un usuario; y

- (b) un código de programa informático para proporcionar un archivo electrónico que contiene el nuevo diseño de lente progresiva; en donde el nuevo diseño de lente progresiva tiene sustancialmente el mismo diseño periférico que el diseño de lente progresiva de referencia.

5 En otra realización de la presente invención se ha proporcionado un programa informático para hacer que un aparato programado haga un diseño de lente de adición progresiva para un usuario, incluyendo el programa informático:

- (a) un código de programa informático para obtener una selección de diseño de lente progresiva de referencia, teniendo el diseño de lente progresiva de referencia seleccionada:

- un diseño periférico que es adecuado para el usuario; y
- características de diseño que tienen valores conocidos, incluyendo las características de diseño equilibrio de tamaño de zona, inserción de trayectoria ocular y longitud de corredor;

- (b) un código de programa informático para obtener el valor preferido del usuario para una o más de las características de diseño, incluyendo dichas una o más de las características de diseño al menos el equilibrio de tamaño de zona; y

- (c) un código de programa informático para modificar el diseño de lente progresiva de referencia para obtener un nuevo diseño de lente progresiva en el que una o más de las características de diseño tienen sustancialmente el mismo valor que el valor preferido respectivo; en donde el diseño periférico del nuevo diseño de lente progresiva es sustancialmente idéntico al diseño periférico del diseño de lente progresiva de referencia.

20 El programa informático puede estar codificado en una memoria legible por ordenador del aparato programable o puede estar codificado sobre medios legibles por ordenador (tales como un CD, cinta DAT o similares) que son legibles por el aparato programable.

La presente invención proporciona además un sistema para concebir un diseño de lente de adición progresiva para un usuario según la reivindicación 14.

#### Breve descripción de los dibujos

La presente invención será descrita a continuación en relación a distintas realizaciones ilustradas en los dibujos adjuntos.

25 En los dibujos: La fig. 1 muestra un diagrama de flujo simplificado de un método para diseñar una lente de adición progresiva resultante de un método de acuerdo con la realización preferida de la presente invención; la fig. 2 muestra un diagrama de bloques simplificado de un proceso para seleccionar un diseño de lente de referencia adecuado para utilizar con la realización preferida de la fig. 1; la fig. 3 muestra una vista de un mapa de contorno simplificado para la superficie de un ejemplo de un elemento del lente progresiva superpuesto sobre la parte superior de la cuadrícula del sistema de coordenadas elíptico; la fig. 4 muestra un diagrama de flujo simplificado de un método para diseñar una lente progresiva que tiene un equilibrio de tamaño de zona personalizado;

La fig. 5 muestra un diagrama de flujo simplificado de un proceso de transformación de equilibrio de tamaño de zona que es adecuado para el método mostrado en la fig. 4;

35 La fig. 6 muestra un mapa de contorno de un diseño de lente de referencia ejemplar que muestra los límites de zona de un diseño de lente de referencia y los límites de zona del nuevo diseño de lente;

La fig. 7 muestra los contornos de potencia media y astigmatismo superficiales del diseño de lente de referencia comparados con una superficie objetivo obtenida por un proceso de transformación de equilibrio de tamaño de zona;

La fig. 8 muestra una comparación de la potencia media y cilindro para una superficie objetivo con una superficie real obtenida por medio de un mejor ajuste utilizando pesos uniformes;

40 La fig. 9 muestra la diferencia RMS entre una superficie objetivo y una superficie real obtenida utilizando diferentes funciones de ponderación;

La fig. 10 muestra una comparación de la potencia media y cilindro de una superficie objetivo comparada con una superficie real obtenida utilizando una función de ponderación particular;

45 La fig. 11 muestra la distribución de astigmatismo superficial para un conjunto de superficies calculadas sobre una gama de equilibrios de tamaño de zona;

La fig. 12 muestra el resultado de un proceso de transformación de inserción de trayectoria ocular;

La fig. 13 muestra el resultado de un proceso de transformación de longitud de corredor;

La fig. 14 muestra un ejemplo de un proceso de transformación de múltiples etapas;

La fig. 15 muestra los contornos de astigmatismo superficial en distintas etapas de un proceso de transformación de múltiples etapas; y

La fig. 16 muestra un diagrama vectorial de la dirección y magnitud del movimiento requerido para conseguir la transformación del proceso de transformación de múltiples etapas y puntos de distorsión de la cuadrícula que ilustran las distorsiones espaciales impuestas por las funciones de transformación.

Descripción detallada de la invención

Con referencia a la fig. 1 se ha ilustrado un diagrama de flujo simplificado para un método para diseñar una lente de adición progresiva para un usuario de acuerdo con una realización preferida de la presente invención.

Como se ha mostrado en la fig. 1 el método preferido indica seleccionar en 2 un diseño 4 de lente de referencia que tiene un diseño periférico 6 que es adecuado para un usuario y características 8 de diseño que tienen valores conocidos, especificando en 10 un valor preferido del usuario para una o más de las características 8 de diseño y modificando a continuación en 11 el diseño 4 de lente de referencia para obtener con ello un nuevo diseño 12 de lente en el que una o más de las características 8 de diseño tienen sustancialmente el mismo valor que el valor respectivo preferido del usuario y en donde el diseño periférico del nuevo diseño 12 de lente es sustancialmente idéntico al diseño periférico 6 del diseño 4 de lente de referencia.

Para los propósitos de la descripción de la realización preferida, ha de comprenderse que las referencias al término diseño periférico hacen referencia a la distribución de falta de nitidez periférica. Sin embargo, ha de comprenderse que la invención no está limitada a ello. De hecho, se han considerado otras realizaciones en las que el diseño periférico puede incluir otras características de las regiones periféricas.

En la realización ilustrada, las características 8 de diseño que tienen valores conocidos incluyen el equilibrio de tamaño de zona, la inserción ('inserción') de trayectoria ocular, y la longitud del corredor.

La selección 2 del diseño 4 de lente de referencia es conseguida seleccionando un diseño 4 de lente de referencia particular de una gama de diseños 14 de lente de referencia sobre la base de una o más características de lente requeridas. Cada diseño de lente en la gama de diseños 14 de lente de referencia tendrá características de lente conocidas.

Las una o más características de lente requeridas incluirán el diseño periférico y pueden incluir las características 8 de diseño. Así, la selección de un diseño de lente de referencia que tiene una o más características de lente requeridas incluye seleccionar un diseño de lente de referencia que tiene un diseño periférico 6 que es adecuado para un usuario y puede incluir además seleccionar la lente sobre la base de las características 8 de diseño. Desde luego, las características de lente pueden incluir también otras características tales como una curva de base, asferización de cerca y de lejos y distribución periférica de curvaturas superficiales.

Idealmente, la selección 2 de un diseño 4 de lente de referencia particular implica que un usuario seleccione un diseño 4 de lente de referencia que tiene un diseño periférico que es adecuado para el usuario así como otras características de diseño que se refieren o son correspondientes a un conjunto de parámetros 16 de usuario especificados.

El conjunto de parámetros 16 de usuario son derivados preferiblemente de la información obtenida para un usuario. A este respecto, al menos algunos de los parámetros 16 de usuario pueden ser obtenidos por medición directa mientras que otros pueden ser obtenidos entrevistando al usuario (por ejemplo, para determinar una preferencia personal del usuario, o para determinar actividades para las que el usuario pretende utilizar la lente).

Los parámetros 16 de usuario pueden incluir, pero no estar limitados a distancia entre las pupilas, características de comportamiento visual, información de estilo de vida (por ejemplo, las actividades para las que el usuario pretende utilizar la lente), datos de prescripción (es decir, esfera, adición y cilindro), edad, género e información geométrica de la montura.

En la realización ilustrada, y como se ha mostrado en la fig. 2, la selección del diseño 4 de lente de referencia es realizada por un usuario (por ejemplo, un dispensador) que interactúa con un dispositivo 18 programado (tal como un ordenador portátil equipado con software adecuado) que puede utilizarse para seleccionar automáticamente un diseño 4 de lente de referencia de acuerdo con los parámetros 16 del usuario que han sido introducidos en, o calculados por, el dispositivo 18 programado. Sin embargo, se apreciará que la selección de un diseño 4 de lente de referencia puede implicar un proceso de selección manual. De hecho, en una forma de la invención que emplea un proceso de selección manual el dispositivo 18 programado puede proporcionar una interfaz gráfica que se puede utilizar para permitir que un usuario seleccione un diseño 4 de lente de referencia. De este modo, puede ser llevado a cabo un proceso de selección manual seleccionando manualmente un diseño 4 de lente de referencia particular de una gama de diseños 14 de lente de referencia de acuerdo con el conjunto de características de lente requeridas. La gama de diseños 14 de lente puede ser presentada en forma de una lista, o una tabla que presenta la gama disponible de diseños 14 de lente junto con sus características respectivas.

5 En el caso presente, el proceso de selección implica un proceso automatizado por lo que el dispositivo 18 programado selecciona automáticamente el diseño 4 de lente de referencia de acuerdo con los parámetros 16 del usuario que han sido introducidos en el dispositivo 18 programado por un usuario. Idealmente, el proceso de selección automático indexa los parámetros 16 del usuario en un repositorio de información, tal como una base de datos 20, que tiene acceso a la gama de diseños 14 de lente de modo que permita la selección de un diseño 4 de lente de referencia que tiene características de diseño que están relacionadas lo más estrechamente posible con los parámetros 16 del usuario.

10 Como se ha descrito anteriormente, el diseño 4 de lente de referencia seleccionado es un diseño de lente estándar procedente de una gama de diseños 14 de lente que tiene características de diseño, y posiblemente otras características, que se refieren a los parámetros 16 del usuario. Sin embargo, aunque el diseño 4 de lente de referencia seleccionado puede tener características de diseño que se refieren a las parámetros 16 del usuario, la selección de un diseño 'estándar' puede dar como resultado algunas de las características de lente que tienen propiedades que no están relacionadas estrechamente con al menos algunos de los parámetros 16 del usuario. Habiendo dicho eso, otras características (tales como las que contribuyen al diseño periférico de una lente) pueden ser totalmente aceptables para el usuario.

15 Con referencia de nuevo a la fig. 1, habiendo seleccionado en 2 un diseño 4 de lente de referencia, el método se basa entonces en la especificación 10 de valores preferidos del usuario para una o más de las características 8 de diseño (en el caso actual, el equilibrio de tamaño de zona, la inserción de trayectoria ocular y la longitud del corredor).

20 En una primera realización preferida de la invención, solamente el valor preferido por el usuario para el equilibrio de tamaño de zonas será especificado. Así, en esta realización, el método proporciona en último término un nuevo diseño 12 de lente que tiene un equilibrio de tamaño de zona que está más estrechamente relacionado a los parámetros 16 de usuario, y así a las necesidades del usuario, que el diseño 4 de lente de referencia.

El valor de equilibrio de tamaño de zona preferido del usuario puede ser determinado utilizando los parámetros 16 del usuario que están relacionados con la información del 'estilo de vida'. Tal información puede a continuación ser utilizada para calcular la frecuencia relativa para la que el usuario utiliza la zona de lejos en comparación con la zona de cerca.

25 De hecho, el valor preferido del usuario para el equilibrio de tamaño de zona puede ser determinado mediante cálculo, utilizando un dispositivo 18 programado (referencia a la fig. 2), una proporción relativa para la que cada una de las dos zonas (es decir, la zona de lejos y la zona de cerca) son utilizadas por el usuario. La proporción relativa puede ser determinada analizando la información de 'estilo de vida' del usuario y generando una clasificación que es indicativa de la magnitud en la que el usuario depende de la zona de cerca en comparación con la zona de lejos.

30 En una realización alternativa, los valores preferidos por un usuario pueden también ser especificados para la inserción y/o la longitud del corredor, como derivados de la ergonomía de una tarea de lectura. Así, en esta forma preferida, el nuevo diseño 12 de lente puede tener una inserción y/o longitud de corredor que están más estrechamente relacionadas con las necesidades del usuario que las del diseño 4 de lente de referencia.

35 Habiendo especificado en 10 los valores preferidos por el usuario para una o más de las características 8 de diseño (en este caso el valor preferido por el usuario para equilibrio de tamaño de zona), el diseño 4 de lente de referencia seleccionado es modificado entonces en 10 de modo que se obtenga un nuevo diseño 12 de lente. En el caso actual, el diseño 4 de lente de referencia es modificado modificando en 11 la forma del diseño 4 de lente de referencia de acuerdo con las preferencias del usuario. Como se ha descrito previamente, el nuevo diseño 12 de lente tendrá una o más características 8 de diseño que tienen sustancialmente el mismo valor que el valor respectivo preferido por el usuario y un diseño periférico 6 que es sustancialmente idéntico al diseño periférico 6 del diseño 4 de lente de referencia.

De acuerdo con la realización preferida de la presente invención, la modificación 11 de la forma del diseño 4 de lente de referencia para obtener un nuevo diseño 12 de lente implica un proceso de transformación.

45 El proceso de transformación puede ser llevado a cabo aplicando una función o funciones de transformación adecuadas al diseño 4 de lente de referencia para modificar por ello la distribución de la curvatura superficial del diseño 4 de lente de referencia de acuerdo con los valores preferidos por el usuario. A este respecto, el proceso de transformación puede producir una distribución de curvatura superficial objetivo que puede, o no ser realizable.

50 En el caso de que la superficie objetivo no sea realizable, el proceso de transformación puede emplear un ajuste por mínimos cuadrados a la superficie objetivo para obtener por ello la distribución de curvatura superficial del nuevo diseño. El proceso de un ajuste por mínimos cuadrados puede incluir el uso de funciones de ponderación no uniformes. Las funciones de ponderación serán descritas con más detalle posteriormente.

En la realización preferida, pueden utilizarse diferentes funciones de transformación para cada una de las una o más características 8 de diseño para las que se ha especificado un valor preferido por el usuario. Por tanto, un proceso de transformación adecuado puede utilizar una función de transformación de equilibrio de tamaño de zona y, ocasionalmente, una función de transformación de inserción y/o una función de transformación de longitud de corredor.

Antes de volver a una descripción de ejemplos de procesos de transformación que utiliza las funciones de transformación antes referenciadas, con los propósitos de evitar confusión, serán elaboradas a continuación distintas características de lente a las que se hace referencia a lo largo de esta descripción con referencia a la fig. 3.

5 Con referencia a la fig. 3, se ha mostrado un mapa de contorno para un diseño 4 de lente de referencia 'ejemplar'. Como se ha mostrado, el diseño 4 de lente de referencia ejemplar incluye una zona de lejos 26, una zona de cerca 24 y un corredor 28 entre ellas que proporciona una progresión de potencia gradual desde la zona de lejos 26 a la zona de cerca 24 sin ninguna línea de división o salto prismático.

El diseño de lente de referencia de la fig. 3 incluye también regiones periféricas 30 que están situadas junto a la zona de cerca 24, la zona de lejos 26 y el corredor 28.

10 La zona de cerca 24 y la zona de lejos 26 están cada una limitadas por 'límites' respectivos, cuya ubicación aproximada ha sido mostrada utilizando hipérbolas respectivas 32-1, 34-1. Con el propósito de esta descripción, el límite 32-1 que limita la zona de cerca 24 será denominado en lo que sigue como el 'límite de la zona de cerca'. Similarmente, el límite 34-1 que limita la zona de lejos 26 será denominado en lo que sigue como el 'límite de la zona de lejos'.

15 Habiendo proporcionado clarificación de las características de la lente a las que se hará referencia en el resto de la descripción, la descripción girará ahora a ejemplos de procesos de transformación que son adecuados para dar forma a las características de diseño de la lente 4 de referencia.

**Ejemplo 1: Transformación de Equilibrio de Tamaño de Zona**

20 Volviendo ahora a la fig. 4 se ha mostrado un proceso 36 de transformación de equilibrio de zona para proporcionar un nuevo diseño 12 de lente que tiene un equilibrio de tamaño de zona que es sustancialmente el mismo que un equilibrio de tamaño de zona preferido por el usuario. Aquí, el proceso 36 de transformación de equilibrio de tamaño de zona es llevado a cabo haciendo girar las regiones periféricas 30 (con referencia a la fig. 3) sobre los lados nasal y temporal del diseño 4 de lente de referencia en direcciones opuestas.

25 La rotación de las regiones periféricas 30 (con referencia a la fig. 3) da como resultado que una zona (que es la zona de lejos o la zona de cerca) es agrandada siendo comprimida la otra zona. Sin embargo, como resultado del proceso 36 de transformación de equilibrio de tamaño de zona, la forma de la región del nuevo diseño 12 de lente que se encuentra en la trayectoria ocular del usuario permanece sustancialmente la misma que la forma de la región de la trayectoria ocular del diseño 4 de lente de referencia.

30 Para conseguir un proceso 36 de transformación de equilibrio de tamaño de zona, puede utilizarse una función de transformación de equilibrio de tamaño de zona adecuada. Además, el proceso 36 de transformación de tamaño de zona puede también requerir la selección de un sistema de coordenadas adecuado.

En términos de una función de transformación de tamaño de zona adecuada, dicha función es una función que da como resultado el nuevo diseño 12 de lente que tiene un equilibrio de tamaño de zona con un valor que es sustancialmente el mismo que el valor del equilibrio de tamaño de zona preferido por el usuario así como un diseño periférico 6 que es sustancialmente idéntico al diseño periférico 6 del diseño 4 de lente de referencia.

35 Un ejemplo de un sistema 38 de coordenadas adecuado para diseñar una función de transformación para utilizar con el diseño 4 de lente de referencia está mostrado en la fig. 3. Como se ha mostrado, el sistema 38 de coordenadas es un sistema de coordenadas elípticas que incluye conjuntos de elipses e hipérbolas con el mismo foco.

Aquí, si los focos están situados en (0, a) y (0, -a) entonces las transformaciones de coordenadas son capaces de ser definidas del siguiente modo:

40 
$$x = r \sin \theta$$

$$y = \sqrt{a^2 + r^2} \cos \theta$$

y

$$r = \sqrt{\sqrt{u^2 + 4a^2x^2} - u} / 2$$

$$\theta = \tan^{-1} \left( \frac{x\sqrt{a^2 + r^2}}{yr} \right)$$

45 donde:  $u = a^2 - x^2 - y^2$ ,

5 volviendo ahora a la fig. 5, empleando un sistema de coordenadas adecuado tal como el sistema de coordenadas elípticas descrito anteriormente, puede construirse en 39 una función de transformación de equilibrio de tamaño de zona adecuada por medio de un procedimiento de diseño de función de transformación. Como se ha mostrado en la fig. 5, un procedimiento de diseño de función de transformación de equilibrio de tamaño de zona puede implicar la definición en 40 de los límites de zona 32-1, 34-1 (referencia a la fig. 3) tanto para la zona de cerca 24 (referencia a la fig. 3) como para la zona de lejos 26 (referencia a la fig. 3) del diseño 4 de lente de referencia seleccionada.

El límite 34-1 de zona de lejos y el límite 32-1 de zona de cerca pueden ser definidos en 40 utilizando cualquier 'curva de alisado' que se aproxime al límite respectivo 32-1, 34-1.

10 Habiendo definido los límites de zona para el diseño de lente de referencia los límites de zona para el nuevo diseño de lente son definidos a continuación. Volviendo ahora al ejemplo mostrado en la fig. 6, aquí el límite 34-1 de la zona de lejos y el límite 32-1 de la zona de cerca del diseño 4 de lente de referencia han sido definidos utilizando hipérbolas que tienen parámetros que han sido seleccionados de modo que se aproximen a un límite respectivo. Como se ha mostrado, un primer conjunto de hipérbolas ha sido construido de modo que proporcionen un ajuste razonable a los contornos 42 de 0,75 dioptrías en la región central de la lente.

15 Efectivamente, la relación de las áreas encerradas por cada hipérbola representa el equilibrio de tamaño de zona conocido del diseño 4 de lente de referencia.

20 Un segundo conjunto de hipérbolas muestra respectivamente las ubicaciones aproximadas del límite 34-2 de la zona de cerca y el límite 32-2 de la zona de lejos requeridos para conseguir un equilibrio de tamaño de zona que tiene un valor que es sustancialmente el mismo que un valor preferido del usuario. En otras palabras, el segundo conjunto de hipérbolas muestra los límites de zona para la superficie objetivo, y así aproxima ubicaciones del límite 34-2 de la zona de cerca y del límite 32-2 de la zona de lejos del nuevo diseño 12 de lente.

En el ejemplo mostrado en la fig. 6, el equilibrio de tamaño de zona preferido por el usuario requiere una disminución de 15 grados en la zona de cerca 24 y un aumento correspondiente en la zona de lejos 26.

25 La rotación de 15 grados es conseguida preferiblemente haciendo girar las regiones 30 periféricas (por ejemplo, una región temporal y una región nasal) del diseño 4 de lente de referencia en 7,5 grados en dirección. De este modo, la suma de los tamaños de zona (es decir los tamaños angulares) puede ser mantenida constante, y así el nuevo diseño 12 de lente tiene una distribución de potencia que está cerca de ser realizable. Como resultado, la superficie resultante es probable que sea relativamente insensible a las funciones de ponderación.

30 Los efectos del proceso de transformación de equilibrio de tamaño de zona pueden ser mejor comprendidos con referencia a la fig. 7 y a la fig. 8.

35 A este respecto, la fig. 7 ilustra los contornos de potencia media superficial y astigmatismo antes y después de la transformación de un diseño 4 de lente de referencia de modo que se obtiene un nuevo diseño de lente que tiene un equilibrio de tamaño de zona de acuerdo con las preferencias de un usuario. Como se ha mostrado en la fig. 7 (b) y en la fig. 7 (d), como resultado de modificar el diseño 4 de lente de referencia de modo que se modifique el equilibrio de tamaño de zona de acuerdo con el valor referido por el usuario, el tamaño angular de la zona de cerca 24 del nuevo diseño 12 de lente ha sido reducido en comparación con la fig. 7 (a) y la fig. 7 (c). De manera similar, el tamaño angular de la zona de lejos 26 ha sido agrandado con relación al del diseño 4 de lente de referencia. Sin embargo, como es evidente a partir de la inspección de los contornos en las regiones periféricas 30, a pesar de la modificación del equilibrio de zona, el diseño periférico del nuevo diseño 12 de lente ha permanecido sustancialmente el mismo que el diseño periférico del diseño 4 de lente de referencia.

40 Volviendo ahora a la fig. 8 se han ilustrado puntos de la potencia media y de cilindro para una superficie objetivo y el mejor ajuste a la superficie objetivo ('la superficie real') del nuevo diseño 12 de lente real calculada utilizando pesos uniformes sobre una cuadrícula cuadrada de 80 mm de diámetro. Como es evidente a partir de una comparación de la fig. 8 (a) con la fig. 8 (b) y la fig. 8 (c) con la fig. 8 (d), en el nivel de contorno de 0,25 dioptrías la superficie optimizada es sustancialmente idéntica a la superficie objetivo. De hecho, la única diferencia notable aparece como un ligero incremento en el cilindro periférico máximo.

45 Volviendo ahora a la fig. 9, se ha mostrado allí un número de puntos 42, 44, 46 de las diferencias RMS entre la superficie objetivo y la superficie optimizada del nuevo diseño de lente utilizando tres funciones de ponderación diferentes 48, 50, 52. Aquí los contornos están ilustrados a 0,03 dioptrías. Los puntos 48, 50, 52 muestran contornos de varios pesos, mientras que los puntos 42, 44, 46 presentan los errores de potencia RMS obtenidos después de los ajustes por mínimos cuadrados con la distribución de pesos correspondiente 48, 50, 52.

50 Más específicamente, el punto 44 muestra el resultado de incluir una línea de amplitud elevada de ponderación a lo largo de la trayectoria ocular. Aquí, los errores son disminuidos a lo largo de la trayectoria ocular como se ha esperado, pero la mejora no se extiende a ningún sitio además de la zona de lejos.

El punto 46 muestra el resultado de confeccionar los pesos de fondo para que sean los más altos en la región del cilindro bajo. Como resultado de esta confección, la superficie optimizada coincide con la superficie objetivo en una magnitud mejor de 0,03 dioptrías sobre la región de visión clara total de la lente.

5 El resultado de 'empujar' el error fuera de la región 'importante' de la lente es que la potencia en la periferia puede ser alterada adicionalmente en comparación con la superficie objetivo. Como se ha descrito anteriormente, el método de la invención busca producir un nuevo diseño de lente que tenga un equilibrio de tamaño de zona con un valor que es sustancialmente el mismo que un valor de equilibrio de zona preferido por el usuario, pero que tiene un diseño periférico que es sustancialmente el mismo que el diseño de lente de referencia seleccionado.

10 Volviendo ahora a la fig. 10, se ha mostrado el efecto de la función 52 de ponderación final (referencia a la fig. 9) sobre los puntos de potencia media (referencia a la fig. 10 (b)) y de cilindro (referencia a la fig. 10 (d)) de la superficie optimizada en comparación con la superficie objetivo.

15 Como es evidente a partir de la inspección de una comparación de la fig. 10-d contra la fig. 10 (c), el cilindro periférico ha 'llegado' un poco más, en comparación con la superficie objetivo y la optimización ponderada uniforme. No obstante, además de los cambios en los tamaños angulares de la zona de lejos y de la zona de cerca, las distribuciones totales de la potencia media y del cilindro son sustancialmente idénticas a la superficie objetivo.

20 Con referencia ahora la fig. 11 se ha mostrado la distribución de astigmatismo superficial para un conjunto de superficies calculadas sobre una gama de equilibrios de tamaño de zona. Todas las superficies iniciadas a partir del mismo diseño de lente de referencia, fueron a continuación 'transformadas' utilizando una función de transformación para proporcionar una superficie objetivo respectiva, y luego ajustadas por mínimos cuadrados, utilizando una función de ponderación apropiada, de modo que proporcionen la superficie realizable del nuevo diseño de lente.

### **Ejemplo 2: Transformación de Inserción de Trayectoria Ocular**

Las lentes de adición progresiva pueden también incluir una inserción.

25 Cuando un diseño 4 de lente de referencia seleccionado tiene un inserción, entonces el método de la invención es capaz de modificar la forma del diseño de lente 4 de referencia para obtener con ello un nuevo diseño 12 de lente que tiene un equilibrio de tamaño de zona que corresponde al valor preferido por el usuario así como un inserción que es sustancialmente la misma que la inserción del diseño 4 de lente de referencia.

Alternativamente, el método puede simplemente proporcionar un nuevo diseño 12 de lente que tiene tanto un equilibrio de tamaño de zona como una inserción que son sustancialmente idénticos a los valores preferidos por el usuario. Es decir, el nuevo diseño 12 de lente puede tener una inserción diferente al diseño 4 de lente de referencia.

30 A este respecto, en la fig. 12 se ha mostrado el resultado del proceso de transformación de la inserción de trayectoria ocular, que puede ser utilizado junto con el proceso 36 de transformación de equilibrio de tamaño de zona, para proporcionar un nuevo diseño 12 de lente que tiene tanto un inserción como un equilibrio de tamaño de zona que están más estrechamente relacionados con las necesidades del usuario.

35 Como se ha mostrado en la fig. 12, el proceso de transformación de inserción aplica una función de transformación que modifica la inserción de acuerdo con el valor de inserción preferido por el usuario. En el ejemplo mostrado en la fig. 12, un desplazamiento 54 de tipo 'acordeón' ha sido utilizado para obtener la inserción de trayectoria ocular deseada. Sin embargo, pueden también ser adecuados otros tipos de desplazamiento.

40 Un proceso de transformación de inserción puede utilizar también funciones de ponderación adecuadas que resaltan la parte de la curvatura superficial que debería permanecer sin cambios. Una función de ponderación adecuada puede ser construida como una función simple de cilindro superficial. Alternativamente, una función de ponderación adecuada puede ser construida basándose en un único nivel de contorno especificado.

### **Ejemplo 3: Proceso de Transformación de Longitud de Corredor**

45 En la fig. 13 se ha mostrado el resultado de un proceso de transformación de longitud del corredor, que puede ser utilizado junto con el proceso 36 de transformación de equilibrio de tamaño de zona, para proporcionar un nuevo diseño de lente que tiene tanto un equilibrio de tamaño de zona como una longitud de corredor que están más estrechamente relacionados con las necesidades del usuario.

Como se ha mostrado en la fig. 13, el proceso de transformación de longitud de corredor aplica una función de transformación que modifica (es decir alarga o acorta) la longitud de corredor de acuerdo con el valor de longitud de corredor preferido por el usuario.

50 Ventajosamente, el proceso de transformación de longitud de corredor proporciona un nuevo diseño de lente que tiene sustancialmente la misma trayectoria ocular de forma, sustancialmente los mismos tamaños angulares especificados de la zona de lejos y de la zona de cerca, y sustancialmente el mismo diseño periférico que la lente de referencia.

Como se ha mostrado en la fig. 13, una función de transformación que es adecuada para utilizar en un proceso de transformación de longitud de corredor puede emplear una expansión 56 de 'acordeón ensanchado', o contracción, para obtener la longitud de corredor deseada. Otros tipos de expansión, o contracción pueden ser también adecuados.

- 5 Un proceso de transformación de longitud de corredor puede también utilizar funciones de ponderación adecuadas que resaltan la parte de la curvatura superficial que debería permanecer sin cambios. Una función de ponderación adecuada puede ser construida como una simple función de cilindro superficial. Alternativamente, una función de ponderación adecuada puede ser construida basándose en un único nivel de contorno especificado.

**Ejemplo 4: Transformación de Equilibrio de Tamaño de Zona, de Longitud de Corredor y de Inserción de Trayectoria Ocular Combinadas**

- 10 Como se ha mostrado en la fig. 14, un proceso de transformación puede implicar un proceso de múltiples etapas. Un proceso de transformación de múltiples etapas puede implicar la transformación en 58 de la forma del diseño 4 de lente de referencia aplicando una primera función de transformación (una función de transformación de inserción) al diseño de lente 4 de referencia para proporcionar por ello un diseño intermedio 60 que tiene la inserción retirada.

- 15 Habiendo retirado la inserción, el método puede a continuación realizar un segundo proceso 62 de transformación por el que una segunda función de transformación (una función de transformación de equilibrio de tamaño de zona) es aplicada a un diseño 60 de lente de modo que proporcione un diseño de lente que tiene un equilibrio 64 de tamaño de zona de acuerdo con el valor de equilibrio de tamaño de zona preferido por el usuario.

Finalmente, una tercera función de transformación (una función de transformación de inserción) es aplicada en 66 para reintroducir la inserción original del diseño 4 de lente de referencia y obtener por ello la superficie objetivo resultante.

- 20 De hecho, aunque el ejemplo precedente ha sido descrito en términos de proceso de múltiples etapas que modifica un diseño 4 de lente de referencia que tiene una inserción de modo que se obtiene un nuevo diseño 14 de lente que tiene un equilibrio de tamaño de zona que coincide con el valor preferido por el usuario así como una inserción que es sustancialmente la misma que el diseño de lente de referencia, ha de comprenderse que son también posibles otros tipos de proceso de transformación de múltiples etapas.

- 25 Por ejemplo, un proceso de transformación de múltiples etapas que es adecuado para el método de la presente invención puede implicar la aplicación de una función de transformación de equilibrio de tamaño de zona y una función de transformación de longitud de corredor para proporcionar por ello un nuevo diseño de lente que tiene tanto un equilibrio de tamaño de zona como una longitud de corredor que coinciden con los valores respectivos preferidos del usuario.

- 30 Alternativamente, un proceso de transformación de múltiples etapas puede implicar la aplicación de una función de transformación de equilibrio de tamaño de zona, una función de transformación de inserción y una función de transformación de longitud de corredor para proporcionar por ello un nuevo diseño de lente que tiene un equilibrio de tamaño de zona, un inserción y una longitud de corredor que tienen valores que coinciden con los valores respectivos preferidos del usuario.

- 35 De hecho, volviendo a la fig. 15 se ha mostrado un ejemplo del efecto de un proceso de transformación de múltiples etapas que modifica la superficie de un diseño 68 de lente de referencia que tiene un inserción de 2,3 mm, de modo que proporcione un nuevo diseño 70 de lente que tiene una inserción, un equilibrio de tamaño de zona y una longitud de corredor modificados.

- 40 Más específicamente, el proceso de transformación de múltiples etapas ilustrado elimina en primer lugar la inserción de 2,3 mm utilizando una función de transformación de inserción para proporcionar la superficie 72. El proceso de transformación de múltiples etapas aplica entonces una función de transformación de equilibrio de tamaño de zona de modo que proporcione una superficie 74.

- 45 Utilizando un proceso de transformación de longitud de corredor, la longitud de corredor de la superficie 74 es a continuación transformada (aquí la longitud de corredor es incrementada en 2,0 mm) de modo que proporcione la superficie 76. La superficie 76 es a continuación transformada utilizando una función de transformación de inserción de modo que introduzca una inserción de 3,8 mm, y así proporcione la superficie 78.

Habiendo aplicado las funciones de transformación para transformar la matriz de potencia para obtener la superficie 76, la siguiente operación del proceso de transformación de múltiples etapas implica calcular el ajuste por mínimos cuadrados a la superficie 76 de modo que se obtenga una superficie 70 de lente que es realizable.

- 50 A este respecto, se conseguirá un mejor resultado final si se utiliza una función de 'ponderación' apropiada para un ajuste por mínimos cuadrados. Una función de ponderación apropiada será una función que resalte la región de la superficie objetivo que debería permanecer sin cambios. Aquí, la superficie 70 muestra la superficie realizada real después de que se haya aplicado un ajuste por mínimos cuadrados a la superficie 76.

Volviendo a la fig. 16, se han mostrado una serie de diagramas vectoriales 80 que muestran la dirección y magnitud del movimiento requerido para conseguir la transformación del proceso de transformación de múltiples etapas de la fig. 15. También se han mostrado puntos 82 de distorsión de la cuadrícula que ilustran las distorsiones espaciales impuestas por las funciones de transformación respectivas.

- 5 Se ha considerado que el método de la invención será útil para dispensar un diseño de lente personalizado basándose en diseños existentes.

Finalmente, se comprenderá que puede haber otras variaciones y modificaciones a las configuraciones descritas en este documento que están también dentro del alcance de la presente invención según está definido en las reivindicaciones.

**REIVINDICACIONES**

1. Un método implementado por ordenador para diseñar un diseño de lente de adición progresiva para un usuario, incluyendo el método las operaciones de:

- (a) selección de un diseño de lente progresiva de referencia, teniendo el diseño de lente progresiva de referencia:
  - 5 - un diseño periférico que es adecuado para el usuario; y
  - características de diseño que tienen valores conocidos, incluyendo las características de diseño equilibrio de tamaño de zona, inserción de trayectoria ocular y longitud de corredor;
- (b) especificación del valor preferido del usuario para una o más de las características de diseño, incluyendo dichas una o más de las características de diseño al menos el equilibrio de tamaño de zona; y
- 10 (c) modificación del diseño de lente progresiva de referencia para obtener un nuevo diseño de lente progresiva, teniendo las características de diseño del nuevo diseño de lente progresiva que corresponden a las características de diseño valores preferidos del usuario que tienen sustancialmente el mismo valor que el valor preferido respectivo;

15 en el que la modificación del diseño de lente progresiva de referencia incluye la modificación del equilibrio de tamaño de zona de diseño de lente progresiva de referencia de acuerdo con el valor preferido del usuario para el equilibrio de tamaño de zona, y en el que la modificación del equilibrio de tamaño de zona incluye la modificación de la relación de diseño de lente progresiva de referencia de tamaño angular de la zona de lejos al tamaño angular de la zona de cerca por transformación de la distribución de potencia de superficie progresiva del diseño de lente progresiva de referencia, incluyendo dicha transformación la rotación de las regiones periféricas nasal y temporal del diseño de lente de referencia en direcciones opuestas, al tiempo que se mantiene constante la suma de los tamaños angulares de modo que las regiones periféricas del nuevo diseño de lente progresiva retienen sustancialmente la misma distribución de falta de nitidez periférica que las regiones periféricas del diseño de lente progresiva de referencia.

2. Un método según la reivindicación 1, en el que dicha modificación del diseño de lente progresiva de referencia incluye la modificación de la forma del diseño de lente progresiva de referencia.

25 3. Un método según la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en el que la transformación incluye (i) una pluralidad de procesos de transformación, utilizando cada proceso de transformación una función de transformación para una característica de diseño respectiva, utilizando cada uno de dichos procesos de transformación opcionalmente un sistema de coordenadas elípticas.

30 4. Un método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que el diseño de lente progresiva de referencia está representado en forma de una matriz de curvatura superficial y en el que la transformación de la distribución de potencia de superficie progresiva del diseño de lente progresiva de referencia incluye la aplicación de una función de transformación a la matriz de curvatura superficial de modo que produzca una distribución de curvatura superficial objetivo para el nuevo diseño de lente progresiva.

35 5. Un método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que la modificación del diseño de lente progresiva de referencia es capaz de trasladar posiciones de puntos asociados con una potencia dada al tiempo que mantiene sustancialmente la conectividad entre los puntos de modo que proporcione el nuevo diseño de lente.

40 6. Un método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que el diseño de lente progresiva de referencia está representado en forma de convergencias ópticas trazadas mediante rayos de una lente de acuerdo con el diseño de lente progresiva de referencia y en el que la transformación incluye la aplicación de una función de transformación a las convergencias ópticas.

7. Un método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, incluyendo el método la producción de una lente de adición progresiva utilizando el nuevo diseño de lente progresiva.

45 8. Un aparato programable para concebir un diseño de lente de adición progresiva para un usuario, teniendo el diseño de lente una o más características de diseño que son personalizadas de acuerdo con las preferencias del usuario, incluyendo el aparato:

- (a) medios para la obtención de una selección de un diseño de lente de referencia, teniendo el diseño de lente de referencia seleccionado:
    - un diseño periférico que es adecuado para el usuario; y
    - características de diseño que tienen valores conocidos, incluyendo las características de diseño equilibrio de tamaño de zona, inserción de trayectoria ocular y longitud de corredor;
- 50

- (b) medios para la recuperación del contenido de información procedente de un repositorio de información, incluyendo el contenido de información datos geométricos de lente, siendo representativos los datos geométricos de lente al menos de la forma del diseño de lente de referencia seleccionado;
- 5 (c) medios para la obtención del valor preferido del usuario para una o más de las características de diseño, incluyendo dichas una o más de las características de diseño al menos el equilibrio de tamaño de zona; y
- (d) medios para la modificación del contenido de información para la obtención por ello de un contenido de información modificado, siendo representativo el contenido de información modificado de un nuevo diseño de lente de tal modo que cada una de las una o más características de diseño del nuevo diseño de lente tiene sustancialmente el mismo valor que el valor preferido respectivo;
- 10 en el que la modificación del contenido de información incluye la modificación del equilibrio de tamaño de zona de diseño de lente progresiva de referencia de acuerdo con el valor preferido del usuario para equilibrio de tamaño de zona, y en el que la modificación del equilibrio de tamaño de zona incluye la modificación de la relación de diseño de lente progresiva de referencia de tamaño angular de zona de lejos a tamaño angular de zona de cerca por transformación de la
- 15 transformación la rotación de las regiones periféricas nasal y temporal del diseño de lente de referencia en direcciones opuestas, al tiempo que se mantiene constante la suma de los tamaños angulares de modo que las regiones periféricas del nuevo diseño de lente progresiva retienen sustancialmente la misma distribución de falta de nitidez periférica que las regiones periféricas del diseño de lente progresiva de referencia.
- 20 9. Un aparato programable según la reivindicación 8, en el que la modificación del contenido de información incluye la modificación de la forma del diseño de lente progresiva de referencia.
10. Un aparato programable según la reivindicación 8 o la reivindicación 9, en el que la transformación incluye una pluralidad de procesos de transformación, utilizando cada proceso de transformación una función de transformación para una característica de diseño respectiva, utilizando cada uno de dichos procesos de transformación opcionalmente un sistema de coordenadas elípticas.
- 25 11. Un aparato programable según cualquiera de las reivindicaciones 8 a 10, en el que el diseño de lente de referencia seleccionado está representado en forma de una matriz de curvatura superficial y en el que la transformación de la distribución de potencia superficial progresiva del diseño de lente de referencia seleccionado incluye la aplicación de una función de transformación a la matriz de curvatura superficial de modo que produzca una distribución de curvatura superficial objetivo para el nuevo diseño de lente.
- 30 12. Un aparato programable según cualquiera de las reivindicaciones 8 a 11, en el que la modificación del contenido de información incluye la traslación de posiciones de puntos asociados con una potencia dada al tiempo que mantiene sustancialmente la conectividad entre los puntos de modo que proporcionen el nuevo diseño de lente.
- 35 13. Un aparato programable según cualquiera de las reivindicaciones 8 a 10, en el que el diseño de lente progresiva de referencia está representado en forma de convergencias ópticas trazadas por rayos de una lente según el diseño de lente progresiva de referencia y en el que la transformación incluye aplicar una función de transformación a las convergencias ópticas.
14. Un sistema para concebir un diseño de lente de adición progresiva para un usuario, incluyendo el sistema:
- (a) un enlace de comunicaciones;
- (b) al menos un dispositivo de cliente conectado operativamente al enlace de comunicaciones;
- 40 (c) un dispositivo servidor, que incluye una CPU y memoria conectada operativamente a la CPU, estando conectado el dispositivo servidor al enlace de comunicaciones, estando codificada la memoria con un programa de ordenador para hacer que la CPU ejecute:
- la recepción de parámetros desde el dispositivo de cliente en el dispositivo de servidor;
- 45 – después de ello la selección de un diseño de lente de referencia que tiene un diseño periférico que es adecuado para el usuario, y características del diseño que tienen valores conocidos, incluyendo las características de diseño equilibrio de tamaño de zona, inserción de trayectoria ocular, y longitud de corredor;
- el cálculo de valores preferidos del usuario para una o más de las características de diseño, incluyendo dichas una o más de las características de diseño al menos el equilibrio de tamaño de zona;
- 50 – la recuperación de contenido de información procedente de un repositorio de información, incluyendo el contenido de información datos geométricos de lente que son representativos de al menos la forma del diseño de lente de referencia seleccionado;

- la modificación del contenido de información para obtener un contenido de información modificado, siendo representativo el contenido de información modificado de un nuevo diseño de lente de tal modo que cada una de las una o más características de diseño del nuevo diseño de lente tiene sustancialmente el mismo valor que el valor preferido respectivo; y
- 5           - la transmisión del contenido de información modificado al dispositivo de cliente;

en el que la modificación del diseño de lente progresiva de referencia incluye la modificación del equilibrio de tamaño de zona del diseño de lente progresiva de referencia de acuerdo con el valor preferido del usuario para el equilibrio de tamaño de zona, y en el que la modificación del equilibrio de tamaño de zona incluye la modificación de la relación de diseño de lente progresiva de referencia del tamaño angular de zona de lejos al tamaño angular de zona de cerca por transformación de la distribución de potencia de superficie progresiva del diseño de lente progresiva de referencia, incluyendo dicha transformación la rotación de las regiones periféricas nasal y temporal del diseño de lente de referencia en direcciones opuestas, al tiempo que se mantiene constante la suma de los tamaños angulares de modo que las regiones periféricas del nuevo diseño de lente progresiva retienen sustancialmente la misma distribución de falta de nitidez periférica que las regiones periféricas del diseño de lente progresiva de referencia.

- 10
- 15   15. Un sistema según la reivindicación 14, en el que, en el programa informático, la modificación del contenido de información incluye la modificación de la forma del diseño de lente progresiva de referencia.

- 20   16. Un sistema según la reivindicación 14 o la reivindicación 15, en el que, en el programa informático, la modificación del contenido de información incluye una pluralidad de procesos de transformación, utilizando cada proceso de transformación una función de transformación para una característica de diseño respectiva, utilizando cada uno de dichos procesos de transformación opcionalmente además un sistema de coordenadas elípticas.

- 25   17. Un sistema según cualquiera de las reivindicaciones 14 a 16, en el que el diseño de lente de referencia seleccionado está representado en forma de una matriz de curvatura superficial y en el que la transformación de la distribución de potencia de superficie progresiva del diseño de lente de referencia seleccionado incluye la aplicación de una función de transformación a la matriz de curvatura superficial de modo que produzca una distribución de curvatura superficial objetivo para el nuevo diseño de lente.

18. Un sistema según cualquiera de las reivindicaciones 14 a 17, en el que, en el programa informático, la modificación del contenido de información incluye la traslación de posiciones de puntos asociados con una potencia dada al tiempo que se mantiene sustancialmente la conectividad entre los puntos de modo que proporcionen el nuevo diseño de lente.

- 30   19. Un sistema según cualquiera de las reivindicaciones 14 a 16, en el que el diseño de lente progresiva de referencia está representado en forma de convergencias ópticas trazadas por rayos de una lente según el diseño de lente progresiva de referencia y en el que la transformación incluye la aplicación de la función de transformación a las convergencias ópticas.

- 35   20. Un programa informático con código de programa para llevar a cabo todas las operaciones de métodos según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7 cuando el programa informático es cargado en un ordenador o ejecutado en un ordenador.

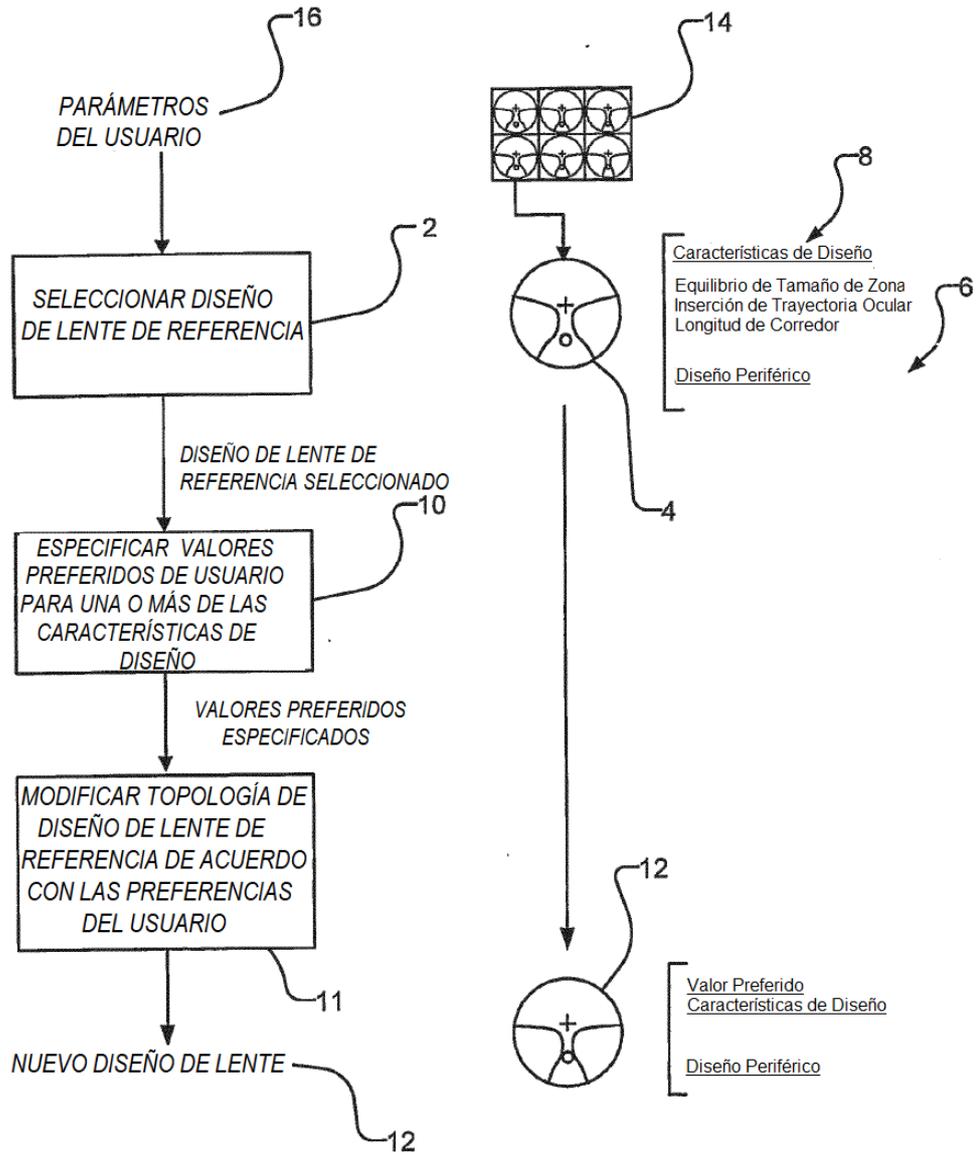


FIGURA 1

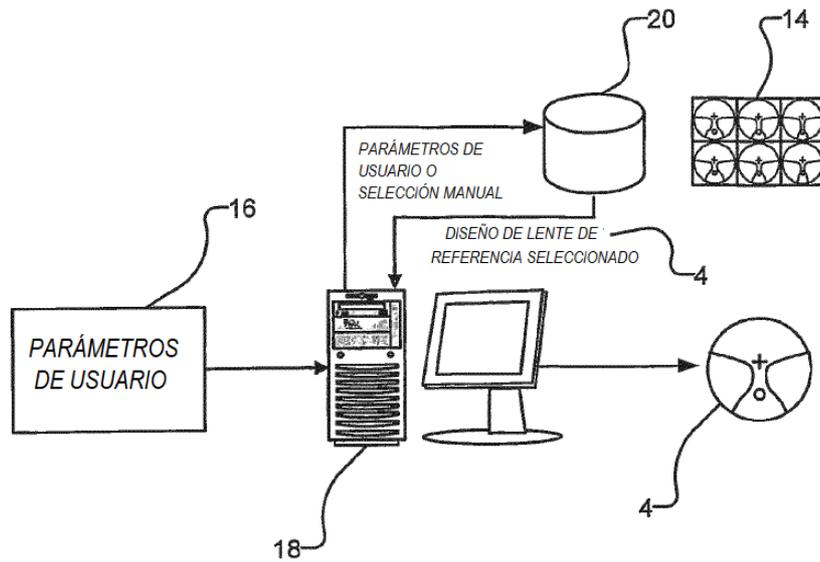


FIGURA 2

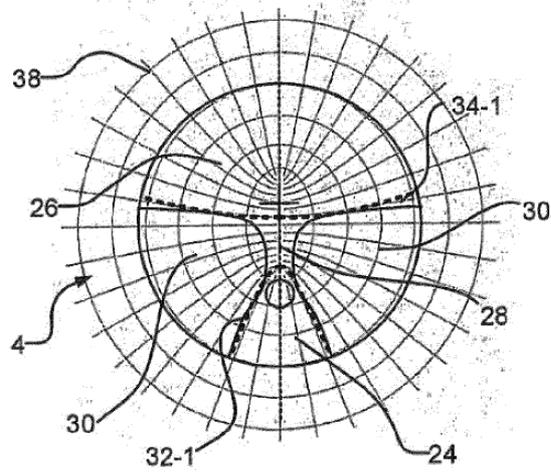


FIGURA 3

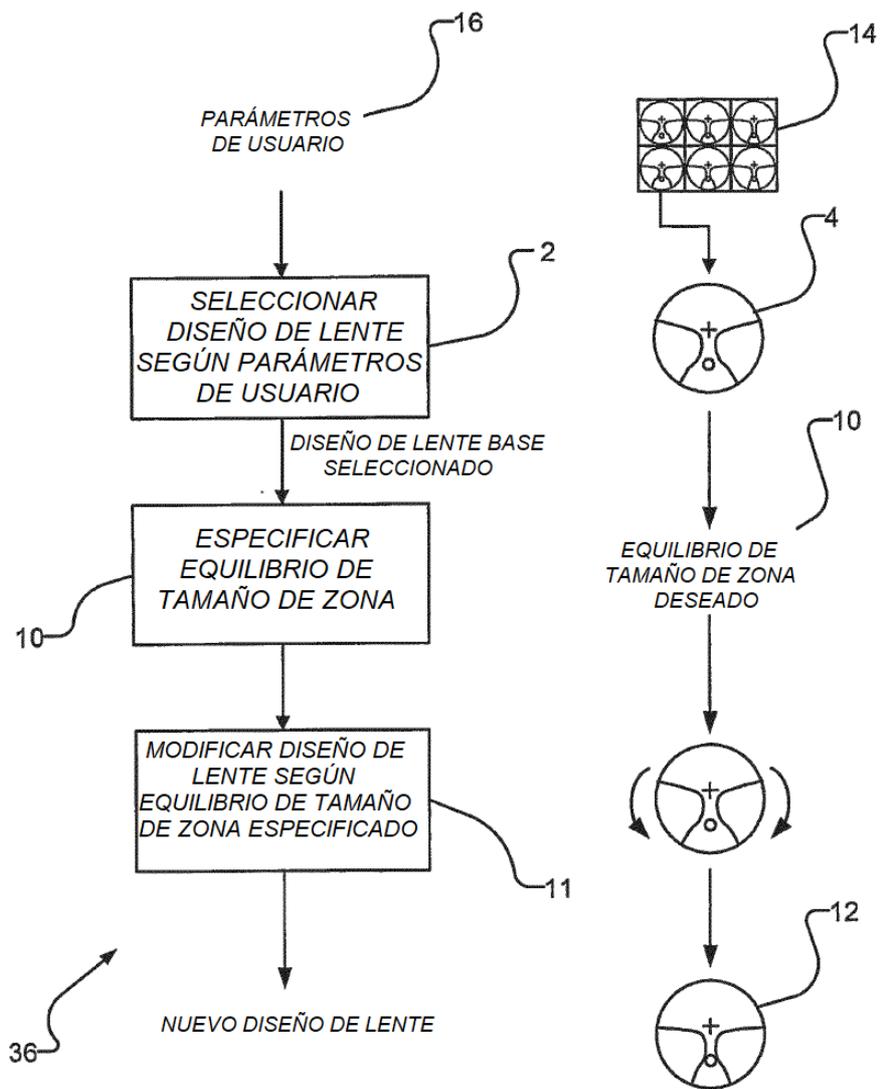


FIGURA 4

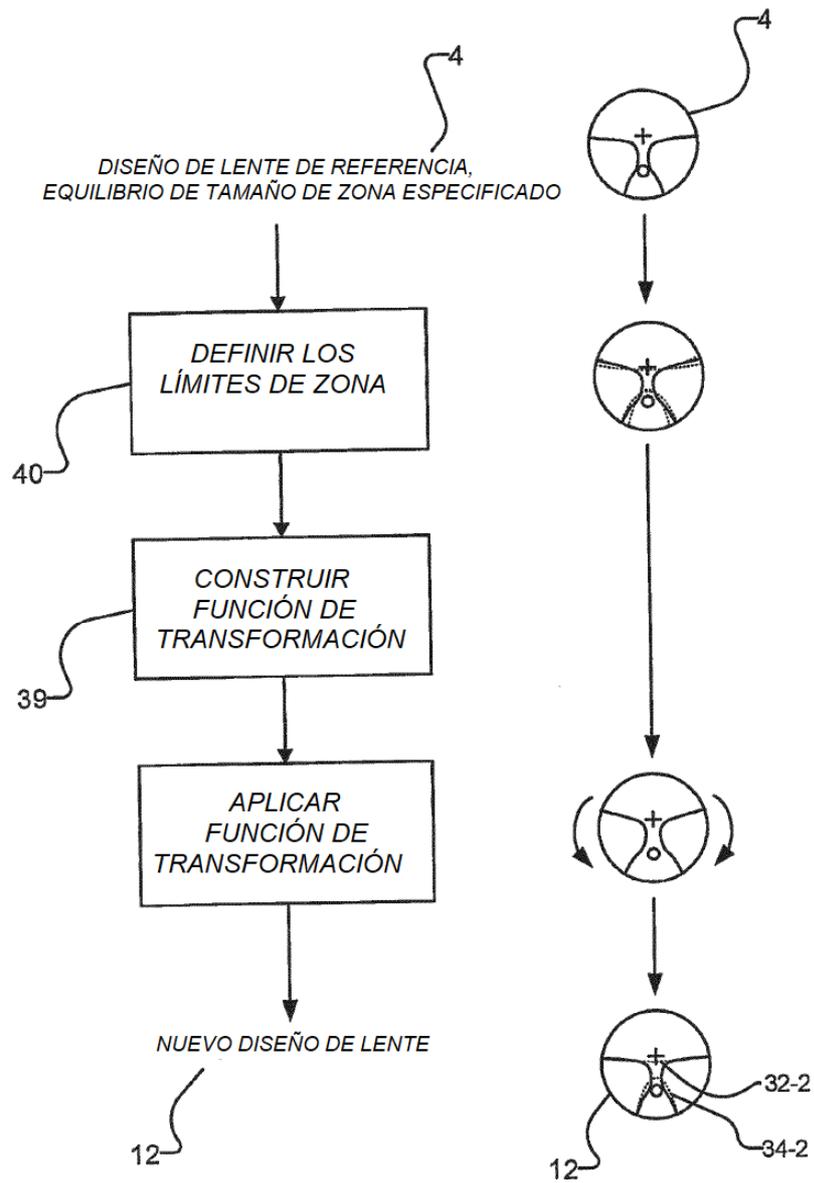


FIGURA 5

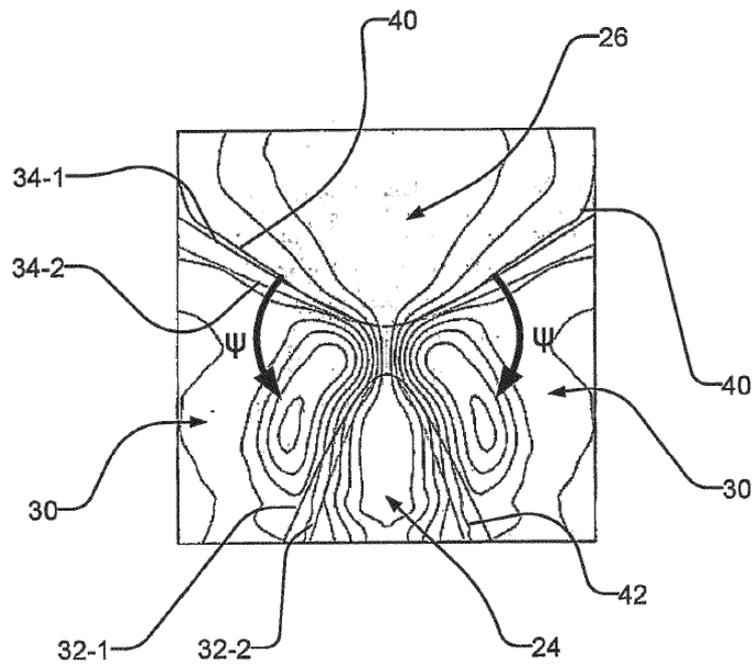


FIGURA 6

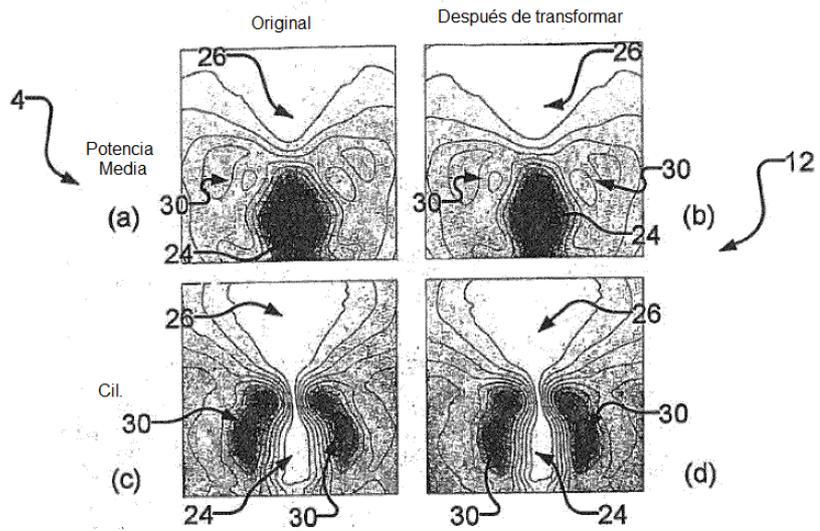


FIGURA 7

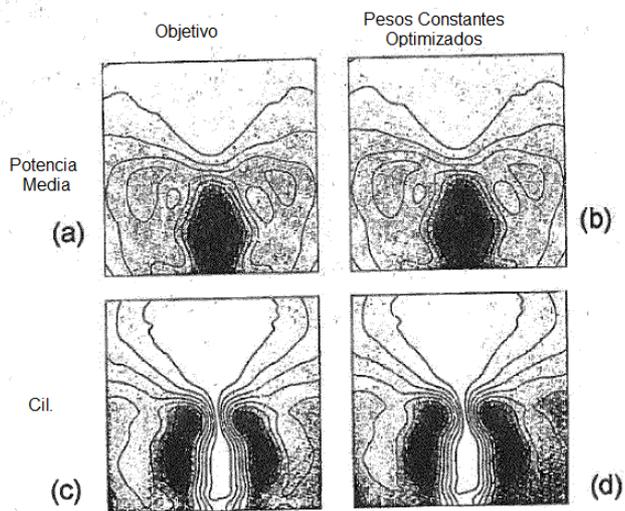


FIGURA 8

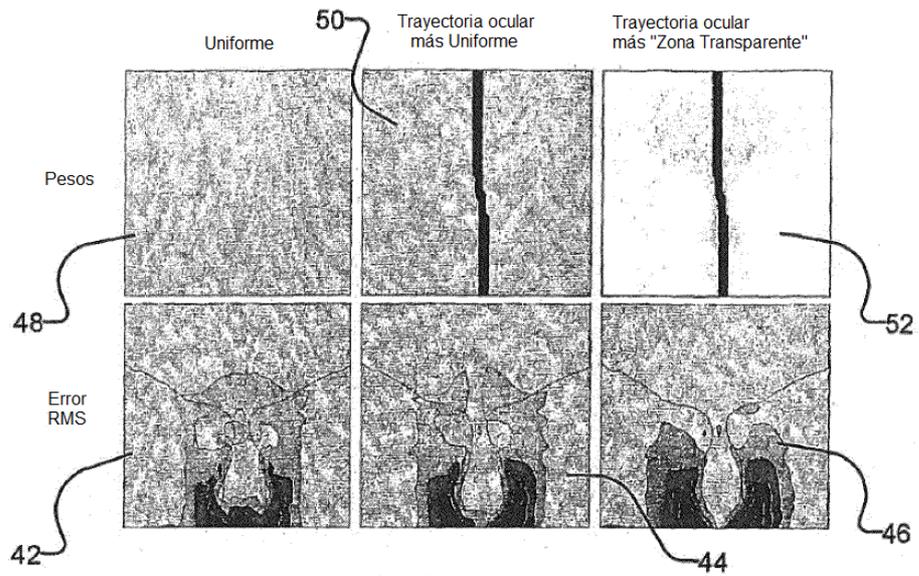


FIGURA 9

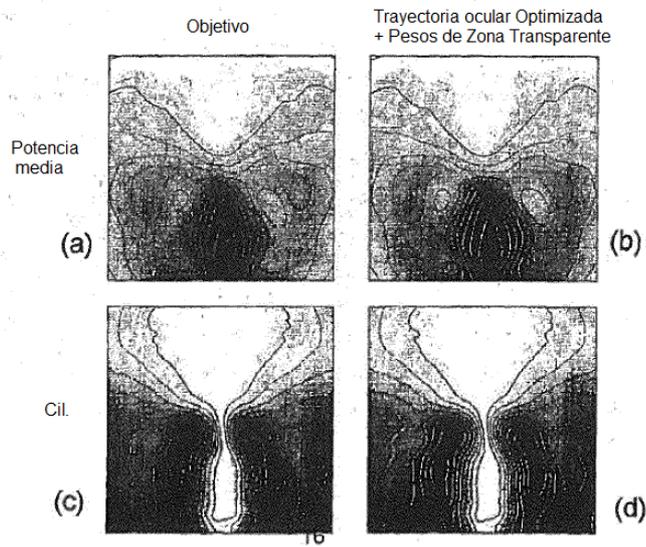


FIGURA 10

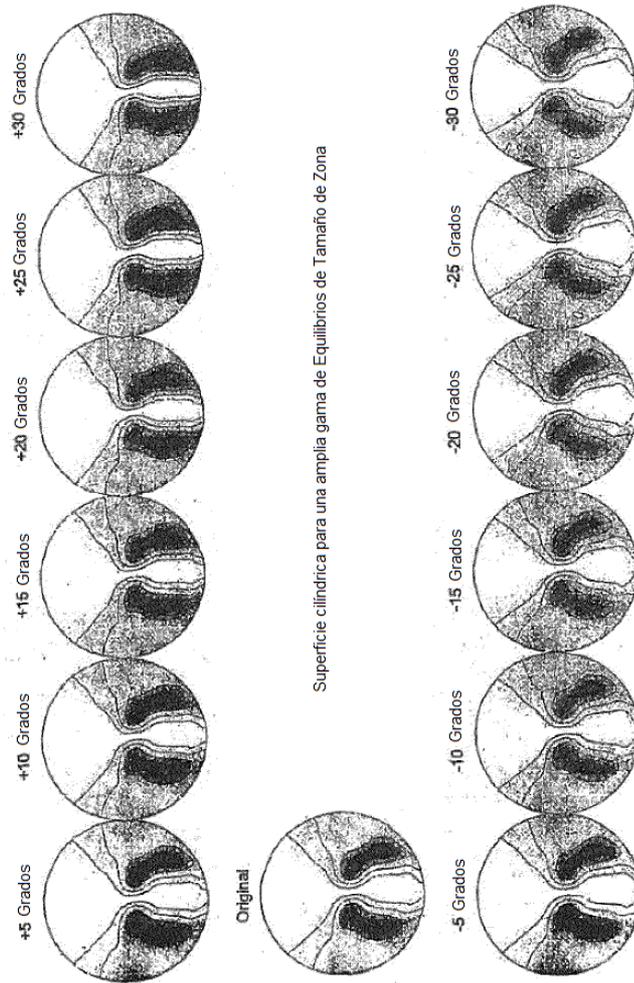


FIGURA 11

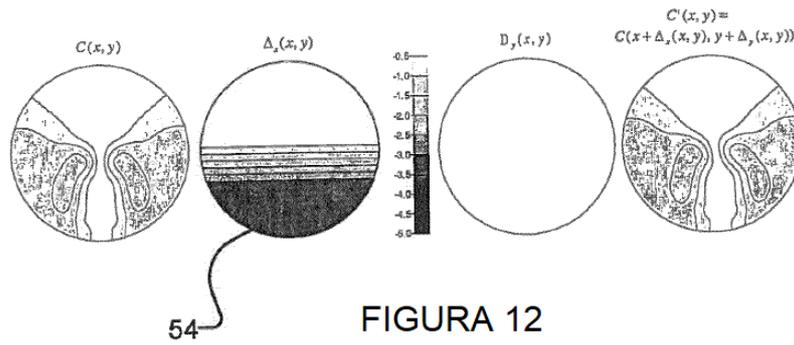


FIGURA 12

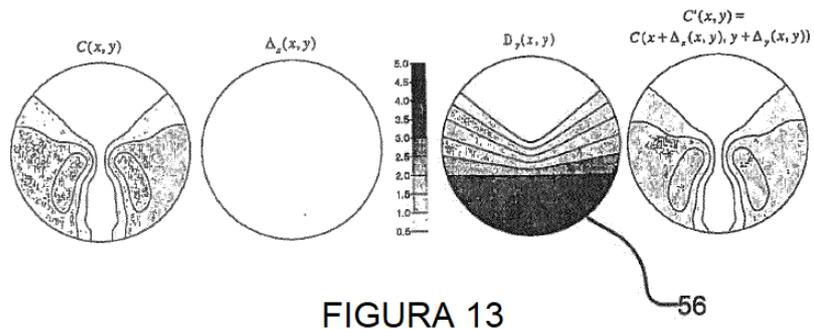


FIGURA 13

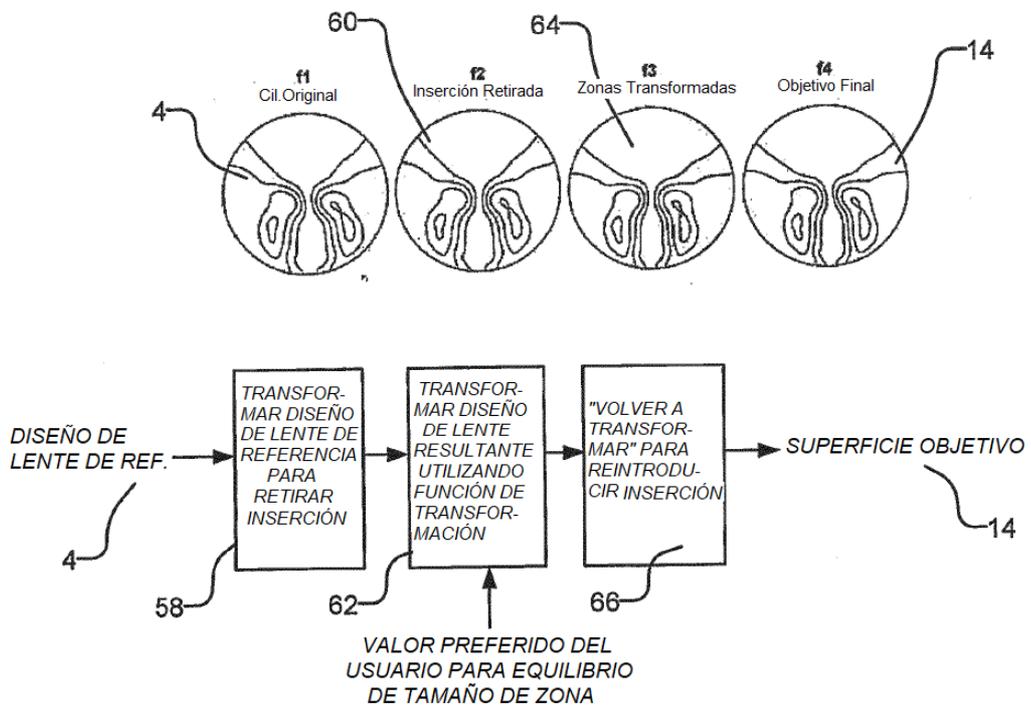


FIGURA 14

