

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 811 707**

51 Int. Cl.:

G02C 7/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **24.03.2014 PCT/US2014/031560**

87 Fecha y número de publicación internacional: **01.10.2015 WO15147777**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.03.2014 E 14887136 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.07.2020 EP 3111273**

54 Título: **Un método para optimizar la geometría de una lente oftálmica semi-acabada en un conjunto de lentes oftálmicas semi-acabadas**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
15.03.2021

73 Titular/es:
**CARL ZEISS VISION INC. (50.0%)
12121 Scripps Summit Drive, Suite 400
San Diego, CA 92131, US y
CARL ZEISS VISION INTERNATIONAL GMBH
(50.0%)**

72 Inventor/es:
**WOODLAND, ANDREW y
DEEDS, JONATHAN**

74 Agente/Representante:
LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 811 707 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

Un método para optimizar la geometría de una lente oftálmica semi-acabada en un conjunto de lentes oftálmicas semi-acabadas

CAMPO TÉCNICO

- 5 La presente invención se refiere a un método y sistema para optimizar la geometría de al menos una lente oftálmica semi-acabada en un conjunto de lentes oftálmicas semi-acabadas que tienen un material de lente designado.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

10 En general, las lentes oftálmicas tienen dos superficies de refracción opuestas y son utilizadas adyacentes al ojo en una montura de gafas para ayudar a la función del ojo. En un método existente de fabricación de lentes oftálmicas para un usuario de lentes, las lentes oftálmicas semi-acabadas son producidas primero con una superficie acabada en un lado solo mediante, por ejemplo, esmerilado y pulido adicional para ajustarse a la prescripción del usuario de lentes en un laboratorio de prescripción (Rx) y forma las lentes oftálmicas acabadas. Un experto en la técnica apreciará que la prescripción oftálmica del usuario de lentes (secuencia de comandos de Rx) es una fórmula determinada por un examinador para corregir anomalías en la vista de un usuario de lentes, que habitualmente incluye potencias de esfera, de cilindro, de adición y de prisma, así como descentrado.

15 Con respecto a las lentes oftálmicas semi-acabadas existentes descritas anteriormente, en un ejemplo, un laboratorio de Rx recibe datos de prescripción de un usuario de lentes (p. ej., datos de potencia esfera, de cilindro, de adición y de prisma) de un examinador y selecciona uno de un conjunto de lentes oftálmicas semi-acabadas para esmerilar y pulir adicionalmente para producir una lente que se ajuste a la prescripción del usuario de lentes. El conjunto de lentes oftálmicas semi-acabadas está hecho de un material de lente designado con un índice de refracción designado (p. ej., 1,67) y cada una de las lentes tiene una geometría determinada que incluye una de una pluralidad de curvas base determinadas para permitir la fabricación de las lentes oftálmicas acabadas para sustancialmente todas las prescripciones de lentes oftálmicas. Las curvas base, en lentes oftálmicas semi-acabadas, proporcionan potencia superficial para la primera curva lateral (p. ej., frontal) que, cuando es combinada con la segunda curva lateral (p. ej., posterior, frente al ojo del usuario), después de esmerilarla y pulirla, produce la potencia de lente deseada. Los expertos en la técnica apreciarán que la primera y/o segunda curvas laterales pueden ser superficies esféricas, esféricas y/o progresivas. También se apreciará que las geometrías determinadas de las lentes en el conjunto difieren con diferentes índices de refracción designados; por ejemplo, las lentes con un índice de refracción de 1,67 son más delgadas que las que tienen un índice de refracción de 1,6. También se apreciará que una curva de base es una potencia superficial de la superficie acabada de una lente semi-acabada que, cuando es combinada con la otra superficie eventualmente acabada de la lente, forma la potencia de lente deseada. Así, por ejemplo, un fabricante de lentes produce un conjunto de, por ejemplo, trece lentes oftálmicas semi-acabadas – teniendo cada una de las lentes diferentes curvas de base – para que los laboratorios de Rx formen lentes acabadas para sustancialmente todas las prescripciones posibles. Por consiguiente, cada una de las lentes semi-acabadas en el conjunto – a veces llamadas piezas elementales o discos en la técnica, particularmente para la utilización de "Forma libre" – debe ser capaz de satisfacer un subconjunto de datos del usuario y/o de la montura para producir lentes acabadas adecuadas. "Forma libre" se refiere a un proceso de fabricación de lentes que puede crear la mayoría de las configuraciones de curva de una lente oftálmica semi-acabada cortando la lente oftálmica semi-acabada de una manera específica. Un experto en la materia apreciará que el proceso de "Forma libre" es más sofisticado que los procesos de fabricación de lentes tradicionales y, por ejemplo, emplea un punto de corte controlado por una máquina CNC para cortar una lente en lugar de esmerilar la lente de forma tradicional. Como resultado, el proceso de "Forma libre" es capaz de producir superficies mucho más complejas que incluyen, pero no están limitadas a, potencias de esfera, de cilindro y de adición combinadas. Se apreciará que la complejidad de una superficie de lente está relacionada con su dificultad de fabricación.

45 Como se ha descrito, las geometrías de cada una de las lentes en el conjunto ejemplar existente de lentes oftálmicas semi-acabadas son determinadas para permitir que se asigne una amplia gama de prescripciones de lentes oftálmicas a cada curva de base producida (p. ej., no suelen superar las 6 Dioptrías de Cilindro). Se apreciará que la geometría de una lente incluye su diámetro y grosor. Por lo tanto, cada lente en el conjunto está diseñada para tener una geometría que sea lo suficientemente grande en grosor y diámetro para permitir la fabricación de sustancialmente todas las prescripciones que son asignadas a cada una de las curvas de base. Por consiguiente, las lentes semi-acabadas de diámetro grande y grueso son producidas para adaptarse a todas las prescripciones y tamaños de monturas, que incluyen algunas prescripciones raras que se encuentran muy fuera de la norma para prescripciones comunes. Por consiguiente, para prescripciones comunes que no requieren de una lente semi-acabada tan gruesa y grande, hay un desperdicio significativo de material de lente. Se apreciará que las secuencias de comandos de Rx extremas atípicas – rarezas clínicas – son fabricadas como casos especiales que utilizan componentes de disco a medida muy grandes, y no son considerados parte de la "población de intervalo estándar"; es decir, sustancialmente todas las prescripciones de lentes oftálmicas.

55 Es, por lo tanto, un objetivo de la presente invención es proporcionar un método para optimizar la geometría de al menos una lente oftálmica semi-acabada en un conjunto de lentes oftálmicas semi-acabadas para, por ejemplo, minimizar el desperdicio de material de lente.

Antes de pasar a un resumen de la presente invención, se apreciará que se ha incluido la exposición de los antecedentes de la invención para explicar el contexto de la invención. Esto no debe tomarse como una admisión de que ninguno de los materiales mencionados fue publicado, conocido o parte del conocimiento general común en Australia o en cualquier otro país.

5 El documento US 2009/168015 A1 describe un método para diseñar piezas elementales de lentes de gafas para una lente de adición progresiva de doble superficie (PAL) que comprende determinar un intervalo de prescripción a partir de un primer conjunto de primeros diseños para producir un segundo conjunto de primeros diseños que satisfagan el intervalo de prescripción, determinar una superficie común utilizando el segundo conjunto de primer diseños, y utilizar la superficie común para producir un conjunto de segundos diseños que satisfagan el intervalo de prescripción. El objetivo del método es reducir el número de piezas elementales necesarias para cubrir los intervalos de prescripción.

10 El documento US 2006/0050235 A1 describe una pieza elemental de lente de gafas semi-acabada de potencia progresiva que tiene una superficie progresiva con una curva de base particular y una potencia de adición particular, habiendo sido diseñada la superficie progresiva para proporcionar un rendimiento óptico óptimo. La superficie inacabada de la pieza elemental de lente de gafas semi-acabada es una superficie tórica de un cilindro particular distinto de cero y un eje particular. Además, el documento US 2006/0050235 A1 describe un método para producir una lente de gafas de potencia progresiva para un paciente con presbicia astigmático que comprende recibir los datos de prescripción respectivos, seleccionar una pieza elemental de lente de gafas semi-acabada de potencia progresiva que tiene una superficie progresiva con un rendimiento óptico optimizado y revestir la superficie inacabada de la pieza elemental de lente de gafas semi-acabada seleccionada.

15 El documento WO 2013/072507 A1 describe un método para proporcionar una lente de gafas oftálmica de acuerdo con los datos de prescripción del usuario y las necesidades ópticas del usuario con la disposición de que una necesidad óptica del usuario no está relacionada con los datos de prescripción. El método comprende proporcionar una pieza elemental de lente semi-acabada, proporcionar datos de contorno que definen la periferia de la superficie frontal, elegir al menos una característica óptica localizada adecuada para las necesidades del usuario, posicionar los datos de contorno y definir la superficie posterior. Las necesidades ópticas del usuario pueden tener, por ejemplo, una potencia óptica rebajada en la parte superior y en la parte inferior de la lente oftálmica, tener una lente oftálmica adecuada para actividad informática o tener un aumento mejorado en la visión central o periférica de la lente oftálmica.

RESUMEN DE LA INVENCION

20 La presente invención proporciona un método para optimizar la geometría de al menos una lente oftálmica semi-acabada en un conjunto de lentes oftálmicas semi-acabadas que tienen un material de lente designado, teniendo cada una de las lentes oftálmicas semi-acabadas en el conjunto una geometría inicialmente determinada que incluye una de una pluralidad de curvas de base determinadas para permitir la fabricación de lentes oftálmicas acabadas para prescripciones de lentes oftálmicas, incluyendo el método:

30 proporcionar electrónicamente datos de prescripción indicativos de prescripciones de lentes oftálmicas de una pluralidad de usuarios de lentes oftálmicas;

determinar electrónicamente una proporción de unas de las prescripciones de lentes oftálmicas que corresponden a cada una de las curvas de base de las lentes oftálmicas semi-acabadas en el conjunto de lentes oftálmicas semi-acabadas;

35 proporcionar electrónicamente datos de fabricación indicativos de restricciones que afectan a la fabricación del conjunto de lentes oftálmicas semi-acabadas, incluyendo las restricciones al menos el volumen de material de lente designado de cada una de las lentes oftálmicas semi-acabadas en el conjunto, así como uno o más de: un coste por geometría diferente de unas de las curvas de base de cada una de las lentes oftálmicas semi-acabadas en el conjunto; un coste del material de lente designado; y un grosor mínimo de las lentes oftálmicas semi-acabadas;

40 determinar electrónicamente una o más geometrías finales de al menos una lente oftálmica semi-acabada en el conjunto optimizando la geometría inicialmente determinada de cada una de las lentes oftálmicas semi-acabadas en el conjunto utilizando la proporción de dichas prescripciones de lentes oftálmicas que corresponde a cada una de las curvas de base de las lentes oftálmicas semi-acabadas en el conjunto y las restricciones, las una o más geometrías finales optimizadas de lentes son más pequeñas en uno o más de los parámetros de grosor, diámetro, radio de curva frontal, y radio de curva posterior, por curva de base para minimizar la utilización de material de lente; y

emitir electrónicamente datos indicativos de las una o más geometrías finales.

45 Típicamente, la optimización incluirá ventajosamente minimizar costes sujetos a las restricciones de fabricación. Así, por ejemplo, la optimización incluye minimizar el coste minimizando la utilización de material de lente optimizando la geometría de al menos una lente oftálmica semi-acabada en el conjunto de lentes oftálmicas semi-acabadas. No obstante, se apreciará que la optimización también puede incluir, por ejemplo, minimizar el transporte y minimizar los desperdicios y su impacto en el medio ambiente.

Preferiblemente, la optimización incluye optimizar la geometría inicialmente determinada de cada una de las lentes oftálmicas semi-acabadas en el conjunto utilizando un algoritmo evolutivo, tal como un algoritmo genético. Un experto en la técnica apreciará que los algoritmos evolutivos son algoritmos de optimización basados en la población genética que están basados en aspectos de la evolución biológica, tal como la reproducción, la mutación, la recombinación y/o la selección, para encontrar una solución óptima a un problema. También se apreciará que un algoritmo evolutivo difiere de otros, digamos algoritmos de optimización, clásicos en varias formas debido a estos aspectos evolutivos. En primer lugar, un algoritmo evolutivo es un algoritmo no determinista que puede proporcionar diferentes soluciones en diferentes ejecuciones del algoritmo con las mismas variables debido a un muestreo aleatorio de las variables. En segundo lugar, un algoritmo evolutivo genera una población de soluciones candidatas en lugar de simplemente mantener una única mejor solución encontrada hasta ahora. En tercer lugar, un algoritmo evolutivo realiza periódicamente cambios aleatorios o mutaciones (p. ej., basados en mutaciones de ADN en evolución) en miembros de la población actual de soluciones candidatas para producir nuevas soluciones candidatas. En cuarto lugar, un algoritmo evolutivo intenta combinar elementos de soluciones candidatas existentes para crear nuevas soluciones candidatas (p. ej., basadas en la reproducción sexual en evolución). Finalmente, un algoritmo evolutivo realiza un proceso de selección en el que los miembros "más aptos" de la población de soluciones candidatas sobreviven y los miembros "menos aptos" son eliminados (p. ej., basándose en la selección natural en evolución); en este caso, el grado de "aptitud" para la supervivencia puede ser designado en función, por ejemplo, de un nivel de satisfacción de las restricciones aplicadas al algoritmo.

Preferiblemente, el método incluye además determinar una proporción de unas de las prescripciones de lentes oftálmicas que corresponden a cada una de las una o más geometrías finales de al menos una lente oftálmica semi-acabada en el conjunto. Es decir, para cada lente de curva de base en el conjunto, el método determina una o más geometrías finales de lentes que tienen esa curva de base y luego determina una proporción de prescripciones que corresponden a cada una de estas geometrías finales. En una realización, el método optimiza entonces además de forma iterativa estas geometrías finales utilizando la proporción de prescripciones que corresponden a cada una de las geometrías finales de al menos una lente oftálmica semi-acabada en el conjunto. Es decir, para cada curva de base, el método determina una o más geometrías finales de lentes que tienen esa curva base y entonces optimiza iterativamente estas geometrías finales para derivar geometrías finales optimizadas para cada curva de base. Por lo tanto, utilizando el método, una o más de las lentes en el conjunto inicial de lentes oftálmicas semi-acabadas – teniendo todas una curva de base diferente y una geometría inicial – es optimizada para derivar una o más geometrías finales para cada una de estas lentes iniciales. Las geometrías finales derivadas de las lentes oftálmicas semi-acabadas, cuando son producidas, reducirán así colectivamente los costes de fabricación asociados con la fabricación de lentes oftálmicas acabadas para sustancialmente todas las prescripciones de lentes oftálmicas.

Como se ha descrito, los algoritmos genéticos simulan aspectos de la mejora genética encontrados en la naturaleza y son particularmente adecuados para resolver problemas de optimización sujetos a restricciones externas tales como las restricciones de fabricación. Tales restricciones de fabricación incluyen el volumen del material de lente designado de cada una de las lentes oftálmicas semi-acabadas en el conjunto, así como uno o más de: un coste por geometría diferente de unas de las curvas de base de cada una de las lentes oftálmicas semi-acabadas en el conjunto; un coste del material de lente designado; y un grosor mínimo de las lentes oftálmicas semi-acabadas. Además, hay un coste por material diferente; los materiales de lente incluyen plásticos tales como el monómero de carbonato de alil diglicol conocido como CR-39®, tiouretanos tales como MR-7™ y MR-8™, y policarbonato. Otras restricciones incluyen: grosor en el centro de la lente, grosor en el borde de la lente, diámetro de la lente, radio posterior/frontal de la lente, valor sagital frontal/posterior de la lente, densidad de la lente, y volumen de espacio esférico. Los expertos en la técnica apreciarán que el volumen de espacio esférico corresponde al volumen de una lente oftálmica semi-acabada, que tiene superficies esféricas frontales y posteriores que encierran un recipiente cilíndrico coaxial. También se apreciará que las lentes oftálmicas semi-acabadas podrían tener superficies no esféricas y/o centros esféricos no coaxiales con respecto al recipiente cilíndrico. En el caso en el que la lente semi-acabada tenga superficies esféricas, el volumen de la lente es construido mediante la tapa esférica de la superficie frontal (es decir, la esfera cortada por un plano) más el volumen del cilindro que se extiende desde la superficie plana de la tapa menos el volumen de la tapa esférica de la superficie posterior. Los centros de las esferas tanto para la superficie frontal como para la posterior están ubicados en el eje del cilindro.

Además, los datos indicativos de las restricciones pueden incluir datos indicativos de límites superiores además de los valores mínimos mencionados anteriormente (es decir, límites inferiores). Es decir, por ejemplo, los datos de restricción incluyen, por ejemplo, tanto un grosor mínimo en el centro de una lente oftálmica semi-acabada como un grosor máximo en el centro de la lente.

Los expertos en la técnica también apreciarán que el coste por geometría diferente de unas de las curvas de base incluye, por ejemplo, el coste de producir diferentes matrices para fundir lentes con geometrías diferentes. Además de los costes relacionados con la capacidad de fabricación de las diferentes geometrías, también hay un coste en el aumento de la complejidad del almacenamiento (p. ej., proliferación de SKU). También, como se ha expuesto, las lentes semi-acabadas están acabadas con esmerilado y pulido adicional y, por lo tanto, requieren un grosor mínimo en el centro. En uso, por ejemplo, pueden producirse distorsiones durante el proceso de "Forma libre" de fabricación de lentes de gafas (es decir, acabar una lente) si el grosor de la lente es demasiado delgado, donde el proceso de "Forma libre" es una tecnología CNC utilizada por la industria de lentes oftálmicas para cortar lentes; particularmente, pero no exclusivamente, cuando la lente es una lente progresiva. En la práctica, por ejemplo, a través de pruebas empíricas para diferentes materiales de lente, los grosores mínimos son determinados como restricciones para el método de optimización. También, en una realización, el

coste descrito anteriormente por geometría diferente de unas de las curvas de base incluye un coste por diámetro diferente de unas de las curvas de base de cada una de las lentes oftálmicas semi-acabadas en el conjunto y/o un coste por curva posterior diferente de cada una de las lentes oftálmicas semi-acabadas en el conjunto.

5 Preferiblemente, los datos de prescripción incluyen datos que incluyen la potencia de esfera y la potencia de cilindro para una lente. Además, los datos de prescripción también pueden incluir datos tales como la potencia de adición, la potencia de prisma, la forma de la montura y los datos de descentrado (p. ej., datos de secuencia de comandos de Rx), así como datos de eje. Los datos de eje se refieren a datos indicativos de un ángulo de orientación de la potencia cilíndrica prescrita para una lente. En una realización, la forma de la montura y los datos de descentrado son utilizados para determinar las restricciones de fabricación del diámetro mínimo y el grosor mínimo de lentes oftálmicas semi-acabadas. Además, en otra
10 realización, la geometría inicial y las una o más geometrías finales incluyen un diámetro y el método incluye además optimizar el diámetro inicialmente determinado de cada una de las lentes oftálmicas semi-acabadas en el conjunto usando la forma de la montura y los datos de descentrado. Por consiguiente, el método optimiza ventajosamente la geometría de las lentes oftálmicas semi-acabadas en el conjunto que pertenecen, por ejemplo, a ciertas prescripciones de lentes de potencia de esfera y de cilindro más prevalentes.

15 Como se ha descrito, cada lente en el conjunto de lentes semia-acabadas tiene una geometría inicial que es lo suficientemente grande como para producir el intervalo de lentes para las prescripciones de monturas determinadas para una curva de base particular. La geometría de la lente, que incluye tanto la geometría inicial como la final, incluye, en una realización, el grosor (centro y borde), el diámetro, el radio de curva frontal, y el radio de curva posterior. Los radios de curva frontal y posterior expresan la curvatura de las superficies frontal y posterior de una lente, habitualmente en
20 milímetros. Por lo tanto, las una o más geometrías finales optimizadas de lentes son más pequeñas en uno o más de estos parámetros por la curva de base para minimizar la utilización de material de lente, particularmente para las prescripciones más populares. Es decir, preferiblemente, el método optimiza las geometrías de las lentes más populares en el conjunto de lentes para reducir el volumen de material de lente utilizado en esas lentes y reducir así el volumen de material desperdiciado por los laboratorios de Rx. Se apreciará que se necesita una muestra representativa de datos de secuencia de comandos de Rx, lo suficientemente grande como para ser estadísticamente significativa para obtener cálculos
25 significativos. En un ejemplo, los datos de prescripción son tomados de una población de, por ejemplo, 60.000 secuencias de comandos de Rx.

Es decir, en un ejemplo, el método de optimización determina las geometrías mínimas para cada secuencia de comandos de Rx y luego determina la geometría de lente mínima para cada secuencia de comandos de Rx antes de añadir las
30 restricciones de fabricación a la operación de optimización. El método determina entonces las geometrías finales de las lentes en el conjunto que son cuantificadas en las agrupaciones requeridas, para minimizar la utilización de material.

Por ejemplo, el método incluye determinar una parte de la potencia de esfera y de la potencia de cilindro de las prescripciones de lentes oftálmicas que corresponden a cada una de las curvas de base de las lentes oftálmicas semi-acabadas. El método optimiza entonces la geometría inicialmente determinada de cada una de las lentes oftálmicas semi-acabadas en el conjunto utilizando la parte de una de la potencia de esfera y la potencia de cilindro de las prescripciones
35 de lentes oftálmicas que corresponden a cada una de las curvas de base. En otro ejemplo, el método incluye adicionalmente (o como alternativa) determinar una parte de una de la potencia de adición y la potencia del prisma de las prescripciones de lentes oftálmicas que corresponden a cada una de las curvas de base de las lentes oftálmicas semi-acabadas, y optimiza la geometría inicialmente determinada de cada una de las lentes oftálmicas semi-acabadas en el conjunto utilizando la parte de una de la potencia de adición y la potencia de prisma de las prescripciones de lentes oftálmicas que corresponden a cada una de las curvas de base. Por consiguiente, para una lente semi-acabada con una geometría inicial en el conjunto que cubre muchas prescripciones comunes, el método determina la geometría óptima para que esa lente tenga, por ejemplo, dos geometrías más pequeñas y una geometría de lente más grande. Esta combinación de geometrías finales permite que todas las prescripciones sean fabricadas por los laboratorios de Rx, pero se requiere
40 significativamente menos material de lente. Los beneficios de esto incluyen, por ejemplo, el ahorro de material durante la fabricación para reducir el coste, reducir los pesos totales para reducir los costes de transporte, y reducir la eliminación de material de desperdicio en los Laboratorios de Rx para minimizar el desperdicio ambiental. Por lo tanto, las geometrías finales optimizadas son lo suficientemente pequeñas como para permitir ahorros significativos de material y lo suficientemente grandes como para permitir que se procese un porcentaje significativo de secuencias de comandos de
45 Rx.

La presente invención también proporciona un sistema para optimizar la geometría de al menos una lente oftálmica semi-acabada en un conjunto de lentes oftálmicas semi-acabadas que tienen un material de lente designado, teniendo cada una de las lentes oftálmicas semi-acabadas en el conjunto una geometría inicialmente determinada inicialmente que incluye una de una pluralidad de curvas de base determinadas para permitir la fabricación de lentes oftálmicas acabadas para
50 prescripciones de lentes oftálmicas, incluyendo el sistema:

un módulo de provisión dispuesto para proporcionar datos de prescripción indicativos de prescripciones de lentes oftálmicas de una pluralidad de usuarios de lentes oftálmicas;

un módulo de procesamiento dispuesto para determinar una proporción de las prescripciones de lentes oftálmicas que corresponden a cada una de las curvas de base de las lentes oftálmicas semi-acabadas en el conjunto de lentes oftálmicas semi-acabadas;

5 el módulo de provisión está dispuesto además para proporcionar datos de fabricación indicativos de restricciones que afectan a la fabricación del conjunto de lentes oftálmicas semi-acabadas; incluyendo las restricciones al menos el volumen de material de lente designado de cada una de las lentes oftálmicas semi-acabadas en el conjunto, así como uno o más de: un coste por geometría diferente de unas de las curvas de base de cada una de las lentes oftálmicas semi-acabadas en el conjunto; un coste del material de lente designado; y un grosor mínimo de las lentes oftálmicas semi-acabadas;

10 incluyendo además el módulo de procesamiento un módulo de optimización dispuesto para determinar una o más geometrías finales de al menos una lente oftálmica semi-acabada en el conjunto optimizando la geometría inicialmente determinada de cada una de las lentes oftálmicas semi-acabadas en el conjunto utilizando la proporción de dichas prescripciones de lentes oftálmicas que corresponden a cada una de las curvas de base de las lentes oftálmicas semi-acabadas en el conjunto y las restricciones, las una o más geometrías finales optimizadas de lentes son más pequeñas en uno o más de los parámetros de grosor, diámetro, radio de curva frontal, y radio de curva posterior, por curva de base para
15 minimizar la utilización de material de lente; y

un módulo de emisión dispuesto para emitir datos indicativos de las una o más geometrías finales.

La presente invención proporciona al menos una lente oftálmica semi-acabada en un conjunto de lentes oftálmicas semi-acabadas que tienen un material de lente designado que tiene una geometría optimizada que incluye una o más geometrías finales determinadas implementando el método anterior.

20 En otro aspecto, la presente invención proporciona un código de programa informático que cuando es ejecutado implementa el método anterior, y también proporciona un medio tangible legible por ordenador que incluye el código de programa informático anterior. De acuerdo con aún otro aspecto, la presente invención proporciona una señal de datos que incluye o bien el código de programa anterior o bien los datos indicativos de las una o más geometrías finales determinadas por la ejecución del código de programa informático anterior.

25 Específicamente, la presente invención proporciona un código de programa informático que cuando es ejecutado implementa un método para optimizar la geometría de al menos una lente oftálmica semi-acabada en un conjunto de lentes oftálmicas semi-acabadas que tienen un material de lente designado, cada una de las lentes oftálmicas semi-acabadas en el conjunto que tienen una geometría inicialmente determinada que incluye una de una pluralidad de curvas de base determinadas para permitir la fabricación de lentes oftálmicas acabadas para prescripciones de lentes oftálmicas, estando
30 configurado el servidor para:

proporcionar datos de prescripción indicativos de prescripciones de lentes oftálmicas de una pluralidad de usuarios de lentes oftálmicas;

determinar una proporción de unas de las prescripciones de lentes oftálmicas que corresponden a cada una de las curvas de base de las lentes oftálmicas semi-acabadas en el conjunto de lentes oftálmicas semi-acabadas;

35 proporcionar datos de fabricación indicativos de las restricciones que afectan a la fabricación del conjunto de lentes oftálmicas semi-acabadas, incluyendo las restricciones al menos el volumen de material de lente designado de cada una de las lentes oftálmicas semi-acabadas en el conjunto, así como uno o más de: un coste por geometría diferente de unas de las curvas de base de cada una de las lentes oftálmicas semi-acabadas en el conjunto; un coste del material de lente designado; y un grosor mínimo de las lentes oftálmicas semi-acabadas;

40 determinar una o más geometrías finales de al menos una lente oftálmica semi-acabada en el conjunto optimizando la geometría inicialmente determinada de cada una de las lentes oftálmicas semi-acabadas en el conjunto utilizando la proporción de dichas prescripciones de lentes oftálmicas que corresponden a cada una de las curvas de base de las lentes oftálmicas semi-acabadas en el conjunto y las restricciones, las una o más geometrías finales optimizadas de lentes son más pequeñas en uno o más de los parámetros de grosor, diámetro, radio de curva frontal, y radios de curva posterior, por
45 curva de base para minimizar la utilización de material de lente; y

emitir datos indicativos de las una o más geometrías finales.

El módulo de procesamiento está preferiblemente dispuesto además para determinar una proporción de unas de las prescripciones de lentes oftálmicas que corresponden a cada una de las una o más geometrías finales de al menos una lente oftálmica semi-acabada en el conjunto. El módulo de optimización está preferiblemente dispuesto además para
50 optimizar entonces de forma iterativa estas geometrías finales de al menos una lente oftálmica semi-acabada en el conjunto utilizando la proporción de dichas prescripciones de lentes oftálmicas que corresponden a cada una de las geometrías finales de al menos una lente oftálmica semi-acabada en el conjunto.

Como se ha descrito, los datos de prescripción pueden incluir la potencia de esfera y la potencia de cilindro, y el módulo de procesamiento puede estar dispuesto además para determinar una parte de una de la potencia de esfera y la potencia

de cilindro de las prescripciones de lentes oftálmicas que corresponden a cada una de las curvas de base de las lentes oftálmicas semi-acabadas.

Además, el módulo de optimización puede estar dispuesto para optimizar la geometría inicialmente determinada de cada una de las lentes oftálmicas semi-acabadas en el conjunto utilizando la parte de una de la potencia de esfera y la potencia de cilindro de las prescripciones de lentes oftálmicas que corresponden a cada una de las curvas de base. Aún más, los datos de prescripción pueden incluir potencia de adición y potencia de prisma y el módulo de procesamiento está dispuesto además para determinar una parte de una de la potencia de adición y la potencia de prisma de las prescripciones de lentes oftálmicas que corresponden a cada una de las curvas de base de las lentes oftálmicas semi-acabadas, y el módulo de optimización está dispuesto además para optimizar la geometría inicialmente determinada de cada una de las lentes oftálmicas semi-acabadas en el conjunto utilizando la parte de una de la potencia de adición y la potencia de prisma de las prescripciones de lentes oftálmicas que corresponden a cada una de las curvas de base.

La geometría inicial y las una o más geometrías finales pueden incluir un diámetro y el módulo de optimización puede estar dispuesto además para optimizar el diámetro inicialmente determinado de cada una de las lentes oftálmicas semi-acabadas en el conjunto utilizando la forma de la montura y los datos de descentrado en los datos de prescripción.

Las restricciones pueden incluir un volumen del material de lente designado de las lentes oftálmicas semi-acabadas en el conjunto y el módulo de optimización puede estar dispuesto además para optimizar la geometría inicialmente determinada de cada una de las lentes oftálmicas semi-acabadas en el conjunto para minimizar el volumen del material de lente designado de al menos una lente oftálmica semi-acabada en el conjunto.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Las realizaciones de la invención se describirán ahora, solo a modo de ejemplo, con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

La figura 1 es un diagrama esquemático de una realización de la presente invención;

La figura 2 es un diagrama esquemático adicional de una realización de la presente invención;

La figura 3 muestra, a modo de ejemplo, una distribución de datos de prescripción por curva de base de lentes oftálmicas semi-acabadas en un conjunto de acuerdo con una realización de la presente invención;

La figura 4 muestra, a modo de otro ejemplo, una distribución de datos de prescripción por curva de base de lentes oftálmicas semi-acabadas en un conjunto, así como el ahorro de material de lente de las geometrías finales optimizadas, de acuerdo con una realización de la presente invención;

La figura 5 muestra diferentes geometrías para lentes oftálmicas semi-acabadas de acuerdo con realizaciones de la presente invención;

La figura 6 muestra un ejemplo de un cálculo de geometrías de lentes oftálmicas semi-acabadas de acuerdo con una realización de la presente invención; y

La figura 7 es un diagrama de flujo de una realización de la presente invención.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

De acuerdo con una realización, se ha proporcionado un sistema 10 para optimizar la geometría de al menos una lente oftálmica semi-acabada en un conjunto de lentes oftálmicas semi-acabadas que tienen un material de lente designado, como se ha mostrado en la figura 1. Como se ha descrito, cada una de las lentes oftálmicas semi-acabadas en el conjunto tiene una geometría inicialmente determinada que incluye una de una pluralidad de curvas de base determinadas para permitir la fabricación de lentes oftálmicas acabadas para sustancialmente todas las prescripciones de lentes oftálmicas. Los expertos en la técnica apreciarán que el término "sustancialmente todo" cuando es utilizado en el presente documento con referencia a las prescripciones de lentes oftálmicas se refiere a un porcentaje designado de prescripciones de lentes oftálmicas adecuadas para toda una población que tiene prescripciones de lentes oftálmicas. Por ejemplo, "sustancialmente todas" las prescripciones de lentes oftálmicas se refieren a aproximadamente el 99,99% de las prescripciones de lentes oftálmicas adecuadas para toda la población de usuarios de lentes oftálmicas. Por lo tanto, las lentes oftálmicas acabadas para prescripciones de lentes oftálmicas muy raras que están fuera del alcance de sustancialmente todas las prescripciones de lentes oftálmicas (p. ej., lentes "especiales" para algunas prescripciones que existen en menos de aproximadamente el 0,01% de la población de usuarios de lentes) no están fabricadas a partir del conjunto de lentes oftálmicas semi-acabadas mencionado anteriormente.

El sistema 10 incluye un procesador 12 para implementar una serie de módulos que implementan la optimización. Los módulos incluyen un módulo 14 de provisión dispuesto para proporcionar datos de prescripción indicativos de prescripciones de lentes oftálmicas de una pluralidad de usuarios de lentes oftálmicas y un módulo 16 de procesamiento dispuesto para determinar una proporción de unas de las prescripciones de lentes oftálmicas que corresponden a cada una de las curvas de base de las lentes oftálmicas semi-acabadas en el conjunto de lentes oftálmicas semi-acabadas. El

módulo 14 de provisión está dispuesto además para proporcionar datos de fabricación indicativos de restricciones que afectan a la fabricación del conjunto de lentes oftálmicas semi-acabadas. En una realización, el módulo 14 de provisión recibe datos de prescripción y datos de fabricación de servidores en comunicación de datos con el procesador 12. En cualquier caso, el módulo 16 de procesamiento incluye además un módulo 18 de optimización dispuesto para determinar una o más geometrías finales de al menos una lente oftálmica semi-acabada en el conjunto optimizando la geometría de un conjunto dado de lentes oftálmicas semi-acabadas potenciales de tal manera que el volumen total de material requerido ha sido minimizado y toda la geometría introducida inicialmente determinada de cada una de las lentes oftálmicas semi-acabadas se ajusta dentro de las geometrías optimizadas de las potenciales lentes oftálmicas semi-acabadas, sujetas a todas las restricciones de entrada descritas en el presente documento como restricciones de fabricación. Además, el procesador 12 incluye un módulo 20 de salida dispuesto para emitir datos indicativos de las una o más geometrías finales.

Además, el módulo 16 de procesamiento está dispuesto además para determinar una proporción de unas de las prescripciones de lentes oftálmicas que corresponden a cada una de las una o más geometrías finales de al menos una lente oftálmica semi-acabada en el conjunto. El módulo 18 de optimización está entonces dispuesto además para optimizar de forma iterativa estas geometrías finales de al menos una lente oftálmica semi-acabada en el conjunto utilizando la proporción de prescripciones de lentes oftálmicas que corresponden a cada una de las geometrías finales de al menos una lente oftálmica semi-acabada en el conjunto. El módulo 18 de optimización deriva así geometrías finales optimizadas y el módulo 20 de emisión está dispuesto para emitir datos indicativos de las geometrías finales optimizadas.

En una realización adicional de un sistema 22 para optimizar la geometría de al menos una lente oftálmica semi-acabada en un conjunto mostrado en la figura 2, el procesador 12 reside en un servidor 24 accesible sobre una red 28, tal como la Internet, mediante un enlace 26 de datos adecuado. Por consiguiente, el servidor 24 recibe y transmite datos sobre la red 28 con cualquier número de dispositivos informáticos conectados (no mostrados). El servidor 24 también incluye una memoria 30, además del procesador 12, para almacenar instrucciones para implementar los módulos para realizar la optimización para generar datos indicativos de las una o más geometrías finales. Por lo tanto, en la realización, el módulo 14 de provisión en el servidor 24 recibe (o incluso puede haber almacenado) datos de prescripción indicativos de prescripciones de lentes oftálmicas de una pluralidad de usuarios de lentes oftálmicas de, por ejemplo, otro servidor conectado a la red 28 y datos de fabricación indicativos de restricciones que afectan a la fabricación del conjunto de lentes oftálmicas semi-acabadas de, por ejemplo, un dispositivo informático de un diseñador de lentes conectado a la red 28. Además, los módulos en el servidor 24 realizan la optimización para generar datos indicativos de las una o más geometrías finales y estos datos son emitidos, por ejemplo, al dispositivo informático del diseñador de lentes conectado a la red 28. En esta realización, el sistema 22 optimiza las geometrías de lentes oftálmicas semi-acabadas en un conjunto para producir un nuevo conjunto de lentes oftálmicas semi-acabadas que tienen geometrías que aún permiten la fabricación de sustancialmente todas las prescripciones de lentes oftálmicas, pero desperdiándose menos material de lente por los laboratorios de Rx mencionados anteriormente.

Por lo tanto, en uso, por ejemplo, el dispositivo informático del diseñador de lentes recopila u obtiene datos de prescripción indicativos de prescripciones de lentes oftálmicas de una pluralidad de usuarios de lentes oftálmicas. En una realización, el dispositivo informático del diseñador de lentes recopila una gran población de datos de secuencia de comandos de Rx de varios laboratorios Rx diferentes a lo largo del tiempo, que, a su vez, recibe datos de prescripción de varios optometristas y oftalmólogos diferentes, para que se realicen análisis de distribución. Como se ha descrito, las prescripciones son determinadas por un optometrista o un oftalmólogo para corregir anomalías en la vista del usuario de lentes e incluyen información sobre la potencia de esfera y la potencia de cilindro. Por lo tanto, se apreciará que la población de datos de secuencia de comandos de Rx para análisis puede ser global o localizada (p. ej., los datos de población pueden estar limitados a usuarios de lentes Caucásicos) para producir un conjunto optimizado de lentes oftálmicas semi-acabadas para la población deseada.

La figura 3 muestra un ejemplo de una recopilación de datos de prescripción para una población dada con una potencia de esfera en el eje x y una potencia de cilindro en el eje y. Aquí, se ha mostrado, por las regiones sombreadas más oscuras, que hay una mayor concentración de la población que tiene prescripciones con baja potencia de esfera y de cilindro que alta potencia de esfera y cilindro. De hecho, la región sombreada más oscura alrededor de una prescripción de, por ejemplo, esfera 0,00 y cilindro 1,00 es más popular en el orden de aproximadamente 1000:1 sobre una prescripción de, por ejemplo, esfera 8,00 y cilindro -4,00. También se ha mostrado en la figura 3 que un conjunto de lentes oftálmicas semi-acabadas para un material de lente designado (p. ej., con un índice de refracción de 1,6 o 1,67) con diferentes curvas de base cubre prácticamente todo el intervalo de prescripciones de lentes. Es decir, el conjunto de lentes semi-acabadas tiene una geometría inicialmente determinada para cada lente que incluye varias curvas de base diferentes para cubrir el intervalo. Un experto en la técnica reconocerá que las delineaciones de la curva de base de la A a la M, incluyendo C1 a I1 y E2 a G2, son meramente explicativas y no representan necesariamente las delineaciones reales. Las delineaciones pueden, por ejemplo, estar basadas en parámetros adicionales tales como potencia de adición, potencia de prisma, descentrado y requisitos de diámetro.

Como se ha descrito, las lentes oftálmicas semi-acabadas utilizadas en la producción de "Forma libre" son denominadas comúnmente en la técnica como "discos". Por consiguiente, el término "lente oftálmica semi-acabada" será denominado en lo sucesivo simplemente un disco en la memoria descriptiva. Los expertos en la técnica apreciarán que el término "disco" abarca el mismo alcance del diseño de la superficie frontal (p. ej., esférico, asférico y progresivo) que el término "lente oftálmica semi-acabada".

En el ejemplo mostrado en la figura 3, hay 13 curvas de base determinadas diferentes de discos A-M en el conjunto de discos que son determinados para cubrir sustancialmente todas las prescripciones. Estas curvas de base pueden ser determinadas utilizando los gráficos existentes de selección de curva de base y, en el ejemplo, las curvas de base son determinadas en intervalos de aproximadamente 1 Dioptría en la potencia de esfera. Los expertos en la técnica apreciarán que puede haber prescripciones que requieren una potencia superior a, por ejemplo, esfera 8,00 y cilindro -4,00, pero estas prescripciones son muy raras y no están destinadas a ser cubiertas por el conjunto de discos. Estas prescripciones raras se harían utilizando discos muy grandes y de propósito especial, hechos en cantidades muy pequeñas, que no son significativas para el enfoque de disco optimizado.

En uso, el diseñador, que desea optimizar las geometrías de las lentes en el conjunto de discos A-M, utiliza su dispositivo informático para poner a disposición los datos de prescripción recopilados para el servidor 24. El módulo 14 de provisión del servidor 24 recibe los datos y el módulo 12 de procesamiento del servidor 24 determina una proporción de prescripciones de lentes que corresponden a cada uno de los discos A-M en el conjunto. Los expertos en la técnica apreciarán que esta operación también puede ser realizada en, por ejemplo, el servidor que aloja los datos de prescripción recopilados. En cualquier caso, la proporción de prescripciones de lentes se han mostrado por el sombreado de la figura 3, donde, por ejemplo, los discos E, F y G tienen significativamente más secuencias de comandos de Rx que los discos con otras curvas de base.

El diseñador, utilizando su dispositivo informático, también proporciona datos de fabricación indicativos de restricciones seleccionadas que afectan a la fabricación del conjunto de discos. Es decir, el diseñador identifica y determina, utilizando su dispositivo informático, las restricciones prácticas de fabricación deseadas, incluyendo una cantidad de discos por curva de base. Es decir, esta restricción se refiere al coste y a la conveniencia de fabricar una geometría diferente de discos por curva de base. Se apreciará que, sin esta restricción, la operación de optimización determinaría una gran cantidad de geometrías de disco finales para cada curva de base para maximizar el ahorro de material de lente. Por consiguiente, el número de discos por curva de base está limitado para imponer un equilibrio práctico entre el número de diferentes geometrías de discos finales (p. ej., número de SKU diferentes a fabricar) y el ahorro de material logrado. Como se ha mostrado en la figura 3, algunas curvas de base tienen poblaciones muy bajas de secuencias de comandos de Rx (p. ej., secuencias de comandos de Rx muy altas); por lo tanto, los múltiples discos, aunque muestran algunos posibles ahorros, no son prácticos debido al aumento de los costes y la complejidad de fabricación. Se ha determinado más de una geometría final de disco por curva de base para curvas de base con porcentajes significativos de secuencia de comandos de Rx; permitiendo así que se logren ahorros de material. En uso, por ejemplo, el diseñador selecciona un número máximo de diferentes geometrías de discos por curva de base que han de ser fabricadas para que sean tres. Además, el diseñador selecciona una geometría única para los discos que tienen una curva base con poblaciones muy bajas de secuencias de comandos de Rx (p. ej., curva de base A) que han de ser fabricados, ya que los múltiples discos no son prácticos debido a los costes y la complejidad de fabricación; por lo tanto, el ahorro de material no es rentable, pero sin embargo, no está prohibido.

El diseñador también determina, utilizando su dispositivo informático, un grosor mínimo de disco por curva de base para permitir la fabricación de una lente oftálmica acabada a partir del disco por el laboratorio de Rx sin distorsión. En particular, el diseñador determina, utilizando su dispositivo informático, el grosor mínimo en el centro por curva de base del disco requerido para evitar la flexión durante la operación de procesamiento de Rx posterior. Se apreciará que, sin esta restricción, la operación de optimización puede dar como resultado soluciones con valores de grosor en el centro demasiado bajos que pueden introducir distorsión en la operación de acabado posterior. Es decir, si bien indica un ahorro de material significativo, el procesamiento práctico de Rx en un laboratorio de Rx de discos tan delgados dará como resultado lentes distorsionadas o fuera de tolerancia debido, por ejemplo, a la característica de flexión de un disco delgado.

Además, en otra realización, el coste por geometría diferente para cada curva de base incluye un coste por diámetro diferente de disco por curva de base. Esta restricción de fabricación es determinada por el diseñador, utilizando su dispositivo informático, a partir de los datos de prescripción recopilados, incluyendo los datos de monturas para los usuarios de lentes en la población. También, en otra realización, los datos de prescripción incluyen los datos de descentrado. Por ejemplo, los datos de prescripción incluyen información sobre la forma de la montura (p. ej., forma de la montura para una lente envolvente), diámetros de lentes especificados por el cliente y diámetros especificados por el laboratorio de Rx para el "manejo" de las lentes durante las operaciones prácticas de procesamiento de Rx. Los expertos en la técnica apreciarán que la información sobre la forma de la montura incluye información sobre la forma de las lentes acabadas que se han de ser ajustadas a la montura, y el "manejo" de las lentes incluye las operaciones de, por ejemplo, esmerilado y pulido de las lentes semi-acabadas durante el proceso de Rx. También, los datos de descentrado incluyen información sobre dónde está el centro óptico de la lente acabada en relación con el centro geométrico del disco después de las operaciones de procesamiento de Rx. Se apreciará que, sin esta restricción, la operación de optimización puede dar como resultado soluciones con una amplia gama de requisitos de diámetros diferentes que permiten ahorros significativos de material pero añaden costes de fabricación indebidos. Por consiguiente, el diseñador, utilizando su dispositivo informático, cuantifica el número de selecciones de diámetros diferentes a un número menor de diámetros diferentes; proporcionando así una solución práctica de fabricación mientras se conserva la mayoría del ahorro de material. Por ejemplo, el diseñador selecciona, usando su dispositivo informático, un número máximo de diferentes diámetros de discos por curva de base para ser dos. Además, las personas expertas en la técnica apreciarán que si bien se pueden esmerilar discos de diferentes grosores utilizando el mismo troquel (y moldes y juntas) se requieren troqueles diferentes para discos de diferentes diámetros. Por consiguiente, el coste de fabricación es mayor para producir discos de diferentes diámetros que para

producir discos con diferentes grosores. Por el contrario, si el método de fabricación utilizado no tiene esta restricción, entonces el parámetro de diámetro es más libre de variar, según los cálculos optimizados.

Además, el coste por geometría diferente para cada curva de base incluye un coste por curva posterior diferente de disco por curva de base. La curva posterior es la curva del lado del ojo que es "acabada" por el laboratorio de Rx para producir una lente acabada. Se apreciará que, sin esta restricción, la operación de optimización puede dar como resultado soluciones con un intervalo muy amplio de requisitos de curva posterior, debido a la complejidad y las variantes de la forma final de la lente (como se usa). Sin embargo, desde una perspectiva práctica de fabricación de discos, un número limitado de soluciones de curva posterior debería ser seleccionado por el diseñador, utilizando su dispositivo informático, para las soluciones de geometría de disco optimizadas. En una realización, el conjunto de discos tiene curvas posteriores esféricas, ya que esta es la norma actual de la industria. Sin embargo, se ha previsto que se pueden utilizar otras curvas posteriores, tales como las que tienen un componente cilíndrico.

En uso, el diseñador, que desea optimizar las geometrías de los discos en el conjunto de discos A-M mostrado en la figura 3, introduce, utilizando su dispositivo informático, los datos de fabricación indicativos de las restricciones anteriores en el servidor 24. Por ejemplo, el diseñador de lentes introduce las restricciones determinadas desde su dispositivo informático que está conectado a la red 28. El módulo 14 de provisión del servidor 24 recibe los datos y el módulo 18 de optimización del servidor 24 determina una o más geometrías finales para cada uno de los discos A-M en el conjunto realizando la operación de optimización. Específicamente, el módulo 18 de optimización realiza la operación de optimización optimizando las geometrías inicialmente determinadas por curva de base de discos en el conjunto utilizando los datos de población de prescripción por curva de base y los datos de fabricación en un algoritmo de optimización. En una realización, el algoritmo es un algoritmo "Solver" que identifica de forma iterativa las geometrías de disco óptimas por curva de base utilizando los datos de población y las restricciones enumeradas anteriormente. Los expertos en la técnica apreciarán que un algoritmo "Solver" es un algoritmo que es utilizado para resolver problemas de optimización lineal y no lineal. Un ejemplo de un algoritmo "Solver" es una herramienta Solver de Microsoft Office ExcelTM proporcionada por Frontline SolversTM.

Esta herramienta Solver utiliza un método de resolución evolutiva que incluye un algoritmo evolutivo del tipo descrito anteriormente para obtener soluciones óptimas.

Como se ha descrito, el objetivo del algoritmo de optimización es minimizar el volumen total del material de lente utilizado para proporcionar un conjunto de discos que cubran sustancialmente todas las prescripciones, de tal manera que el disco cumpla con las geometrías de limitación con la utilización de material global más bajo dentro de los discos disponibles. Se introduce una gran penalización para las soluciones del algoritmo que no atienden una geometría de limitación de una prescripción de tal manera que la solución final satisfaga todas las geometrías de entrada. Se introduce una pequeña penalización para crear un orden del volumen más bajo al más alto en los discos para que la lógica de selección elija el volumen más bajo que se ajuste a las geometrías de limitación. Los expertos en la técnica apreciarán que las penalizaciones pequeñas y grandes corresponden a medidas pequeñas y mayores de violación de las restricciones para descontar aquellas soluciones que violan gravemente las restricciones. En un ejemplo, la diferencia entre la penalización más pequeña y la más grande en el algoritmo es del orden de 10.000. Así, por ejemplo, una solución con un diámetro de disco muy por encima de los límites superior e inferior designados, por ejemplo, la restricción del diámetro de disco aplica una penalización de 10.000 para reducir sus posibilidades de ser considerada como una solución viable. Además, dado que la función objetivo del algoritmo de optimización no es lineal, tiene derivados discontinuos, e implica una mezcla de variables enteras y de punto flotante, se seleccionó un solucionador de algoritmos genéticos en la realización para encontrar soluciones óptimas.

En general, en un algoritmo genético, los valores variables en cada solución identificada en la operación de optimización son digitalizados como una serie de bits de manera que la serie de bits representa el intervalo de valores especificados en las restricciones de entrada. Estas soluciones son denominadas individuos. Una colección de individuos es utilizada para representar una variedad de posibles soluciones al problema. La población es inicializada con la mejor solución de entrada actual y un conjunto de individuos generados aleatoriamente con valores variables dentro de los límites especificados. Cada solución es probada contra la función objetivo. Luego se hacen dos modificaciones a la población. Se seleccionan pares de individuos aleatorios, y se selecciona un punto aleatorio en la serie de bits. Los bits después de la posición de bit seleccionada son intercambiados en una operación llamada intercambio genético. Esto da como resultado un nuevo individuo. Posteriormente, se selecciona un número aleatorio y si cumple con el parámetro de umbral especificado, se cambia un bit aleatorio en el individuo en una operación llamada mutación. La verificación contra la función objetivo es entonces realizada nuevamente para la nueva población resultante, eliminando a los individuos con el rendimiento más bajo, de tal manera que la población tenga el tamaño especificado. El proceso se repite hasta que se produce o bien un límite de tiempo o bien todos los individuos tienen valores objetivos suficientemente similares. En el presente caso, el proceso se repite para diferentes geometrías propuestas de discos hasta alcanzar una o más geometrías finales para cada disco en el conjunto de discos.

En referencia a la figura 3, el algoritmo de optimización determinó que los discos con curvas de base E, F y G, deberían tener geometrías finales E, E1 y E2, F, F1 y F2, G, G1 y G2, respectivamente, para minimizar la utilización de materiales sujetos a las restricciones de fabricación mencionadas anteriormente. Es decir, para cada una de las tres curvas de base más populares en el conjunto de discos, han de ser producidas tres geometrías diferentes en el conjunto optimizado de discos de modo que los laboratorios de Rx desperdicien menos material produciendo las lentes acabadas a partir de estos

discos. También, el algoritmo de optimización determinó que los discos con curvas de base C, D, H, e I deberían tener geometrías finales C y C1, D y D1, H y H1, e I y I1. Es decir, para cada una de las siguientes cuatro curvas de base más populares en el conjunto, han de ser producidas dos geometrías diferentes en el conjunto de discos. Por consiguiente, en este ejemplo, el módulo 20 de emisión emite a los datos del diseñador indicativos de las geometrías finales determinadas para la fabricación posterior por un proveedor de lentes. Es decir, el módulo 20 de emisión emite a los datos del diseñador indicativos de los discos A, B, C y C1, D y D1, E, E1 y E2, F, F1 y F2, G, G1 y G2, H y H1, I y I1, J, K, L, y M para formar el conjunto de discos con geometrías optimizadas. Se apreciará que las geometrías finales en el conjunto retienen la geometría inicial para C-I, así como las geometrías optimizadas, de modo que las prescripciones más raras todavía pueden ser fabricadas a partir de estos discos. Por consiguiente, en este ejemplo, el paso de optimización determinó que hay óptimamente 23 geometrías finales de discos en el conjunto.

La figura 4 muestra otro ejemplo de un conjunto de discos que tienen sus geometrías finales determinadas por el algoritmo de optimización. En el ejemplo, se ha mostrado un gráfico 34 de las geometrías finales del conjunto de discos de acuerdo con el volumen de materiales guardados. El conjunto de discos también tiene 13 curvas de base (050, 130, 190, 240, 340, 460, 560, 690, 790, 850, 950 y 1080 como se ha mostrado en la columna más a la izquierda de la figura 4) y se ha mostrado el porcentaje de uso para cada una de las curvas de base. Para las curvas de base más populares, los laboratorios de Rx pueden seleccionar entre tres geometrías optimizadas por curva de base. Para las que no son tan populares, hay dos geometrías optimizadas por curva de base, y para las curvas de base menos populares, solo hay una geometría final única por curva de base para producir las lentes "acabadas" deseadas. Por ejemplo, para la curva de base 340 más popular, con el 22% de la población, el algoritmo de optimización logra una reducción del 35% en el material utilizado y, por lo tanto, desperdiciado.

De hecho, el ahorro total de material optimizando la geometría de todos los discos del conjunto en este ejemplo es del 35,1%.

También se puede ver en la figura 4, que las geometrías finales optimizadas de los discos pueden tener diferentes grosores, diámetros, radios de curva frontal, y/o radios de curva posterior para cada curva de base. Por ejemplo, las geometrías finales optimizadas del disco con la curva de base 130 son dos geometrías que tienen el mismo diámetro de 73 mm, pero con diferentes grosores y diferentes radios de curva posterior (y potencia de curva posterior). En este caso, el módulo 18 de optimización determinó que se requiere un disco más grueso con un grosor en el centro de 10,1 mm, solo el 3,3% del tiempo que requiere dicho disco para producir una lente "acabada". Por consiguiente, se puede desplegar un disco optimizado, más delgado, que tenga un grosor en el centro de 5,4 mm para que los laboratorios de Rx lo utilicen, de modo que se ahorre un 28,5% en el material de lente. En otro ejemplo, las geometrías finales optimizadas del disco con la curva de base 950 son dos geometrías que tienen diferentes diámetros de 69 y 73 mm, así como diferentes grosores y diferentes radios de curva posterior (y potencia de curva posterior). Para este disco, el módulo 18 de optimización determinó que el disco de mayor diámetro requería solo el 23,5% del tiempo y, por lo tanto, se podría implementar un ahorro de material del 30,1%. También se puede ver que para secuencias de comandos de Rx raras (p. ej., 1% y 2% del uso global) producidas a partir de una curva de base, el módulo 18 de optimización determina que cualquier ahorro de material realizado introduciendo un disco más pequeño no es económicamente beneficioso en comparación con el coste de fabricación. Por consiguiente, solo se ha determinado un disco grande con una curva de base de 050 y 1080 en el ejemplo mostrado en la figura 4.

Además, se puede ver a partir del ejemplo mostrado en la figura 4 que hay 32 geometrías finales de discos que son determinadas para estar en el conjunto de discos y, como tal, se logra un ahorro de material del 35,1%. En otro ejemplo que utiliza un conjunto de discos que tiene un material de lente designado con un índice de refracción de 1,6, hay un ahorro de material del 45,7% después de aplicar el algoritmo de optimización a este conjunto de discos. Un experto en la técnica apreciará que variar cualquiera de los parámetros de entrada del método (por ejemplo, las restricciones de fabricación) dará como resultado un conjunto de emisión diferente de discos optimizados, con diferentes porcentajes de uso y de ahorro.

Se ha mostrado en la figura 5 una geometría inicial de un disco 36 en un conjunto de discos. Aquí, se puede ver que se puede lograr un ahorro de material de la geometría inicial del disco 36 reduciendo el grosor de un disco optimizado 38 o reduciendo el diámetro de otro disco optimizado 40. Es decir, implementando la operación de optimización anterior, los discos optimizados 38 y 40 tienen menos material, como se ha mostrado por la región sombreada 42 en la figura. Adicionalmente, ambos parámetros de grosor y de diámetro pueden ser ajustados al mismo tiempo.

En un ejemplo descrito anteriormente, la operación de optimización es realizada con un algoritmo "Solver", que es una herramienta Solver de Microsoft Office Excel™ proporcionada por Frontline Solvers™. La figura 6 muestra una captura de pantalla 43 de un ejemplo de cálculos de geometría de disco optimizados obtenidos utilizando este algoritmo "Solver". Específicamente, el algoritmo "Solver" se utilizó para determinar las geometrías finales de un disco con la curva de base de 6,4 (p. ej., 640 en la figura 4) dentro de un conjunto de discos. Aquí, se puede ver que el objetivo del algoritmo es minimizar el peso utilizado por las geometrías finales determinadas para el disco de la curva de base 6.4. En este caso, el disco existente en el conjunto de discos tiene unos 50 g. También, el peso de todos los discos de curva de base 6,4 existentes desplegados para utilizar por los laboratorios de Rx durante un período de tiempo determinado ascendió a 2.042.439 g. Aplicando el algoritmo, el peso de los discos de curva de base 6,4 de geometría optimizada final desplegados para utilizar por los laboratorios de Rx durante el mismo período de tiempo será 1.052.778 g – un ahorro de peso del

48,5%. Por consiguiente, el algoritmo determinó que, basándose en la cantidad de proporción de prescripciones que utilizan el disco de curva base 6,4, valía la pena optimizar la geometría de este disco.

Más específicamente, la figura 6 muestra la geometría del disco de curva de base 6,4 existente inicial (Existente (1)) y tres geometrías finales propuestas de discos para este disco de curva base 6,4 (Prop (2); Prop (3); Prop (4)). El disco existente tiene características de geometría, tales como un radio frontal, un radio posterior, etc., que inicialmente son determinadas y enumeradas en la columna AO. Se aplica el algoritmo "solver" para optimizar la geometría de un disco y se determinan y enumeran las características geométricas de los discos finales propuestos en las columnas AP a AR de la figura. También se enumeran en las columnas AT y AU los límites superior e inferior que forman las restricciones para determinar estas geometrías finales. Aquí, las restricciones son los límites superior e inferior para: grosor en el centro del disco ("PuckCT"), diámetro del disco ("PuckDia"), radio posterior, grosor en el borde del disco ("PuckET"), valor sagital frontal/posterior ("pandeo frontal"/"pandeo posterior"), "DeltaGascet", densidad y "espacio esférico Vol1". Así, por ejemplo, el diámetro final del disco para las geometrías finales del disco de curva de base 6,4 optimizado se ha mostrado como estando limitado entre 55 y 78; por lo tanto, el disco propuesto Prop (4), con un diámetro de disco de 10, no pudo caer dentro de esta restricción y finalmente no formará parte de las geometrías finales de discos para el disco de curva de base 6,4. Es decir, para el disco de curva de base 6,4, el algoritmo determinó que sus geometrías finales incluirán las geometrías Prop (2) y Prop (3), además de la geometría Existente (1), utilizando las restricciones enumeradas.

El algoritmo también determinó que el 4,5% de las prescripciones requerirán el disco Existente (1), el 59,1% será capaz de utilizar el disco Prop (2), y el 36,3% será capaz de utilizar el disco Prop (3). Por lo tanto, después de la optimización, el 95,4% de todas las prescripciones para el disco de curva de base 6,4 ahora será capaz de utilizar un disco de peso reducido.

Volviendo ahora a la Figura 7, se ha mostrado un resumen de un método 44 para optimizar la geometría de al menos una lente oftálmica semi-acabada en un conjunto de lentes oftálmicas semi-acabadas que tienen un material de lente designado. El método 44 incluye proporcionar electrónicamente 46 datos de prescripción indicativos de las prescripciones de lentes oftálmicas de una pluralidad de usuarios de lentes oftálmicas, determinando electrónicamente 48 una proporción de unas de las prescripciones de lentes oftálmicas que corresponden a cada una de una pluralidad de curvas de base de lentes oftálmicas semi-acabadas en un conjunto de lentes oftálmicas semi-acabadas que tienen geometrías inicialmente determinadas, por lo que se determina la pluralidad de curvas de base para permitir la fabricación de lentes oftálmicas acabadas para sustancialmente todas las prescripciones de lentes oftálmicas, proporcionar electrónicamente 50 datos de fabricación indicativos de restricciones que afectan a la fabricación del conjunto de lentes oftálmicas semi-acabadas, determinar electrónicamente 52 una o más geometrías finales de al menos una lente oftálmica semi-acabada en el conjunto optimizando la geometría inicialmente determinada de cada una de las lentes oftálmicas semi-acabadas en el conjunto utilizando la proporción de dichas prescripciones de lentes oftálmicas que corresponden a cada una de las curvas de base de las lentes oftálmicas semi-acabadas en el conjunto y las restricciones, y emitir electrónicamente 54 datos indicativos de las una o más geometrías finales.

Otros aspectos del método serán evidentes a partir de la descripción anterior del sistema 10. Los expertos en la técnica apreciarán que el método podría ser incorporado en un código de programa, ejecutado por un procesador, que podría ser suministrado de varias maneras, por ejemplo en un medio legible por ordenador, tal como un disco o una memoria, o como una señal de datos, tal como transmitiéndola desde un servidor.

También, los expertos en la materia apreciarán que cada lente oftálmica semi-acabada en el conjunto de lentes oftálmicas semi-acabadas es fabricada a partir del material de lente designado (p. ej., con un índice de refracción de 1,6) utilizando técnicas de fabricación de lentes oftálmicas, con sus geometrías optimizadas, finales determinadas implementando el método descrito anteriormente.

Finalmente, se entenderá que puede haber otras variaciones y modificaciones a las configuraciones descritas aquí que también están dentro del alcance de la presente invención.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Un método (44) para optimizar la geometría de al menos una lente oftálmica semi-acabada en un conjunto de lentes oftálmicas semi-acabadas que tienen un material de lente designado, teniendo cada una de las lentes oftálmicas semi-acabadas en el conjunto una geometría inicialmente determinada que incluye una de una pluralidad de curvas de base determinadas para permitir la fabricación de lentes oftálmicas acabadas para prescripciones de lentes oftálmicas, incluyendo el método (44):
- proporcionar electrónicamente (46) datos de prescripción indicativos de prescripciones de lentes oftálmicas de una pluralidad de usuarios de lentes oftálmicas;
- 10 determinar electrónicamente (48) una proporción de unas de las prescripciones de lentes oftálmicas que corresponden a cada una de las curvas de base de las lentes oftálmicas semi-acabadas en el conjunto de lentes oftálmicas semi-acabadas;
- proporcionar electrónicamente (50) datos de fabricación indicativos de restricciones que afectan a la fabricación del conjunto de lentes oftálmicas semi-acabadas, incluyendo las restricciones al menos el volumen de material de lente designado de cada una de las lentes oftálmicas semi-acabadas en el conjunto, así como uno o más de: un coste por geometría diferente de unas de las curvas de base de cada una de las lentes oftálmicas semi-acabadas en el conjunto; un coste del material de lente designado; y un grosor mínimo de las lentes oftálmicas semi-acabadas;
- 15 determinar electrónicamente (52) una o más geometrías finales de al menos una lente oftálmica semi-acabada en el conjunto optimizando la geometría inicialmente determinada de cada una de las lentes oftálmicas semi-acabadas en el conjunto utilizando la proporción de dichas prescripciones de lentes oftálmicas que corresponden a cada una de las curvas de base de las lentes oftálmicas semi-acabadas en el conjunto y las restricciones, las una o más geometrías de lentes finales optimizadas son más pequeñas en uno o más de los parámetros de grosor, diámetro, radio de curva frontal, y radio de curva posterior, por curva de base para minimizar la utilización de material de lente; y
- 20 emitir electrónicamente (54) datos indicativos de las una o más geometrías finales.
2. Un método (44) según la reivindicación 1, que incluye además determinar una proporción de unas de las prescripciones de lentes oftálmicas que corresponden a cada una de las una o más geometrías finales de al menos una lente oftálmica semi-acabada en el conjunto.
- 25 3. Un método (44) según la reivindicación 2, que incluye además optimizar de forma iterativa las una o más geometrías finales de al menos una lente oftálmica semi-acabada en el conjunto utilizando la proporción de dichas prescripciones de lentes oftálmicas que corresponden a cada una de las una o más geometrías finales de al menos una lente oftálmica semi-acabada en el conjunto.
- 30 4. Un método (44) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que los datos de prescripción incluyen uno o más de: forma de la montura, descentrado, potencia de esfera, potencia de cilindro, potencia de adición, datos de potencia de prisma, y datos de eje.
5. Un método (44) según la reivindicación 4, que incluye además determinar una parte de una de la potencia de esfera y la potencia de cilindro de las prescripciones de lentes oftálmicas que corresponden a cada una de las curvas de base de las lentes oftálmicas semi-acabadas.
- 35 6. Un método (44) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que la geometría inicial y las una o más geometrías finales incluyen al menos uno de un grosor, un diámetro, un radio de curva frontal, y un radio de curva posterior.
7. Un método (44) según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, que incluye además optimizar la geometría inicialmente determinada de cada una de las lentes oftálmicas semi-acabadas en el conjunto para minimizar un volumen de dicho material de lente designado de al menos una lente oftálmica semi-acabada en el conjunto.
- 40 8. Un método (44) según la reivindicación 1, en el que el coste por geometría diferente de unas de las curvas de base incluye un coste por diámetro diferente de unas de las curvas de base de cada una de las lentes oftálmicas semi-acabadas en el conjunto y/o un coste por curva posterior diferente de cada una de las lentes oftálmicas semi-acabadas en el conjunto.
9. Un sistema (10) para optimizar la geometría de al menos una lente oftálmica semi-acabada en un conjunto de lentes oftálmicas semi-acabadas que tiene un material de lente designado, teniendo cada una de las lentes oftálmicas semi-acabadas en el conjunto una geometría inicialmente determinada que incluye una de una pluralidad de curvas de base determinadas para permitir la fabricación de lentes oftálmicas acabadas para prescripciones de lentes oftálmicas, incluyendo el sistema (10):
- 45 un módulo (14) de provisión dispuesto para proporcionar datos de prescripción indicativos de prescripciones de lentes oftálmicas de una pluralidad de usuarios de lente oftálmica;
- 50

un módulo (16) de procesamiento dispuesto para determinar una proporción de unas de las prescripciones de lentes oftálmicas que corresponden a cada una de las curvas de base de las lentes oftálmicas semi-acabadas en el conjunto de lentes oftálmicas semi-acabadas;

5 el módulo (14) de provisión está dispuesto además para proporcionar datos de fabricación indicativos de restricciones que afectan a la fabricación del conjunto de lentes oftálmicas semi-acabadas, incluyendo las restricciones al menos el volumen del material de lente designado de cada una de las lentes oftálmicas semi-acabadas en el conjunto, así como uno o más de: un coste por geometría diferente de unas de las curvas de base de cada una de las lentes oftálmicas semi-acabadas en el conjunto; un coste del material de lente designado; y un grosor mínimo de las lentes oftálmicas semi-acabadas;

10 el módulo (16) de procesamiento que incluye además un módulo (18) de optimización dispuesto para determinar una o más geometrías finales de al menos una lente oftálmica semi-acabada en el conjunto optimizando la geometría inicialmente determinada de cada una de las lentes oftálmicas semi-acabadas en el conjunto utilizando la proporción de dichas prescripciones de lentes oftálmicas que corresponden a cada una de las curvas de base de las lentes oftálmicas semi-acabadas en el conjunto y las restricciones; las una o más geometrías finales optimizadas de lentes son más pequeñas en uno o más de los parámetros de grosor, diámetro, radio de curva frontal, y radio de curva posterior por curva de base para
15 minimizar la utilización de material de lente; y

un módulo (20) de salida dispuesto para emitir datos indicativos de las una o más geometrías finales.

10. Código de programa informático que cuando es ejecutado implementa un método para optimizar la geometría de al menos una lente oftálmica semi-acabada en un conjunto de lentes oftálmicas semi-acabadas que tienen un material de lente designado, teniendo cada una de las lentes oftálmicas semi-acabadas en el conjunto una geometría inicialmente
20 determinada que incluye una de una pluralidad de curvas de base determinadas para permitir la fabricación de lentes oftálmicas acabadas para prescripciones de lentes oftálmicas, estando configurado el servidor (24) para:

proporcionar datos de prescripción indicativos de prescripciones de lentes oftálmicas de una pluralidad de usuarios de lentes oftálmicas;

25 determinar una proporción de unas de las prescripciones de lentes oftálmicas que corresponden a cada una de las curvas de base de las lentes oftálmicas semi-acabadas en el conjunto de lentes oftálmicas semi-acabadas;

30 proporcionar datos de fabricación indicativos de las restricciones que afectan a la fabricación del conjunto de lentes oftálmicas semi-acabadas; incluyendo las restricciones al menos el volumen de material de lente designado de cada una de las lentes oftálmicas semi-acabadas en el conjunto, así como uno o más de: un coste por geometría diferente de unas de las curvas de base de cada una de las lentes oftálmicas semi-acabadas en el conjunto; un coste del material de lente designado; y un grosor mínimo de las lentes oftálmicas semi-acabadas;

35 determinar una o más geometrías finales de al menos una lente oftálmica semi-acabada en el conjunto optimizando la geometría inicialmente determinada de cada una de las lentes oftálmicas semi-acabadas en el conjunto utilizando la proporción de dichas prescripciones de lentes oftálmicas que corresponden a cada una de las curvas de base de las lentes oftálmicas semi-acabadas en el conjunto y las restricciones; las una o más geometrías finales optimizadas de lentes son más pequeñas en uno o más de los parámetros de grosor, diámetro, radio de curva frontal, y radio de curva posterior, por curva de base para minimizar la utilización de material de lente; y

emitir datos indicativos de las una o más geometrías finales.

11. Un medio tangible legible por ordenador que incluye el código del programa informático de la reivindicación 10.

12. Una señal de datos que incluye el código del programa de la reivindicación 10.

40

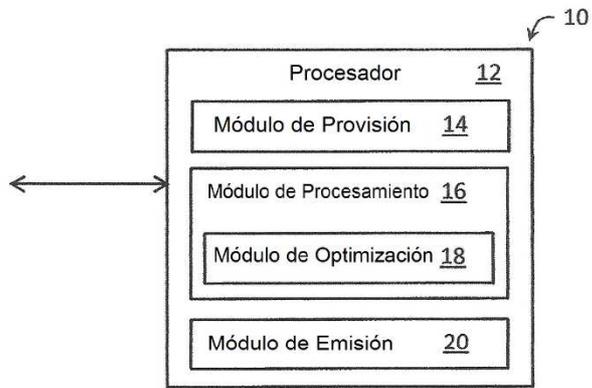


Figura 1

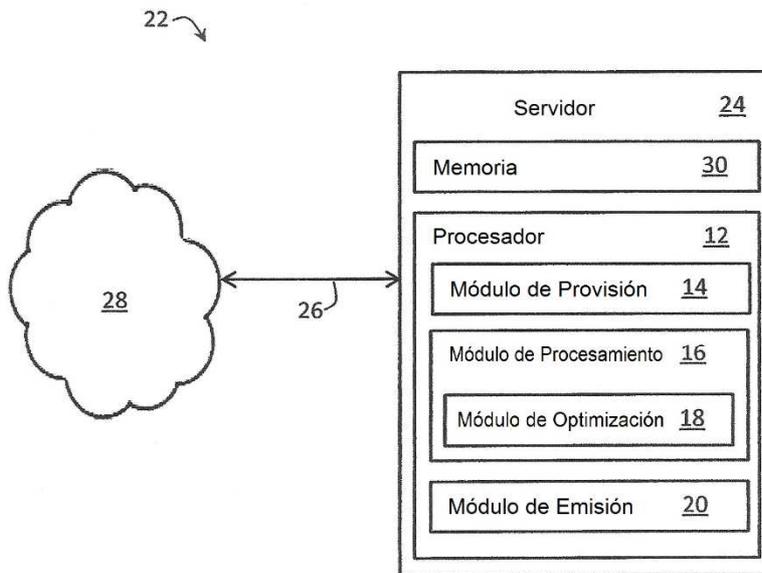


Figura 2

34 ↘

Curva de Base	Disco II	Diámetro	Curva Frontal	Grosor en el Centro	Grosor en el Borde	Curva Posterior		% de Uso	Ahorros de Material frente a Actuales (%)	% de Uso Global
		(mm)	Radio (mm)	(mm)	(mm)	(D)	Radio (mm)			
050	1	73	1271.87	8.7	16.1	6.0	87.9	100.0%	-3.7%	2%
130	1	73	533.60	5.4	12.1	6.0	87.9	96.7%	28.5%	3%
	2	73	533.60	9.4	16.1	6.0	88.0	3.3%		
190	1	73	351.98	6.1	8.0	3.0	176.7	91.0%	38.9%	4%
	2	73	351.98	10.1	16.1	6.0	87.9	9.0%		
240	1	69	260.99	4.5	8.0	5.0	106.0	44.4%	27.8%	12%
	2	73	260.99	5.3	10.7	6.0	87.9	51.6%		
	3	73	260.99	10.7	16.1	6.0	87.9	4.1%		
340	1	73	194.28	4.5	6.2	4.0	132.5	53.8%	35.1%	22%
	2	73	194.28	6.3	8.0	4.0	132.5	39.7%		
	3	73	194.28	7.6	12.1	6.0	87.9	6.5%		
460	1	69	138.75	5.2	4.2	3.0	176.7	55.1%	42.8%	10%
	2	73	138.75	6.1	5.0	3.0	176.7	36.7%		
	3	73	138.75	9.1	12.1	6.0	87.9	8.2%		
560	1	69	116.12	5.2	3.4	3.0	176.7	65.8%	38.0%	7%
	2	73	116.12	4.5	3.8	4.0	132.5	24.0%		
	3	73	116.12	7.0	6.2	4.0	132.5	10.2%		
640	1	69	104.46	4.7	3.4	4.0	132.5	64.3%	44.3%	10%
	2	73	104.46	5.1	5.0	5.0	106.0	33.7%		
	3	73	104.46	9.5	9.4	5.0	106.0	2.0%		
690	1	69	98.66	4.6	4.2	5.0	106.0	46.2%	31.2%	12%
	2	73	98.66	6.6	3.4	3.0	176.7	36.0%		
	3	73	98.66	8.1	6.2	4.0	132.5	17.9%		
790	1	69	87.09	5.6	4.2	5.0	106.0	73.1%	39.2%	7%
	2	73	87.09	6.5	5.0	5.0	106.0	23.7%		
	3	73	87.09	9.5	8.0	5.0	106.0	3.2%		
850	1	69	77.69	6.9	3.4	4.0	132.5	54.0%	39.6%	7%
	2	73	77.69	7.6	5.0	5.0	106.0	39.8%		
	3	73	77.69	10.8	6.8	4.0	132.5	6.2%		
950	1	69	69.48	7.1	5.0	6.0	87.9	76.5%	30.1%	3%
	2	73	69.48	10.8	5.6	4.0	132.5	23.5%		
1080	1	73	61.39	12.5	5.6	4.0	132.5	100.0%	1.8%	1%

Figura 4

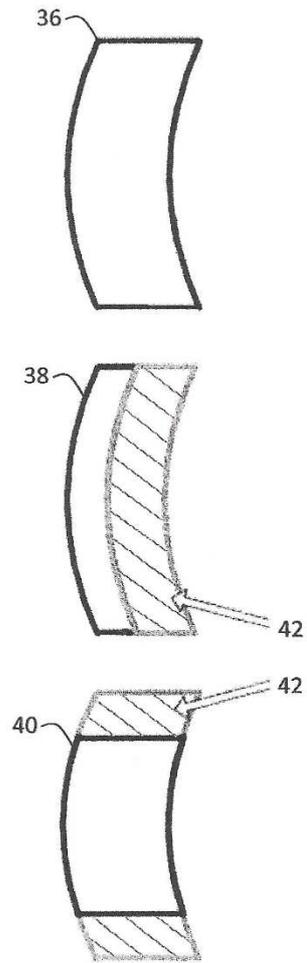


Figura 5

43 ↗

$f_x = \text{SUM}(\text{AO20}:\text{AR20}) + 0.1 * \text{SUM}(\text{AO17}:\text{AR17}) + 1000 * \text{AO17} * \text{AN18}$

	AI	AJ	AK	AL	AM	AN	AO	AP	AQ	AR	AS	AT	AU	AV	AW	AX	AY
2	ET@Dia 3	ET@Dia 4	Mejor Disco														
2.9	4.4	-5.8	1				6.4	6.4	6.4	6.4	4.9	4.5	7.2	1	1060.0	0.50	
2.9	4.4	-5.8	1			98.21	98.21	98.21	98.21	98.21	69	55	78	2	530.0	1.00	
2.9	4.4	-5.8	1	0.5		7.2	4.9	5.0	1.0	1.0	5	1	9	3	265.0	2.00	
2.9	4.4	-5.8	1	3		78	69	78	10	10	5	4.5	7.2	4	176.7	3.00	
2.9	4.4	-5.8	1			87.89	132.5	106.0	1060.0	1060.0	5.0	55	78	5	132.5	4.00	
2.9	4.4	-5.8	1			8.3	3.2	4.4	0.9	0.9	78	1	9	6	106.0	5.00	
2.9	4.4	-5.8	1			8.08	6.26	8.08	0.13	0.13	6	4.5	7.2	7	87.9	6.03	
2.9	4.4	-5.8	1			9.13	4.57	7.44	0.01	0.01	10	55	78	8	71.9	7.37	
2.9	4.4	-5.8	1			1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	10	55	78	9	66.3	8.00	
2.9	4.4	-5.8	1			1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	5	1	9	9	56.3	8.00	
2.9	4.4	-5.8	1			19570	11831	19570	5	5							
2.9	4.4	-5.8	1			22202	8595	17980	0	0							
2.9	4.4	-5.8	1			39425	12147	20974	69	69							
2.9	4.4	-5.8	1														
2.9	4.4	-5.8	1														
2.9	4.4	-5.8	1				36.8	15.4	22.6	0.1							
2.9	4.4	-5.8	1				50.0	20.9	30.7	0.1							
2.9	4.4	-5.8	1			0	1855	24138	14825	0							
2.9	4.4	-5.8	1				4.5%	59.1%	36.3%	0.0%							
2.9	4.4	-5.8	1			1,052,778	92,815	505,001	454,952	-							
2.9	4.4	-5.8	1			2,042,439	48.5%	44,973	585,240	359,448							
2.9	4.4	-5.8	1														

Variables Límites Inf. Límites Sup. Radios Post. mTm D

Factor CZVRx 5429 5.551 #####

Marez 35267 40,818

Tgt 86% <== Porcentaje de trabajos que son MAREZ

Figura 6

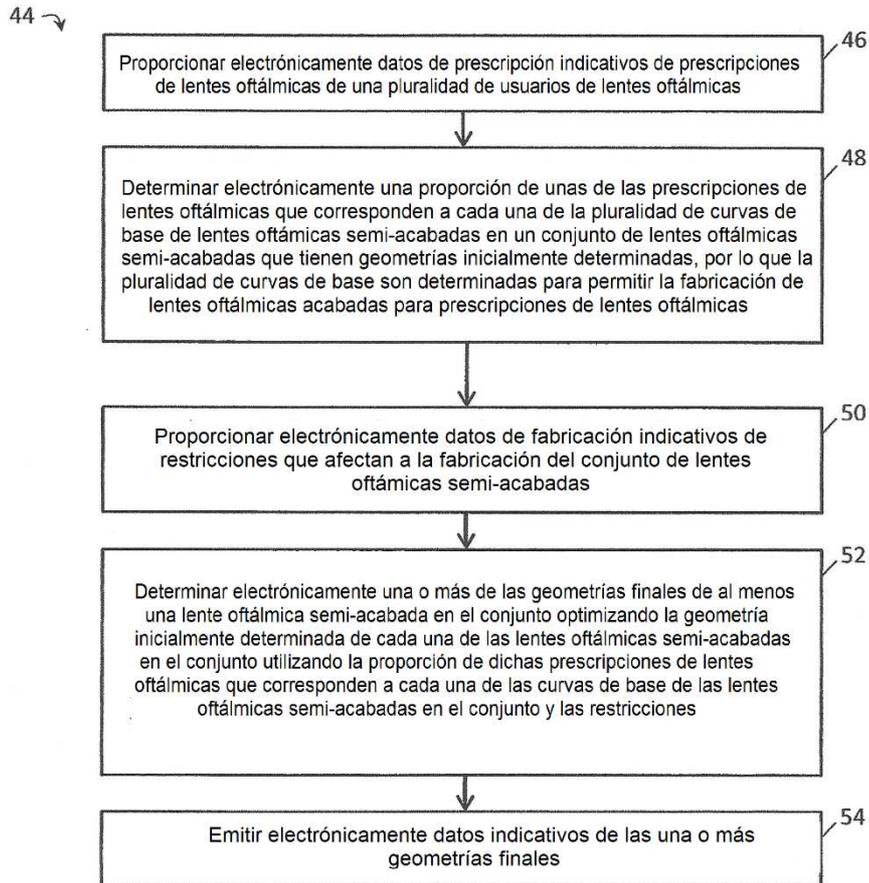


Figura 7