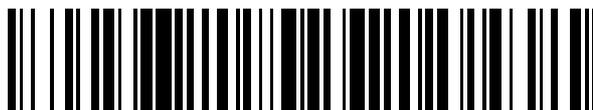


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 582 452**

51 Int. Cl.:

**G02C 7/06** (2006.01)

**G02C 7/02** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.09.2010 E 10763288 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.06.2016 EP 2529270**

54 Título: **Lente con gradación de potencia continua**

30 Prioridad:

**29.01.2010 US 697060**

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

**13.09.2016**

73 Titular/es:

**INDIZEN OPTICAL TECHNOLOGIES S.L. (100.0%)  
C/ Santa Engracia, 151. 1º1  
28003 Madrid, ES**

72 Inventor/es:

**BALCH, THOMAS A.;  
YAMASAKI, NANCY L. S.;  
ALONSO FERNÁNDEZ, JOSÉ y  
CRESPO VÁZQUEZ, DANIEL**

74 Agente/Representante:

**DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto**

**ES 2 582 452 T3**

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

Lente con gradación de potencia continua

**Antecedentes de la invención**

5 Las lentes oftálmicas para corregir la visión humana se han usado durante siglos. No obstante, los nuevos desarrollos en materiales y en diseños ópticos continúan ofreciendo más opciones y diversas mejoras a los usuarios de lentes.

10 Como ejemplo, considérese la historia de los desarrollos para hacer frente a una acomodación focal reducida relacionada con la edad - el fenómeno común de "necesitar gafas para leer" a medida que uno envejece. El cristalino del ojo está sujeto dentro de una armadura sofisticada de músculos y fibras y es lo suficientemente flexible como para remodelarse por la contracción y relajación de los músculos y fibras. Así, la acción de los músculos y las fibras cambia la forma y, por lo tanto, la distancia focal del cristalino del ojo. El "estado de reposo" es para la visión de lejos, con los músculos relajados y el cristalino en una configuración menos curvada para una distancia focal más larga. Para la visión de cerca, los músculos se tensan y el cristalino del ojo se vuelve más redondeado para enfocar objetos cercanos. Cuando uno mira entre una escena distante y un objeto cercano, el ojo intenta ajustar automáticamente los músculos del ojo para enfocar el cristalino del ojo del ojo. Sin embargo, a medida que envejecemos, el cristalino de ojo comienza a endurecerse y no responde tan fácilmente a los cambios musculares. Esta acomodación reducida, conocida formalmente como presbicia, instiga la necesidad de alguna corrección de la visión para ayudar a los ojos.

20 Una aproximación sencilla para los que no tienen corrección de visión previa es el uso de gafas de monovisión que proporcionan más potencia para las tareas de visión de cerca. Sin embargo, si uno mira a continuación a través de las lentes hacia un objeto distante, la visión será borrosa debido a que las lentes están haciendo que la visión natural propia se convierta en miope. Un efecto similar se observa cuando se mira a través de una lente de aumento a los objetos distantes. En ese punto, uno se quita rápidamente las gafas - lo que puede conducir al problema de su pérdida. Como alternativa, se piensa en Benjamin Franklin y sus lentes bifocales. Tales lentes tienen una curvatura de la superficie primaria para la corrección de distancia (si es necesario) más un segmento añadido que proporciona más potencia para tareas de visión de cerca. Para alcanzar la potencia más alta, el segmento añadido tiene una curvatura de lente más pronunciada y, por lo tanto, este segmento sobresale de la superficie de lente principal. Muchas personas se oponen a las lentes bifocales debido a esta línea arista y visible de las gafas.

30 Los esfuerzos iniciales para mezclar la región entre las áreas de visión a distancia y visión de cerca (bifocales mixtas) plantearon una mayor conciencia de la capacidad o incapacidad del usuario de tolerar áreas fuera de potencia de la lente. Muchos usuarios de gafas pueden tolerar errores de baja potencia (típicamente menores de aproximadamente 0,5 dioptrías), pero otros pueden ser extremadamente sensibles a la variación de potencia. Esto puede ser especialmente problemático para las personas que tenían "una visión perfecta" y ahora, por primera vez, necesitan corrección de visión para ver de cerca. Cualquier cambio respecto de la perfección parece extremo, incluso si la medición real de variación de potencia es muy pequeña. Similarmente, el trabajo en diseños mixtos reveló la sensibilidad del usuario a las ubicaciones físicas de las regiones fuera de la potencia en la lente y al tamaño físico de las regiones fuera de la potencia. En el diseño mixto, hay un área estrecha, típicamente de sólo unos pocos mm de ancho, entre cualquier corrección de distancia y el área de visión de cerca de mayor potencia. Incluso en esta área estrecha, la potencia debe cambiar por lo menos tanto como la diferencia entre las potencias de visión a distancia y visión de cerca. Dado que la potencia óptica aumentada o "potencia añadida" para el área de visión de cerca está típicamente en el intervalo de  $\geq 0,5$  dioptrías hasta aproximadamente 4 dioptrías, esto significa que la mayoría de la gente notará un efecto borroso cuando el ojo cruza sobre la región mixta. Esto puede ser bastante molesto para los usuarios, incluso si el área mixta no es visible para los demás que miran al usuario de la lente. Esto condujo a desarrollos adicionales diseñados para minimizar el área de tales regiones fuera de potencia, hacer que la potencia cambie más gradualmente para que estas regiones pudieran ser toleradas, o empujarlas hacia lugares de la lente que se utilizan con menos frecuencia (tal como la periferia).

45 Por ejemplo, patentes tales como las patentes de Estados Unidos números 2109474 y 2475275 han descrito lentes con una superficie que tiene una potencia que aumenta gradualmente (radio de curvatura cambiante) para dar al usuario un rango de distancias focales a través de esta lente. Estas lentes pueden incluir regiones esféricas de potencia constante en la superficie con el aumento gradual de potencia, como las lentes bifocales y las lentes bifocales combinadas mencionadas anteriormente. El otro lado de la lente se describe como pulido según prescripción, lo cual típicamente significa la corrección de la visión a distancia, y en el momento en que se concedieron estas patentes, la experiencia de pulido se limitaba efectivamente a la conformación esférica y cilíndrica de la otra superficie. Esto significa que gran parte de la lente podría experimentar las mismas limitaciones que las lentes bifocales combinadas, es decir, la visión borrosa debida al aumento continuo de potencia.

55 Las limitaciones y dificultades encontradas con estas técnicas anteriores redirigieron los desarrollos de diseño de lentes en las últimas décadas a otras aproximaciones. Como se desprende de patentes tales como las patentes de Estados Unidos números 3711191, 4253747, 4472036 y 6019470, se podría hacer una lente que incluye un área de potencia estabilizada para la visión a distancia, otra área de potencia estabilizada para la visión de cerca, y una

región típicamente estrecha entre estas dos áreas en la que la potencia esté cambiando continua y gradualmente desde uno de estos valores hacia el otro. Las lentes con estas tres regiones se denominan comúnmente lentes progresivas.

5 Es común en un diseño progresivo que se tenga un área de visión a distancia cerca de la parte superior de una lente de gafas. Como ejemplo, supongamos que el usuario necesita una corrección moderada para hipermetropía de 2 dioptrías. Entonces en el área de visión a distancia, la potencia correctora de la lente del usuario será de 2 dioptrías. Ahora, por ejemplo, supongamos que el usuario es un presbita emergente y necesita una ligera asistencia de potencia de lectura de 1 dioptría, a veces referido como añadir una potencia de 1 dioptría. Por lo tanto, en la segunda área de visión de cerca de la lente, la potencia estabilizada será de 3 dioptrías (2 dioptrías para la corrección de visión general, más 1 dioptría para corrección adicional de la visión de cerca). El área de visión de cerca se coloca típicamente cerca de la parte inferior de la lente y, a menudo, ligeramente hacia la nariz; esto es consistente con un usuario que mira hacia abajo, hacia un libro o un trabajo manual, y el posicionamiento ligeramente hacia el interior acomoda el seguimiento binocular de los ojos para un área de visión de cerca. Típicamente, se intenta diseñar el área de visión a distancia y el área de visión de cerca para que sean tan grandes como sea posible, por lo que el usuario tiene "mesetas" de potencia estabilizada casi constante para sus correcciones de vista a distancia a vista de cerca. En particular, el área de visión a distancia deberá ser grande debido a la anchura del ángulo de visión que se puede usar. El área de visión de cerca puede ser menor, pero todavía debe acomodar al menos la anchura de la pupila para una visión de lectura más clara y preferiblemente subtiende un ángulo pequeño para cierta rotación del ojo durante la lectura; por lo tanto, es común hacer que el área de visión de cerca de potencia estabilizada añadida sea de al menos unos pocos milímetros de ancho. Entre estas áreas superior e inferior, la potencia óptica debe cambiar rápidamente al valor superior de visión de cerca. En este ejemplo, esto es un cambio de 2 dioptrías a 3 dioptrías. Esta región progresiva o corredor se caracterizará por un punto de inflexión y típicamente se mantiene relativamente estrecha y corta, porque no es ni la potencia de distancia deseada ni la potencia de cerca, y debido a la necesidad física, como se explicará a continuación.

25 Existe una complicación adicional para lograr tal aumento de potencia progresivo. Las superficies físicas de la lente deben ser reconfiguradas y curvadas más pronunciadamente con el fin de crear una región de mayor potencia. En el proceso de reconfiguración de parte de una superficie hasta una mayor potencia, se crearán otras áreas con valores fuera de potencia (y astigmatismo óptico). Se puede hacer una analogía aproximada para cavar la arena en un cajón de arena, sin la opción de quitar o añadir arena a la caja. Por lo tanto, con el fin de hacer una colina (análogo a un área de mayor potencia), la arena debe apilarse en un área, pero sacarse en otras áreas. Si se quiere mantener una parte mayor del cajón de arena en el nivel original (análogo a una potencia de visión a distancia original), entonces hay que ensanchar el área sacada para disminuir la cantidad de diferencia en su altura respecto del resto del cajón de arena. Sin embargo, esto significa que un área más grande tiene una cierta variación respecto de la potencia de distancia prescrita y, como se ha indicado anteriormente, algunas personas pueden ser bastante sensibles a tales variaciones de potencia. Alternativamente, se puede cavar profundamente en un área más pequeña, pero esto creará obviamente un área fuera de potencia más extrema (mayor diferencia con respecto al nivel de cajón de arena original). Estos problemas se vuelven más graves cuando aumenta la diferencia entre las dos potencias ópticas (una "colina" más alta). Estas son limitaciones prácticas, mecánicas y físicas asociadas con diseños de lente que incorporan cambios en la potencia óptica.

40 Como alternativa, la patente de Estados Unidos número 4950057 describe la combinación de la óptica de Fresnel escalonada con superficies de lente refractivas para crear diferentes regiones de potencia óptica. Esta es una aproximación claramente diferente a la de utilizar solamente las capacidades refractivas de los materiales de lente, y puede encontrarse con limitaciones debido a los patrones de múltiples escalones discontinuos de Fresnel. Por ejemplo, se puede aumentar la dispersión de la luz fuera de los escalones de Fresnel, lo cual puede ser molesto para el usuario y poco estético en apariencia. También puede haber distorsión o falta de claridad óptica al cruzar sobre las múltiples estructuras escalonadas.

50 Como se describe en algunas de las patentes mencionadas anteriormente y como es conocido por los versados en la técnica, se pueden incorporar diseños progresivos ya sea en la superficie exterior de la lente (la superficie más alejada del usuario, o en el "frente" de la lente) o en la superficie interior (la más cercana al ojo, o la superficie de "atrás") de una lente de gafas. Esto se logra a menudo mediante "piezas en tocos de lente semiacabada progresiva" que incorporan, en una superficie un área de visión a distancia efectiva estabilizada relativamente grande, otra área de visión de cerca con una potencia estabilizada conocida que es mayor que la potencia de distancia y un corredor corto relativamente estrecho que discurre entre estas dos áreas (la sección intermedia) que se caracteriza por un aumento progresivo de la potencia óptica y un punto de inflexión. La prescripción del usuario individual se "acaba" entonces cortando y alisando la otra superficie opuesta de la pieza en tocos semiacabada según los requisitos de potencia óptica específicos del usuario. Con piezas en tocos de lente semiacabada progresiva, esto quiere dar a entender típicamente acabar la otra superficie de la lente para la corrección de la visión a distancia y usar la superficie progresiva para suministrar toda la corrección de visión de cerca.

60 Alternativamente, ambas superficies pueden incorporar diseños progresivos, como se describe, por ejemplo, en las patentes estadounidenses números 4946270, 6935744 y 7399080. Otra aproximación alternativa, pero relacionada, se describe en patentes tales como las patentes estadounidenses números 6139148 y 7159983, en las que una superficie es un diseño progresivo y la otra superficie es una superficie "regresiva", es decir, una superficie en la que

disminuye la potencia entre el área de visión a distancia y el área de visión de cerca. Estas superficies regresivas pueden colocarse en la superficie interior o la exterior de la lente.

La colocación de la potencia añadida en la superficie interior de la lente, o el compartir la potencia de prescripción entre ambas superficies permite más libertad en el diseño óptico y puede tener ventajas para los aspectos cosméticos. Estas opciones se han apoyado más en el mercado por el crecimiento de los equipos de acabado superficial digital, basados en maquinaria CNC, que tienen el potencial de una conformación más complicada y controlada de una o ambas superficies ópticas.

Dada la continua necesidad de corrección de visión relacionada con la edad y la conciencia de la moda de muchas personas, no es sorprendente que el rendimiento óptico, el confort físico y la apariencia estética sean todos bastante importantes. Estos factores han jugado un papel importante en la reemergencia de los diseños progresivos de la superficie interior, que pueden parecer menos evidentes o voluminosos para alguien que mira a la persona que lleva la lente, ya que la porción añadida no sobresale hacia delante desde la superficie exterior. Sin embargo, tales lentes pueden ser problemáticas para el usuario, debido a la necesidad de acomodar la potencia añadida aumentada hacia el ojo del usuario. Esto significa que la superficie posterior de la lente estará menos curvada (menos cóncava) que para una prescripción monovisión, o que para una lente que tiene potencia progresiva en la superficie frontal (exterior). Para una prescripción alta positiva, la superficie posterior o interior de incluso una lente monovisión es mucho más plana que una lente de alta potencia negativa. Si se añade la potencia de visión de cerca de la sección inferior interior de una lente positiva (como en un diseño progresivo de lado posterior estándar), la superficie interna de la lente se vuelve aún más plana, y puede ponerse en contacto con las mejillas o las pestañas del usuario. Una manera de evitar o reducir al mínimo este problema es el uso de una lente con una curvatura frontal más pronunciada, por lo que hay más espacio para crear la potencia añadida en la superficie interior de la lente. Sin embargo, la curva más pronunciada requerirá más material de lente para crear la misma potencia añadida que una combinación de curvas más planas, y el resultado puede ser una lente más pesada o más gruesa en general. Además, el uso de una lente más curvada niega la ventaja que se estaba buscando: reducir la apariencia bulbosa del diseño progresivo frontal-lateral.

Las mismas dificultades se aplican con prescripciones altas negativas y una potencia añadida sobre la superficie interna. Las lentes altas negativas tienen bordes más gruesos porque el radio de curvatura de la superficie interior de la lente es típicamente más pronunciado que el de la superficie exterior para crear el efecto de lente correcto. Si una lente con una curva base más pronunciada se utiliza para la superficie frontal (exterior) a fin de acomodar un diseño progresivo del lado posterior, las lentes serán conducidas a grosores incluso mayores y no deseados y parecerán más bulbosas que una prescripción negativa normal.

También pueden surgir dificultades y compromisos no óptimos durante el montaje de las lentes progresivas de superficie posterior en la montura. Si se utilizó una curva base más pronunciada para acomodar la potencia añadida de lado posterior, entonces se puede desear posicionar el borde de la lente más atrás en la montura de modo que no sea tan protuberante. Sin embargo, esto puede provocar el contacto de la superficie interior o de los bordes de la superficie interior con la cara del usuario. Además, dependiendo de la forma de montura o del ángulo de envoltura, puede ser difícil encajar la lente de forma segura o estética. Si los bordes más gruesos fueron el resultado del diseño progresivo de lado posterior, puede ser más difícil hacer que las gafas luzcan como atractivas y equilibradas. Por lo tanto, hay varios problemas diferentes que puede ser necesario abordar cuando se emplea un diseño progresivo de superficie posterior.

Compartir la potencia entre las dos superficies puede ofrecer obviamente más opciones para la distribución de perfiles de grosor y potencia, pero aumenta significativamente la complejidad del diseño y, por lo tanto, puede requerir mayores costes, tiempo y recursos para preparar la lente final. Además, dependiendo de cómo se distribuyen las diferentes porciones de la potencia de prescripción, se puede todavía tener problemas tales como el grosor aumentado de la superficie interna (lo que lleva a hacer contacto con la cara o pestañas del usuario), exceso de curvatura en la superficie frontal y peso aumentado de las lentes.

Es evidente que continúa una extensa innovación en este campo y que las nuevas opciones encuentran a menudo rápidamente aplicaciones industriales prácticas. La presente invención proporciona una opción diferente para lentes oftálmicas y su diseño, que es particularmente adecuada para lentes que requieren diferentes potencias en diferentes áreas de la lente. Esto se logra creando una superficie innovadora que después se combina con el acabado de la segunda superficie para cumplir con los requerimientos ópticos de la prescripción de un individuo. La lente de combinación también puede tener en cuenta otros factores de diseño cosmético o práctico. Esta invención puede utilizar ventajosamente las capacidades de acabado superficial digital de lentes que ahora han alcanzado un nivel de madurez tal que son accesibles y prácticas para gran parte de la industria de las lentes.

Ejemplos de lentes de la técnica anterior se muestran en las publicaciones de las solicitudes de patente números DE 10 2008 022 010, EP 1 691 232, WO 99/63392 y WO 00/72051 y en la patente de Estados Unidos número 2.878.721.

## Sumario de la invención

La presente invención reside en una lente oftálmica según la reivindicación 1.

En una realización preferida, el aumento de potencia gradual en la primera superficie avanza desde la parte superior de la lente hasta la parte inferior de la lente. En otra realización preferida, el aumento de potencia gradual avanza lateralmente a través de la lente.

5 La forma y naturaleza de la gradación de potencia continua de la primera superficie pueden adoptar diversas formas preferidas. La potencia puede aumentar de modo lineal o no lineal y, si es no lineal, puede seguir la forma de ecuaciones exponenciales, logarítmicas, espirales logarítmicas, parabólicas y de potencia positivas. Estas gradaciones de potencia continuas pueden o no seguir una línea umbilical. El aumento de potencia gradual puede constituir un aumento de la potencia esférica o de la potencia tanto esférica como cilíndrica.

10 En realizaciones alternativas de la invención, la superficie de gradación de potencia puede ser la superficie exterior de la lente, más alejada del usuario, o la superficie interior, más cercana a la cara del usuario de la lente.

En una realización preferida, la superficie de gradación de potencia continua y la superficie de lente opuesta pueden cooperar para proporcionar una corrección monovisión para la prescripción deseada.

15 En otra realización preferida de la invención, las dos superficies de la lente cooperan para proporcionar un área para la visión a distancia y un área para la visión de cerca según la prescripción deseada. En una realización preferida adicional, estas dos áreas tienen diferentes potencias ópticas.

20 En otra realización preferida, se produce una lente oftálmica para una prescripción que tiene valores de visión a distancia y visión de cerca. Esta lente comprende una primera superficie que tiene un cambio gradual continuo de la potencia óptica a través de sustancialmente toda su superficie ópticamente utilizable desde un borde hasta sustancialmente el borde opuesto, aumentando el cambio de potencia óptica a través de la superficie sin puntos de inflexión o discontinuidades, y estando configurada una superficie opuesta de la lente para cooperar con la primera superficie a fin de proporcionar al menos dos áreas estabilizadas de potencia óptica para la prescripción deseada, una para visión a distancia y una para visión de cerca. En una realización preferida, estas dos áreas de potencia óptica estabilizada comprenden dos potencias ópticas diferentes. El cambio gradual continuo de la potencia de la primera superficie usado en estas realizaciones preferidas puede comprender aumentos lineales o no lineales de potencia y puede contener además una línea umbilical.

25 En una realización preferida, la cooperación de las superficies primera y segunda incluye además la optimización de las preferencias del usuario.

30 Otras características y ventajas de la presente invención deberán ser evidentes a partir de la siguiente descripción de las realizaciones preferidas, tomada en conjunción con los dibujos anexos, que ilustran, a modo de ejemplo, los principios de la invención.

#### Breve descripción de los dibujos

35 La figura 1 muestra un gráfico de una gradación de potencia continua de una superficie de lente de ejemplo según la invención, que aumenta desde una potencia de superficie de 3 dioptrías en la parte superior de la lente (+30 mm) hasta 5 dioptrías en la parte inferior de la lente (-30 mm).

La figura 2 muestra un gráfico de la potencia de superficie en una superficie de lente progresiva estándar (técnica anterior) a lo largo de la línea de visión desde la parte superior de la lente (+30 mm) hasta la parte inferior de la lente (-30 mm).

40 La figura 3 muestra un gráfico de potencia de superficie de otra superficie de ejemplo según la invención, con un incremento no lineal de potencia desde la parte superior de la lente (+30 mm) hasta la parte inferior de la lente (-30 mm).

La figura 4 muestra un gráfico de contorno de superficie de la potencia óptica a través de la superficie de lente de ejemplo de la figura 1, con contornos de línea fina que muestran la gradación de potencia esférica en incrementos de 0,25D, y contornos de línea gruesa que muestran la gradación de potencia cilíndrica en incrementos de 0,5D.

45 La figura 5 muestra un gráfico de contorno de superficie de la gradación de potencia óptica en una superficie de lente de ejemplo de la invención, en la que la potencia esférica aumenta lateralmente a través de la lente desde 3 dioptrías en el borde nasal de la superficie de lente (30 mm) hasta 5 dioptrías en el borde temporal de la lente (-30 mm), dando un incremento a través de la superficie de 2 dioptrías de potencia óptica. Los contornos de línea fina muestran la gradación de potencia esférica en incrementos de 0,25D, y los contornos de línea gruesa muestran una gradación de potencia cilíndrica en incrementos de 0,5D en la superficie de lente.

50 La figura 6 muestra el gráfico de contorno de potencia (en incrementos de 0,5D) para la otra superficie de la lente que se combinará con la superficie de la figura 4 para formar una lente final para una prescripción que requiere cero dioptrías de corrección de visión a distancia y una potencia añadida nominal de +2D. Los contornos de línea fina muestran los cambios de potencia esférica y los contornos de línea gruesa muestran los cambios de potencia

cilíndrica.

5 La figura 7 muestra un gráfico de contorno de potencia (en dioptrías) de lecturas de potencia pasante calculadas sobre una lente de ejemplo de la invención diseñada por la combinación de la superficie de gradación de potencia de la figura 4 y la otra superficie de la lente de la figura 6. Los contornos de línea fina identifican valores de potencia esférica y los contornos de línea gruesa identifican la potencia cilíndrica de la lente.

La figura 8 muestra (línea de trazos y valores del eje y a la derecha) el perfil de potencia de superficie de la superficie de la figura 6 y el perfil de potencia pasante (línea continua y valores de eje y a la izquierda) para la lente final mostrada en la figura 7 a lo largo de una línea típica de visión para la visión presbíta desde la parte superior de la lente (30 mm) hasta la parte inferior de la lente (-30 mm).

10 La figura 9 muestra gráficos de perfil de potencia calculados para otra lente de ejemplo según la invención para una prescripción que requiere cero dioptrías de corrección de visión a distancia y un añadido nominal de +2D, pero con una distancia más corta entre el área de visión a distancia y el área de visión de cerca que para la lente ilustrada en las figuras 7 y 8. Los perfiles de potencia avanzan a lo largo de una línea típica de visión para la visión presbíta desde la parte superior de la lente (30 mm) a la parte inferior de la lente (-30 mm). La línea de trazos y los valores del eje y a la izquierda trazan el perfil de potencia de superficie de la superficie posterior alternativa de esta lente, y la línea continua y los valores del eje y a la izquierda muestran la potencia pasante para esta lente. (El perfil de superficie de la superficie frontal de esta lente se ilustra en la Figura 4.)

20 La figura 10 muestra el gráfico de contorno de potencia (en dioptrías) para lecturas de potencia pasante calculadas en una lente de ejemplo que también se ilustra en la figura 9. Los contornos de línea fina identifican valores de potencia esférica y los contornos de línea gruesa identifican la potencia cilíndrica de la lente.

25 La figura 11 muestra el perfil de potencia a lo largo de una línea típica de visión para la visión presbíta desde la parte superior de la lente (30 mm) hasta la parte inferior de la lente (-30 mm) para otra lente de ejemplo de la invención diseñada para una prescripción que requiere cero dioptrías de corrección de visión a distancia y un añadido nominal de +2D, pero con un área de visión de cerca más ancha que para la lente ilustrada en la figura 7. La superficie de lente posterior alternativa (mostrada por la línea de trazos y los valores del eje y a la derecha) coopera con la superficie de lente frontal ilustrada en la figura 4 para crear una lente con el perfil de potencia pasante mostrado por la línea continua, y los valores del eje y a la izquierda.

30 La figura 12 muestra el gráfico de contorno de esfera y cilindro (en dioptrías) para las lecturas de potencia pasante calculadas de la lente de ejemplo de la invención ilustrada en la figura 11. Los contornos de línea fina identifican valores de potencia esférica y los contornos de línea gruesa identifican la potencia cilíndrica de la lente.

La figura 13 muestra el gráfico de contorno de potencia (en incrementos de 0,5D) de otra superficie de lente posterior alternativa que se combinará con la superficie de lente de la figura 4 para formar una lente final con una potencia de distancia de -2 D y una potencia añadida de +3 D. Los contornos de línea fina muestran la potencia esférica y los contornos de línea gruesa muestran los cambios de potencia cilíndrica en esta superficie de lente.

35 La figura 14 muestra el gráfico de contorno de esfera y cilindro (en dioptrías) para lecturas de potencia pasante calculadas en una lente de ejemplo de la invención para una prescripción que requiere una potencia de distancia de -2 D y una potencia añadida de +3 D y formada por la cooperación de las superficies de lente ilustradas en las figuras 4 y 13. Los contornos de línea fina identifican valores de potencia esférica y los contornos de línea gruesa identifican la potencia cilíndrica de la lente.

40 La figura 15 muestra (línea de trazos y valores del eje y a la derecha) el perfil de potencia de superficie para la superficie de la figura 13 y el perfil de potencia pasante (línea continua y valores del eje y a la izquierda) para la lente final mostrada en la figura 14 a lo largo de una línea típica de visión para la visión presbíta desde la parte superior de la lente (30 mm) hasta la parte inferior de la lente (-30 mm).

45 La figura 16 muestra el perfil de potencia de superficie a lo largo del eje horizontal en  $y = 0$  desde el borde nasal de la lente (30 mm) hasta el borde temporal de la lente (-30 mm) para una superficie de lente ilustrada en la figura 5.

50 La figura 17 muestra el gráfico de contorno de potencia (en incrementos de 0,5 D) para la otra superficie de la lente que se combinará con la superficie de la figura 5 para formar una lente monovisión con un valor de prescripción de potencia esférica de -4,25D, una potencia cilíndrica de +1D, un eje de cilindro de 180°. Los contornos de línea fina muestran la potencia esférica y los contornos de línea gruesa muestran los cambios de potencia cilíndrica en la superficie de la lente.

La figura 18 muestra el gráfico de contorno de esfera y cilindro (en dioptrías) para lecturas de potencia pasante calculadas en una lente monovisión de ejemplo de la invención, creada por la combinación de la superficie de lente ilustrada en las figuras 5 y 16 y la otra superficie de lente de la figura 17. Los contornos de línea fina identifican valores de potencia esférica y los contornos de línea gruesa identifican la potencia cilíndrica de la lente.

55 La figura 19 muestra (línea de trazos y valores del eje y a la derecha) el perfil de potencia de superficie para la

superficie de la figura 17 y el perfil de potencia pasante (línea continua y valores del eje y a la izquierda) para la lente final mostrada en la figura 18, calculados a lo largo del eje horizontal en  $y = 0$  desde el borde nasal de la lente (30 mm) hasta el borde temporal de la lente (-30 mm)

**Descripción detallada de las realizaciones preferidas**

5 La presente invención se materializa en lentes oftálmicas que tienen una superficie que se describe mediante un aumento continuo y gradual de la potencia óptica, y su combinación con la superficie opuesta de la lente para crear una o más áreas eficaces de potencia óptica estabilizada. El uso de una superficie con un aumento de potencia continuo y gradual contrasta con las superficies de lente progresivas normales, que normalmente incorporan al menos una superficie de lente que tiene un área efectiva de potencia óptica aproximadamente constante o  
 10 estabilizada para la visión a distancia, otra área efectiva de la misma superficie de lente con una potencia óptica diferente aproximadamente constante o estabilizada para la visión de cerca-a distancia, y una región estrecha intermedia entre estas dos áreas de potencia óptica definidas en la que la potencia "progresa" de uno a otro valor. De esta manera, las "mesetas" de potencia estabilizadas están unidas por un área de transición caracterizada por el rápido aumento de potencia y un punto de inflexión. La presente invención, por el contrario, proporciona una  
 15 gradación de potencia continua que avanza sin puntos de inflexión o discontinuidades y se extiende sobre sustancialmente toda la superficie óptica utilizable de la lente, en lugar de estar limitada a un corredor estrecho en la superficie de la lente. Este aumento de potencia gradual a lo largo de sustancialmente toda la superficie de la lente es posible precisamente porque la superficie de gradación de potencia de la invención no contiene grandes áreas de potencia óptica aproximadamente constante o estabilizada.

20 Como una simple estimación, un área efectiva de potencia estabilizada se define como un área de potencia óptica estabilizada de al menos  $28,27 \text{ mm}^2$ , sin ninguna dimensión que defina que el área es menor de aproximadamente 6 mm de ancho. Este tamaño y extensión del área se corresponde con un círculo de 6 mm, que contendría un área típica de la mirada en la superficie de la lente más una asignación mínima para el movimiento de los ojos. Recuérdese que el tamaño de la pupila varía desde un diámetro de aproximadamente 3-4 mm hasta un diámetro  
 25 máximo de aproximadamente 5-9 mm, dependiendo de las condiciones de iluminación y la edad.

Por motivos de claridad y conveniencia, la potencia óptica estabilizada puede ser descrita como un área en la que la potencia óptica no varía en más  $\pm 0,12$  dioptrías respecto de su valor medio. Si se está describiendo una superficie única, un área de potencia óptica estabilizada sería un área sobre esa superficie específica con una variación menor de  $\pm 0,12$  dioptrías respecto del valor medio de esa área. Más preferiblemente, el área de potencia óptica  
 30 estabilizada tiene como máximo  $\pm 0,06$  dioptrías de variación respecto del valor medio para esa área. Las áreas estabilizadas tienen el aspecto de mesetas de potencia, típicamente con un cambio de potencia mucho más limitado que en las regiones adyacentes.

La invención crea una lente oftálmica, en la que un lado de la lente es la superficie con el aumento de potencia gradual continuo y la otra superficie opuesta de la lente coopera con los aumentos de potencia graduales de la  
 35 primera superficie para proporcionar en la lente final al menos un área efectiva de potencia óptica estabilizada para la prescripción deseada. Es únicamente la combinación de las dos superficies la que crea el área de potencia estabilizada, sin que sólo una superficie proporcione un área estabilizada efectiva y sin que la combinación de dos áreas estabilizadas (como en los diseños progresivos de doble cara) se solapen para dar un resultado estabilizado efectivo final. La segunda superficie debe crearse para cooperar con el aumento gradual de la primera superficie y  
 40 para sumar o restar potencia óptica a través de la lente para conseguir el resultado estabilizado efectivo para la prescripción. La combinación de potencia cambiante en ambos lados de la lente puede crear nuevas áreas de potencia óptica seleccionada en posiciones específicas o sobre áreas definidas en la lente. Esto proporciona una significativa libertad adicional en el diseño óptico.

45 En una realización preferida, la segunda superficie de la lente coopera con el aumento de potencia continuo y gradual de la primera superficie para crear al menos dos áreas de potencia óptica estabilizadas eficaces. Más preferiblemente, las dos áreas comprenden un área de potencia óptica estabilizada para visión a distancia y otra área de potencia estabilizada para visión de cerca. Las áreas estabilizadas pueden tener la misma potencia óptica, pero más preferiblemente pueden tener dos potencias ópticas diferentes, según lo requiera la prescripción dada para corrección de la visión de cerca y a distancia.

50 Las realizaciones preferidas se describirán ahora con respecto a los dibujos.

La figura 1 muestra una gradación continua de ejemplo de la potencia de superficie en un lado de una lente de la presente invención. La potencia de superficie se define como la potencia óptica que puede surgir debido a la curvatura y a cambios de curvatura de la superficie dada, suponiendo que no hay contribución de potencia óptica desde el otro lado de la lente. La superficie de gradación de potencia continua puede ser la superficie exterior o la interior de la lente. La figura 1 ilustra una superficie según la invención que preferible y típicamente se utilizaría en la superficie exterior o frontal de la lente. La distancia a lo largo de un perfil vertical a través de esta superficie se representa en el eje x. Por conveniencia, el borde más superior de esta superficie de lente de ejemplo con un diámetro de 60 mm se define como 30 mm, la línea de 0-180 a través del centro de la lente es 0 y el borde más inferior se muestra como -30 mm. Se pueden crear y representar de una manera similar superficies de lente

mayores o menores. El eje y muestra la gradación de potencia de esta superficie de ejemplo desde una potencia de superficie de 3 dioptrías en la parte superior de la lente hasta una potencia de superficie de 5 dioptrías en la parte inferior de la lente, lo que se corresponde en esta ilustración con un aumento de potencia lineal de 2 dioptrías hacia abajo de la superficie. Obviamente, están dentro del alcance de la invención otros rangos de gradación de potencia. Los rangos preferidos incluyen gradaciones continuas desde un aumento de aproximadamente 0,5D a través de la superficie de la lente hasta aproximadamente 15 dioptrías de aumento de potencia a través de la superficie. Los rangos más preferidos incluyen gradaciones de potencia continuas para aumentar la potencia en alrededor de 0,5D a través de la superficie de la lente, hasta gradaciones que aumentan la potencia de superficie en aproximadamente 8D a través de la superficie. (Estos rangos suponen un diámetro de lente de 60 mm y se escalaría de manera correspondiente para lentes más grandes o más pequeñas). Téngase en cuenta que, al contrario que en la técnica anterior, la superficie no muestra mesetas de potencia aproximadamente constante o estabilizada. Además, la potencia de superficie aumenta sin discontinuidades ni puntos de inflexión de ninguna clase.

Para fines de comparación, se muestra en la figura 2 un gráfico de perfil de potencia por una línea típica de visión para visión presbita en una superficie de lente progresiva de lado frontal estándar (técnica anterior). De nuevo, por conveniencia y para una comparación más fácil, el borde más superior de esta lente de la técnica anterior se define como 30 mm. La línea de visión cruza el eje 0-180 a la lente en la distancia marcada como 0, y alcanza la parte inferior de la lente en -30 mm. El eje y de este gráfico muestra la progresión de potencia óptica en esta lente progresiva típica desde aproximadamente 6,5D cerca de la parte superior de la lente hasta aproximadamente 8,5D cerca de la parte inferior de la superficie de la lente, dando una potencia añadida nominal de 2D. Este gráfico muestra claramente una meseta de potencia inferior estabilizada aproximadamente constante (el área de visión a distancia) cerca de la parte superior de la lente de entre aproximadamente 30 mm y aproximadamente 5 mm, a continuación un rápido aumento de la potencia en la sección intermedia en una distancia corta y otra meseta de potencia óptica estabilizada aproximadamente constante, pero mayor, cerca de la parte inferior de la lente para el área de visión de cerca, que comienza por debajo de aproximadamente -12 mm y que se extiende hasta la parte inferior de la lente. Estas mesetas no son absolutamente planas, sino que están muy dentro del rango aceptado para variación en torno a un valor estabilizado medio. Estas pequeñas variaciones de potencia son comunes en las áreas de potencia estabilizada, debido al diseño óptico y las limitaciones de fabricación prácticas. Además, existe claramente un punto de inflexión entre las mesetas. La comparación con la figura 1 muestra que la técnica anterior es obvia y marcadamente diferente de la superficie de gradación de potencia de la presente invención.

La gradación de potencia de la figura 1 se puede realizar en lentes con diversas curvaturas de partida. Por ejemplo, se puede realizar una gradación de potencia continua que aumente en 2 dioptrías en una superficie de lente según esta invención con una curvatura esférica nominal de 1 dioptría en la parte superior de la lente y 3 dioptrías en la parte inferior de la lente. También se puede realizar una gradación de potencia continua de 2 dioptrías en una lente con una curvatura esférica nominal de 6 dioptrías en la parte superior de la lente y de 8 dioptrías en la parte inferior de la lente. El primer ejemplo puede ser más adecuado para prescripciones con una corrección de distancia alta negativa, mientras que el segundo ejemplo proporciona una lente que puede ser más adecuada para prescripciones altas positivas. Esto ilustra otra ventaja de la superficie de gradación de potencia de la invención, particularmente cuando se la coloca en la superficie exterior de la lente: se puede elegir para cualquier prescripción una curva base más plana estéticamente más agradable. La gradación de potencia ya proporciona parte de la potencia adicional requerida en la superficie exterior, sin hacer bulbosa a toda esa superficie.

En la figura 1, se muestra un aumento lineal de la potencia dióptrica. Sin embargo, está claramente dentro del alcance de la invención emplear otras relaciones para la gradación de potencia continua a través de la superficie de lente. Por ejemplo, se podrían utilizar relaciones exponenciales, logarítmicas espirales, logarítmicas, cuadráticas, de potencia positiva u otras no linealmente crecientes, por nombrar sólo unas pocas. Se muestra en la figura 3 un ejemplo de una relación no lineal con una gradación de potencia desde la parte superior hasta la parte inferior de la superficie de lente. Este gráfico de perfil de potencia muestra claramente un aumento más rápido de la potencia en la porción inferior de la lente (es decir, un aumento más rápido de la potencia con menos cambio de distancia a través de la superficie) que en la porción superior, pero la curva de la superficie es suave y continua, y no indicativa de una meseta vista en áreas ópticas estabilizadas. Una superficie de gradación de potencia que incorpora relaciones no lineales que tienen un aumento más rápido de la curvatura hacia la parte inferior de la lente puede ser particularmente ventajosa para prescripciones presbitas.

Está claro a partir de estas diversas ilustraciones no limitativas que se puede crear según la presente invención un amplio rango de superficies de gradación de potencia continuas. La principal característica de esta superficie es un aumento gradual y continuo de la potencia sobre sustancialmente la totalidad de la superficie de lente ópticamente utilizable sin discontinuidades ni puntos de inflexión.

En una realización preferida, la superficie de gradación de potencia continua puede estar configurada como una superficie lenticular, con un margen circundante que no es ópticamente útil. Similarmente, puede estar configurada con una porción de la lente o un margen parcial que no es ópticamente útil. Tales porciones o márgenes se podrían incluir, por ejemplo, para el adelgazamiento de los bordes de lentes o como una ayuda para sujetar o alinear la lente durante el procesamiento subsiguiente (tal como el acabado de la otra superficie de la lente, revestimiento, tintado u otra modificación de las propiedades físicas de la lente). La invención reconoce que la gradación de potencia continua es un elemento esencial del diseño óptico de esta lente y describe el área óptica utilizable de la superficie

de la lente, cualquiera que sea la manera en que se configure la superficie.

Esto puede entenderse más fácilmente por referencia a la figura 4. La figura 4 es una vista bidimensional de la superficie de la lente de ejemplo de la figura 1, pero mostrada como un mapa de potencia de la superficie, con líneas de contorno marcadas a las distancias en las que la potencia ha cambiado gradualmente en una fracción dada de potencia dióptrica respecto del valor anterior. Se muestran por líneas finas los cambios de potencia esférica en incrementos de 0,25D y los cambios en la potencia cilíndrica (incrementos de 0,5D) se muestran como líneas continuas gruesas. El cambio de potencia asociado a cada contorno está marcado en su línea. Los valores de potencia esférica se expresan con relación a una potencia de curvatura de lente base de 3D en la parte superior de esta superficie de lente de ejemplo, aumentando hasta 5D en la parte inferior de la lente. La potencia cilíndrica está diseñada en esta superficie de ejemplo para que sea baja a lo largo de una línea central de la gradación de potencia principal y para que aumente sólo ligeramente en la dirección x a través de la lente; por lo tanto, los primeros contornos en las direcciones positivas y negativas del eje x se muestran en 0,5D. Dado que la superficie materializa una gradación continua de potencia como se muestra en la figura 1, recuérdese que estas líneas no representan cambios escalonados de potencia, sino simplemente que el aumento gradual ha cruzado por un valor establecido.

Ha de tenerse en cuenta que los contornos de potencia se extienden a través de grandes áreas del diámetro de superficie de la lente. Estos contornos ilustran un amplio aumento gradual de potencia esférica en 2 dioptrías sobre la superficie de la lente, mientras que la potencia cilíndrica aumenta mínimamente hacia los lados de la lente. Esto es un ejemplo en el que la gradación de potencia continua es principalmente un aumento de potencia esférica y es una realización preferida de la invención. Cuando, por ejemplo, el procesamiento digital de la segunda superficie juegue un papel integral en la definición de la prescripción del usuario, estas amplias gradaciones de potencia continuas sobre una superficie son bastante adaptables a un rango de prescripciones y se pueden utilizar de manera efectiva para crear la Rx final.

Un versado en la técnica puede ver en las figuras 1 y 4 que la superficie de gradación de potencia continua de esta invención es distinta de patentes anteriores, tales como la patente de Estados Unidos 2878721, y de otras patentes y diseños de lentes progresivas, en los que se limitan los cambios variables de potencia a las áreas limitadas controladas de la lente y se maximizan las áreas de potencia estabilizadas (por visión a distancia y visión de cerca), como se ilustra en el ejemplo de la técnica anterior de la figura 2.

Esta aproximación a la gradación de potencia continua ofrece una libertad significativamente mayor en la personalización de una lente para el usuario. Por ejemplo, debido a que las áreas de visión de cerca y de visión a distancia no se han predefinido por la superficie de la lente de la invención, éstas pueden moverse o ajustarse en su tamaño y ubicación para que se adapten al usuario. Esta es una ventaja significativa sobre piezas en tosco de lente semiacabada de superficie progresiva estándar, donde la compensación del diseño en la otra superficie puede disminuir significativamente el tamaño de las áreas de visión de cerca o a distancia. Similarmente, dado que la gradación de potencia continua de la invención no obliga a ciertas áreas a que mantengan una potencia estabilizada, existe menos astigmatismo no deseado causado por una contorsión diseñada de la superficie de la lente; el diseño progresivo de la invención produce menos astigmatismo relativo en cualquier región dada, debido a que los cambios entre aumentos adyacentes se distribuyen de manera más uniforme.

Además, esta invención de gradación de potencia continua ofrece una mayor libertad de diseño en comparación con el uso de piezas en tosco de lentes esféricas, o piezas en tosco de lentes monovisión esféricas simétricas con rotación puntual o rotación axial que se utilizan a menudo en combinación con el acabado superficial progresivo del lado posterior. En primer lugar, con la superficie de gradación de potencia continua y las técnicas modernas de acabado superficial digital, puede compartirse la potencia añadida entre las dos superficies para optimizar la apariencia estética. En segundo lugar, con esta técnica de compartir la potencia añadida entre las dos superficies, puede ser posible obtener áreas de visión más grandes debido a que la superficie de gradación de potencia continua se extiende sustancialmente a través de toda la lente en lugar de limitarse a una región estrecha como en una lente progresiva. En tercer lugar, el hecho de que la superficie de lente de gradación de potencia continua contribuya activamente a los requisitos añadidos de la lente ofrece una ventaja de ingeniería de diseño frente a las piezas en tosco de lente monovisión esférica o esférica. Las ventajas del diseño de ejemplo que se pueden lograr debido a las contribuciones de potencia de la superficie de gradación de potencia incluyen mejoras tales como lentes más finas (y, por lo tanto, más ligeras), mejor distribución del grosor de la lente delante y detrás de la montura de la lente, acomodación de un rango más amplio de prescripción (debido a una menor limitación por restricciones de curva base), personalización de diseño más fácil para preferencias individuales, tales como seguimiento de los ojos y características de uso, y optimización tanto del posicionamiento de potencia de prescripción a través de la lente como de la configuración de lente real (sus propiedades dimensionales) para envoltura de montura, ángulo de montura o inclinación.

Otra ventaja de la presente invención es que se pueden utilizar lentes con la misma superficie de gradación de potencia continua para crear un rango de potencias añadidas, dependiendo de los requisitos de diseño y las preferencias del usuario. Esto puede ser beneficioso para laboratorios ópticos o fabricantes según prescripción, porque no necesitarán un inventario tan grande o diverso de piezas en tosco de lentes de partida. Por ejemplo, si se utiliza una lente de la presente invención que tiene un aumento de potencia de 2 dioptrías a través de la superficie exterior de la lente, y se desea una lente final con 3 dioptrías de potencia añadida, se puede diseñar la superficie

interior de tal manera que contribuya hacia el total de 3 dioptrías, pero se logran dos ventajas con la presente invención: 1) la superficie exterior no es tan bulbosa como una lente de superficie frontal típica con un añadido de 3 y 2) la superficie interior no es tan plana como una lente de superficie interior típica con un añadido de 3, proporcionando una mayor distancia a las mejillas. Alternativamente, la misma superficie de lente según la invención se podría usar para producir una lente final con una región de potencia añadida de 1 dioptría. En este caso, la lente será regresiva en una porción de la superficie interior, lo que puede ser ventajoso para algunas formas de la cara (como pómulos prominentes) o con una montura de gafas estrechamente envoltura. En otro ejemplo más, si se necesitan 2 dioptrías de potencia añadida para la lente final, la mayor parte de esta potencia añadida ya está presente en la superficie de la lente con la gradación de potencia continua. Por lo tanto, la otra superficie sólo necesita aumentar la potencia ligeramente cerca del área añadida final elegida y puede ser utilizada principalmente para otros factores en las correcciones ópticas, tales como la estabilización de diferentes áreas de potencia o para consideraciones cosméticas de la lente.

Además, es posible utilizar diferentes porciones de la superficie de gradación de potencia de la invención para acomodarse a diferentes prescripciones o preferencias del usuario. Por ejemplo, considérese otra superficie de gradación de potencia lineal con una curvatura base de 2D en la parte superior de la lente y 6D en la parte inferior de la lente, dando así un aumento de potencia total sobre la superficie de 4 dioptrías, o un aumento de 2D en un desplazamiento de 30 mm. Muchas monturas pequeñas tienen una dimensión de altura en el rango de 20 a 30 mm. Por lo tanto, se podría mover la posición de la montura hacia arriba o hacia abajo con relación a la superficie de lente de tal manera que abarque diferentes porciones de curva base. Esto puede ser útil para que coincida preferentemente la curvatura de lente con las necesidades de prescripción y mantener una lente tan plana o estéticamente equilibrada como sea posible.

Alternativamente, se pueden seleccionar superficies de lente con diferentes rangos de gradación de potencia o diferentes relaciones que describen la gradación de potencia continua para los diferentes requisitos de potencia añadida, y pueden utilizarse estas superficies en combinación con la otra superficie de la lente para optimizar el rendimiento o aspectos cosméticos. Tales libertades en el diseño son particularmente útiles cuando se trata de mantener la lente final lo más fina posible. Una lente más fina será tanto más cómoda de usar (menos masa) como de apariencia más atractiva.

La invención permite una clara ventaja en el equilibrio del grosor. Con el uso de la superficie de gradación de potencia continua y la segunda superficie de la lente que coopera con ella, se empuja menos astigmatismo hacia los bordes que en un diseño progresivo estándar. Además, debido a que la potencia añadida se compartirá entre las dos superficies, ninguna superficie deberá sobresalir tan marcadamente como en un diseño de un solo lado. Similarmente, en el caso preferido de una superficie exterior con aumentos de potencia continuos hacia la parte inferior de la lente, la curva base efectiva aumentada más baja de la lente comenzará automáticamente a equilibrar el grosor de la lente entre las superficies interior y exterior.

Otra ventaja práctica se produce por las prescripciones presbítas cuando la invención de gradación de potencia continua se materializa como un aumento continuo de potencia sustancialmente sobre toda el área de la superficie de la lente. Debido al continuo aumento de la curvatura hacia abajo de la superficie de la lente, la visión foveal a través de la lente se obtiene principalmente en sentido perpendicular a la superficie, en lugar de bajo ángulos más oblicuos como los que se encontrarían, por ejemplo, en diseños progresivos de superficie posterior. Esto significa que pueden usarse ecuaciones que son más precisas para calcular y proyectar diseños de prescripción optimizados, con menos error causado por una visión oblicua altamente variable. Además, debido al posicionamiento perpendicular, hay menos diferencia entre la prescripción medida en lentímetros estándar y la prescripción real en uso. Esta es una consideración extremadamente importante para el dispensador óptico porque éstos quieren asegurarse de que la prescripción dispensada es la correcta para su paciente. Con muchos diseños progresivos modernos del lado posterior los grandes ángulos oblicuos de visión pueden introducir errores que se aproximan a 1 dioptrías en las lecturas del lentímetro estándar y, por lo tanto, los fabricantes de lentes deben proporcionar a los dispensadores lecturas alternativas que los fabricantes les aseguren que se corresponderán con la prescripción correcta. Obviamente, esto es a veces resulta menos que cómodo para el dispensador, ya que éstos no tienen forma práctica de confirmar la exactitud de las lentes acabadas.

Las superficies de gradación de potencia continua descritas hasta el momento e ilustradas en las figuras anteriores son particularmente adecuadas para su uso como superficies frontales (exteriores) de lentes en donde se desea una potencia óptica más alta cerca de la parte inferior de la lente acabada. Esto posiciona la superficie de gradación de potencia en la configuración estándar para el tratamiento de la presbicia. Será obvio para los versados en la técnica que la superficie de gradación de potencia continua también podría configurarse con un aumento gradual de potencia desde la parte inferior hasta la parte superior de la lente para situaciones en las que esa configuración es útil, por ejemplo para los pilotos o mecánicos de líneas aéreas que necesitan leer en pantallas elevadas.

En otra realización, la superficie de gradación de potencia continua se puede colocar en la superficie interior de la lente más cercana a los ojos del usuario. En esta configuración, la superficie de gradación de potencia tiene preferiblemente un radio más corto de curvatura en la parte superior de la lente que en la parte inferior de la superficie interior, y dado que ésta es la superficie interior (negativa), esto proporciona más potencia en la parte inferior de esta superficie de lente, en el área de uso estándar con prescripciones presbítas. Sin embargo, si se opta

por utilizar una aproximación regresiva al diseño de la lente, se puede querer usar una superficie de gradación de potencia interior con un radio más corto de curvatura en la parte inferior de la lente que en la parte superior.

En aún otra realización de la invención, el perfil de gradación de potencia continua podría utilizarse para correcciones monovisión a fin de mejorar la apariencia estética (tales como grosor del borde de la lente), aumentar la zona de visión más clara, o disminuir errores fuera de eje. La mayoría de las personas realizan tareas de cerca mientras miran hacia abajo. El ángulo de visión mejorado inherente al diseño de la lente de gradación de potencia, que hace que todos los ángulos de visión se aproximen más estrechamente a una intercepción perpendicular con la lente, maximizará el campo de visión y creará una percepción visual más cómoda para incluso los usuarios de monovisión. Esto también permite un modelado más preciso del rendimiento de la lente y, por lo tanto, una mejor optimización de la lente final. Esto puede ser particularmente ventajoso cuando los errores de visión de ángulo oblicuo se hagan más pronunciados, por ejemplo en correcciones de potencia más alta, o para prescripciones en monturas del estilo de envoltura.

Se han discutido en la literatura diversas prácticas para aumentar el rendimiento óptico o la apariencia de la lente en monturas del estilo de envoltura. Por ejemplo, la patente de Estados Unidos 6364481 se centra en variar la potencia prismática y específicamente en disminuir la componente horizontal del prisma a través de una lente desde una zona óptica hasta una zona periférica hacia las sienes. Esto está diseñado para aumentar el área óptica transparente incluyendo correcciones ópticas adicionales en una zona de extensión hacia la periferia. La patente de Estados Unidos 6454408 también describe mejoras en diseños de lentes para monturas del estilo de envoltura, empleando "superficies covariables" de tal manera que los cambios de curvatura de ambas superficies sean casi iguales en puntos correspondientes de cada superficie. Las superficies preferidas son radialmente simétricas y los cambios de curvatura varían preferiblemente la potencia en sentido horizontal a través de la lente. Análogamente a la patente de Estados Unidos 6364481, se optimiza un área de visión central, llamada campo de fijación visual en la patente de Estados Unidos 6454408, y se describe un área de extensión hacia la sien.

La presente invención se puede configurar aún de otra manera que puede ser útil. En esta realización, la gradación de potencia continua aumenta a través de la anchura de la lente, en lugar de hacerlo desde la parte superior hasta la parte inferior de la lente. Esta orientación se ilustra en la figura 5 como un gráfico de contorno de superficie de una superficie de lente de gradación de potencia que aumenta en 2D de potencia óptica desde el lado nasal ( $x = 30$  mm) hasta el lado temporal ( $x = -30$  mm) de la superficie de lente. Con un acabado superficial digital de la otra superficie adaptado para prescripciones individuales, el aumento de gradación de potencia puede hacer frente a condiciones adicionales además del prisma. Por ejemplo, la curvatura aumentada hacia el borde exterior de la lente podría ser útil para monturas ajustadamente envolventes, especialmente con prescripciones de potencia más alta. Un problema encontrado a menudo con piezas en tosco de lentes monovisión semiacabadas estándar, particularmente las adecuadas para prescripciones negativas más altas, es que son demasiado planas para encajar en las monturas de envoltura fuertemente curvadas. Por lo tanto, el tener una lente de gradación de potencia continua que aumenta su curvatura (potencia) con la curva horizontal de la montura podría mejorar esta situación. Otra ventaja es que esta configuración de superficie proporciona de nuevo una visión en ángulo menos oblicuo debido a que la curvatura de la lente se "envuelve" hacia el borde temporal para permitir una presentación más perpendicular de la potencia de la lente al ojo.

Aunque se muestra en la figura 5 como ilustración un aumento de 3D a 5D de curvatura base, otras gradaciones de potencia continua y otros rangos de curvas base están dentro del alcance de la invención. La otra superficie de la lente sería entonces acabada para compensar la gradación de potencia, de tal manera que se cree al menos un área de potencia óptica estabilizada efectiva (por ejemplo, para prescripciones monovisión), o que se creen para prescripciones multifocales una o más áreas estabilizadas eficaces para visión a distancia o visión de cerca. Debido a la singularidad del diseño de gradación de potencia continua, los cambios correspondientes en la otra superficie para lograr la prescripción dada requerirían cambios diferentes respecto de las "superficies covariables".

En otras realizaciones, el aumento de gradación de potencia continua puede comprender un aumento de la potencia cilíndrica en lugar o además de un aumento de la potencia esférica. Se ha visto un pequeño aumento gradual en el cilindro en los ejemplos anteriores de las superficies de gradación de potencia de las figuras 4 y 5. En algunos casos, esto puede ocurrir en relación con una gradación de potencia esférica proyectada debido a limitaciones de una superficie de lente. Sin embargo, también se puede optar por diseñar esta superficie de la invención principalmente para gradaciones de potencia cilíndrica o para una cantidad controlada de aumento de cilindro. Esto puede ser particularmente ventajoso para prescripciones monovisión y, de nuevo, puede ser útil para las monturas del estilo de envoltura, especialmente aquellas con un codo pronunciado cerca del lado temporal. Una realización preferida de esta gradación de potencia cilíndrica sería un aumento lineal con un eje vertical.

La superficie con la gradación de potencia continua puede o no diseñarse con una línea umbilical. Es decir, la invención se puede realizar de tal manera que, en cualquier punto dado a lo largo de una línea elegida, las curvaturas horizontal y vertical sean iguales, formando una progresión umbilical controlada. En la presente invención, esta línea umbilical no une dos áreas efectivas de potencia estabilizada (como en muchas superficies de lentes progresivas), sino que, en cambio, se extiende desde un borde del área óptica utilizable de la lente hasta el otro, a lo largo de una línea de potencia continuamente creciente de manera gradual. Esta realización proporciona un cilindro no deseado disminuido a lo largo de la línea umbilical y a cada lado de la misma debido a la naturaleza

esférica del diámetro de una línea umbilical. Sin embargo, esto vendrá acompañado por un aumento no deseado del cilindro lejos de la línea umbilical.

En una realización preferida, una línea umbilical larga para la gradación de potencia se colocaría según el movimiento de la mirada de lectura del usuario y, por lo tanto, es probable que forme ángulo hacia la nariz. Alternativamente, la línea umbilical puede apuntar en otras direcciones distintas que en una lente progresiva tradicional. Por ejemplo, un aumento de la gradación de potencia a lo largo de una línea umbilical podría estar alineado con el eje de 0 a 180 (horizontal) de la lente. Esta realización puede ser particularmente útil para las monturas de envoltura. Las gradaciones de potencia con líneas umbilicales podrían posicionarse en otros ángulos a través de la superficie de la lente para adaptarse a diversas formas de montura o a prescripciones individuales.

Otra realización preferida usa superficies de gradación de potencia continua sin una línea umbilical. En este caso, aunque algunos puntos discretos en la superficie pueden tener curvaturas iguales en las direcciones horizontal y vertical, no está definida una línea continua con igual curvatura en orientaciones perpendiculares. Por lo tanto, en cualquier punto dado la superficie puede tener diferentes curvaturas en las direcciones horizontal y vertical. En la técnica anterior son comunes superficies cilíndricas o toroidales para lentes monovisión y se conocen lentes progresivas con potencias diferentes en los ejes perpendiculares (véanse, por ejemplo, las patentes de Estados Unidos 6935744 y 7399080), pero estas aproximaciones no han incorporado un aumento gradual continuo de la potencia en toda la superficie de la lente ópticamente utilizable. Tanto los diseños de lentes progresivas como las lentes monovisión incorporan grandes áreas de potencia óptica estabilizada, a diferencia de la presente invención.

Una superficie de gradación de potencia continua sin una línea umbilical tendrá un cilindro no deseado inferior máximo al de una superficie similar con una línea umbilical, ya que ninguna línea está obligada a ser puramente esférica. Esto significa que se requerirá menos corrección del cilindro no deseado por la otra superficie para lograr el mismo rendimiento óptico que una superficie con un umbilical o, alternativamente, se puede realizar una mejor optimización porque se necesitan correcciones más pequeñas. Además, sin una línea definida de rendimiento, hay de nuevo más libertad en la orientación, el posicionamiento lateral y la optimización entre las dos superficies. Por lo tanto, la opción de que no haya línea umbilical es una realización ventajosa de la superficie de gradación de potencia.

Las realizaciones de la superficie de gradación de potencia se combinan entonces con la otra superficie de la lente para crear la prescripción deseada y proporcionar la lente final con al menos un área efectiva de potencia óptica estabilizada. Preferiblemente, para prescripciones con valores de visión a distancia y visión de cerca, la combinación de la invención de superficies de lente proporcionará al menos dos áreas de potencia óptica estabilizada. Más preferiblemente, se creará una de las dos áreas para la visión a distancia y una para visión de cerca. Más preferiblemente, serán áreas efectivas las dos áreas de potencia óptica estabilizada creadas.

Opcionalmente, la combinación de las dos superficies puede tener en cuenta otros factores, tales como la apariencia estética, las preferencias o prácticas de cada usuario, la facilidad de fabricación y la optimización del rendimiento óptico. Las preferencias de usuario incluyen, por ejemplo, factores tales como la distancia física en la lente entre las áreas de visión a distancia y visión de cerca, el tamaño de las áreas de visión a distancia y de visión de cerca, la cantidad de cilindro (astigmatismo) tolerada en y alrededor de las áreas de visión, el ángulo preferido de la mirada entre la visión a distancia y la visión de cerca y otros factores basados en las actividades y hábitos del usuario. Se pueden asignar a estos y otros factores similares diferentes grados de importancia en las rutinas de diseño u optimización.

Cuando se recibe una prescripción, se puede seleccionar a priori una superficie de gradación de potencia continua para completar la lente o se puede obtener información adicional sobre cómo se usa la lente. Otra ventaja de la invención es que se tiene mayor libertad para adaptar cualquier superficie de gradación de potencia a una amplia variedad de prescripciones. Por ejemplo, considérese un aumento de gradación de potencia lineal de 2 dioptrías hacia debajo de la superficie de una lente. Existen numerosas formas según las cuales esta superficie se puede utilizar en combinación con diseños matemáticos únicos de la otra superficie para crear lentes con +2 dioptrías de adición, lentes con +1 dioptría de adición (cierta potencia sustraída por la otra superficie), lentes de +3 dioptrías de adición (cierta potencia añadida adicional aportada por la otra superficie), así como potencias añadidas intermedias, mientras se incorpora una serie de correcciones de visión a distancia. Similarmente, dado que la superficie de gradación de potencia no está limitada por regiones pequeñas de potencia a distancia y potencia añadida, la otra superficie se puede diseñar para ampliar, desplazar horizontalmente o reposicionar verticalmente las áreas de visión a distancia y de cerca resultantes de la prescripción final.

En un ejemplo diferente, se podría cambiar la orientación de la lente de modo que el aumento de gradación de potencia no discurra por la lente abajo, sino a través de la lente para un estilo de envoltura. La otra superficie se adaptaría entonces para crear una región de adición, si es necesario para la prescripción, o para combinarse con la gradación de potencia a fin de proporcionar una corrección monovisión. Como se mencionó anteriormente, con la gradación de potencia a través de la lente, puede ser más fácil diseñar la otra superficie para crear áreas más grandes de visión clara incluso para un estilo de envoltura. Esta área visual optimizada es asistida por el aumento de la gradación de potencia, que puede seleccionarse para ajustarse mejor a la curvatura de envoltura y mantener la superficie de la lente más perpendicular a cualquier dirección de visión. En otro ejemplo, si se conoce el ángulo de

mirada específico del usuario para la lectura, el aumento de la gradación de potencia podría ser alineado con ese ángulo (en vez de sólo posicionarse verticalmente) para un uso más completo de la potencia creciente de la superficie. Resultarán fácilmente evidentes otras aplicaciones para los versados en la técnica.

5 Alternativamente, se puede optar por una superficie de gradación de potencia continua diferente dependiendo de diversos factores. Por ejemplo, se puede preferir un aumento de potencia más rápida o un aumento no lineal, tal como se muestra en la figura 3, para una montura más pequeña. En otro ejemplo, si hay suficiente espacio entre la montura y la cara, se puede elegir una gradación que coloca que una cantidad mayor de la potencia añadida en la superficie interior de la lente para mejorar la estética. Para prescripciones de distancia alta positiva o alta negativa, se puede escoger una gradación de potencia en una curvatura de lente de partida diferente o con una extensión total diferente de potencia creciente, con el fin de adelgazar la lente o de equilibrar el grosor de la lente en el frente y en la parte posterior de la montura. Se puede elegir un aumento diferente de la gradación de potencia diferente, una relación matemática que describa la gradación de potencia, o una curvatura base diferente para la superficie dependiendo del diseño de la montura y los factores de ajuste, tales como, entre otros, la inclinación pantoscópica, la forma de la cara o el ángulo de envoltura, la distancia pupilar y la distancia del vértice de la córnea. Una superficie de gradación de potencia continua con una línea umbilical puede ser preferida para las personas que son extremadamente sensibles al cilindro no deseado, mientras que puede preferirse una superficie gradación de potencia sin una línea umbilical (y, por lo tanto, un cilindro inferior no deseado total que está más distribuido a través de la superficie) para un presbita emergente con un requisito de adición limitado. Asimismo, se han de tener en cuenta factores de fabricación, tales como la cantidad de material adicional que ha de ser eliminada de la otra superficie para crear la prescripción final, o cómo de difícil resulta crear las características necesarias de la lente final. Por ejemplo, es poco probable que se elija una superficie de gradación de potencia con un aumento de potencia de sólo 0-0,50 dioptrías si la potencia de visión de cerca final tuviera que ser 4 dioptrías más fuerte que la corrección de visión a distancia, ya que obligaría a la otra superficie a suministrar la preponderancia de la potencia añadida y disminuiría las ventajas efectivas del uso de la superficie de gradación de potencia. Estos son sólo algunos ejemplos y los versados en la técnica reconocerán otras opciones ventajosas que deben considerarse dentro de esta invención.

Una vez que se selecciona la superficie de gradación de potencia continua, la otra superficie se calcula de tal manera que su combinación con la primera superficie producirá la prescripción deseada y creará al menos un área de potencia óptica estabilizada efectiva para la lente final. La superficie de gradación de potencia continua se expresará mediante una ecuación o ecuaciones conocidas, o se describirá mediante un conjunto único de coordenadas xyz. La ecuación o ecuaciones o los valores para la superficie de gradación de potencia, junto con la prescripción final y cualesquiera otros factores que se tendrán en cuenta, se introducen entonces en rutinas de cálculo para definir y optimizar la otra superficie y la combinación de las dos superficies. Esto se puede lograr mediante muchas técnicas conocidas, incluyendo trazado de rayos, análisis de propagación de frente de onda, cálculo de la curvatura o combinaciones de estas u otras técnicas. Los cálculos se usan entonces para programar o dirigir la operación de un instrumento de acabado superficial, tal como una máquina CNC, para dar forma a las superficies según los valores deseados.

40 A lo largo de estas discusiones, la superficie de gradación de potencia continua se ha descrito como una pieza en tosco semiacabada, en la que una superficie de la pieza en tosco de la lente, ya sea la superficie interior o la exterior, materializa el diseño de gradación de potencia y no se altera adicionalmente para la potencia óptica. Muchas máquinas de acabado superficial digital del estado de la técnica acomodan muy fácilmente una pieza en tosco de lente semiacabada en la que la superficie exterior no requiere más trabajo y la superficie interna se corta o se "termina" por la máquina según la forma y la calidad de superficie final. Aunque ésta es una realización muy práctica y preferida, se reconocerá que la invención puede llevarse a cabo acabando la superficie de ambos lados de una pieza en tosco, cortando una superficie según la ecuación o ecuaciones o las coordenadas xyz de la superficie de gradación de potencia continua deseada y cortando la otra superficie para combinarla con la superficie de gradación de potencia a fin de crear la prescripción final. Esta aproximación requiere un conjunto adicional de pesos de corte, pero ofrece la opción de que no es necesario mantener un stock de piezas en tosco de gradación de potencia semiacabadas. Todas estas opciones están dentro del alcance de esta invención.

50 Estas variaciones adicionales y otras configuraciones no son exhaustivas de todas las realizaciones posibles, pero proporcionan ejemplos adicionales que un versado en la técnica reconocería dentro del alcance de las diversas realizaciones de la invención.

La invención se describirá ahora en detalle más específico con referencia a los siguientes ejemplos no limitativos.

60 Algunos de estos ejemplos describen realizaciones de la invención para crear correcciones de prescripción tanto para la visión a distancia como para la visión de cerca, con lentes que exhiben una potencia añadida efectiva. En la industria de lentes oftálmicas, existen múltiples maneras de definir regiones de potencia añadida, incluyendo (potencia nominal añadida -0,125D), (potencia nominal añadida -0,25D), al menos un 75% de la potencia añadida y al menos un 85% de la potencia añadida. En los siguientes ejemplos, en donde sea aplicable, se utilizará la definición conservadora pero ilustrativa del 90% de la potencia añadida (por ejemplo,  $0,90 \times 2 = 1,8D$  una lente de 2D de potencia añadida).

**Ejemplo 1**

El objetivo fue diseñar una lente según la presente invención con cero dioptrías de corrección de la visión a distancia y una potencia añadida de +2 dioptrías. Por conveniencia, esta lente se diseñó con corrección de distancia en la parte superior de la lente y la potencia añadida cerca de la parte inferior de la lente, similarmente a la disposición de una lente progresiva estándar. Los siguientes parámetros de ajuste estándar se utilizaron en los cálculos: distancia desde la córnea del ojo al vértice de la superficie posterior (distancia del vértice corneal) de la lente: 13 mm; desplazamiento de la región de visión de cerca: 2 mm hacia la nariz; distancia al valor añadido total desde la línea de 0-180 de la lente: 16 mm; inclinación pantoscópica: 8 grados; ángulo de envoltura: 5 grados.

La superficie mostrada en las figuras 1 y 4 se utilizó como la superficie de gradación de potencia continua en la parte frontal de la lente final. Esta superficie se modeló matemáticamente como una suma de 150 polinomios de Zernike ortogonales, ordenados según el esquema de Wyant-Creath, y los coeficientes de esta representación de la superficie se convirtieron en la entrada para los cálculos de lente prescritos. Los cálculos se realizaron a través de un trazado de rayo exacto para combinar la información sobre la superficie de gradación de potencia y los parámetros de ajuste y determinar las características necesarias de la otra superficie de lente para satisfacer los requisitos de la prescripción. Para estos cálculos, la otra superficie de la lente (en estos Ejemplos, la superficie de lente posterior) se representó por una expansión separada de 150 polinomios de Zernike. Los coeficientes de las expansiones de la superficie de lente posterior se hallaron por minimización de una función de mérito que compara el mapa de potencia real en cualquier etapa del cálculo con un mapa de potencia teórico. La optimización se llevó a cabo usando el algoritmo de optimización BFGS (Broyden-Fletcher-Goldfarb-Shanno).

La figura 6 muestra un mapa de contorno de superficie de la superficie posterior que se calculó para su combinación con la superficie de lente ilustrada en la figura 4 para satisfacer este requisito de prescripción. En este Ejemplo, la figura 6 se diseñó para que fuera la superficie interior de la lente. Obsérvese que esta superficie interior muestra una cantidad significativa de cilindro y un cambio rápido de cilindro a través de la superficie inferior (contornos de línea gruesa), mientras que la potencia esférica (contornos de línea fina) cambia mucho menos.

La figura 7 muestra el gráfico de contorno de potencia pasante calculado que resulta cuando la superficie de la figura 6 se combina con la superficie de gradación de potencia de la figura 4. Este gráfico muestra la potencia óptica efectiva que se percibirá cuando se mire a través de la lente. Las líneas gruesas marcan los valores del cilindro y las líneas finas indican los contornos de potencia esférica. La región añadida se indica por el contorno de potencia esférica de 1,8D, correspondiente a la región con una potencia óptica de al menos un 90% de la potencia añadida deseada. La figura 7 muestra que la combinación de las dos superficies crea una lente con un área de potencia óptica grande estabilizada para la visión a distancia con corrección cero (potencia de plano), un corredor intermedio con cambio rápido en la potencia óptica y otra área de potencia óptica estabilizada de alrededor de +2 dioptrías para el área añadida.

Analizando esta lente de otra manera, la figura 8 muestra la potencia calculada a lo largo de un perfil que sigue una línea presbita típica de la vista desde la parte superior de la lente hasta la parte inferior de la lente y que atraviesa el corredor intermedio resultante y el área añadida de la lente de este Ejemplo. La línea discontinua traza este perfil de posición a lo largo de la superficie posterior de esta lente con los valores de potencia de superficie asociados mostrados en el eje de la derecha. La línea continua traza el mismo perfil de posición en la lente final, con los valores de potencia pasante calculados para esta lente mostrados en el eje de la izquierda.

El perfil de línea continua de la figura 8 que traza la potencia pasante de la lente final muestra que se han creado dos áreas estabilizadas de potencia óptica para la lente final por la combinación de la superficie de lente frontal ilustrada por las figuras 1 y 4 y la superficie de lente posterior ilustrada en las figuras 6 y 8 (gráfico de línea discontinua). La potencia pasante en línea continua de muestra un área que tiene un valor de aproximadamente 0 dioptrías, como se requiere para la prescripción de visión a distancia que se extiende desde aproximadamente 30 mm hasta cerca de 0 mm, y otra área que se extiende desde unos -15 mm hasta -30 mm con una potencia de casi 2D. Ambas áreas aparecen como mesetas de potencia. Estas áreas cumplen incluso con la definición preferida más exigente de un área estabilizada con potencia media  $\pm 0,06D$ . Al reexaminar el gráfico de contorno de la figura 7 en estas dos regiones se confirma que las áreas creadas con potencia óptica estabilizada por estas dos superficies de la lente tienen una extensión suficiente a través de la superficie de la lente para que sean efectivas. Así, el Ejemplo ha conseguido el resultado de crear un área estabilizada efectiva de potencia óptica por la combinación de estas superficies de la lente.

Además, el perfil de la línea discontinua de la figura 8 muestra las variaciones de potencia sorprendentes requeridas de la superficie posterior para cooperar con la superficie frontal de gradación de potencia a fin de suministrar la prescripción deseada. Esta es una forma inusual y no intuitiva para una superficie de lente, con múltiples cambios de potencia, y sucediendo tales cambios en ambas direcciones localmente negativa y positiva.

Otra singularidad de la invención es que la prescripción deseada se logró sin depender de áreas o mesetas de potencia estabilizadas específicas sobre la superficie gradación de potencia, aunque esta superficie contribuyó significativamente a la potencia añadida final. Esto se puede ver mediante la comparación de los valores de potencia de superficie entre  $y = -10$  e  $y = -30$  en los gráficos de perfil de potencia de superficie, como se muestra en la figura

1 y la línea discontinua de la figura 8. En esta región, la potencia de superficie para la superficie frontal (figura 1) aumenta desde aproximadamente 4,3D hasta 5D. En contraste, la potencia de superficie para la superficie posterior disminuye primero desde -3D hasta aproximadamente -2,65D entre -10 mm y -15 mm, y luego aumenta de nuevo hasta aproximadamente -2,9D por -30 mm. La adición de estas dos potencias de las superficies proporciona una aproximación muy cruda de la potencia añadida resultante de la lente. En este caso, la adición oscilaría desde aproximadamente  $(+4,3 + -3) = 1,3D$  hasta a  $(+5 + -2,9) = 2,1D$ . Esto es consistente con las lecturas de potencia pasante calculadas más exactamente ilustradas por la línea continua de la figura 8, que muestran la potencia añadida aumentando desde aproximadamente 1,35D hasta cerca de 2D en esta región, impulsado principalmente por el aumento de la potencia de superficie que se produce en la superficie de gradación de potencia continua. De nuevo, la comparación de los datos para la lente final de las figuras 7 y 8 muestra que las regiones de meseta de la figura 8 se corresponden con áreas de potencia óptica estabilizada efectivas creadas para la lente final por esta combinación de dos superficies de lente variables.

Se proporcionan dos ejemplos adicionales para ilustrar cómo la invención puede usarse para adaptar a medida las propiedades de la lente para una prescripción dada, o para las preferencias o el uso por el usuario. Una vez más, usada la prescripción de ejemplo de cero dioptrías de corrección de la visión a distancia y de potencia añadida de +2 dioptrías, los EJEMPLOS 2 y 3 y las figuras 9-12 demuestran cómo se puede utilizar la superficie descrita anteriormente e ilustrada en las figuras 1 y 4 como una superficie frontal de ejemplo, y diseñar y combinar otras diversas superficies para crear lentes con la misma Rx, pero con diferentes características ópticas o deseadas por el usuario. El método para expresar matemáticamente las superficies y la técnica de optimización para estos EJEMPLOS son la misma aproximación que la utilizada para el EJEMPLO 1.

### Ejemplo 2

En este ejemplo, como en el EJEMPLO 1, el objetivo consistió en diseñar una lente según la presente invención con cero dioptrías de corrección de visión a distancia y una potencia añadida de +2 dioptrías. Sin embargo, en este caso, el cálculo tenía la restricción adicional de que la lente debía tener una distancia vertical más corta entre las áreas de visión a distancia y de cerca que la de la lente del EJEMPLO 1. Esta restricción puede ser deseada, por ejemplo, por una persona que seleccione monturas de gafas más pequeñas, o que muestre menos movimiento descendente del ojo para acomodar la posición de lectura. Los parámetros de ajuste fueron los mismos que los utilizados en el EJEMPLO 1, excepto que la distancia al añadido completo se fijó en 13 mm por debajo de la línea de 0-180 en lugar de 16 mm.

La figura 9, de una manera similar a la figura 8, muestra perfiles de potencia calculados siguiendo una línea de vista presbíta típica desde la parte superior de la lente hasta la parte inferior y traza los valores de potencia óptica en toda la superficie de lente posterior (línea discontinua y eje de la derecha) y los valores de potencia pasante calculados de la lente final del EJEMPLO 2 (línea continua y eje de la izquierda). La potencia pasante de la lente final en este Ejemplo (línea continua de la figura 9) muestra las dos áreas de potencia óptica estabilizada según se desee para la prescripción. Además, la comparación de los perfiles de potencia pasante de las figuras 8 y 9 muestra que se ha alcanzado el área estabilizada con aproximadamente una potencia añadida de +2D a una distancia más corta hacia abajo del perfil de la lente ilustrado en la figura 9. La misma superficie de gradación de potencia (según se ilustra en las figuras 1 y 4) se utilizó en ambos EJEMPLOS 1 y 2. Por lo tanto, con el fin de mover más arriba la región añadida en la lente final, la superficie posterior del EJEMPLO 2 debe tener una contribución de potencia diferente a la de la superficie posterior en el EJEMPLO 1. Esto se ve en la traza del perfil (línea discontinua) de la superficie posterior de la figura 9. En -10 mm, la potencia de superficie es solo de -2,5D (en comparación con -3D en el Ejemplo 1) y, por lo tanto, esta superficie posterior resta menos de la gradación de potencia de la superficie frontal en la parte superior del área añadida de lo que lo hizo la superficie de lente posterior ilustrada en la figura 8.

Para información adicional, la figura 10 muestra el gráfico de contorno de potencia calculado para lecturas de potencia pasante esperadas de esta lente de ejemplo. La región abarcada por el contorno de potencia esférica de 1,8D se extiende definitivamente más hacia el centro de la lente en comparación con la lente del EJEMPLO 1, lo que muestra que se ha logrado la distancia más corta hasta un área de potencia añadida estabilizada efectiva mediante esta combinación de superficies. Se observa que tanto la esfera de 0,5D como los contornos de cilindro aparecen más altos en la dirección positiva y para el gráfico de contorno de lectura pasante de la figura 10 respecto de lo visto en la figura 7; este efecto se ve también a menudo en lentes progresivas con una distancia corta al añadido y puede ser aún más pronunciado que en el EJEMPLO 2. Es probable que una ventaja de utilizar el diseño de superficie de gradación de potencia continua sea disminuir tales intrusiones de potencia no deseada dentro del área de visión a distancia de la lente final. Similarmente, obsérvese que la región de visión de cerca estabilizada efectiva definida por el contorno de 1,8D de la figura 10 es incluso mayor que para el diseño del EJEMPLO 1. Esto muestra otra variable que puede ser influenciada por la optimización de la combinación de la superficie de gradación de potencia y la otra superficie de la lente.

### Ejemplo 3

El objetivo fue diseñar otra lente según la presente invención con cero dioptrías de corrección de visión a distancia y una potencia añadida de +2 dioptrías. Los parámetros de ajuste fueron los mismos que los usados en el EJEMPLO 1. Sin embargo, en este caso, el cálculo tenía el requisito separado de crear una lente con un área de visión de

cerca más ancha que en el EJEMPLO 1.

De nuevo, se utilizó la superficie de gradación de potencia ilustrada en las figuras 1 y 4 para la superficie frontal de esta lente de ejemplo. La figura 11 muestra el perfil de potencia de superficie para la superficie de lente posterior (línea discontinua y el eje de la derecha) y la potencia pasante calculada de la lente final (línea continua y eje de la izquierda) a lo largo de una línea de vista típica para la visión presbíta desde la parte superior de esta lente (30 mm) hasta la parte inferior de la lente (-30 mm). El gráfico de potencia pasante muestra las áreas de potencia óptica estabilizada deseadas tanto para una corrección de visión a distancia de cero dioptrías y una potencia añadida de +2D. La forma de este perfil de superficie posterior es similar a los de los Ejemplos anteriores, pero tiene un valor de potencia de superficie de aproximadamente -3,15D en -10 mm, en comparación con los valores más pequeños observados en los ejemplos anteriores. Además, la potencia de superficie posterior cambia ligeramente más a través de esta área añadida de la lente que en la superficie posterior usada en el EJEMPLO 1.

El gráfico de contorno de potencia pasante calculado asociado con esta lente (figura 12) muestra claramente, como en los Ejemplos anteriores, una gran área efectiva de potencia estabilizada para el valor de visión a distancia y, además, un área estabilizada de visión de cerca efectiva (delimitada por el contorno de 1,8D) más ancha que el área correspondiente en la lente del EJEMPLO 1. En este diseño, como en el EJEMPLO 2, la esfera de 0,5D (líneas finas) y los contornos de cilindro (líneas gruesas) se extienden más arriba de la lente que en el EJEMPLO 1 y las áreas con lecturas de cilindro más altas, tales como un cilindro no deseado de 2D, son más grandes. Sin embargo, estos compromisos de diseño pueden ser aceptables, dado que se gana una área visión a distancia-de cerca más grande y más ancha en el EJEMPLO 3.

Sorprendentemente, las superficies que se deben combinar con la superficie de gradación de potencia de los EJEMPLOS 1-3 parecen diferentes respecto de las superficies monovisión progresivas estándar. Se observaron anteriormente las variaciones de potencia inusuales y los múltiples cambios a través de la lente de potencia creciente o decreciente. La mayoría de las superficies progresivas tratan de limitar cualquier cilindro en la región de visión a distancia de la lente, pero esta limitación no se requirió para las superficies usadas en los EJEMPLOS 1-3. Por ejemplo, el mapa de potencia de superficie posterior representado en la figura 6 muestra un corredor estrechado delimitado por el contorno del cilindro de 0,5D (líneas gruesas), y un área grande en la mitad superior de la lente con valores de cilindro de 0,5-1,0D. Sin embargo, en combinación con una superficie tal como la mostrada en la figura 4, parece que el cilindro en la superficie de lente opuesta se puede utilizar ventajosamente para ampliar el área de visión a distancia resultante de la lente final, como se ilustra en la figura 7. Las superficies opuestas que se combinan con una superficie de gradación de potencia continua según esta invención tienen otra ventaja. Dado que sus componentes de cilindro pueden ser más extensas sobre la superficie de la lente (en contraste con superficies de lente progresivas), los cambios de potencia pueden ser más graduales y, por lo tanto, más fáciles de crear por acabado superficial convencional o digital. En una realización preferida, los cambios graduales en sustancialmente toda la otra superficie cooperan con la superficie de gradación de potencia continua para crear la prescripción final. Por lo tanto, es evidente que para la invención ambas superficies deben asumir con frecuencia configuraciones innovadoras a fin de crear la combinación deseada.

Los ejemplos anteriores ilustran algunas de las variaciones en el diseño final de la lente que se pueden lograr con la presente invención para una prescripción dada. Tal variación de las propiedades finales de lente sería extremadamente difícil de realizar con piezas en tosco de lentes progresivas estándar, debido a sus regiones preestablecidas de potencia añadida y área de visión clara a distancia. La superficie de gradación de potencia continua puede proporcionar regiones más amplias adaptables a los diversos requisitos de diseño o preferencias del usuario, como se muestra en los EJEMPLOS 1-3.

El siguiente ejemplo ilustra cómo la misma superficie de gradación de potencia continua se puede utilizar para crear una prescripción diferente.

#### 45 Ejemplo 4

En este ejemplo, la superficie ilustrada en las figuras 1 y 4 se utilizó como una superficie de lente frontal y se combinó con otra superficie de lente posterior más para proporcionar una lente final según la invención con una corrección de -2 dioptrías en la distancia y +3 dioptrías de potencia añadida en el área de visión de cerca. La forma de las representaciones matemáticas de las superficies y la aproximación de la optimización fueron las mismas que las utilizadas en los EJEMPLOS anteriores, y se utilizaron los parámetros de ajuste del EJEMPLO 1. La figura 13 muestra el gráfico de potencia de contorno de superficie para la superficie posterior que se combina con la superficie de gradación de potencia para lograr estos requisitos de prescripción. Esta superficie de lente posterior muestra una potencia esférica alta y rápidamente variable (líneas finas de contorno), además de más cambios de potencia cilíndrica (líneas gruesas de contorno) que en los ejemplos anteriores.

La figura 14 muestra el gráfico de contorno de potencia calculado de lecturas de potencia pasante esperadas para la lente de ejemplo creada por esta combinación de superficies. Se ha creado una región de visión a distancia estabilizada efectiva por esta combinación de superficies en la mitad superior de la lente, delimitada por el contorno de esfera de -1,5D y el límite de cilindro de 0.5D. Esta gran área tendrá una potencia óptica cercana al valor prescrito de 2D. El área de visión de cerca de la lente creada por la combinación de estas dos superficies está

confinada por la línea de contorno esférico de 0,7D. Esto se corresponde con una potencia añadida de al menos +2,7D, o un 90% del añadido esperado ( $Rx$  distancia -2D +  $Rx$  cerca 2,7D = 0,7D valor efectivo).

5 Los perfiles de potencia para esta lente se muestran en la figura 15. Como en los Ejemplos anteriores, el perfil comienza en la parte superior de la lente (30 mm) y discurre a lo largo de una línea de vista prósbita desde el área de visión a distancia a través del área de visión de cerca hasta la parte inferior de la lente (-30 mm). La línea continua de la potencia pasante calculada para esta lente muestra claramente una meseta de potencia estabilizada en -2 D para la corrección de la visión a distancia, y otra meseta de potencia estabilizada en alrededor de 1D en el área de visión de cerca que se corresponde con el requerimiento de un añadido de +3 D. La superficie posterior combinada con la superficie de la figura 4 para crear esta lente muestra un perfil de potencia ondulante inusual similar a los Ejemplos anteriores, pero con diferentes valores de potencia de superficie y con cambios relativos mayores (línea discontinua y el eje de la derecha en la figura 15). Para conseguir una potencia negativa en el área de visión a distancia, la superficie posterior debe proporcionar mucha más potencia que en los Ejemplos anteriores y cambiar más rápidamente a fin de cooperar con el aumento de gradación de potencia de la superficie frontal. Similarmente, se encuentra que la potencia de la superficie posterior cambia más a lo largo de su perfil de -10 mm hasta -30 mm que en los Ejemplos anteriores y, de esta manera cooperativa, las dos superficies crean un área de adición estabilizada más alta para la lente final sin que ninguna de las superficies muestre un área estabilizada efectiva propia.

20 Estos cálculos ilustran ejemplos de las diferentes maneras en las que una sola superficie de gradación de potencia continua puede combinarse con otras superficies. Un versado en la técnica entenderá que si se pueden crear tales variaciones en la prescripción y en las características de la lente con una superficie gradación de potencia de ejemplo, el uso de otras superficies de gradación de potencia a cada lado de la lente puede permitir asimismo una variedad de diferentes prescripciones, así como abordar diversos factores de rendimiento óptico, cosmético o práctico.

El siguiente ejemplo ilustra el uso de una superficie de gradación de potencia continua para lentes monovisión.

### 25 **Ejemplo 5**

El objetivo en este Ejemplo fue diseñar una lente según la presente invención con una potencia esférica de -4,25D, una potencia cilíndrica de +1D y un eje de cilindro de 180°. Tal prescripción es bastante común, pero puede ser particularmente exigente el adaptarla en monturas de envoltura que a menudo requieren curvas base más altas normalmente asociadas con las prescripciones positivas. Una ventaja del diseño de gradación de potencia continuo es que la curvatura esférica de la superficie de la lente puede elegirse de modo que aumente a través de la lente. Esta característica se puede utilizar para tener ventaja, por ejemplo, en la adaptación de la lente a una montura de envoltura. Se utilizaron los siguientes parámetros de ajuste estándar en los cálculos: distancia de la córnea del ojo al vértice de la superficie posterior de la lente (distancia al vértice de la córnea): 13 mm, ángulo de montura facial (envoltura) 15 grados y una inclinación pantoscópica de 4 grados. El método de representación matemática de las superficies y la aproximación de optimización utilizados en los Ejemplos anteriores también se utilizaron para el EJEMPLO 5.

40 La superficie de gradación de potencia continua como se ilustra en la figura 5 se utilizó en este ejemplo como la superficie exterior de la lente. Obsérvese que el aumento de potencia avanza lateralmente a través de la lente de lado a lado para esta superficie de la invención, en vez de avanzar desde la parte superior hasta la parte inferior de la lente. El aumento de la gradación de potencia, como se puede ver por los contornos de potencia esférica (líneas finas) de la figura 5, estaba alineado de tal modo que la potencia se incrementó a lo largo del eje de 0-180 hacia las sienas (-30 mm). La figura 16, que traza este gráfico de perfil de potencia de la superficie a lo largo del eje de 0-180, confirma que la superficie mostrada en la figura 5 no comprende discontinuidades ni puntos de inflexión.

45 La figura 17 muestra el gráfico de contorno de potencia de superficie para la superficie de lente posterior que se combina con la superficie de gradación de potencia continua de la figura 5 para crear la prescripción monovisión especificada. Esta superficie posterior muestra una distribución de potencia cilíndrica diferente a la de los ejemplos anteriores en consonancia con el eje de cilindro de 180° de la prescripción especificada. Además, los contornos de potencia esféricos (líneas finas) en esta superficie describen una superficie mucho más alta negativa (altamente cóncava) que es apropiada para acomodar la potencia esférica de -4,25D de la Rx deseada.

50 La figura 18 muestra el gráfico de contorno de potencia correspondiente a los valores calculados de potencia pasante de la lente de ejemplo creada por las superficies combinadas de la figura 5 y la figura 17. Se crea un área muy extensa con los valores de prescripción tanto esféricos como cilíndricos correctos por la cooperación de estas dos superficies, y esta área se extiende bastante hacia la porción temporal de la lente (valores -y).

55 Los perfiles de potencia calculados para esta lente confirman estos resultados. La figura 19 traza el perfil de potencia de superficie de la superficie posterior (línea discontinua y valores del eje y de la derecha) y la potencia pasante calculada de la lente (línea continua y valores del eje y de la izquierda). En este Ejemplo, la línea del perfil se centra en la lente (en  $y=0$  como se ve en la figura 18) y avanza desde el borde nasal de la lente (30 mm) hasta el borde temporal de la lente (-30 mm). El perfil de potencia pasante muestra un buen acuerdo con el valor de

prescripción deseado a través de la lente, lo que ilustra que se ha creado un área efectiva muy grande de potencia óptica estabilizada por esta combinación de superficies de la lente. En este Ejemplo, el perfil de potencia de la superficie posterior (línea discontinua de la figura 19) se asemeja a una superficie de gradación de potencia continua alternativa y su mapa de contorno correspondiente ilustrado en la figura 17 muestra que esta superficie incluye cambios significativos en los valores de cilindro, así como en la potencia esférica.

La extensa área efectiva con la prescripción correcta en esta lente de ejemplo es particularmente digna de mención y de un diseño ventajoso para las monturas del estilo de envoltura que de otro modo presentan una gran porción de la lente al usuario en ángulos oblicuos. La curvatura adicional diseñada de la superficie de gradación de potencia continua significa que se presenta más superficie de la lente en dirección perpendicular al ojo, y esto permite una mejor corrección de la visión y una menor distorsión angular. Sorprendentemente, a pesar del hecho de que no se requiere una potencia gradualmente creciente para una lente monovisión del estilo de envoltura, el uso de la superficie de gradación de potencia proporciona una solución óptica muy exitosa. Además, esta lente de prescripción bien optimizada se ha logrado con una curva base frontal que oscila desde solamente 3-5D, en vez de las curvas base más empinadas y más bulbosas usadas típicamente para lentes del estilo de envoltura.

Aunque la invención se ha descrito con detalle con referencia a realizaciones preferidas y a múltiples variaciones o derivados de estas realizaciones, un versado en la técnica apreciará que son posibles sustituciones, combinaciones y modificaciones adicionales sin apartarse del concepto y alcance de la invención. Estas y otras variaciones similares se harán evidentes para un versado normal en la técnica después de la inspección de la memoria y los dibujos de este documento. En consecuencia, la invención se identifica por las siguientes reivindicaciones.

La presente invención puede resumirse como sigue:

1. Una lente oftálmica que proporciona una prescripción deseada, que comprende:

una primera superficie de la lente y una segunda superficie de la lente en el lado opuesto de la lente respecto de la primera superficie de la lente, en la que la primera superficie de la lente comprende un aumento continuo y gradual de la potencia óptica sobre sustancialmente la totalidad de su superficie ópticamente utilizable desde un borde hasta sustancialmente el borde opuesto, en la que el aumento continuo y gradual de la potencia óptica comprende un cambio en la potencia esférica y la potencia óptica aumenta sin puntos de inflexión ni discontinuidades desde un borde del área ópticamente utilizable hasta sustancialmente el borde opuesto del área ópticamente utilizable; y en la que la segunda superficie de la lente se calcula en combinación con el aumento de potencia óptica de la primera superficie de la lente y la segunda superficie de la lente se conforma de tal manera que la lente proporcione al menos una primera área efectiva de potencia óptica estabilizada de al menos 6 mm en su diámetro mínimo, en donde la potencia óptica estabilizada no varía en más de +/- 0,12D respecto de la potencia de prescripción deseada.

2. Una lente oftálmica que comprende las características de la lente oftálmica 1, en la que el cambio de potencia óptica de la primera superficie de lente aumenta desde la parte superior de la lente hasta la parte inferior de la lente.

3. Una lente oftálmica que comprende las características de la lente oftálmica 1, en la que la primera superficie de la lente es la superficie de lente exterior.

4. Una lente oftálmica que comprende las características de la lente oftálmica 1, en la que la primera superficie de la lente es la superficie de lente interior.

5. Una lente oftálmica que comprende las características de la lente oftálmica 1, en la que la primera superficie de la lente y la segunda superficie de la lente cooperan para proporcionar una corrección monovisión para la prescripción deseada.

6. Una lente oftálmica que comprende las características de la lente oftálmica 1, en la que la primera superficie de la lente y la segunda superficie de la lente cooperan para proporcionar una primera área para la visión a distancia y una segunda área de visión de cerca para la prescripción deseada.

7. Una lente oftálmica que comprende las características de la lente oftálmica 6, en la que las áreas primera y segunda comprenden dos potencias ópticas diferentes para la descripción deseada.

8. Una lente oftálmica que comprende las características de la lente oftálmica 1, en la que el cambio continuo y gradual de la potencia óptica en la primera superficie de la lente contiene una línea umbilical.

9. Una lente oftálmica que comprende las características de la lente oftálmica 1, en la que el cambio gradual y continuo de la potencia óptica en la primera superficie de la lente comprende un cambio de la potencia esférica.

10. Una lente oftálmica que comprende las características de la lente oftálmica 1, en la que el cambio gradual y continuo de la potencia óptica en la primera superficie de la lente comprende un cambio de potencia tanto esférica como cilíndrica.

11. Una lente oftálmica que comprende las características de la lente oftálmica 1, en la que el cambio gradual y continuo de la potencia óptica de la primera superficie de la lente comprende un aumento lineal de la potencia.

12. Una lente oftálmica que comprende las características de la lente oftálmica 1, en la que el cambio gradual y continuo de la potencia óptica en la primera superficie de la lente comprende un aumento no lineal de la potencia.
13. Una lente oftálmica que comprende las características de la lente oftálmica 12, en la que el aumento no lineal de potencia se describe por una ecuación seleccionada del grupo que consiste en ecuaciones de funciones exponenciales, logarítmicas, espirales logarítmicas, parabólicas y de potencias positivas.
- 5 14. Una lente oftálmica que comprende las características de la lente oftálmica 1, en la que el cambio de la potencia óptica de la primera superficie de la lente aumenta lateralmente a través de la lente.
15. Una lente oftálmica que comprende las características de la lente oftálmica 1, en la que la prescripción deseada tiene valores tanto de visión a distancia como de visión de cerca y en la que la segunda superficie de la lente se calcula en combinación con el aumento de potencia óptica de la primera superficie de la lente de tal manera que la lente proporcione al menos una primera área efectiva de potencia óptica estabilizada para la visión a distancia y al menos una segunda área efectiva de potencia óptica estabilizada para la visión de cerca.
- 10 16. Una lente oftálmica que comprende las características de la lente oftálmica 15, en la que las áreas efectivas primera y segunda comprenden dos potencias ópticas diferentes para la prescripción deseada.
- 15 17. Una lente oftálmica que comprende las características de la lente oftálmica 15, en la que el cambio gradual y continuo de la potencia óptica en la primera superficie de la lente comprende un aumento lineal de la potencia.
18. Una lente oftálmica que comprende las características de la lente oftálmica 15, en la que el cambio gradual y continuo de la potencia óptica en la primera superficie de la lente comprende un aumento no lineal de la potencia.
- 20 19. Una lente oftálmica que comprende las características de la lente oftálmica 15, en la que la cooperación de las superficies primera y segunda comprende además la optimización de las preferencias del usuario.
20. Una lente oftálmica que comprende las características de la lente oftálmica 15, en la que el cambio gradual y continuo de la potencia óptica en la primera superficie de la lente contiene una línea umbilical.

**REIVINDICACIONES**

1. Una lente oftálmica que proporciona una prescripción deseada, comprendiendo dicha lente:
- 5 una primera superficie de la lente y una segunda superficie de la lente en el lado opuesto de la lente respecto de la primera superficie de la lente, en la que la primera superficie de la lente comprende un aumento continuo y gradual de la potencia óptica sobre sustancialmente toda su superficie ópticamente utilizable desde un borde hasta sustancialmente el borde opuesto, en la que el aumento continuo y gradual de la potencia óptica comprende un cambio de la potencia esférica y la potencia óptica aumenta sin puntos de inflexión ni discontinuidades de un borde de la superficie ópticamente utilizable hasta sustancialmente el borde opuesto de la superficie ópticamente utilizable;
- 10 y en la que la segunda superficie de la lente se calcula en combinación con el aumento de potencia óptica de la primera superficie de la lente y la segunda superficie de la lente se conforma de tal manera que la lente proporciona al menos una primera área efectiva de potencia óptica estabilizada de al menos 6 mm en su diámetro mínimo, en donde la potencia óptica estabilizada no varía en más de +/- 0,12D respecto de la potencia de prescripción deseada.
- 15 2. Una lente oftálmica según la reivindicación 1, en la que la lente tiene bordes nasal y temporal y superficies frontal y posterior, estando configurada la lente para su uso como una lente de gafas de tal manera que, estando el borde nasal junto a la nariz del usuario y estando la superficie posterior más cercana al ojo del usuario, el aumento de la potencia óptica de la primera superficie de la lente aumente desde la parte superior de la lente hasta la parte inferior de la lente.
- 20 3. Una lente oftálmica según la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en la que la primera superficie de la lente es la superficie de lente frontal más alejada del usuario.
- 25 4. Una lente oftálmica según la reivindicación 1, en la que la primera superficie de la lente es la superficie de lente posterior más cercana al ojo del usuario.
5. Una lente oftálmica según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4 inclusive, en donde la lente proporciona además una segunda área efectiva de potencia óptica estabilizada de al menos 6 mm en su diámetro mínimo, en la que la potencia óptica estabilizada de la segunda área efectiva no varía en más de +/- 0,12D respecto de un valor de la potencia de prescripción deseada.
6. Una lente oftálmica según la reivindicación 5, en la que la primera y la segunda áreas efectivas de potencia óptica estabilizada comprenden dos potencias ópticas diferentes para la prescripción deseada.
7. Una lente oftálmica según cualquier reivindicación precedente, en la que el aumento continuo y gradual de la potencia óptica en la primera superficie de la lente contiene una línea umbilical.
- 30 8. Una lente oftálmica según cualquier reivindicación precedente, en la que el aumento continuo y gradual de la potencia óptica en la primera superficie de la lente comprende además un cambio en la potencia cilíndrica.
9. Una lente oftálmica según la reivindicación 1, en la que el aumento continuo y gradual de la potencia óptica en la primera superficie de la lente comprende un aumento lineal de la potencia.
- 35 10. Una lente oftálmica según la reivindicación 1, en la que el aumento continuo y gradual de la potencia óptica en la primera superficie de la lente comprende un aumento no lineal de la potencia.
11. Una lente oftálmica según la reivindicación 10, en la que el aumento no lineal de la potencia se describe por una ecuación seleccionada del grupo que consiste en ecuaciones de funciones exponenciales, logarítmicas, espirales logarítmicas, parabólicas y de potencias positivas.
- 40 12. Una lente oftálmica según la reivindicación 1, en la que la lente tiene bordes nasal y temporal y superficies frontal y posterior, estando configurada la lente para su uso como una lente de gafas de tal manera que, estando con el borde nasal junto a la nariz del usuario y estando la superficie posterior más cerca del ojo del usuario, el aumento de la potencia óptica de la primera superficie de la lente aumente desde el borde nasal hasta el borde temporal de la lente.
- 45 13. Una lente oftálmica según la reivindicación 6, en la que la primera área efectiva de potencia óptica estabilizada proporciona potencia de prescripción para la visión a distancia y la segunda área efectiva de potencia óptica estabilizada proporciona potencia de prescripción para visión de cerca.

FIG. 1

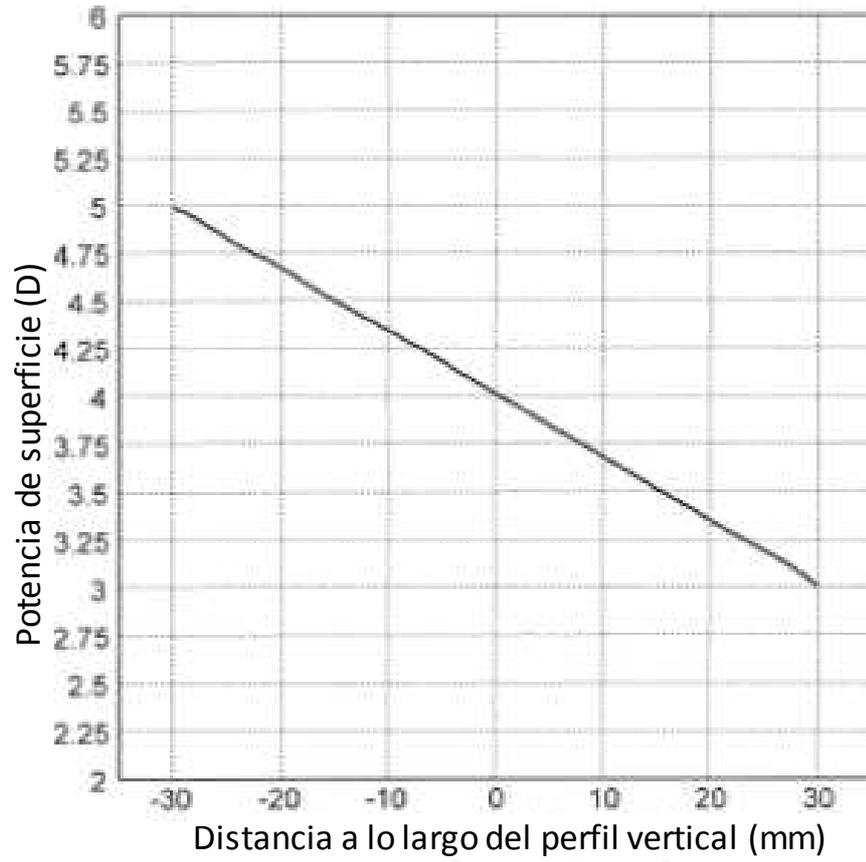


FIG. 2 (Técnica anterior)

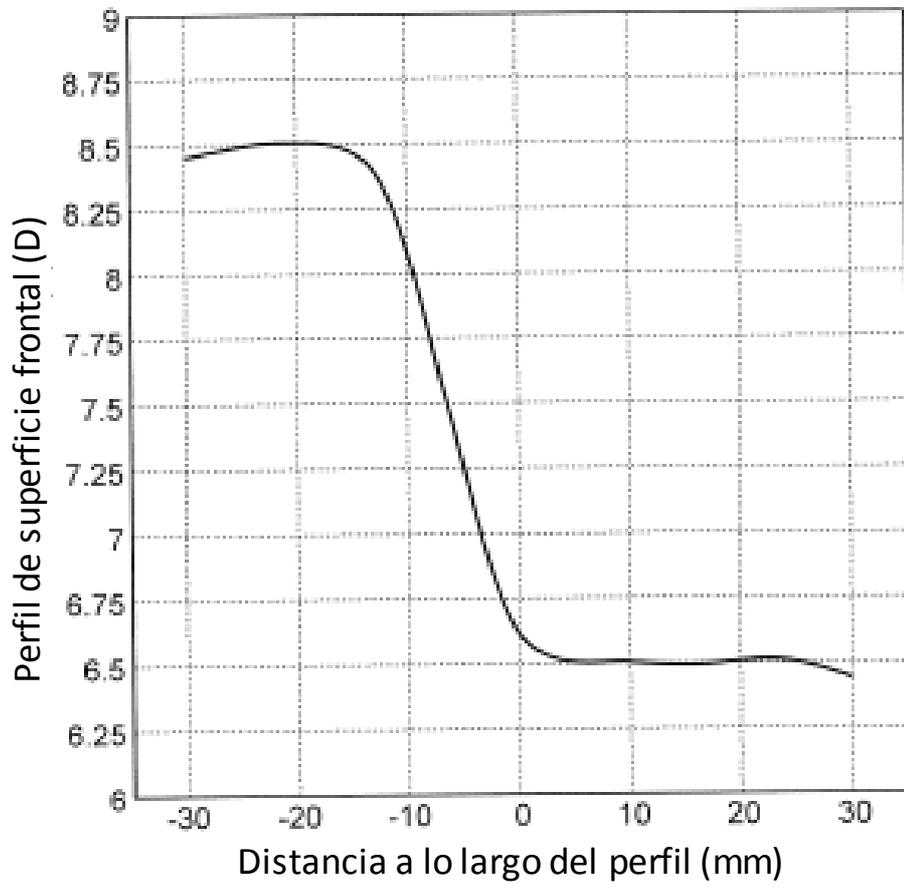


FIG. 3

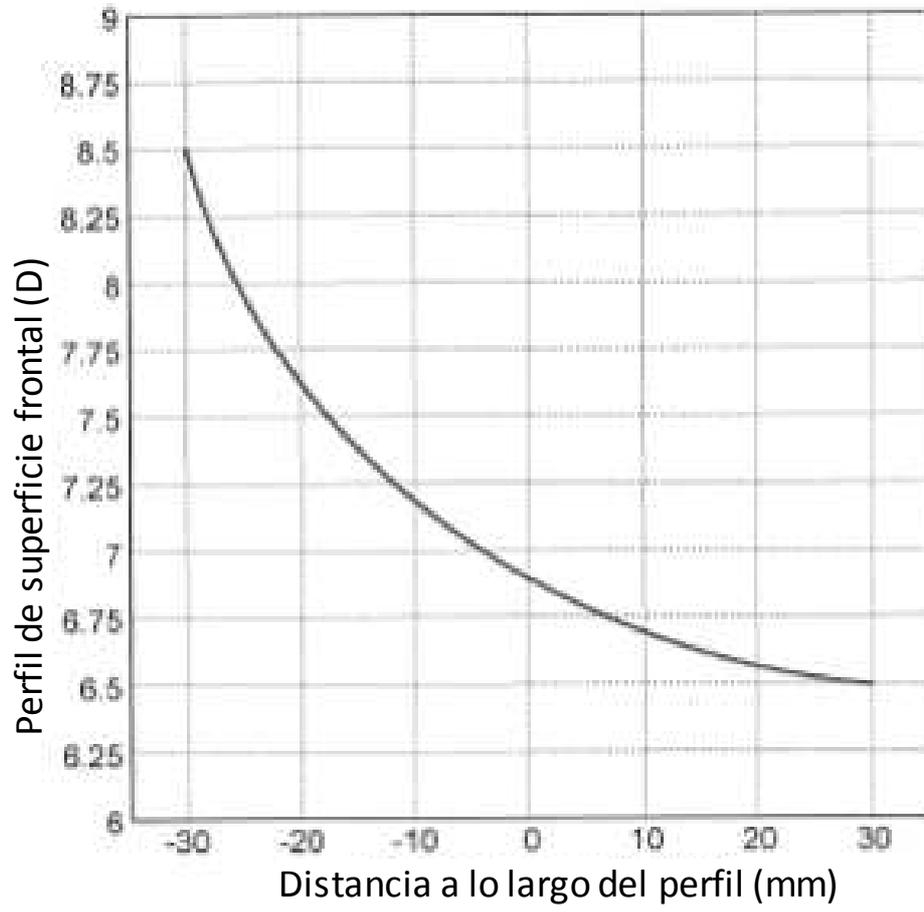


FIG. 4

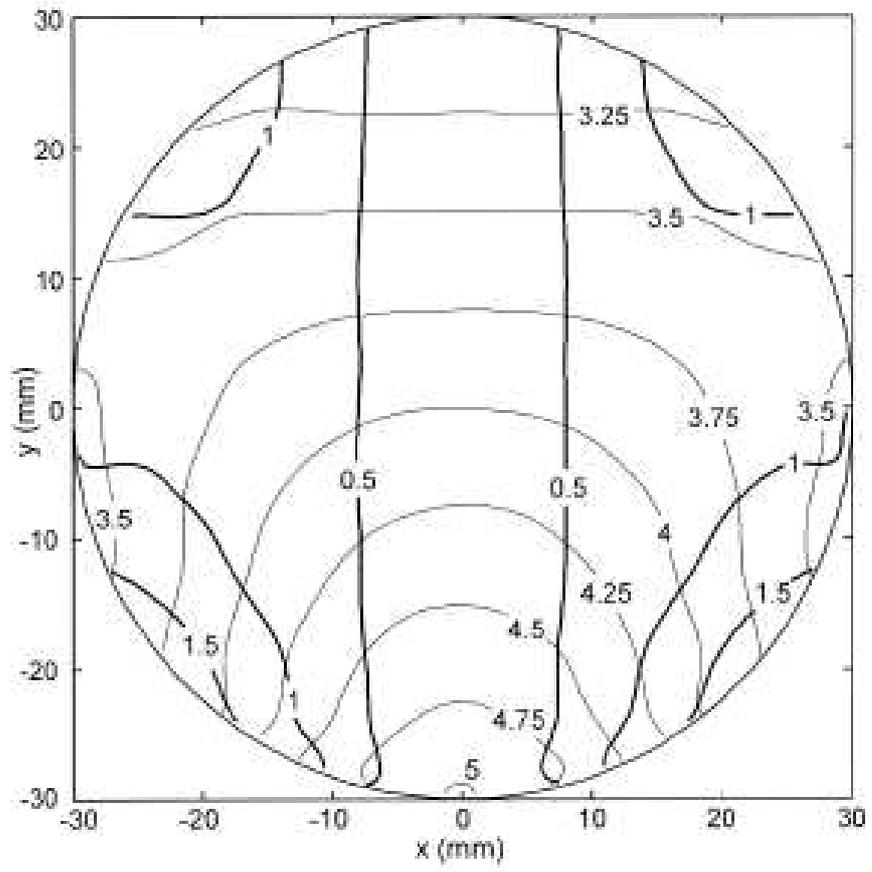


FIG. 5

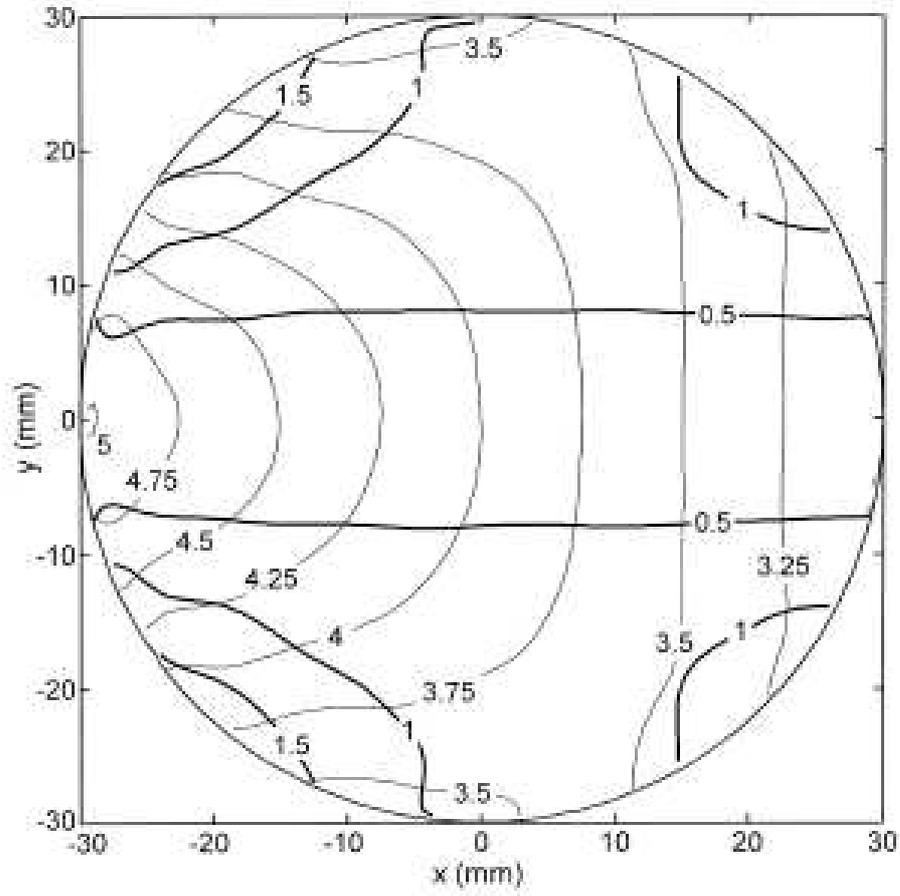
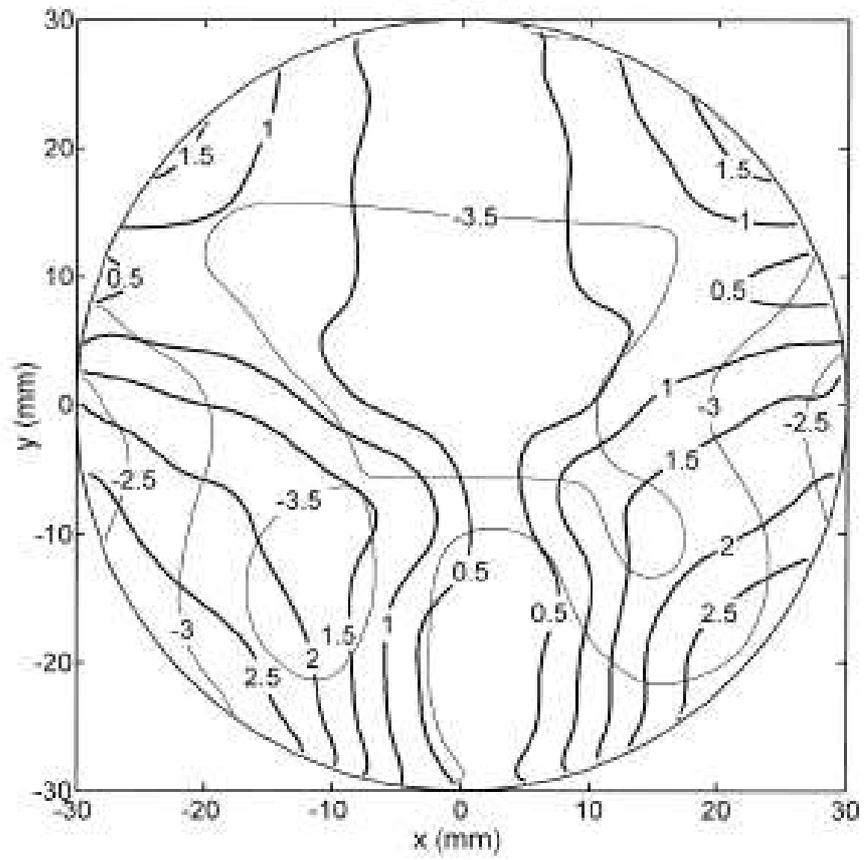


FIG. 6



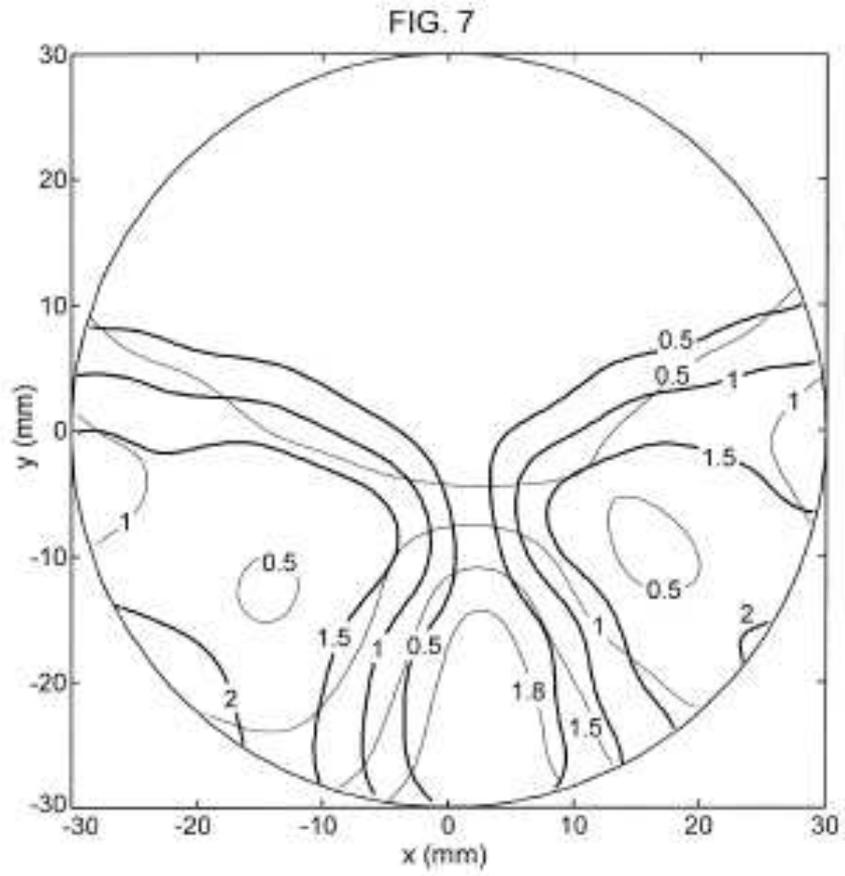
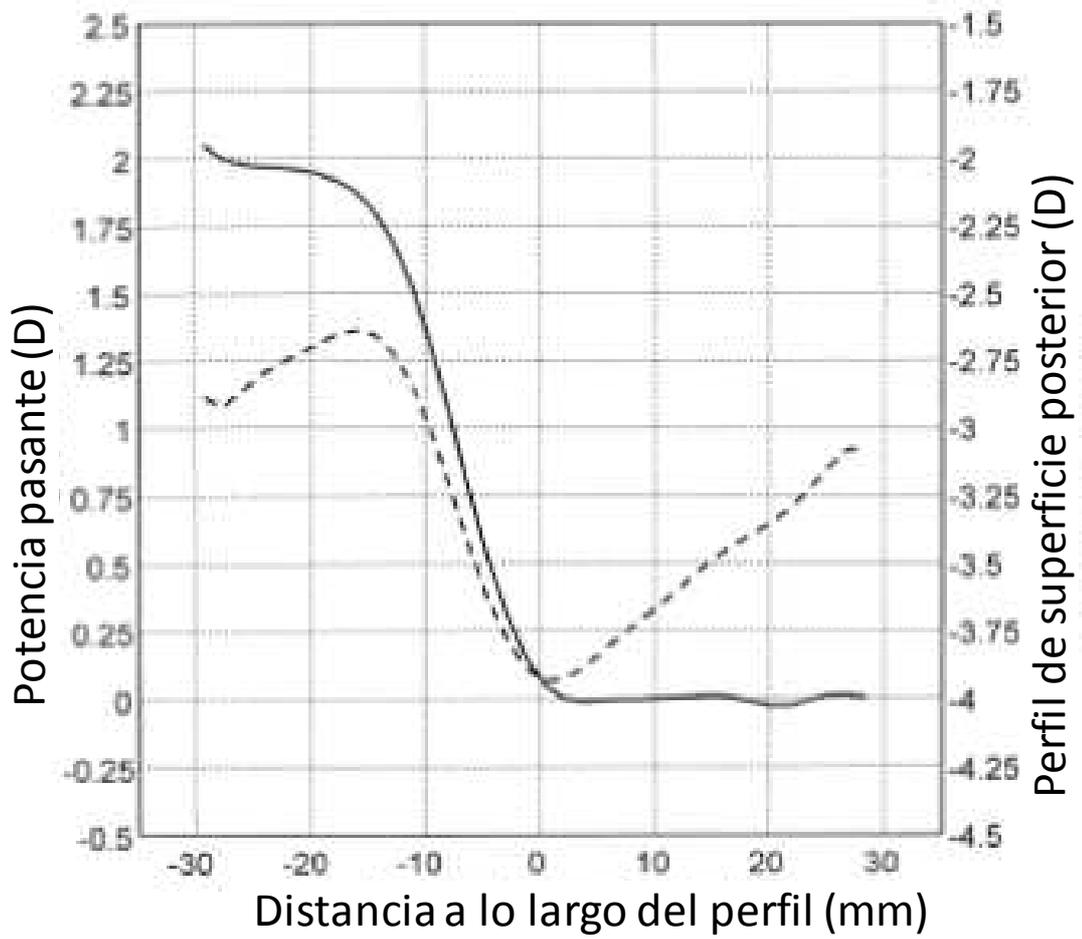
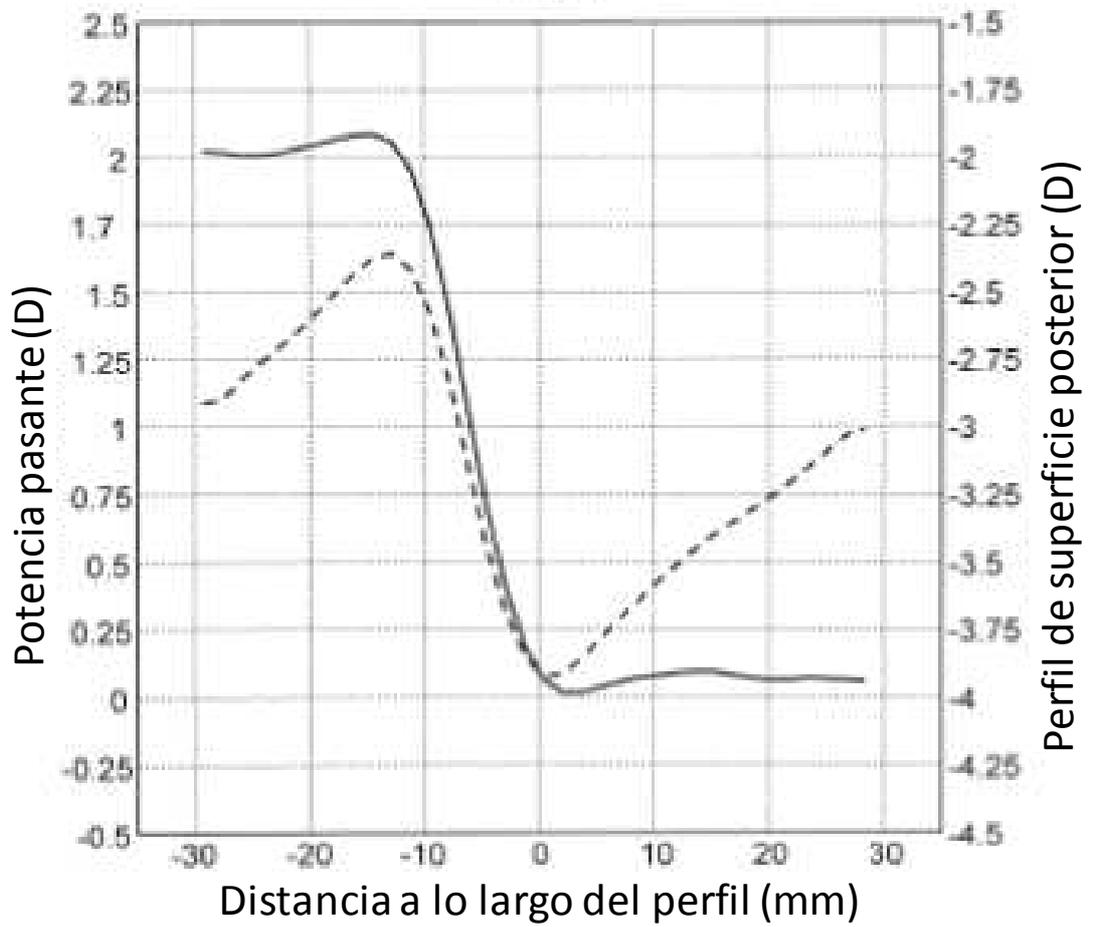


FIG. 8



- CLAVE:
- Perfil de superficie posterior (D)
  - Potencia pasante (D)

FIG. 9



CLAVE:

- - - Perfil de superficie posterior (D)
- Potencia pasante (D)

FIG. 10

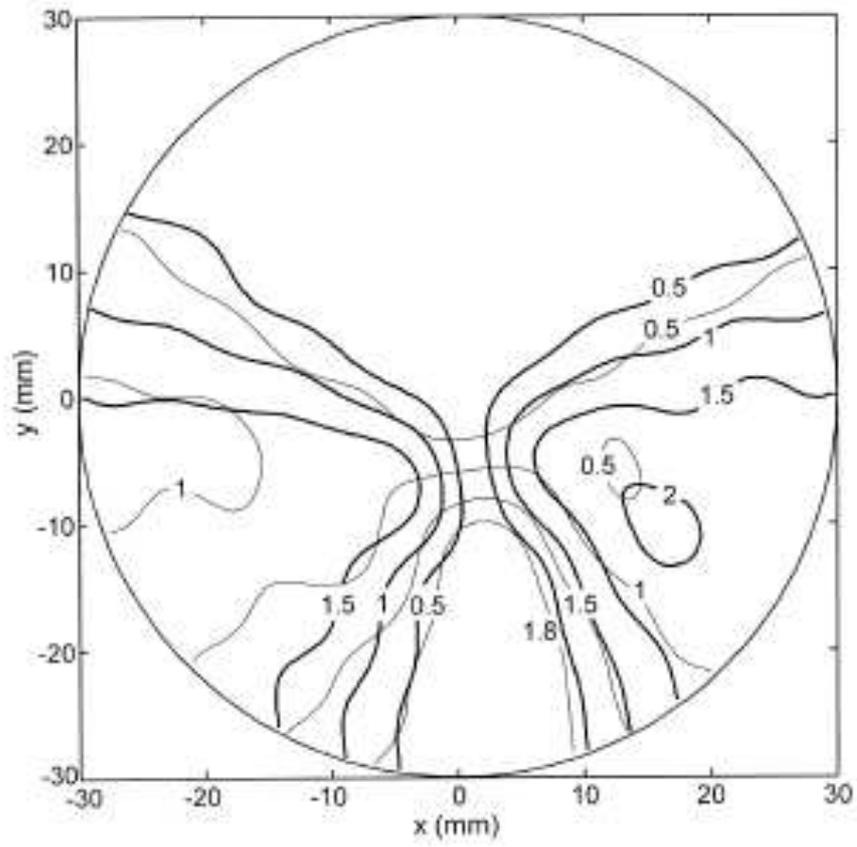
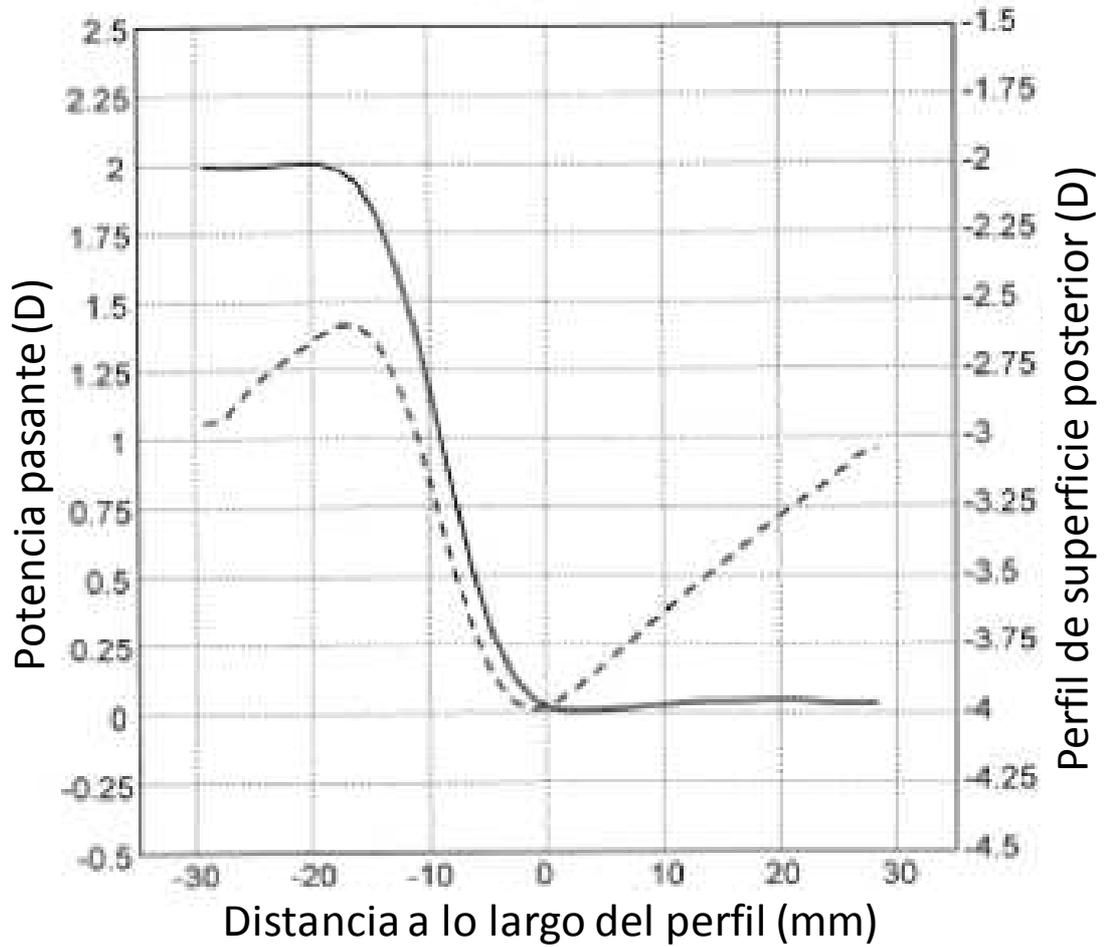


FIG. 11



- CLAVE:
- Perfil de superficie posterior (D)
  - Potencia pasante (D)

FIG. 12

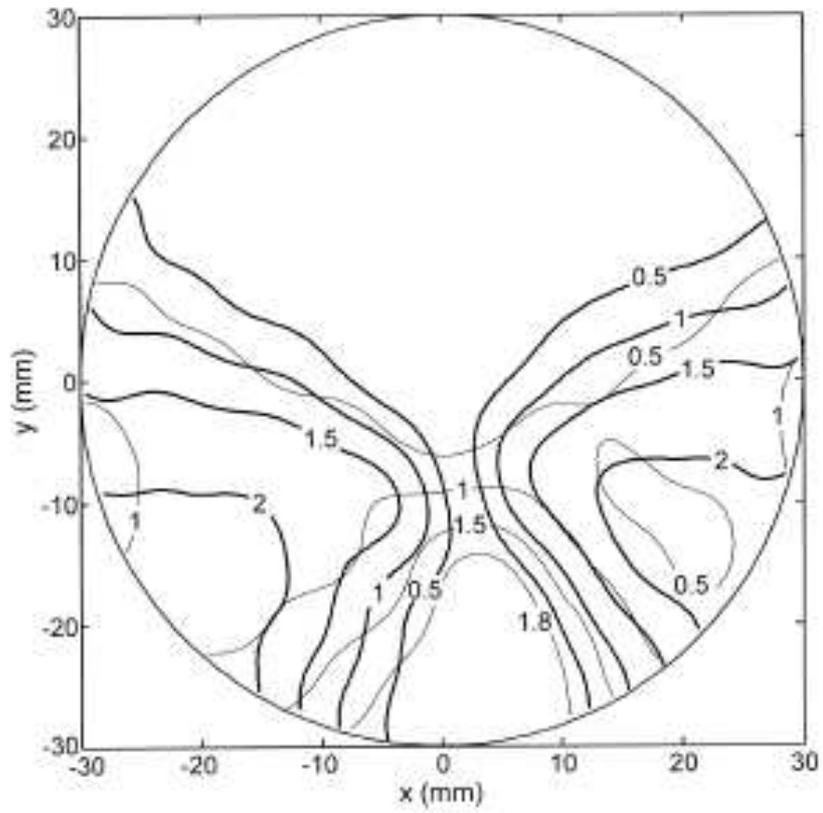


FIG. 13

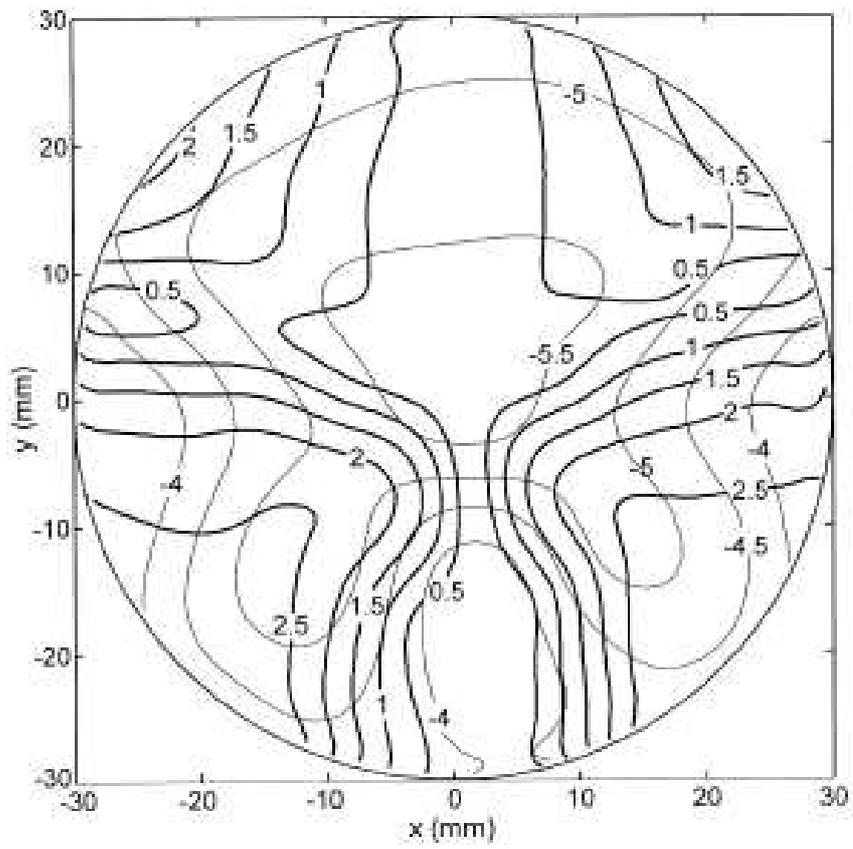


FIG. 14

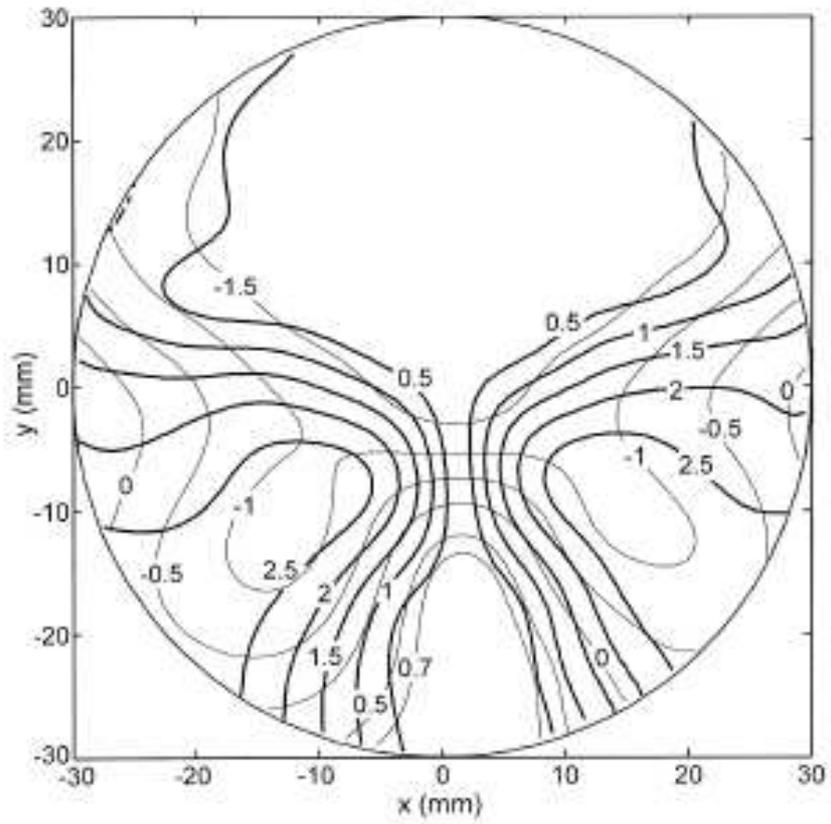
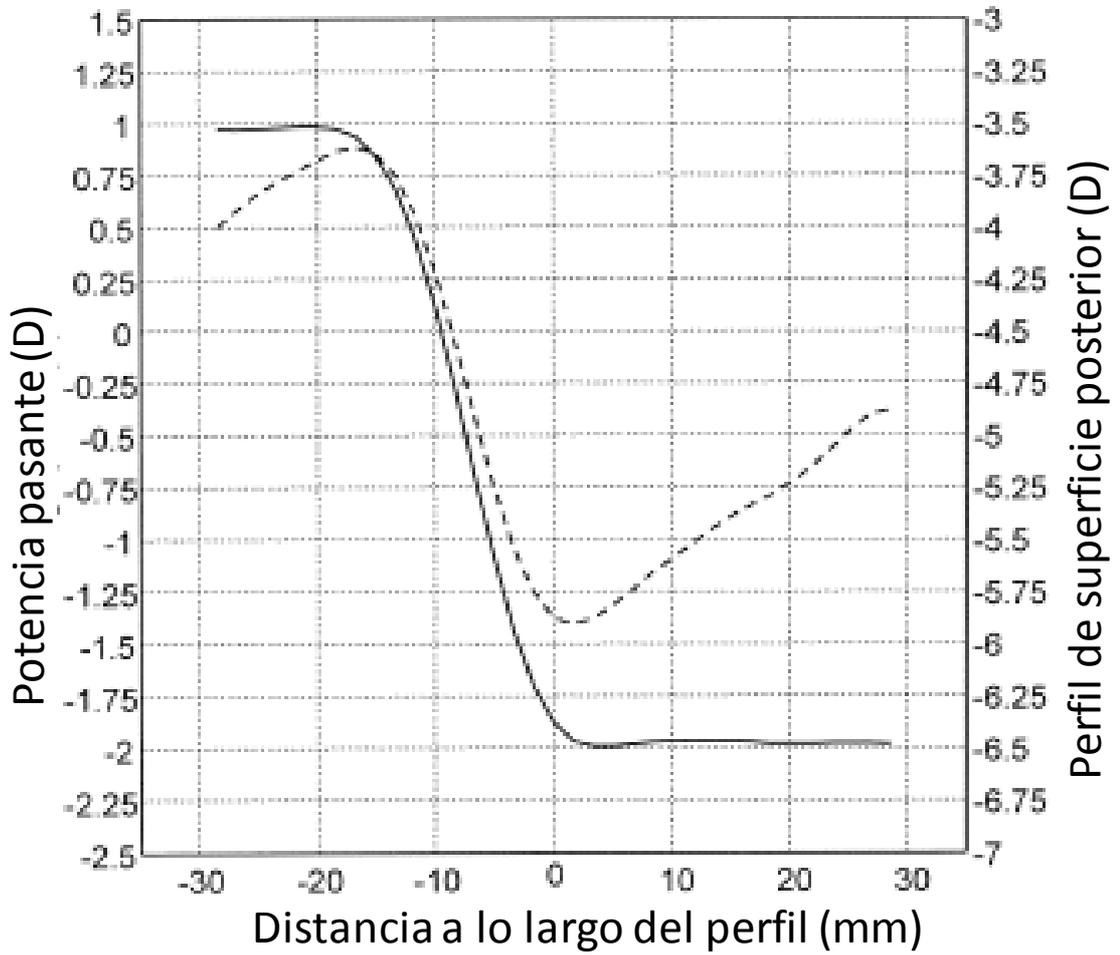


FIG. 15



- CLAVE:
- Perfil de superficie posterior (D)
  - Potencia pasante (D)

FIG. 16

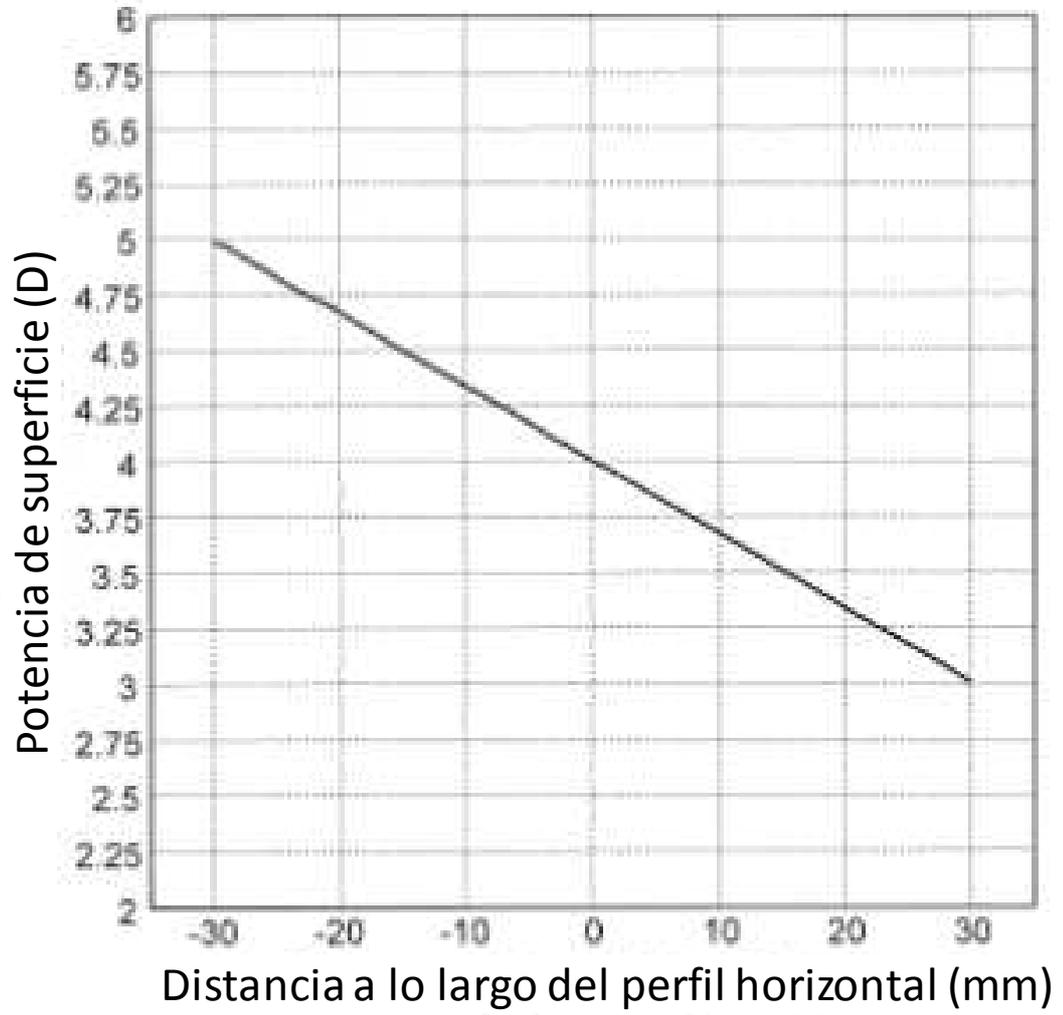


FIG. 17

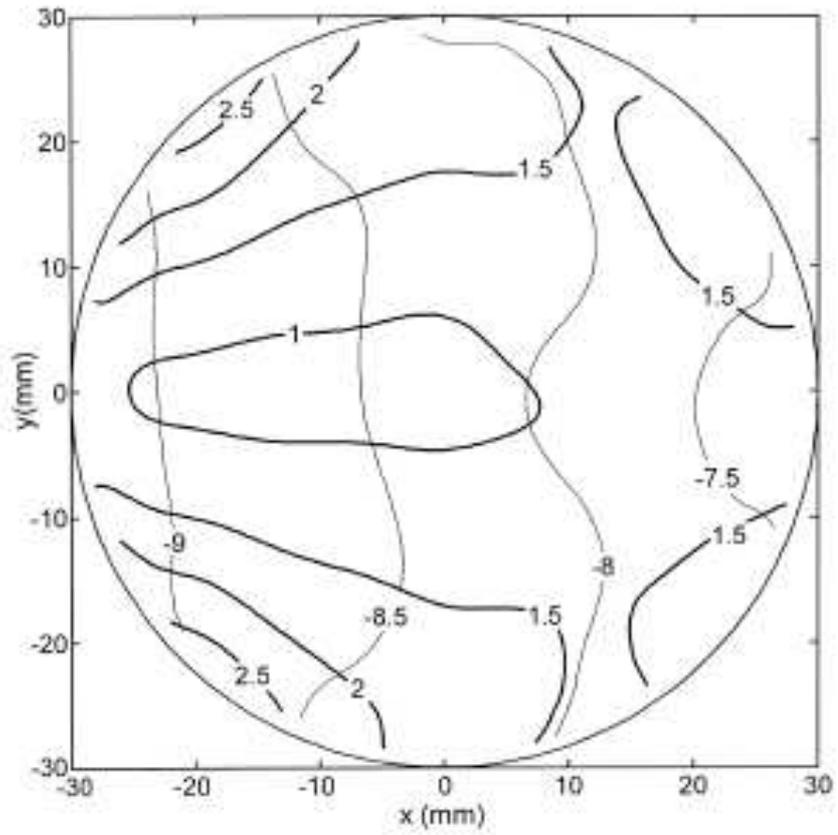


FIG. 18

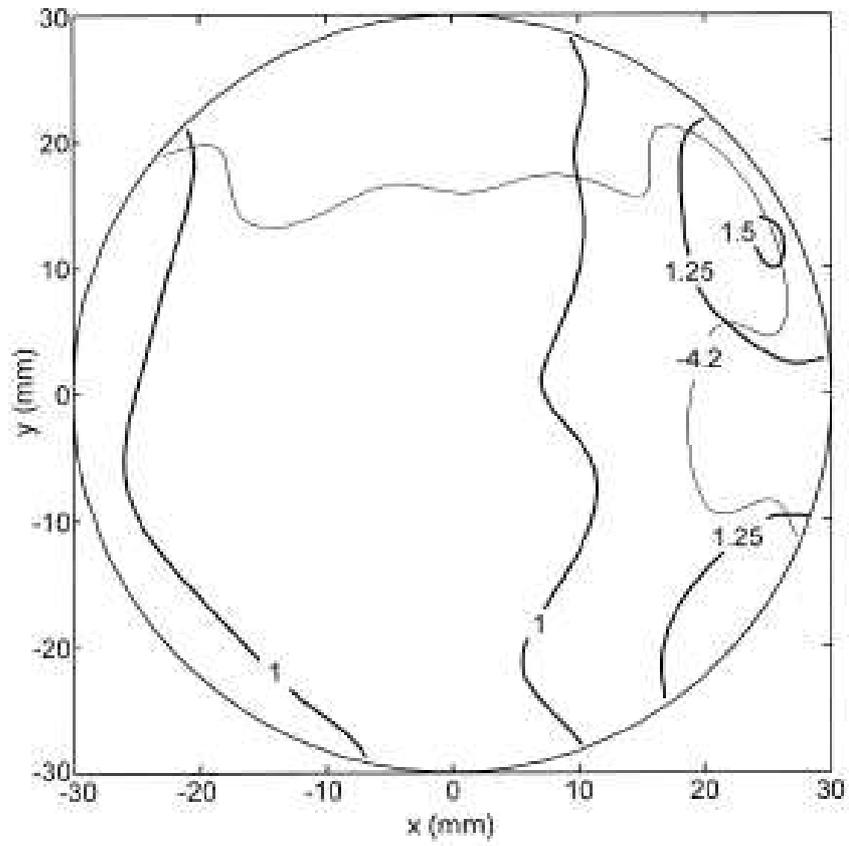
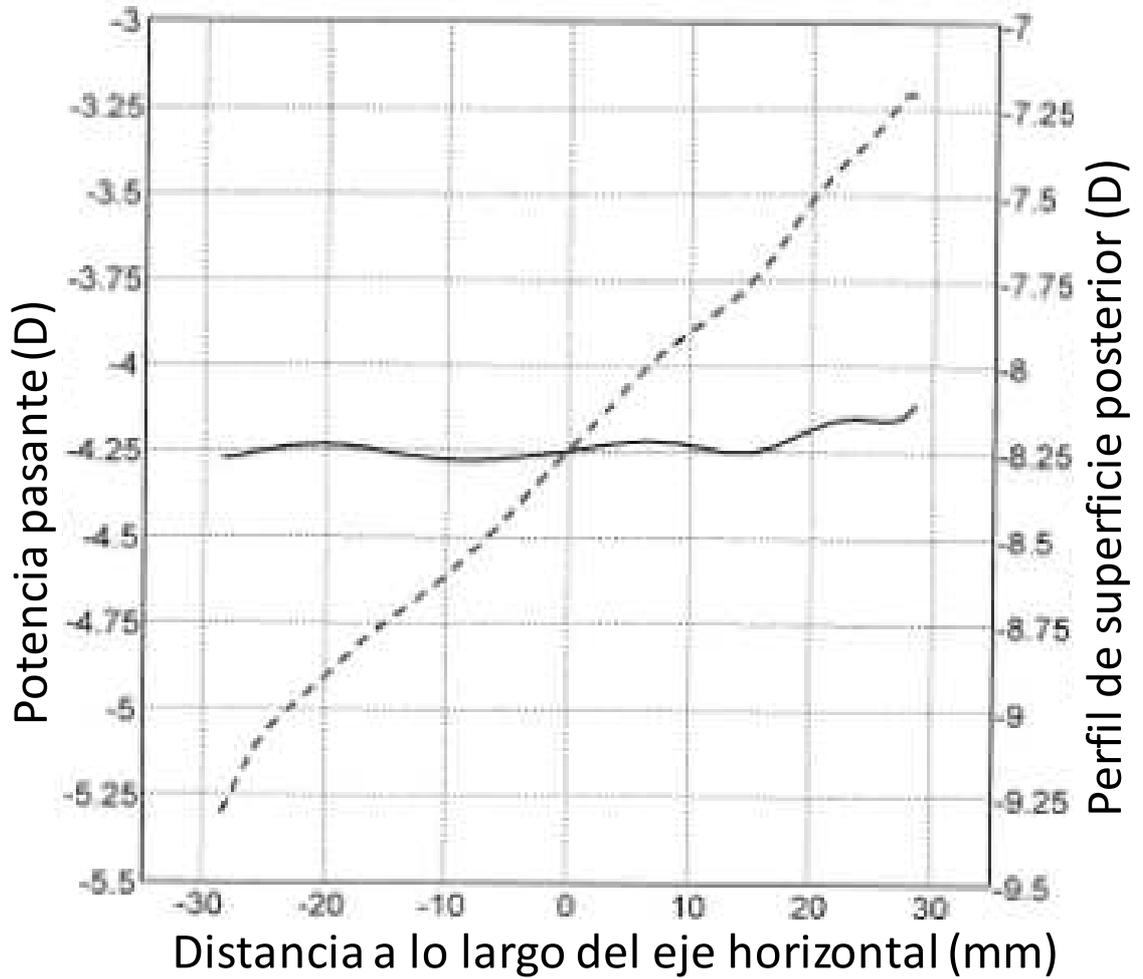


FIG. 19



- CLAVE:
- Perfil de superficie posterior (D)
  - Potencia pasante (D)