

Folleto de optica tecnologica

Tomado del libro Tecnología Optica

Colectivo de autores

Confeccionado por: Lic.: Santa Ivis Colás Chivás

1. LENTES DE PROTECCIÓN

1.1 Radiaciones nocivas para el ojo

Existen múltiples radiaciones procedentes de fuentes artificiales que pueden resultar nocivas para el ser humano, sin embargo, en este tema nos centraremos en los efectos de la radiación solar. La radiación natural procedente del sol se denomina radiación electromagnética ya que esta está construida por un campo eléctrico y un campo magnético que vibran perpendicularmente entre sí y perpendicularmente a la línea de propagación. El ojo cuenta con mecanismos naturales de protección tales como los párpados o el iris, que actúan cerrándose cuando la intensidad de radiación que incide le resulta excesiva, sin embargo, estos mecanismos solo se activan con la radiación visible y no con la invisible, de ahí la necesidad de protegerlos.

1.2 Propiedades de los filtros de protección solar.

Propiedades ópticas

- A) Transmisión: esta protección es totalmente independiente de la coloración y la tonalidad del filtro. Una lente incolora puede presentar total protección al rayo ultravioleta
- B) Densidad óptica: se define como el logaritmo de la inversa de la transmisión:

$$D = \log \frac{1}{T}$$

Fidelidad cromática: el modo de evaluar la fidelidad cromática de un filtro es mediante el coeficiente de atenuación visual relativo.

Propiedades refractivas

Potencia de vértice Posterior (Pvp) y potencia prismática. Teniendo en cuenta que la lente de protección solar debe ser neutra, se deben marcar unos límites de tolerancia, tanto por lo que respecta a su potencia de vértice posterior (esférica o astigmática) como a su potencia prismática.

Propiedades Físicas

Para la determinación de las propiedades físicas, es conveniente medir todos aquellos parámetros que definen la geometría de la lente y por tanto, la homogeneidad de sus superficies. El esferómetro y el sagimetro pueden además ser utilizados para determinar la homogeneidad de las superficies de la lente apoyándolos en el centro de cada superficie de la lente.

Propiedades mecánicas

Las propiedades mecánicas de la lente se determina mediante la medida se su resistencia al rayado, a la rotura y al impacto.

1.3 Selección del filtro adecuado

La adecuada selección del filtro solar junto a su correcta utilización determinaran el que la agudeza visual del paciente no se vea afectada. Una iluminación deficiente reduce la agudeza visual tanto como un exceso de iluminación.

Al anteponer al ojo un filtro de protección solar, se da una disminución de la iluminación que repercute notablemente sobre la agudeza visual, mejorándola si su utilización es la adecuada o empeorándola en caso contrario. Un filtro de tonalidad oscura que atenué notablemente la intensidad luminosa, usado en condiciones de baja luminosidad ambiental , empeorara enormemente la agudeza visual del paciente, del mismo modo que un filtro de tonalidad clara utilizado en un ambiente de fuerte intensidad luminosa no conseguirá mejorar su agudeza visual. In embargo, ambos filtros utilizados en las condiciones ambientales adecuadas pueden proporcionar sensación de confortabilidad al tiempo que mejoran la agudeza visual. Como conclusión diremos que la adecuada selección del filtro de protección solar se realizara atendiendo a:

- a) Su total protección frente a la radiación UV.
- b) La atenuación de la intensidad de la radiación visible acorde a la iluminación ambiental en que se vaya a utilizar
- c) La fidelidad cromática
- d) La ausencia de imperfecciones físicas
- e) La resistencia al rayado y al impacto.

1.3 Tipos de lentes de protección solar

Lentes minerales coloreadas en masa: se fabrican añadiendo a la hornada de la masa ciertos óxidos metálicos antes del proceso de fusión. Estos conferirían al vidrio diversas coloraciones, y su absorción característica. Así el óxido de cobalto produce coloraciones azuladas, el óxido de cromo verdes, el óxido de manganeso violetas y el óxido de uranio amarillas. La combinación de estos puede dar lugar a multitud de tonalidades distintas.

Lentes minerales coloreadas por depositación en alto vacío: la coloración de las lentes en campana de alto vacío es un proceso industrial que consiste en recubrir las superficies de la lente de una fina película obtenida a partir de la evaporación de óxidos metálicos calentados mediante una resistencia eléctrica, o mediante bombardeo de electrones . Este mismo procedimiento es el empleado para la obtención de las lentes de protección solar con una o ambas superficies espejadas.

1.4 Lentes fotocromáticas

Las lentes fotocromáticas poseen la propiedad de oscurecerse al exponerse a la radiación solar y recuperar su estado original en ausencia de esta.

Las lentes fotocromáticas minerales son masivas . Los halogenuros de plata se encuentran en la propia estructura base de los borosilicatos. La cantidad y medida de los cristales del halogenuro son los que determinan las propiedades fotocromáticas concretas de cada lente y su transmisión viene determinada por los siguientes factores:

- La intensidad de la radiación incidente y su longitud de onda.
- LA temperatura de la lente, mas oscura cuando mas frías.
- El espesor de la lente, los microcristales están uniformemente distribuidos en la masa de la lente. Cuando mas gruesa es la lente, mayor numero de cristales se activan y en consecuencia se oscurece mas que una lente delgada.
- El numero de exposiciones anteriores. Cuando mas trabaja la lente, mayor es su velocidad y su grado de oscurecimiento, y ello supone un problema al tener que reemplazar una de las lentes de una pareja por rotura.

El principio activo de las primeras lentes fotocromáticas orgánicas es completamente distinto al de las lentes minerales. Se consigue depositando una capa uniforme con moléculas fotosensibles que impregne solo la cara convexa. el compuesto consta de una mezcla de tres colorantes y penetra a una profundidad aproximada de 250 micras, y después se somete a un proceso de fijación.

Las lentes fotocromáticas orgánicas son mas blancas en estado de reposo que la minerales y la acción de los filtros UV permite un punto de corte al UV mayor que en las anteriores.

1.5 Lentes orgánicas teñidas por inmersión.

En lentes orgánicas, el sistema de coloreado empleado es el teñido de las lentes por inmersión de estas en un tinte. Este es un proceso no industrial que puede llevarse a cabo con una unidad de coloreados relativamente simple. Los tintes disueltos en agua se someten a temperaturas de entre 90 grados Celsius y 95 grados Celsius, se homogeneiza la disolución y se varia el tiempo de inmersión de la lente en función de la tonalidad que se desea obtener.

Esta técnica de coloreado tiene la ventaja de la homogeneidad del coloreado obtenido, mientras que las lentes coloreadas en masa presentan tonalidades mas oscuras en la zonas de la lente de mayor espesor. Permiten obtener una enorme variedad de tonos y colores, así como degradados y bidegradados. El método es simple y su costo es muy bajo.

1.6 Lentes polarizantes

Estos filtros se obtienen calentando y estirando delgadas laminas hasta conseguir alinear su estructura molecular en la dirección del estiramiento y posteriormente se someten a diversos tratamientos químicos. Esta lamina polarizada se introduce entre dos laminas de acetobutirato de celulosa, y se prensa para conferirle la curvatura adecuada.

2.Lentes de protección frente a agentes externos

2.1 Norma de Seguridad

El peligro de impacto de objetos contundente al cual se ven expuestos los órganos visuales en determinadas actividades laborales ha motivado que determinados países exijan el uso de gafas protectoras para la realización de las mismas con el fin de prevenir las graves lesiones que pueden producirse. En la MAYORÍA de los países, la fabricación de lentes de protección están sujetas a una normativa de homologación que determina el grado de resistencia que deben cumplir las gafas expresas para este fin. Generalmente la normativa se refiere al conjunto montura – oculares una vez ensamblados y no a las lentes sueltas. Durante el desarrollo de la clase profundizaremos al respecto a las normas de seguridad.

Normativa en España

La normativa vigente en España es la misma que en el resto de los países de la Unión Europea, ya que entro en vigor en Julio de 1995 y sustituyo a la anterior norma española MT – 16 que databa de 1978. Se trata de la norma 166, aplicable a todo tipo de protector ocular como los utilizados en industria , laboratorios, construcción etc.

A diferencia de la normativa anterior española, se refiere tanto a protectores on lentes sin prescripción Optometrica como los que si la tienen. Esta normativa clásica los protectores según su función, como protección contra : el impacto, las radiaciones opticas, los metales fundidos, las salpicaduras, el polvo, los gases, y el arco eléctrico; según el tipo : gafas con o sin protectores, caretas protectoras, protectores de soldadura, y casco protectores y según el tipo de ocular: oculares minerales no endurecidos , o endurecidos química, térmicamente o por cualquier otro método, oculares orgánicos (plásticos) y oculares laminados.

La normativa, además, marca unas pautas de fabricación y especifica una serie de requerimientos básicos respecto a dimensiones, requerimientos ópticos, calidad del material y superficie, resistencia mecánica, resistencia al envejecimiento, resistencia a la corrosión, así como las características particulares que debe cumplir un protector según su clasificación.

Otras normativas

La mayoría de las normativas existentes, al igual que la anterior española, se refieren a gafas de protección neutras, y no tienen en cuenta la posible prescripción optométrica que el paciente pueda precisar.

Un caso especial es el de EEUU, donde además de existir la normativa referente a la protección industria, existe otro tipo de regulación de la FDA (Food and Drug Administración) de cumplimiento para todo tipo de lente oftálmica, es decir también para las de uso general, la cual exige que toda lente de uso oftálmico debe superar la prueba contra el impacto, que básicamente consiste en el mismo ensayo de caída libre de una bola de acero de la normativa europea, el peso de la bola es de 16 g y la altura de 127 cm.

Templado térmico

El proceso consiste en calentar las lentes a una temperatura cercana al punto de ablandamiento (viscosidad 7.6 dPa), es decir para un vidrio Crown entre 600
10

grados y 650 grados, y rápidamente enfriarla con un chorro de aire colocado enfrente de cada una de las superficies.

Es preciso un cuidadoso control del tiempo de calentado para que la compresión produzca la mínima distorsión en la superficie de la lente. Un sobrecalentamiento puede producir deformaciones en la superficie , y calentarla por defecto nos puede llevar a una insuficiente compresión y, por lo tanto, a un endurecido deficiente.

Templado químico

El proceso de templado químico, así llamado por su similitud con el templado térmico, se desarrolla en varios laboratorios a la vez hacia finales de la década de los 50, y consiste básicamente en intercambiar un ion alcalino del vidrio por otro ion alcalino cuyo radio iónico sea mayor. El proceso necesario para que se de este intercambio consiste en poner en contacto el vidrio que se quiere tratar con una sal fundida que contenga el ion de radio mayor.

La temperatura aproximadamente 450 grados Celsius, es un factor importante de este proceso, pues no ha de ser inferior al temperatura de fusión de la sal utilizada, obviamente, pero tampoco a de ser superior a la temperatura de ablandamiento del vidrio, ya que esto causaría una relajación de las tensiones creadas y se anularía el efecto buscado. Otro factor importante es el tiempo, puesto que el mecanismo de funcionamiento es por difusión, de manera que a mayor tiempo mayor penetración; pero del mismo modo si el tiempo es excesivo aumenta el grado de relajación de las tensiones y se consigue un templado menos efectivo.

El tiempo requerido para untratamiento de este tipo es de unas 16 a 24 horas. La composición del baño es nitrato de potasio, nitrato de sodio y ácido salicílico y las proporciones dependen del tipo de vidrio que se quiera templar.

Resistencia al impacto

Ambos Procesos persiguen un mismo fin: aumentar la resistencia mecánica del vidrio o, lo que es lo mismo, que consiga soportar mejor el impacto de un cuerpo sin romperse. Para ello en ambos casos se trata de que las zonas mas externas de la lente se encuentren en un estado de comprensión respecto a las zonas mas internas; esto hará que cuando una fuerza de extensión, responsable de la rotura del vidrio, actúe sobre la superficie del mismo, sea contrarrestada por las fuerzas de comprensión existentes.

Sin embargo, pese a su efectividad, la practica del templado térmico esta muchísimo más extendido que el templado químico, y esto es así por varias razones:

- a. Tiempo: el tiempo necesario para cada proceso difiere de una manera importante, pues mientras el templado térmico dura unos pocos minutos, el caso del templado químico dura unas pocas horas en el menor de los casos.
- b. Economía: por las características de instrumental y mantenimiento existe una gran diferencia en el costo económico, pues es significativamente mayor el proceso de templado químico.
- c. Facilidad: mientras que el proceso de templado térmico se puede realizar a la practica totalidad de tipos de vidrio con tan solo modificar unos parámetros fácilmente notificables, el templado químico no se puede aplicar a todo tipo de virio por no ser posible el intercambio iónico, como ocurre en los vidrios de alto índice.
- d. Comprobación del proceso: un vidrio templado térmicamente es fácilmente reconocible, por el contrario un vidrio templado químicamente no se puede identificar fácilmente. Es importante tener en cuenta que el proceso de templado ha de ser siempre posterior al biselado de la lente, ya que si no se corre el peligro d que se rompa violentamente y de forma inesperada.

Tratamientos superficiales en lentes orgánicas

El uso de lentes orgánicas o de material plastico como lentes de protección contra el impacto viene justificado por su gran resistencia mecanica, ya que superan las pruebas de impacto de las diferentes normativas de protección industrial, y presentan una mayor resistencia mecanica que cualquier lente mineral, este o no endurecida. Los materiales mas utilizados son:

- a. Resian de columbia o CR39: se trata de carbonato de polialildiglicol, material ligero cuya densidad es de 1,32 g/cm³ cubico y su indice de refracion de 1,498. Posee una buena calidad optica tanto por su transparencia como por su dispersión cromática y un numero de Abbe de 58. Es el material orgánico por excelencia en óptica oftálmica.
- b. Policarbonato: es un material sintético termoplástico muy ligero, con una densidad au menor que el CR 39 y un índice de refracion de 1,586, pero su propiedad mas importante es su resistencia a los golpes; sin embargo, tiene una gran dispersión cromática, con un numero de Abbe

de 30. Es un material extremadamente blando, es decir, se raya con gran facilidad. Es muy utilizado en gafas y sistemas de protección neutros.

- c. Otros materiales: el metacrilato es un material de considerable resistencia, pero sus cualidades ópticas lo han ido relegando prácticamente al uso en la producción de oculares integrados en la propia gafas.

La gran ventaja y característica común de todo tipo de material plástico es su resistencia en caso de impacto. Otra característica de las lentes orgánicas es que las pequeñas partículas a alta velocidad o temperatura elevada, como las que se producen en el corte con disco de diferentes materiales de construcción, etc, no se quedan adheridas, sino que rebotan, a diferencia de lo que sucede en las lentes minerales.

Pero el gran inconveniente de este tipo de lente es su facilidad de rayado. De aquí la necesidad de proteger esta tipo de superficie con tratamientos que le confieran una mayor resistencia contra el rayado.

La capa superficial de este tratamiento debe tener una serie de características :

1. Resistencia al rayado similar a la del vidrio mineral.
2. Ha de ser perfectamente transparente y no interferir en la coloración
3. La resistencia al rayado no debe deteriorarse con el tiempo
4. No ha de alterar el poder dióptrico de la lente
5. No ha de alterar las características de transmisión de la lente
6. debe ser inerte frente a productos químicos como el sudor o los cosméticos
7. debe soportar la exposición a temperaturas relativamente altas como las que se producen en un objeto expuesto al sol, así como soportar bien los cambios bruscos de temperatura.

El análisis de la efectividad y calidad del tratamiento debe cumplir con una serie de requisitos, como son:

- a. Obtener unos resultados lo más similares posibles al uso real de las lentes.
- b. Tener en cuenta los diferentes tipos de abrasión a los que pueden ser sometidas las lentes durante su uso pues, por ejemplo no es el mismo tipo de rayado el que se produce a una lente por el efecto de rozamiento durante una limpieza más o menos desafortunada, que el producido por un impacto o incisión accidental.
- c. Ser lo suficientemente discriminatorio para diferenciar materiales de muy similares características.
- d. Poderse experimentar sobre diferente tipo de materiales.
- e. Ser lo más rápido y fácil posible.

- f. Ser perfectamente reproducible.

Tratamientos antirreflejantes

Tratamientos antirreflejantes en lentes minerales

Los tratamientos antirreflejantes, aunque no eliminan el 100% de la luz reflejada, la pueden reducir hasta límites prácticamente despreciables y aumentan la transmisión por lo que constituyen sin lugar a dudas la mejor de las soluciones.

La calidad y eficacia de estos tratamientos depende de la exactitud con que se consiguen los espesores deseados, y como finalidad se debe conseguir:

- Reducir considerablemente las reflexiones y en consecuencia las imágenes parásitas.
- Aumentar la luz transmitida y consecuentemente la transparencia de la lente.
- Fuerte adherencia de la capa
- Resistencia a la abrasión como mínimo igual a la de la lente sin tratar
- Coloración residual discreta.

Tratamientos antirreflejantes en lentes orgánicas

Las lentes orgánicas no pueden ser calentadas a temperaturas superiores a los 95 grados sin que se altere su estructura básica. Esta limitación trae como consecuencia que los materiales como el fluoruro de magnesio no queden adheridos al sustrato ni adquieran la dureza que logran a temperaturas de 300 grados.

La solución a dichos problemas fue conseguir multicapas a partir de la mezcla de diversos óxidos refractarios de propiedades tanto físicas como químicas como ópticas adecuadas.

Estos nuevos materiales junto a una depuración en las técnicas de control de todas las fases del proceso, han permitido conseguir que los tratamientos antirreflejantes sobre lentes orgánicas sean tan eficaces como en los minerales.

Métodos de producción de los tratamientos antirreflejantes.

Los tratamientos antirreflejantes se consiguen por deposición de capas delgadas. Existen diversas técnicas de deposición pero en el campo de las lentes oftálmicas la más utilizada es la evaporación en alto vacío.

Las lentes que van a ser tratadas se limpian cuidadosamente y se colocan sobre un soporte convexo que permite tratar varias lentes al mismo tiempo. Posteriormente se calientan a una temperatura de 300 grados las mineras y 95 grados las orgánicas y se someten a movimientos rotatorios APRA para garantizar la uniformidad de deposición.

Prismas oftálmicos

Los prismas son sistemas ópticos afocales que dispersan y desvían la luz. En óptica se utilizan por su efecto de desviación de la luz en distintas formas, dependiendo de las características del paciente y la magnitud de la corrección necesaria que serán tratadas en este capítulo.

Principio óptico de los prismas oftálmicos

Un prisma plano es un cuerpo transparente limitado por dos dioptrios planos no paralelos. El ángulo que forman estos dos dioptrios planos se denomina ángulo apical o de refringencia, y la intersección entre las dos caras del prisma se denomina arista, siendo la cara opuesta a la arista la base del prisma.

Poner figura 9.1

Los prismas de aplicación visual, conocidos como prismas oftálmicos, poseen un ángulo de refringencia menor de 10 grados, y por ello pueden ser considerados como prismas delgados. Además por su colocación frente a los ojos se puede considerar con buena aproximación, que la luz incide perpendicularmente a la primera superficie.

Potencia prismática

La propiedad más importante de los prismas oftálmicos es la potencia de desviación, y por ello es lógico que habitualmente se exprese mediante el ángulo de desviación en lugar del ángulo apical. En cuanto a las unidades, normalmente se utiliza la dioptría prismática.

Orientación de los prismas oftálmicos

Para describir el efecto de un prisma no basta conocer su potencia, sino que es necesario saber en qué dirección y sentido produce la desviación. Para ello se utiliza el sistema TABO (fig 9.5), mediante el que se especifica la posición de la base del prisma respecto a la cara del paciente, con el mismo sistema de referencia que el eje del astigmatismo, hallándose a la orientación 0 grados a la izquierda de ambos ojos.

Fig 9.5

En optica oftalmica se suele denominar las bases que se hallan en la direcci3n vertical como base superior, abrevia BS y base inferior BI a 270 grados, mientras que las bases que se hallan en la direcci3n horizontal se conocen como base nasalBN y base temporal BT.

La orientaci3n en grados de las bases horizontales depende del ojo que se trate, debiendo por ello especificarlo siempre, ya que una base a 180 corresponde a una BT para el ojo derecho y a una BN para el ojo izquierdo, Tal como se puede ver en la figura 9.5.

Las bases oblicuas se xpresan mediante su orientacionen grados siempre entre 0 y 180, como por ejemplo: OD BNI x 150, que seria la misma direcci3n que para el OI BTI x 150.

Formaci3n de im3genes a trav3s de un prisma

Cualquier rayo de luz que atraviesa un prisma se desvia hacia su base. Si el haz que emerge del prisma es divergente se obtiene una imagen virtual que se halla el espacio objeto en direcci3n a la arista del prisma. Esto es lo que ocurre al onservar directamente a traves de un prisma, y coincide con la situaci3n en que se utilizan los prismas oft3lricos.Fig 9.6 a

En cambio, cuando el haz emergente del prisma es convergente, la imagen es real (porque procede de un objeto virtual), pudiendo ser recogida en una pantalla, y se forma en direcci3n a la base del prisma .Fig 9.6 b

Efectos de los prisma oft3lricos en la visi3n.

Uno de los efectos indeseados de los prismas oft3lricos en la vision son las aberraciones que presentan, sobretodo para potencias prism3ticas elevadas. La aberraci3n crom3tica (dispersi3n de la luz) es una de las mas manifiestas, adem3s de la distorsion de la imagen, que se produce debido ala falta de constancia del angulo de desviacion desde la base al v3rtice, y se manifiesta masn en la direcci3n de la base del prisma.

Las rotaciones oculares que provocan los prisma oft3lricos se pueden clasificar en monoculares y binoculares. Con un ojo ocluido la anteposici3n de un prisma produce una ducci3n. En condiciones de vision binocular los prismas provocan movimientos binoculares conjugados(versiones) o disyuntivos (vergencias). Conjugados cuando las bases de los prismas que se anteponen a los ojos son cardnalmente coincidentes y disyuntivos cuando son cardnalmente opuestas.

Combinaci3n de prismas

En los ex3menes optometricos se realizan pruebas con prismas horizontales y verticales, lo que hace se muy conveniente saber expresar cualquier prisma en

sus componentes horizontal y vertical, así como saber combinar los prismas. Para ello resulta cómodo tratar los prismas como si fueran vectores.

- a. Si las bases del prisma son coincidentes. El resultante es la suma de los prismas que se combinan y la base resultante se hallará en la misma dirección y sentido que las de los prismas combinados. Por ejemplo, si combinamos un prisma de 2 dioptrías BT (OD) con un prisma de 2 dioptrías BT en (OD) el prisma resultante es 4 dioptrías BT.
- b. Si las bases son opuestas, el módulo del prisma resultante es la diferencia de los prismas que se combinan, coincidiendo la base resultante con la del prisma de módulo mayor. Por ejemplo, al combinar 1 dioptría BT (OD) con 1 dioptría BN(OD) el prisma resultante es 0.
- c. Si las bases son perpendiculares, el prisma equivalente es un prisma oblicuo.
- d. Si las bases son oblicuas, se descompone cada una de ellas en su componente horizontal y vertical mediante el teorema del coseno.

Efectos prismáticos y descentramientos.

El centro óptico de una lente oftálmica se define como el punto de la misma en el cual no existe ningún efecto prismático. Normalmente, si la lente no se fabrica descentrada a propósito (lente prismática), este centro óptico coincide con el punto de máximo espesor de centro en lentes positivas y con el punto de mínimo espesor de centro en lentes negativas. Las lentes esféricas positivas se comportan, en cuanto a efectos prismáticos, como una serie de prismas unidos por su base, mientras que las lentes esféricas negativas se comportan como una serie de prismas unidos por sus aristas. Ver en la galería de imágenes las figuras 10.1 y 10.2

Ley de Prentice

La ley de Prentice establece una relación para conocer el efecto prismático que se produce en una lente en cualquier punto distinto al centro óptico.

La ley de Prentice, pues, nos permite calcular de forma sencilla, el efecto prismático que existe en cualquier punto de una lente a partir de la potencia de la lente y la distancia en centímetros que existe desde dicho punto al centro óptico.

$$\Delta = d(\text{ cm}) P$$

Efectos prismáticos por descentramiento de lentes esféricas

Con la ley de Prentice podemos conocer cual es el valor del efecto prismático en un punto cualquiera de una lente; en cambio, no podemos determinar la orientación de la base del prisma inducido. Por ello, estableceremos un convenio de signos analizando la orientación de la base en cuatro puntos (a, b, c y d) de una lente esférica positiva y una lente esférica negativa situados en los ejes de abscisas y ordenadas.(fig 10.5)

En la tabla 10.1 se especifican las bases del efecto prismático. Se puede observar que las bases verticales siguen la misma terminología empleada en el sistema TABO, no obstante esto no ocurre para las bases horizontales.

Tabla 10.1

	Lentes positivas	Lentes negativas
a.	Base inferior	Base superior
b.	Base izquierda	Base derecha
c.	Base superior	Base inferior
d.	Base derecha	Base izquierda

La adaptación de la terminología, en la que se emplean bases derechas e izquierda, a las utilizadas en el sistema TABO, en las que se emplean bases nasales y temporales, es necesario considerar si la lente será portada por el ojo derecho o izquierdo, puesto que las bases horizontales serán opuestas. Así una base derecha en una lente para ojo derecho es base nasal mientras que en una lente para ojo izquierdo es base temporal y una base izquierda para ojo derecho es base temporal mientras que para ojo izquierdo es base nasal, como se ha visto en el capítulo anterior.

Efectos prismáticos por descentramiento de lentes astigmáticas

Para conocer el efecto prismático que existe en cualquier punto de una lente astigmática, estudiaremos por separado las lentes cilíndricas puras y las esferocilíndricas.

Lentes cilíndricas

En una lente cilíndrica, la potencia en la dirección del eje es nula y en la dirección del centrado es la del cilindro, de lo cual deducimos que en la dirección del eje no podemos inducir ningún efecto prismático. Una lente cilíndrica convergente puede ser representada como un conjunto de prismas con sus bases sobre el eje del cilindro y una cilíndrica divergente como un conjunto de prismas con sus aristas en el eje.

Desequilibrio prismático

Concepto de desequilibrio prismático

Cuando existe un efecto prismático en una o en las dos lentes de una prescripción, se produce como consecuencia una variación en la alineación relativa de los ejes visuales que se conoce como desequilibrio *prismático*.

Teniendo en cuenta que los prismas desvían la luz incidente hacia su base, mientras que la imagen se percibe hacia la arista del mismo, diremos que los efectos prismáticos cardinalmente coincidentes (que producen desviación en la misma dirección) se suman para obtener el desequilibrio, y los efectos prismáticos cardinalmente opuestos se restan. (tabla 11.1)

Tabla 11.1

Bases cardinalmente opuestas		Bases cardinalmente coincidentes	
Vertical OD/OI	Horizontal OD/OI	Vertical OD/OI	Horizontal OD/OI
BS/BI BI/BS	BT/BT BN/BN	BS/BS BI/BI	BN/BT BT/BN

En este capítulo se tratan los desequilibrios prismáticos por errores de centrado, porque como se ha visto las lentes actúan como prismas fuera de su centro óptico.

Consecuencias de los errores de centrado

En ausencia de prescripción prismática, las lentes deben montarse en la montura de tal forma que su centro óptico coincida con el centro pupilar del paciente en su dirección principal de la mirada. Cuando el centro óptico no coincide con el centro pupilar, se producen dos tipos de consecuencias:

a) Monoculares: las imágenes formadas por la lente sufren un empeoramiento de calidad, debido a la incidencia de aberraciones oblicuas como el error de potencia, el astigmatismo marginal y la cromática.

b) Binoculares: la lente actúa como un prisma desviando la luz, de manera que el objeto fijado deja de formar su imagen en la fovea, entorpeciendo la fusión porque las imágenes no se encuentran ya en los puntos retinianos correspondientes.

Mientras que los efectos prismáticos de base temporal inducen convergencia fusional, los de base nasal inducen divergencia fusional.

En la dirección vertical, los efectos prismáticos de base superior provocan un descenso y los de base inferior una elevación.

Tolerancia de centrado

Se hace necesario establecer los límites en que los descentramientos de las lentes pueden ser tolerados con dos objetivos principales: para establecer un criterio de calidad en la evaluación del centrado de las prescripciones posterior al montaje, y para tener más elementos de juicio a la hora de decidir cómo centrar las lentes en función de las características de la prescripción del paciente.

Teniendo en cuenta las consecuencias que se derivan de un mal centrado, se pueden imponer dos tipos de restricciones como criterios de centrado:

- a) Monocularmente: la distancia entre el centro pupilar del paciente y el centro óptico de la lente no puede ser mayor que 3mm, para que las aberraciones oblicuas no empeoren la visión.
- b) Binocularmente: la importancia del error de centrado depende de la potencia de la lente, del tipo de vergencia fusional que induce y de la distancia de observación para la que se utilizan las lentes. En visión lejana (VL), es más fácil converger que divergir más allá del paralelismo. Por ello se consideran menos críticos los errores de centrado que producen convergencia, o sea, los de base temporal. En visión próxima (VP) es más fácil diverger que converger aún más. Por ello se consideran menos críticos los errores de centrado que inducen divergencia fusional, o sea, los de base nasal (se producen en las lentes negativas descentradas hacia fuera respecto a la pupila del paciente en las positivas descentradas hacia dentro). En la dirección vertical siempre es crítico un desalineamiento en altura de los centros ópticos del par de lentes respecto al borde inferior interno del aro de la montura, puesto que siempre induce una vergencia vertical, que no es una habilidad motriz innata de los músculos extraoculares. Ver tabla 11.2

Tabla 11.2 Tolerancia de centrado

	Dirección horizontal (dioptría prismática)		Dirección vertical (dioptría prismática)
	Más crítico	Menos crítico	Siempre crítico
Pvp	VL BN / VP BT	VL BT / VP BN	
0,25 – 1 D	0,25	0,5	0,25
1.25 – 6 D	0,5	1	0,25
6,50 – 12 D	0,5	1	0,5
mayor 12 D	1	1,5	0,5

Aplicación de la tolerancia de centrado

Conocer la tolerancia a los errores de centrado es muy útil como criterio de control de calidad en el montaje de las gafas. Una gafa montada es apta para ser entregada al paciente cuando la vergencia fusional inducida por el error de centrado no supera los valores establecidos anteriormente, y no se producen

aberraciones que interfieren en la calidad de vision, esto es, se respeta el criterio monocular. En general, las tolerancias binoculares resultan mas restrictivas que la monoculares , por lo cual, al evaluar un centrado se empezara por el análisis binocular. Cualquier buen montaje debe finalizar con la evaluacion del centrado, sin embargo, existen algunas situaciones en las que aplicar las normas de tolerancia es especialmente necesario:

- a. Para detectar errpres sistemáticos o accidentales durante el proceso de montaje y su repercusión en la vision binocular del paciente.
- b. Ante una imposibilidad técnica de producir el centrado que especifica la prescripción , debido a una insuficiencia de diámetro de una o las dos lentes que disponemos
- c. Habiendo montado la lente de un ojo erróneamente , estudiar como debe montar la del otro para que binocularmente la prescripción pueda considerarse bien centrada.

Decisión de centrado según la prescripción

Otra de las aplicaciones de las tolerancias de centrado es la decison de centrado segu la utilización de las lentes. En algunos casos se puede provocar un centrado para favorecer la funcion binocular del paciente. En este capitulo hablaremos de paciente ortoforicos.

Monofocales para una única distancia

Podemos considerar los miopes debiles y los presbitas como pacientes de lentes monofocales para una unica distancia, lejos y cerca respectivamente. En ambos casos, los errores de centrado mas tolerados son aquellos en que la distancia entre los centros ópticos es menos que la distancia interpipilar.

Monofocales para todo uso

Normalmente, el paciente de monofocales utiliza sus gafas para todads las distancias de observación , aunque una de ellas sera la distancia prioritaria.

Al utilizar unagafa para todads las distancias hemos de decidir como realizamos el centrado , ya que si los centros ópticos coinciden con la posición de las pupilas en vision de lejos, cuando el paciente mira de cerca se producen desequilibrios prismáticos indeseados, ya que las pupilas convergen 2,5 mm y decienden 10 mm sobre el plano de las gafas, si consideramos la distancia de vértice estandar 12mm.

La decisión de centrado se tomara en funcion de la distancia prioritaria de utilización de las gafas, asi el análisis de los desequilibruios prismáticos tanto horizontales como verticales que se producen al mirar a cualquier otra distancia. para este análisis es conveniente distinguir dos estados refractivos distintos , la isometropía y la anisometropía.

- a. En el caso de la isometropía (idéntica refracción en ambos ojos) ocurre que si centramos los monofocales de lejos, en visión próxima no existen desequilibrios prismáticos verticales, porque se crean efectos iguales prismáticos en ambos ojos. Fig 11.7

En el caso de los desequilibrios prismáticos horizontales , observamos que los miopes presentan mayor margen de tolerancia que los hipermetropes, ya que al centrar de lejos, de cerca se produce desequilibrio de base nasal, que es la dirección menos crítica, con lo cual a veces resulta positivo centrar las lentes entre DIP de lejos y la de cerca.

- b. en el caso de la anisometropía a partir de 0,50D, en la que los desequilibrios prismáticos verticales son los más importantes. En esta situación es más importante aliviar los desequilibrios verticales, puesto que estos son siempre críticos.

Adaptación de prescripciones prismáticas

Una de las dificultades de la adaptación de prescripciones prismáticas es encontrar el sistema técnicamente óptimo de incorporar los prismas oftálmicos a la prescripción óptica si la hubiese, o simplemente a la montura.

Notación de las prescripciones prismáticas y orientación de las bases

La nomenclatura que se utiliza para describir las prescripciones prismáticas , el sistema TABO se describió anteriormente y mediante este se da el valor de la prescripción en dioptrías prismáticas, acompañado de la orientación de la base. Cuando se prescriben prismas a amétropes, el valor del efecto prismático debe acompañar a la graduación, como se muestra en el siguiente ejemplo:

OD + 4,25 – 1,50 x 180 **2 dioptia pris BNSx30**

Propósito de las prescripciones prismáticas

En óptica oftálmica, la utilización de prismas tan solo puede ser justificada en visión binocular. El efecto de los prismas frente a los ojos se el de variar la alineación relativa entre los ejes visuales de uno respecto al otro.

Distribución de prismas entre ambos ojos.

Cuando el valor de la prescripción supera las 6 dioptrías prismáticas, se suele repartir el prisma entre los dos ojos, siguiendo los criterios que se utilizan para calcular el desequilibrio prismático binocular a partir de los efectos monoculares: los efectos prismáticos cuyas bases son cardinalmente opuestas se suman, y se restan los efectos cuyas bases son cardinalmente coincidentes.

Así, una determinada prescripción prismática puede distribuirse de cualquier forma entre los dos ojos, siempre que el resultado obtenido sea el mismo, aunque lo más usual es dejar la misma cantidad de prisma en ambos ojos. Por ejemplo 10 dioptrías prismáticas pueden repartirse en 3 BS en OD y 7 BI al OI, aunque lo óptimo es colocar 5 BS en el OD y 5 BI en el OI. En el caso de existir compensación horizontal y vertical en uno o los dos ojos, existen diversas posibilidades. Por ejemplo, es equivalente +colocar en el OD 2 BT = 4 BI que en el OI 2 BT = 4 BS, que en uno de los dos ojos el prisma oblicuo resultante de la combinación, en este caso **OD 4,50 BTI x 63u OI 4,50 BTS x 63**

Prescripción por descentramiento

Cuando una prescripción prismática se halla asociada a una prescripción esférica o astigmática, se puede conseguir el efecto prismático deseado durante el proceso de montaje, situando el punto de la lente que cumple dicho efecto prismático delante de la pupila del paciente. El punto en cuestión se convertirá en el centro de montaje de la lente. Este método resulta muy eficaz para ametropías elevadas asociadas a prescripciones prismáticas bajas o moderadas, puesto que para ametropías bajas, el centro de montaje queda muy alejado del centro óptico de la lente, con lo que el diámetro de la lente resulta insuficiente para realizar el montaje correctamente. Es el método de primera opción, al no suponer ningún costo adicional para el paciente, puesto que con la misma lente compensadora se consigue el prisma deseado.

Para determinar la posición del centro de montaje en la práctica profesional, basta con colocar la lente en el frontofocómetro y situar la imagen del test en el retículo de manera que el efecto prismático sea el deseado. Cabe recordar que en el frontofocómetro se ve la imagen del test coincidiendo con la dirección y sentido de la base del prisma. Al marcar el centro de montaje, las lentes convergentes deben desplazarse en el mismo sentido de la base deseada, mientras que las lentes negativas deben desplazarse en sentido opuesto al de la base. La utilización del frontofocómetro para marcar el centro de montaje, así como para conocer el efecto prismático en un punto dado presenta una limitación importante y es la escasa precisión del instrumento, ya que el retículo solo están marcados los trazos correspondientes a las dioptrías. Además, mediante la lectura directa en el retículo solo se puede llegar a producir efectos prismáticos de 5 ó 5 dioptrías prismáticas, dependiendo del modelo. (Ver figuras 12.2 y 12.3)

Descentramientos y heteroforias

Si al evaluar el centrado de unas gafas, se observa que no corresponde con las medidas de centrado del paciente (DIP O DNP) y que el montaje sería incorrecto para un paciente ortofórico, entonces se debe tener en cuenta que puede tratarse de un centrado con un propósito especial, el de inducir algún efecto prismático que ayude a mejorar la funcionalidad de la visión binocular del paciente. Esto puede suceder en el caso de las heteroforias descompensadas, en que se aprovecha el

centrado de las lentes para aliviar los síntomas del paciente, al inducir los efectos prismáticos convenientes.

La heteroforia es aquella condición en que los ejes visuales tienden naturalmente a interceptarse por delante o por detrás del punto de fijación, produciéndose la endo o la exoforia respectivamente. Esto puede suceder tanto en visión lejana como en visión próxima, y cuando ocurre con la misma intensidad se habla de foria básica. Las forias pueden causar síntomas de incomodidad cuando no existe suficiente reserva de vergencia fusional para compensar la tendencia a la desviación, y en ese caso se denominan forias descompensadas.

Aquí expondremos los criterios necesarios para ayudar a aliviar los síntomas de las forias descompensadas mediante el centrado especial de las lentes (lo que es equivalente a considerar la prescripción prismáticas).

Endoforias

Caso de endoforia sintomática en visión de lejos y asintomática en visión de cerca: el efecto prismático aliviador debe ser de base temporal, y únicamente en visión lejana. Esto se consigue cerrando las lentes negativas para la distancia interpupilar de cerca. En el caso de las lentes positivas es imposible de conseguir, ya que si queremos producir un efecto prismático de base temporal en visión de lejos, en visión de cerca será aun mayor. Como resumen, el caso de Endoforias descompensada en visión lejana se puede aliviar únicamente cuando se halla asociada a la miopía.

Caso de endoforia descompensada y sintomática en visión próxima y asintomática en visión lejana: en este caso se trata de conseguir provocar un efecto prismático de base temporal solo en visión próxima.

Exoforias

Caso de exoforia descompensada en visión de lejos, y asintomática en visión próxima: se deben producir prismas de base nasal únicamente en visión de lejos, y esto solo ocurre centrando las lentes positivas en visión próxima.

Caso de exoforia descompensada en visión próxima, y asintomática en visión de lejos: se deben producir prismas de base nasal únicamente en visión próxima, y esto solo ocurre centrando las lentes negativas en visión lejana,

Lentes prismáticas. Prismas incorporados

Para conseguir el efecto prismático deseado por descentramiento de las lentes oftálmicas, es necesario disponer de diámetros grandes, sobre todo cuando el valor de la potencia compensadora es bajo. Cuando el diámetro limita este

descentramiento se recurre a pedir al fabricante una lente que lleve la potencia prismática incorporada. Los prismas incorporados también denominados lentes prismáticas, se utilizan, pues, cuando la corrección prismática debe ir acompañada de una corrección óptica, ya sea monofocal o multifocal, y es imposible conseguir dicho efecto prismático por descentramiento de las lentes. El cálculo de la lente prismática se realiza teniendo en cuenta la potencia del prisma que se incorpora a la lente, dando como resultado lentes con un espesor delgado y uno grueso. Para su fabricación coloca el bloque descentrador respecto al eje de giro del generador y al centro de rotación de los moldes. Figura 12.8

Prismas de Fresnel

Los prismas de Fresnel son una alternativa para solucionar el problema que presentan las elevadas prescripciones prismáticas, puesto que introducen la ventaja de disminuir el espesor y el peso respecto a las lentes prismáticas. Los prismas de Fresnel son un conjunto de pequeños prismas con el mismo ángulo apical e igual espesor en la base (pequeño), de forma que la arista de uno está en contacto con la base del siguiente y así sucesivamente hasta conseguir el diámetro deseado.

Existen dos modelos de prismas de Fresnel, los Wafer- prism y los Press-on.

- a) Los wafer –Prism, que resultan mecánicamente difíciles de adaptar, se caracterizan por ofrecer una buena calidad óptica. Poseen un diámetro de 30 mm aproximadamente, se fabrican desde 15 dioptrías prismática hasta 35. Van montados en un aro de material plástico que les permite acoplarse a las gafas mediante un adhesivo transparente.
- b) Los Press – on se fabrican en discos de material plástico flexible que permite recortarlos de la forma y a la medida del aro y adherirlos sin dificultad

Resultan ideales para prescripciones temporales, que deben ser revisadas a menudo, y para cuando se debe prescribir distinto prisma de los que de cerca o distinto según las direcciones del espacio, lo que se denomina prisma por sectores. Ante todas las ventajas expuestas, no hay que olvidar los inconvenientes, entre los que cabe citar la reducción de agudeza visual que se experimenta al mirar a través de ellos, que puede resultar una penalización para el ojo portador, la dispersión cromática para elevadas potencias prismáticas, y las reflexiones en los surcos aristas – base, lo que hace que resulte mejor adherirlos a la base inferior y en la cara interna. Además con el tiempo pierden su flexibilidad y amarillean.

Proceso tecnológico en el taller de talla de las lentes

Proceso de fabricación de lentes minerales

Obtención de una superficie. Generalidades

Las superficies que delimitan las lentes oftálmicas se caracterizan por su geometría (radio de curvatura, diámetro) y por su rugosidad.

El fabricante, a partir de un bloque de vidrio, deberá obtener en cada una de sus caras una determinada superficie para conseguir la lente terminada.

En un estudio previo se definen los parámetros propios de la superficie, y a partir de aquí se conocerá: el radio de curvatura y el diámetro de la lente.

Se parte del bloque de vidrio del que se desea obtener la lente. La geometría de este bloque es la de un cilindro macizo, en el que la superficie que consideraremos superior es convexa y la superficie inferior es cóncava; el diámetro de este cilindro debe ser mayor o igual al de la lente que pretendemos obtener. Las rugosidades de las superficies superior e inferior antes de ser trabajadas pueden ser de algunas décimas de milímetro.

Bloqueo

El objetivo de este proceso es adaptar al bloque de vidrio un suplemento que permita su sujeción en las máquinas de cada una de las etapas a seguir para la obtención de una superficie óptica.

Para proceder al bloqueo se recubre la superficie opuesta a la que se va a trabajar con una laca, con lo que se mejora su adherencia a la vez que se protege de posibles agresiones que la podrían deteriorar. Con una aleación, cuyos componentes principales son: Bi, Pb, n, y Cd; y cuya temperatura de fusión oscila entre 45 y 80 grados; el fabricante obtiene un cilindro que queda perfectamente adherido sobre la laca. En la parte central, este cilindro posee un agujero pasante a través del cual se podrá efectuar la medida del espesor de centro de la lente. En la parte superior del suplemento existen los anclajes necesarios para la adaptación del conjunto a las distintas máquinas.

El desbloqueo del vidrio y el consiguiente reciclado de la aleación se consigue sumergiendo todo el conjunto en un recipiente termostático, con agua a una temperatura mayor de 80 grados Celsius, el suplemento se separa del vidrio y se deposita en el fondo del recipiente, lo que permite una fácil separación y posible reutilización de la aleación.

Generado

El objetivo de este proceso es conseguir que la superficie posea un radio de curvatura igual o muy parecido al deseado, así como uniformizar la superficie hasta obtener una rugosidad media inferior a 10 μm .

El procedimiento es el arranque de material por medios mecánicos, y se lleva a cabo en máquinas diseñadas especialmente denominadas generadores. El tiempo del proceso depende de la diferencia de curvas entre la superficie del bloque de vidrio y la superficie deseada, así como la dureza del material a trabajar y de la efectividad de la herramienta de corte incorporada en el generador.

La figura 1.4 es una descripción gráfica del generador, y en ella se indican los principales componentes del mismo.

Se ha escogido la configuración más sencilla, que corresponde a un generador de superficies esféricas.

Poner fig 1.4 Pag 32

A partir de la figura 1.4 se pueden distinguir las siguientes partes de un generador.

La función de la muela diamantada (1) es la de arranque de material, y se explicará en profundidad más adelante.

La superficie del bloque de vidrio (2) que se va a trabajar estará en contacto con la muela. El suplemento de aleación (3) está perfectamente adherido al bloque de vidrio y permite su sujeción al generador.

La función del soporte de sujeción (4) es la sujeción del suplemento de aleación, de tal manera que el bloque de vidrio no pueda girar respecto a este soporte y se mantenga perfectamente apoyado en él. Los sistemas de sujeción que incorporan los distintos generadores existentes en el mercado son de muy diversas índoles.

La cuba (5) forma parte del cuerpo principal del generador. Su función es la de recoger el refrigerante, así como las partículas de vidrio que se van arrojando.

El depósito de refrigerante (6) almacena el refrigerante que constantemente es bombeado y evacuado por el centro de la muela. Este depósito debe incluir un decantador para evitar que las partículas de vidrios sean bombeadas de nuevo con el refrigerante.

El movimiento de rotación de la muela (7) presenta una velocidad de rotación de la muela respecto al eje indicado que oscila entre 5000 y 25.000 rpm.

El movimiento de rotación del bloque (8), se realiza en sentido de giro contrario al de la muela. La velocidad de rotación oscilará entre 5 y 25 rpm.

El desplazamiento vertical del bloque (9) permite regular el espesor de la capa de vidrio arrancado en todo el proceso. Consecuentemente, con el desplazamiento, se podrá ajustar el espesor de la lente.

El ajuste del desplazamiento horizontal de la muela (10) posibilita la generación de superficies cóncavas o convexas.

Muela diamantada: (1) Una muela es un cilindro de bronce, hueco cuyo diámetro exterior oscila entre 50 y 120 mm y el ancho de pared puede ser de 3 a 6 mm.

El refrigerante, compuesto por una mezcla de agua y taladrina, permite que la temperatura en la zona del vidrio que se produce el arranque del material, y la temperatura en la zona diamantada de la muela no sea excesiva por estos componentes. También produce un arrastre del polvo de vidrio que se deposita entre las superficies de diamante de la muela.

Tipos de generadores: en el mercado actual los generadores más modernos son máquinas equipadas con control numérico (CNC), que permiten generar todo tipo de superficies de revolución (esféricas, y esféricas) y de no revolución (toricas, progresivas), con lo que puede obtenerse así cualquier tipo de superficie de las empleadas en las lentes oftálmicas.

Afinado

El objetivo del proceso es conseguir que el radio de curvatura de la superficie sea exactamente el deseado, además de reducir la rugosidad superficial hasta obtener un valor medio de 1 μm . El procedimiento del afinado consiste en el arranque de material por medios mecánicos, que se consigue por fricción entre la superficie de afinar y un molde. El tiempo de proceso oscila entre 10 y 30 segundos en función de varios factores, tales como la diferencia entre el radio de la superficie de vidrio y el del molde, la rugosidad media de la superficie antes del afinado, la presión de trabajo y el tipo de abrasivo como factores más significativos.

Descripción del molde: los moldes se construyen a partir de cilindros metálicos, en los que se usa una de las superficies se mecaniza de tal manera que permite su anclaje en la máquina de afinado, y la opuesta, que denominaremos superficie activa del molde, se mecaniza de manera que sea un negativo de la superficie que pretendemos afinar.

Hablaremos de molde diamantado cuando en la superficie activa del mismo se adhieren en partículas de diamante sintético para producir la abrasión sobre el vidrio.

Existe otro tipo de molde, en el que la superficie activa se recubre con una chapa (pad) cuyo espesor es de 0,5 mm y de un material más blando que el propio molde, por ejemplo de latón, aluminio o Zinc, con el objetivo que el desgaste que

se produce durante el proceso de afino solo afecte a la chapa y no a su superficie activa.

La estructura básica de una afinadora consta de las siguientes partes:

El sistema de anclaje transmite el movimiento al bloque de aleación que sujeta la lente que está afinando.

El soporte de aleación adherido a la lente permite su sujeción en las distintas maquinas que intervienen en el proceso de obtención de una superficie terminada.

La lente en proceso.

El molde.

El sistema de sujeción del molde a la maquina de afino. Las maquinas modernas incorporan elementos neumáticos que permiten una rápida sustitución del molde. En algunos modelos, a este conjunto se le imprime un movimiento igual que a la lente pero de amplitud menor y sentidos opuestos, con el fin de reducir el tiempo de proceso.

El cuerpo principal de la maquina (6)

El deposito(7) donde se almacena la suspensión compuesta por el refrigerante y el abrasivo la taladrina.

Pulido

Los objetivos de este proceso son reducir la rugosidad media superficial por debajo de 0,1 mm, a l vez que mantener el radio de curvatura obtenido en el afinado.

El pulido de superficies de lentes destinados a usos oftálmicos se lleva a cabo en maquinas iguales a las empleadas en el afino, utilizando otro tipo de moldes y abrasivos.

Los moldes que se utilizan en el pulido se diferencian de los del afino en el acabado de su superficie activa, pues ahora, si en el afino hemos empleado un molde diamantado, en el pulido el molde estará recubierto con una capa de poliuretano, cuyo espesor oscilará entre 1 y 2 mm.

El abrasivo que se emplea actualmente es un compuesto cuyo componente principal es el oxido de cerio. Se comercializan muchos tipos de compuestos, cada uno de los cuales, combinado con un determinado pad proporcionan el grado de

pulido idóneo para cada tipo de material. Como refrigerante y vehículo de transporte abrasivo se emplea agua.

Obtención de una lente mineral

La situación del mercado actual obliga al fabricante de lentes oftálmicas a adoptar una solución de compromiso entre el número de lentes terminadas que debe tener en su stock y el grado de eficacia que deben tener sus talleres de terminación de lentes. En la actualidad se está imponiendo la fabricación de lentes semiterminadas, en las que se ha generado, afinado y pulido la superficie convexa, y se ha dejado en bruto la superficie cóncava, así como un determinado espesor de centro y diámetro. Estas lentes semiterminadas son sometidas a un control de parámetros y de calidad superficial antes de ser almacenadas.

Teniendo en cuenta lo dicho hasta ahora, si miramos el contenido de un almacén deberemos encontrar tres tipos distintos de productos: bloques de vidrio, lentes semiterminadas y lentes totalmente terminadas. Estas últimas corresponden al tipo de lente de mayor demanda (generalmente de baja potencia, siempre monofocal y diámetro grande).

Las lentes semiterminadas y algunas totalmente terminadas se fabrican en lotes en que el número de lentes iguales es elevado (puede ser de algunos centenares), y al conjunto de procesos y operaciones necesarias para su obtención se le denomina fabricación seriada. Empleando estos procesos el fabricante pretende reducir al máximo el costo de la lente; por lo tanto le interesará un elevado grado de automatización en los procesos, tiempo de procesamiento lo más corto posible y el menor mantenimiento posible de la maquinaria y los utillajes que intervienen. Los fabricantes han optado, con el fin de cubrir todo el conjunto de combinaciones en cuanto a potencias, índices de refracción, diámetros y geometrías, por almacenar un gran número de lentes semiterminadas, en las que solo ha terminado la primera superficie.

A continuación, las tablas 1.4 y 1.5 representan un resumen en el que se describen los pasos que se deben seguir en cada tipo de fabricación.

Tabla 1.4

Fabricación de lentes minerales por encargo	
Partiendo de un bloque	Partiendo de un semiterminado
Objetivo Obtención de una lente terminada	Objetivo: Obtención de una lente terminada
Procedimiento	Procedimiento
Elección del bloque y utillajes necesarios Se escoge el bloque mas adecuado (material, diámetro, espesores) Se escogen los moldes para el afino y pulido para cada superficie	Elección del semiterminado y utillajes necesarios: Se escoge el semiterminado mas adecuado (Pin, material, diámetro, espesores) Se escogen los moldes para el afino y pulido para la superficie posterior
Generación de la superficie anterior: Consta de cuatro etapas: sujeción, generado, afinado y pulido	Generación de la superficie posterior: Consta de cuatro etapas: sujeción, generado, afinado y pulido
Control: Se controla la sagita de la primera superficie y el espesor de centro	Control: Control de la calidad de las superficies y de la masa Control de potencias y espesores
Generación de la superficie posterior: Consta de cuatro etapas: sujeción, generado, afinado y pulido	Empaquetado y almacenaje
Control: Control de la calidad de las superficies y de la masa Control de potencias y espesores	
Empaquetado y almacenaje	

Tabla 1.5

Fabricación de lentes minerales en serie	
Terminadas	Semiterminadas
Objetivo: Obtención de un gran numero de lentes iguales totalmente terminadas	Objetivo: Obtención de un gran numero de semiterminados iguales
Elección del diseño de la lente Se fijan los parámetros de la lente Un sistema informatico relaciona estos parámetros para conseguir el diseño mas adecuado	Definición de la geometría del semiterminado: Determinación del radio de la superficie anterior y de los espesores
Elección del bloque y utillaje necesarios: Se escoge el bloque mas adecuado(material, diámetro, espesores) Se escogen los moldes para el afino y pulido para cada superficie	Elección del bloque y utillaje necesarios: Se escoge el bloque mas adecuado(material, diámetro, espesores) Se escogen los moldes para el afino y pulido
Preparación de maquinaria: Maquinaria muy rápida y automatizada La puesta en marcha del proceso es escalonada Se emplean los moldes diamantados en el afino y con recubrimiento de poliuretano en el pulido	Preparación de maquinaria: Maquinaria muy rápida y automatizada La puesta en marcha del proceso es escalonada Se emplean los moldes diamantados en el afino y con recubrimiento de poliuretano en el pulido
Generación de la superficie anterior: Consta de cuatro etapas: sujeción, generado, afinado y pulido	Generación de la superficie anterior: Consta de cuatro etapas: sujeción, generado, afinado y pulido
Control: Muestreado, con una frecuencia que depende de la fiabilidad de la maquinaria	Control: Unitario, se controla la calidad superficial, la sagita de la superficie anterior y los espesores
Generación de la superficie posterior: Consta de cuatro etapas: sujeción, generado, afinado y pulido	Empaquetado y almacenaje
Control: Unitario, control d la calidad de las superficies y de la masa Control de potencias y espesores	
Empaquetadoy almacenaje	

Materiales orgánicos

Tipos de materiales orgánicos y propiedades

Los materiales que denominamos orgánicos o plásticos son producto de la polimerización de cadenas que contienen básicamente carbono, hidrógeno y oxígeno.

Los materiales que cobran mayor importancia en el segundo tercio del siglo XX en el campo de las lentes oftálmicas (de prescripción y de protección) son el carbonato de dimetilglicol (CR – 39) y el Policarbonato (PC).

Los materiales plásticos tienen índices de refracción inferiores a los minerales. Aunque actualmente está totalmente normalizado el uso de orgánico de alto índice (1.600) continúa siendo un problema superar este valor.

El CR-39 y los materiales con índice medio no son muy dispersores (número de Abbe similar al del crown) pero los de alto índice son dispersores como el material Flint.

La densidad es el parámetro característico de los materiales orgánicos, puesto que es del orden del 40 % menor que la de los minerales ($D_{CR-39} = 1.32 \text{ gr/cm}^3$, mientras que $D_{crown} = 2.54 \text{ gr/cm}^3$) y en este caso aunque el índice de refracción varíe, la variación de densidad es casi despreciable. Por ello el gran argumento de las lentes orgánicas frente a las minerales es la reducción de peso.

Al ser mejores conductores del calor, presentan la ventaja de empañarse menos cuando se someten a cambios bruscos de temperatura.

La otra ventaja de los materiales orgánicos es la resistencia a los golpes (baja fragilidad). El CR-39 es veinte veces más resistente a la rotura que el vidrio y el PC todavía lo es más, por lo que se utiliza básicamente en lentes de protección.

Uno de los peores inconvenientes que aun hoy en día no se ha conseguido superar es la poca dureza que ofrecen los materiales plásticos, que hace que se rayen con facilidad. El PC es más blando que el CR-39.

Los plásticos en general son resistentes a los agentes químicos y por su estructura interna son muy fáciles de colorear y de decolorar.

Proceso de fabricación de lentes orgánicas en serie

El proceso de fabricación en serie de lentes orgánicas empleadas como correctoras o bien como protectoras de radiaciones solares sigue las siguientes etapas:

1. Cálculo de los parámetros de la lente: con un soporte informático se calculan los parámetros de la lente a fabricar (radios de curvatura, espesores de centro y borde).
2. Elección y preparación del molde adecuado: a partir del diseño del apartado 1 se definen los parámetros del molde necesario para fabricar la lente(figura 1.9)

Este molde está constituido por dos bloques de vidrio unidos por una anilla de material plástico, proporcionando un compartimiento estanco. Las superficies internas de los bloques de vidrio deben estar perfectamente pulidas, siendo un negativo perfecto de las superficies de la lente que queremos obtener.