The book cover has a dark blue background with a fine grid pattern. A glass prism is positioned in the upper left, with a white beam of light entering from the left and a rainbow spectrum of light exiting to the right. A pair of dark sunglasses is shown in the lower half of the cover, with the lenses reflecting the rainbow spectrum. The title 'Óptica Oftálmica Aplicada' is written in a large, white, serif font with a thin black outline, centered over the prism and rainbow. Below the title, '2a. edición' is written in a smaller, plain white font.

# Óptica Oftálmica Aplicada

2a. edición

José María Plata Luque  
Reinaldo Acosta Martínez

# Óptica oftálmica aplicada

2a. edición



# Óptica oftálmica aplicada

2a. edición

*Prof. José María Plata Luque, O.D.  
Docente Facultades de Optometría, Colombia  
Expresidente Federación Colombiana de Optómetras  
Director Programa de Optometría Universidad El Bosque*

*Prof. Reinaldo Acosta Martínez, O.D. M.Sc.  
Esp. S.O., Esp. Docencia  
Docente Facultades de Optometría, Colombia  
Coordinador Académico  
Programa de Optometría Universidad El Bosque*

Optica Oftálmica Aplicada

2ª edición

ISBN:

© 2014 Editor: Reinaldo Acosta

Fotografía: *José María Plata*

Digitación y corrección de texto: *Reinaldo Acosta*

Gráficos: *Nubia Parra*

Diseño y diagramación: *Miguel Ángel Poveda*

*© Todos los derechos reservados. Esta publicación no se podrá reproducir, almacenar en sistemas de recuperación, transmitir en forma alguna, por medio mecánico, electrónico, fotocopador, grabador u otro, ni en su totalidad, ni en parte, sin autorización escrita del editor.*

*El infractor puede incurrir en responsabilidad penal y civil.*

Impreso en Colombia

*José María Plata Luque*

*A mi esposa Ana Eugenia y a mis hijos*



*Reinaldo Acosta*

*A mi esposa Mabel y a mis padres*

## Colaboradores

*Álvaro Chajín*

Ingeniero Industrial  
Gerente General  
SERVIÓPTICA

*Luis Fernando Estrada*

Optómetra IPN México  
Asesor Científico  
ILT SINGAPUR

*Hernando Ávila*

Optómetra  
Gerente Regional  
SHAMIR OPTICAL INDUSTRY

*Olga Lucía Giraldo*

Optómetra  
Directora Ejecutiva  
FEDOPTO

*Javier Francisco Flórez*

Optómetra  
Coordinador Comercial de Instrumentos  
ESSILOR

*Juan Sebastián Bejarano*

Optómetra  
Director Técnico Científico  
SERVIÓPTICA

*Mabel Rocío Hernández*

Optómetra  
Coordinadora de Proyectos  
PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA



## Prólogo

Tuve conciencia de que existía el doctor José María Plata Luque hace por ahí 30 años, cuando combativamente se oponía a buena parte lo que se decía o se hacía en la Federación Colombiana de Optómetras, incluso después de haber sido su presidente. Yo al principio lo miraba desconcertado desde bien lejos y pensaba que era un necio redomado; después empecé a suponer que era un idealista de los intensos, pero finalmente he tenido que admitir que mucho de lo que decía, estaba cargado de sensatez y que tenía bien puestos los pies sobre la tierra cuando señalaba un camino seguro para la optometría.

Desde que le conozco, “Chepe” ha sido un profesional inquieto, asertivo y exitoso, pero lo más valioso es que pudiendo haber empleado sus virtudes exclusivamente en beneficio propio, gran parte de su quehacer lo ha canalizado en formar profesionales que tengan clara su misión y que se sientan orgullosos de ella. En esta parte de su viaje ha encontrado un compañero de tándem, el Dr. Reinaldo Acosta Martínez, que le ha secundado en su obsesión por recuperar el ADN de la profesión que concibió Prentice alguna vez. A mí ya me convenció de que no se puede ser un optómetra efectivo solo con la habilidad de escoger un diagnóstico, se debe poseer la sapiencia para elegir un tratamiento y los recursos nuestros para tratar pacientes, por más escrupulosos o elegantes que seamos, pasan indefectiblemente por la corrección óptica - por los lentes y la montura.

El doctor José María Plata Luque y su adalid, el Dr. Reinaldo Acosta Martínez, han caminado América Latina, sumando conocimiento y auscultando

necesidades y se han hecho a la tarea monumental de estudiar, de investigar y recopilar el material más relevante en óptica oftálmica, incluidos los desarrollos recientes de la industria para presentarnos la segunda edición de su libro "Óptica Oftálmica Aplicada" que apareció por primera vez en el 2.000.

La obra, me parece que ha sido concebida para que sea de mucha utilidad sea usted optómetra, oftalmólogo, óptico, contactólogo o asesor. Seguramente le reconocerán un inmenso valor y no solo por la ausencia de obras que se le parezcan; lo tiene, porque con sencillez pero con profundidad, va analizando cada uno de los elementos que configuran una solución óptica, permitiendo conocer todo lo que constituye nuestro bagaje terapéutico. En la medida en que sepamos aprovechar los conocimientos plasmados en la obra, indefectiblemente cumpliremos la misión que hemos elegido de llevar luz a donde corresponde, para que se cumpla a perfección el milagro de la visión.

*Luis Fernando Estrada Restrepo O.D.*



## Prefacio

Transcurridos ya 14 años de publicada la primera edición y después de haber participado en la realización y puesta en marcha del programa de Optometría de la Universidad El Bosque de Bogotá, en donde la Optica Oftálmica y la Administración Empresarial son perfiles de énfasis, podemos afirmar con certeza que el desarrollo de competencias en estas disciplinas no se ha profundizado en nuestro medio como es debido.

En la segunda edición del libro “USO DE LOS ANTOJOS - Para Todo Género De Vistas”, cuyo autor fue el notario del Santo Oficio Benito Daza del Valdés, reeditada en España por la compañía INDO, 350 años después de su primera aparición (1623), el profesor Manuel Márquez hace unos comentarios a propósito del libro, que son de mucha pertinencia en el área de la óptica de anteojería.

El profesor expresa que existe evidencia cierta, que el invento de los anteojos por parte de los monjes dominicos,debió realizarse hacia el año de 1285,. Traemos a colación esta nota pues el desarrollo de los lentes y su calidad se han considerado desde la misma época de su invención, como está testimoniado en el capítulo primero “De la Materia Que Se Hacen Los Antojos” ( antojos = anteojos), en el cual se analizan las ventajas del cristal de Roca, de los que él llama cristal de espejo y de los de vidrio común. Menciona Daza de Valdés “Si la roca es toda igual y bien labrada, serán los antojos que de ella salieren los más perfectos y mejores de todos. Los de cristal de espejo, por ser un género de vidrio finísimo que se hacen en Muran, lugar ameno junto a Venecia, de

que se labran antojos tan excelentes que casi compiten con los mejores de roca y son además de menos precio, por ser la materia menos dura y cuesta menos trabajo de labrarle. Los de vidrio son los peores y los que más dañan a la vista, así porque la materia no tiene la pureza y perfección que se requiere, como por ser todos de ordinario mal labrados, que es el mayor inconveniente que puede haber en los antojos para la conservación de la vista”

Lo anterior demuestra como la calidad óptica siempre ha sido preocupación para fabricantes y adaptadores de lentes oftálmicos. La irrupción en esta última década de multinacionales en el mercado de la óptica, el incremento de la oferta académica y el desarrollo de nuevas resinas y diseños, exigen un profesional que además de conocimientos y experiencia clínica, conozcan a profundidad sus propiedades y su aplicación, sumados a una formación en el área administrativa, toda vez que se cumple la dualidad paciente – cliente.

Se debe resaltar que la Optometría tuvo su génesis, más en la Optica que en la Medicina y por lo tanto nos obliga a contextualizar nuestra profesión, para de esa manera lograr satisfacer las necesidades visuales y ocupacionales de nuestros pacientes.

Esta obra está dirigida a toda la comunidad optométrica, con el fin de suministrar información actualizada de los materiales y diseños de las monturas y los lentes oftálmicos. Dada su relevancia actual se escribió un capítulo aparte de progresivos.

Otro capítulo recopila la evolución, avances más significativos y aplicación de los filtros y las películas de revestimiento.

Con nuestra experiencia en los escenarios académicos y profesionales, hemos podido auscultar vacíos en esferimetría, espesimetría, interpupilometría, y lensometría que a la fecha y por la aparición de curvas complejas (asféricas y atóricas) y materiales de alto índice, hacen imperativo su actualización, ya que difieren en forma sustantiva con las formas tradicionales de medir el vidrio y la resina de CR39.



De manera muy especial expresamos nuestros más altos sentimientos de admiración y aprecio al Ingeniero Alvaro Chajín, quién sin su apoyo no hubiésemos podido sacar a la luz esta obra.

Para concluir agradecemos a las compañías ESSILOR, ILT y SHAMIR, quienes colaboraron en el suministro de material e imágenes.

*Reinaldo Acosta Martínez O.D., M.Sc.,Esp.*

*José María Plata Luque O.D.*



## Tabla de contenido

### Capítulo 1. Nomenclatura y sistemas de notación

• Montura o Armazón Oftálmico .....	25
• Partes de la Montura .....	25
• Geometría de la Montura.....	28
- Triángulo de Adaptación .....	32
- Sistema de Encajonamiento o Embalaje.....	33
• Requerimientos.....	35

### Capítulo 2. Monturas oftálmicas

• Algo de historia .....	41
• Materiales.....	42
• Orgánicos.....	42
- Acetato de Celulosa .....	42
- Propionato de Celulosa.....	43
- Optyl .....	44
- Fibra de Carbón Grafito.....	45
- Nylon .....	46
- Kevlar .....	48
- Policarbonato.....	49
• Metálicos .....	49
- Níquel.....	49
- Monel .....	50
- Aluminio.....	51
- Acero Inoxidable .....	52
- Titanio .....	53
- Beta-Titanio.....	54
- Oro .....	55
• Otros materiales .....	56
• Diseños .....	56

- Componentes ..... 56
  - Ojos de la montura o aros ..... 56
  - Puente ..... 58
  - Bisagras o Charnelas ..... 62
  - Plaquetas, Almohadillas o Narigueras ..... 66
  - Brazos ..... 71
    - Tipos de brazos ..... 74

### Capítulo 3. Lentes oftálmicos

- Propiedades ..... 79
  - Curva Base ..... 80
  - Transmisión ..... 83
  - Dispersión Cromática ..... 84
  - Índice de Refracción ..... 86
  - Seguridad ..... 88
  - Campo Visual ..... 89
  - Peso ..... 90
  - Espesor ..... 91
- Materiales ..... 93
  - CR-39 ..... 93
  - Policarbonato ..... 94
  - Poliuretano ..... 96
    - Trilogy ..... 98
    - FutureX ..... 99
    - X-treme HD ..... 101
    - Fashion ..... 101
    - G2 ..... 102
  - SunActives 3.0 ..... 102
    - Paladin ..... 103
    - MistiX ..... 103
    - Thin&Lite 1.67 ..... 104
  - Politiosulfuro ..... 104
- Diseños ..... 106
- Curva Base ..... 106

- Monofocales ..... 109
- Bifocales ..... 110
  - Ultex..... 112
  - Ejecutivo..... 113
  - Kriptok..... 114
  - Bifocal invisible o Younger ..... 116
  - Bifocal Flat-Top ..... 117
- Trifocales..... 121

**Capítulo 4. Filtros y películas**

- Generalidades ..... 125
- Filtros..... 126
  - De protección solar ..... 126
  - Minerales coloreados en masa ..... 127
  - Minerales coloreados por alto vacío..... 127
  - Orgánicos en CR-39..... 127
  - Orgánicos en Policarbonato ..... 127
  - Clasificación..... 127
  - Fotocromáticos de origen mineral ..... 128
  - Fotocromáticos orgánicos..... 129
  - Tipos..... 130
- Características..... 131
  - Color..... 131
  - Usos..... 131
  - Iluminación..... 131
  - Espesor y Temperatura ..... 131
- Percepciones del paciente ..... 132
  - Velocidad ..... 132
  - Resplandor ..... 132
  - Brillo disperso y Reflejos ..... 132
- Fotocromático Polarizado..... 133
- Efecto Fotocromático ..... 136
- Fotocromáticos última generación..... 138
- Filtros polarizados ..... 139

- Características Técnicas ..... 140
  - Ventajas ..... 142
  - Inconvenientes..... 142
- Filtros espejados ..... 144
- Aplicación del color ..... 145
  - Café ..... 146
  - Gris ..... 146
  - Verde..... 146
  - Amarillo..... 146
  - Azul..... 147
  - Naranja ..... 148
  - Rosado..... 148
- Categorías ..... 148
- CPF – Lentes de filtrado selectivo..... 149
  - N.V. (Night – Vision)..... 150
  - 500 - 550..... 150
- Filtros instrumentales ..... 150
  - Aneritra..... 150
  - Azul cobalto ..... 150
  - Dicroico..... 150
  - Filtrón ..... 151
  - Espejado en oro..... 151
  - Therminon..... 151
- Filtros deportivos..... 151
  - De nieve..... 151
  - Acuáticos..... 151
  - Ciclismo y patinaje ..... 152
  - Tiro ..... 152
  - Golf ..... 153
  - Deportes de Raqueta ..... 153
- Radiación Ultravioleta ..... 153
  - Efectos biológicos ..... 154
  - Protección Ultravioleta ..... 155

- Películas..... 155
  - Protección antirrayas ..... 155
- Revestimiento antirreflejo..... 157
  - Características ..... 158
  - Usos..... 159
- Principio ..... 160

**Capítulo 5. Lentes progresivos**

- Historia..... 167
- Definición..... 168
- Principio Básico..... 168
- Principio de Minkwitz..... 170
- Exigencias Ópticas..... 172
- Evolución..... 174
  - Primera Generación - Monodiseño Esférico ..... 175
  - Segunda Generación - Monodiseño Asférico..... 176
  - Tercera Generación - Multidiseño ..... 176
  - Cuarta Generación - Compacto..... 178
  - Quinta Generación - Campo visual ampliado..... 179
  - Sexta Generación..... 180
    - Alta Resolución ..... 180
    - Forma Libre – “Free-Form”..... 181
    - Varilux S Series..... 186
    - Varilux S 4DTM..... 186
      - Visión binocular y lentes progresivos binoculares ..... 187
      - Personalización y lentes progresivos ..... 188
      - El ojo dominante direccional ..... 188
      - Tecnología exclusiva 4D ..... 191
    - Nanoptix Technology ..... 193
      - Herramientas actuales para reducir el efecto balanceo..... 195
    - Beneficios de Nanoptix ..... 197
    - S Digital Surfacing ..... 197
    - SynchronEyes™: “Visión Binocular Natural ..... 197
    - Herramientas actuales para controlar la visión binocular ..... 199

- Beneficios SynchronEyes ..... 201
- Zonas Principales..... 203
- Marcas de Identificación ..... 204
- Adaptación..... 206
  - Necesidades visuales y ocupacionales..... 210
  - Tipos de usuarios ..... 211
  - Con pronóstico reservado..... 212
  - Pronóstico de adaptación ..... 212
    - Instrucciones de uso y adaptación..... 213
- Centrado Vertical ..... 214
  - Altura excesiva..... 214
  - Altura insuficiente..... 214
  - Alturas diferentes ..... 215
- Centrado Lateral ..... 215
  - Descentrado monocular ..... 215
  - Descentrado binocular..... 216
- Tallado Digital..... 216
  - Tallado de superficies de poder nominal ..... 217
  - Tallado de superficies optimizadas según la receta..... 218
  - Tallado de superficies optimizadas según receta y montura..... 218
  - Tallado de superficies progresivas optimizadas o nominales en cara posterior..... 219

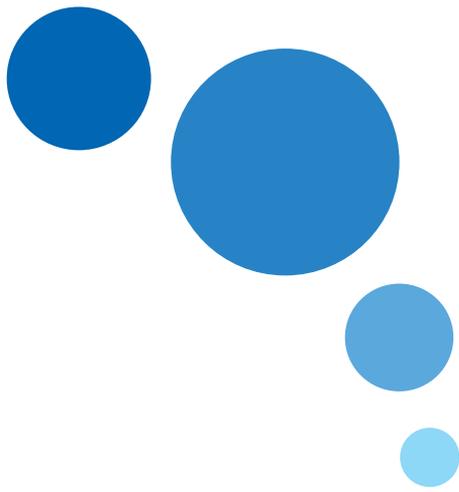
**Capítulo 6. Selección y control de parámetros**

- Distancia Pupilar ..... 224
  - Visión Lejana (infinito)..... 228
  - Visión próxima ..... 229
- Distancia Vértice..... 230
- Curva Base ..... 231
  - Para lentes positivos..... 233
  - Para lentes negativos..... 233
- Espesor..... 235
- Diámetro..... 236
  - Método Gráfico ..... 236

- Método Matemático..... 237
- Lensometría..... 238
  - Principio Óptico ..... 238
  - Procedimiento ..... 240
  - Interpretación ..... 243
  - Medición prismática ..... 246
  - Medición de la adición ..... 236
  - Auto Lensómetro ..... 247
- Prisma y Efecto Prismático..... 249
  - Descentración Prismática ..... 250
  - Correcciones Esféricas..... 251
  - Correcciones esferocilíndrica ..... 252
  - Combinación esferocilíndrica con ejes correctivos en  $0^\circ$  o  $90^\circ$  ..... 252
  - Combinación esferocilíndrica con ejes correctivos en  $45^\circ$  y  $135^\circ$  ... 252
  - Combinación esferocilíndrica con ejes correctivos oblicuos..... 253
- Estética..... 256

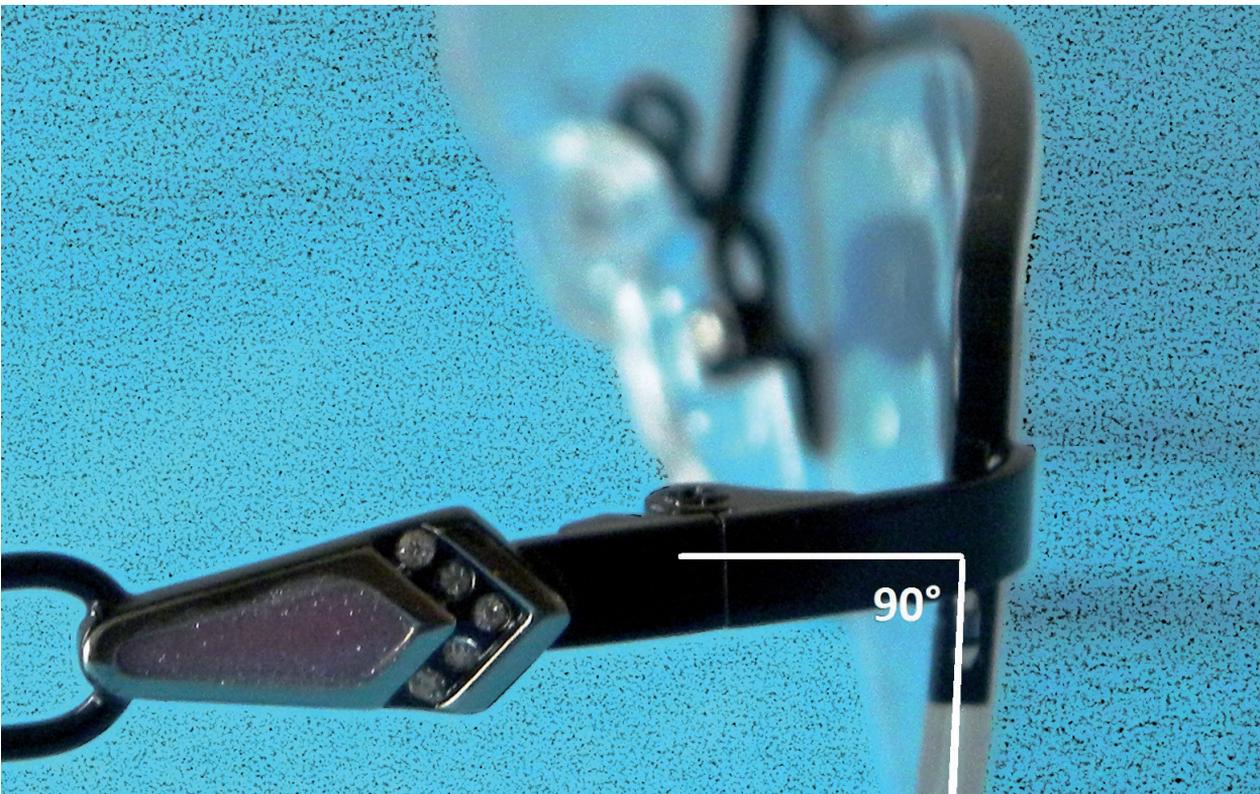
**Bibliografía** .....261





# Capítulo 1

## Nomenclatura y sistemas de notación





## Nomenclatura y sistemas de notación

Como base propedéutica, es preciso identificar y definir, los diferentes elementos que constituyen los armazones y los lentes oftálmicos; así como la geometría de la montura en lo que hace referencia a las angulaciones, dimensiones y denominaciones.

**Montura o armazón oftálmico:** Llámase al aditamento en material orgánico o inorgánico (plástico, metálico, etc.) que se utiliza para el montaje de los lentes oftálmicos; la conjunción del armazón y los lentes se denominan también *anteojos o gafas* de acuerdo a las costumbres idiomáticas. Esencialmente, debe estar constituida por los siguientes elementos: Frente (aros y puente), articulación o bisagra, brazos y angulaciones. (Fig. 1-1).



Figura 1-1. Frente de montura plastica (Aro + Puente)

**Partes de la montura:** Dentro de la concepción actual, los siguientes son los constitutivos a considerar en un armazón.

**Frente:** Corresponde a la sección anterior de la montura (Fig. 1-1) y es el continente de los lentes oftálmicos. Consta de dos porciones simétricas que soportan parcial o totalmente los lentes por medio de un sistema habitualmente ranurado, el cual se conoce como *ángulo de ranura*, y se denominan "ojos de la montura" o "aros", los cuales se unen e integran a través de un segmento denominado puente.

**Aros u ojos de la montura:** Diseñados de varias formas para el sostén de los lentes., buscando funcionalidad de campo visual y valor estético.

Generalmente, el aro circunscribe completamente el lente, y queda sujeto al frente al incluir el bisel en el ángulo de ranura. Asimismo, se fabrican sostenidos por un nylon en la porción inferior o con el lente completamente al aire, donde se une al brazo y al puente por tornillos, ganchos o topes, configurándose así el frente; se conocen con el nombre de monturas al aire (Nylon) o de tres piezas. ( Fig. 1-2).

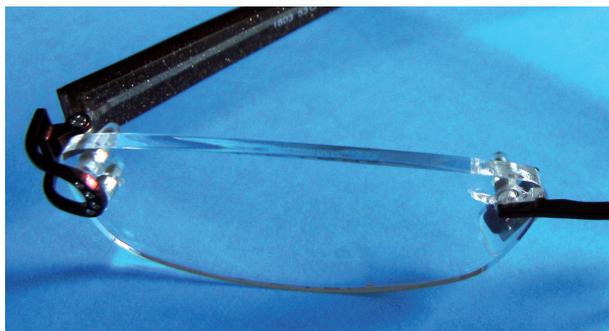


Figura 1-2A. Montura de tres piezas



Figura 1-2B. Montura de nylon

**Puente:** Barra de forma variada (Fig. 1-3), como elemento estructural, que une los aros para permitir el asentamiento estable y ergonómico del frente de la montura.



Figura 1-3. Puente

**Bisagras o charnelas:** Placas usualmente metálicas (Fig. 1-4) que unen el frente con los brazos y permiten su fijación y articulación a la montura. Consta de tres partes: Un talón, orejeta o porción dadora; los barriletes, hojas o porción receptora y un sistema de unión por medio de tornillo, tuerca-tornillo, etc. El talón y los barriletes, dependiendo del modelo pueden estar indistintamente en el frente o en el brazo.



Figura 1-4. Bisagras

**Brazos o varillas:** Barras de formas variadas, usualmente rectilíneas y rígidas, que tienen como función sostener y estabilizar el frente de la montura. Tienen sujeción parietal o auricular y permiten el cambio de inclinación

del ángulo pantoscópico para lograr un centraje del sistema óptico y una adaptación ergométrica. (Fig. 1-5).



Figura 1-5. Brazos o varillas

**Geometría de la montura:** Además de las partes que la constituyen, contempla ángulos, diámetros y dimensiones que necesariamente se tienen que considerar dado que inciden en su adaptación ergonómica, ergométrica y en la corrección óptica.

**Ángulo de la Montura:** Corresponde al formado por el brazo y el perfil del aro, cuando la montura no está en uso. Generalmente subtiende un ángulo de  $90^\circ$  (Fig.1- 6), salvo las monturas prediseñadas con ángulo menor de  $90^\circ$  para progresivos y sólo tiene aplicación cuando se coloca la montura en la cara generando una inclinación pantoscópica.

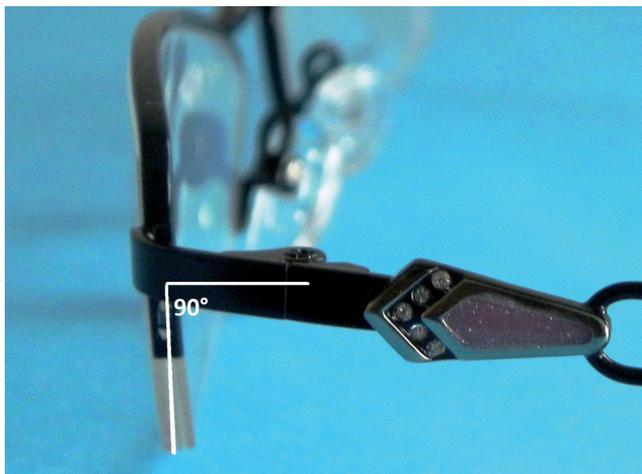


Figura 1-6. Ángulo de la montura

**Ángulo pantoscópico o inferior:** Creado por el frente de la montura in situ en relación con un plano vertical imaginario o plano de las gafas que está localizado en la posición de la distancia al vértice y que para determinarlo hay que observar al usuario de perfil (Fig.1-7). Corresponde propiamente, a la inclinación vertical inferior del frente y en caso de estar presente, el borde inferior del aro queda más cercano a la cara que el superior.

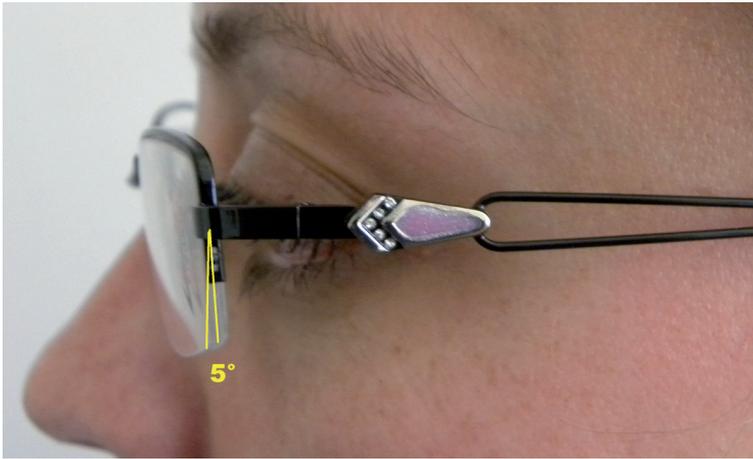


Figura 1-7. Ángulo pantoscópico

Dependiendo de la posición anatómica de las orejas y la cresta nasal, es necesario en algunos casos disminuir o aumentar el ángulo de la montura, para proporcionar al usuario el pantoscópico requerido. En lentes convencionales debe estar entre  $0^\circ$  y  $5^\circ$  y en progresivos donde es necesario mayor angulación entre  $5^\circ$  y  $10^\circ$ , según el caso.

**Ángulo retroscópico:** En algunos casos, la posición de los pabellones auriculares está muy por debajo del plano del puente nasal (Fig.1-8) transmitiendo una posición inadecuada al frente de la montura. En este caso, el borde superior del aro queda más cercano a la cara que el inferior. Esta condición la denominan Keeney y otros en su texto Diccionario de Óptica Oftálmica como inclinación retroscópica o ángulo retroscópico. Se debe neutralizar mecánicamente, disminuyendo el ángulo de la montura en el valor deseado. De igual manera, si la posición de los pabellones es muy elevada es necesario compensar aumentándolo.

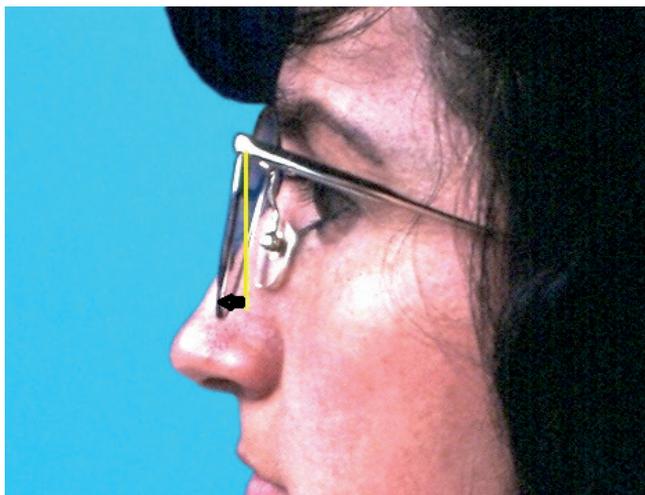


Figura 1-8. Ángulo retroscópico

**Ángulo Panorámico o Curva de la montura:** En un plano superior, está formado por el plano del frente o de las gafas en relación con la posición de los dos aros de la montura. Corresponde, al desplazamiento de los mismos acercándose o alejándose de este plano. Está por lo general ausente (ángulo de  $0^\circ$ ) pero en casos de alta miopía o progresivos, es necesario modificarlo en forma convergente (panorámico positivo) y en prescripciones positivas altas, posición divergente (panorámico negativo) con valores entre  $5^\circ$  y  $10^\circ$  (Fig. 1- 9).

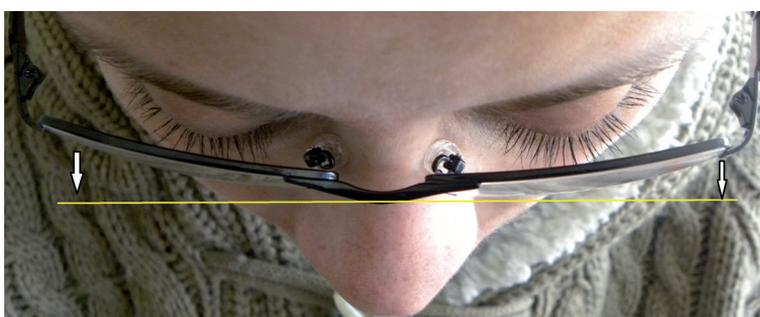


Figura 1-9. Ángulo panorámico

**Ángulo de Brazos Abiertos o Extensión externa de los brazos:** Lo subtende el frente con los brazos en el plano horizontal, cuando éstos se encuentran abiertos. Puede ser positivo o negativo en relación con la perpendicular al frente de la montura (Fig. 1-10).



Figura 1-10. Ángulo de brazos abiertos

En la adaptación ergonómica juega un papel preponderante, puesto que demanda del adaptador una observación juiciosa de la posición que toma el frente de la montura en caso de asimetrías faciales o de diferentes ángulos en cada brazo, con el fin de evitar apoyos indebidos en el *triángulo de adaptación*.

**Ángulo de Doblaje de los Brazos:** Formado por los brazos cuando están plegados. También se le denomina *ángulo cruzado* y habitualmente deben los 2 brazos superponerse formando una línea horizontal imaginaria (Fig. 1-11). En casos de inclinación pantoscópica deben quedar simétricamente descendidos (Fig. 1-12).



Figura 1-11. Ángulo de doblaje normal

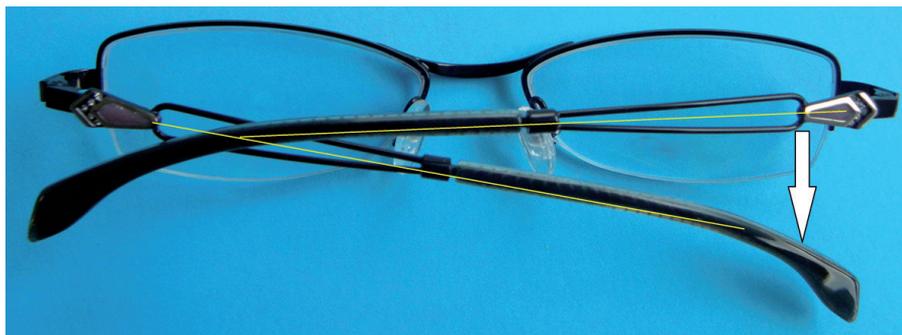


Figura 1-12. Ángulo de doblaje anormal

**Triángulo de adaptación:** Figura geométrica imaginaria formada por la unión de los tres puntos de apoyo de la montura (dos auriculares y uno nasal), donde el vértice del triángulo corresponde al punto de presión sobre la cresta nasal y la base los dos puntos de los cantos superiores de las orejas (Fig. 1- 13). Cuando el puente de la montura tiene plaquetas, el vértice del triángulo no está en la cresta, sino que distribuye la presión en las dos paredes laterales de la nariz.

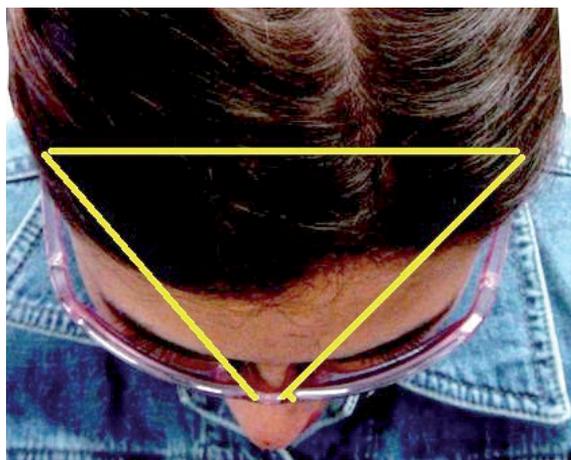


Figura 1-13. Triángulo de adaptación

En una adaptación ergonómica adecuada, no deben existir puntos de apoyo o presión diferentes a los ya descritos. Cualquier apoyo en las sienes, pómulos y arcos superciliares son contraindicados y generan presiones indebidas y desestabilización de los anteojos.

**Dimensiones:** Es pertinente recordar el Sistema de Notación que contempla los parámetros necesarios, para la selección ergométrica de la montura. Habitualmente, los fabricantes anotan los valores en milímetros de las longitudes horizontales del aro y del puente y la longitud del brazo.

**Aros:** Por lo general se fabrican con valores pares comprendidos entre 42 y 62 mm; pero algunas casas europeas utilizan valores impares.

**Puente:** Fluctúa entre 10 y 24 mm, también en valores pares; sin embargo, por la posibilidad que existe de desplazar los portaplaquetas del puente en las monturas actuales, es posible aumentar o disminuir el valor inicial de fabricación.

**Brazos:** Se fabrican con intervalos de 5 mm y fluctúan entre 115 y 155 incluidos los valores del quiebre y el terminal.

Se expresa en este orden: longitud horizontal del aro, longitud horizontal del puente y longitud del brazo.

Ejemplos: 54 ■ 18 - 140

49 ■ 19 - 135

**Sistema de Encajonamiento o Embalaje:** Se denomina en inglés "Boxing System", puesto que a partir de 1962 la Optical Manufacturers Association (OMA) propuso para unificar términos, el sistema de contener en un rectángulo o caja, cualquier forma que tengan los aros de la montura, bisectando en el centro geométrico del rectángulo generado, las tres dimensiones esenciales que contiene. Se utilizan para la selección del diámetro del lente y centraje de los mismos con la montura tomando como referencia los centros ópticos. (Fig. 1-14).

**Longitud Horizontal:** Es la bisectriz que atraviesa de izquierda a derecha el centro geométrico del rectángulo y por consiguiente el del ojo de la montura, por estar contenido en ésta. (Fig.1-15). Los fabricantes acogiéndose al sistema internacional, tienen en cuenta esta medida como el tamaño del

ojo o aro de la montura ej.: 48 mm, 50 mm ,52 mm.

**Longitud Vertical:** Corresponde a la altura del ojo de la montura (Fig. 1-15). Atraviesa el centro geométrico en sentido arriba-abajo y alcanza un valor significativo en la adaptación de bifocales, trifocales y progresivos, puesto que existen valores críticos que inciden en la aceptación o rechazo de la montura predeterminada. Así por ejemplo: Bifocales con valores inferiores a 13 mm y progresivos de últimas generaciones por debajo de  $17 \pm 1$  mm conforme al diseño, no permiten áreas suficientes de corredor y de visión próxima. Así mismo, tampoco deben exceder valores que sobrepasen la línea de dato. Por ejemplo una montura con longitud vertical de 46 mm, no debe sobrepasar de 23 mm la altura de un bifocal.



Figura 1-14. Sistema de encajonamiento

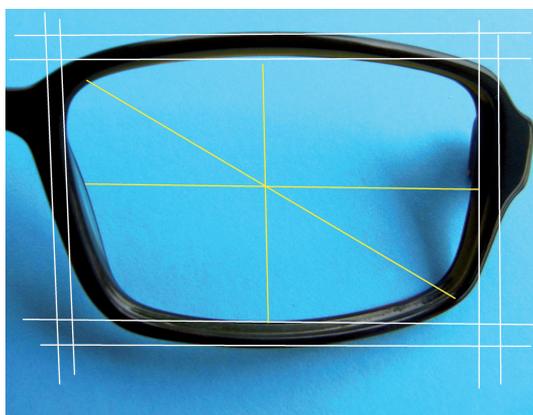


Figura 1-15. Longitudes del aro

**Longitud Oblicua u Oblicuo Mayor:** Se refiere como su nombre lo indica a la longitud mayor en milímetros, del ojo de la montura. (Fig. 1-15) Esta línea imaginaria, atraviesa el centro geométrico uniendo los dos puntos más distantes del aro en este sentido. Se utiliza para seleccionar el diámetro apropiado del lente, que permita un centro óptico congruente con la distancia inter o naso pupilar, en el momento de realizarse el bisel en el laboratorio. Mal llamado diámetro efectivo del ojo de la montura, puesto que no todas las formas de los aros contienen componentes circulares.

**Línea de Dato (datum) o Línea Media de la Montura:** Es la línea imaginaria que atraviesa horizontalmente la totalidad del frente, uniendo el valor de la longitud horizontal de los dos aros con la medida horizontal del puente nasal (Fig. 1-16). Preferiblemente, los centros ópticos deberán estar de 3 a 5 mm por encima de esta línea.

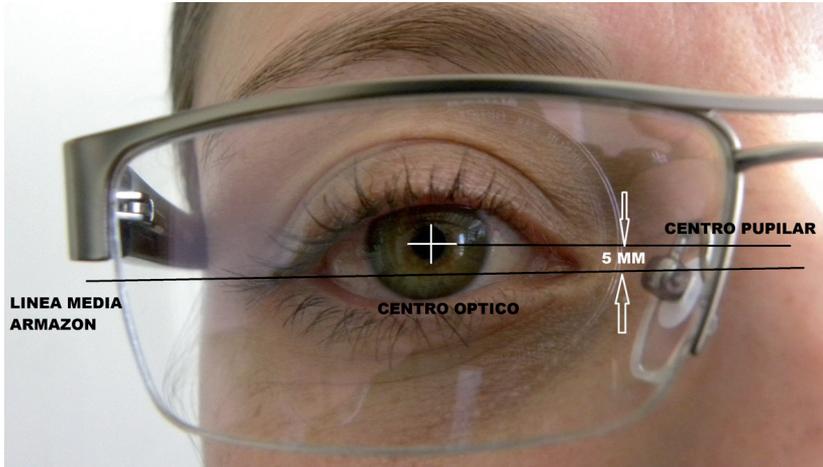


Figura 1-16. Línea de dato

**Requerimientos:** Toda montura seleccionada, independiente del material, debe cumplir con unas exigencias mínimas para su adaptación:

- Mantener racionalmente su dimensión, forma, color y estado durante el uso.
- Proporcionar una armonía estética (color, forma, tamaño, moda, etc.).
- No causar alteraciones (alergias, edemas, etc.) en las zonas de contacto (nariz, orejas).
- Adaptarse a la configuración anatómica en términos de ergonomía y ergometría.
- Adecuarse a la corrección óptica (monofocal o progresivo, Rx alta o baja, etc.).
- De diseño conforme a las necesidades visuales y ocupacionales (media gafa, solares, de protección ocular, etc.)
- De peso mínimo.
- Con posibilidad de reparación, mantenimiento y cambio de partes.
- Costo proporcional.

**Lentes oftálmicos.** Han evolucionado de tal forma que actualmente los fabricantes, sea cual fuere el sistema utilizado -talla o moldeo-, han unificado las dimensiones y curvaturas de los mismos, siguiendo los principios de curvas corregidas y minimizando las aberraciones periféricas. Se empiezan a diseñar teniendo en cuenta estas características a partir del siglo XIX con Wollaston, siendo periscópicos y muy curvados y a principios del siglo XX los puntuales de Zeiss, con curvas bases ya definidas y menos comba. La Shuron/Continental en 1966 patenta los lentes de resina CR39 denominados Textron, y a la fecha los materiales de alto índice y asféricos.

Se puede definir como: pieza transparente, conformada por dos superficies, generalmente una cóncava y otra convexa (meniscos), que se utiliza para la corrección de los defectos y terapias visuales. Así mismo, algunos autores consideran también lentes oftálmicos los utilizados en las cajas de pruebas y en los forópteros.

**Partes:** Curva base, curva posterior, espesor, diámetro, formas y bisel.

**Curva base:** Se denomina a la potencia de la cara frontal o anterior que se diseña conforme a valores predeterminados, según las diferentes graduaciones y en concordancia con los estudios realizados para curvas corregidas. Como corresponde a la superficie anterior, será en la mayoría de los casos positiva, salvo que se requiera un valor negativo alto, por ejemplo  $-15.00$ , en cuyo caso es preciso seleccionarla plana e incluso cóncava.

**Curva Posterior:** Superficie complementaria de la curva base, las cuales sumadas generan una potencia relativa la cual depende del índice de refracción del material y del espesor central. La interrelación de estas variables origina el poder dióptrico necesario para la corrección de una ametropía sobre el plano de los anteojos (Distancia al vértice).

**Espesor:** Valor en milímetros medido desde la superficie anterior hasta la posterior. Dependiendo de la forma generada por las dos superficies se crean diferentes espesores en el centro y en la periferia. Salvo en casos de

lentes isecónicos y en la determinación del tipo de material, este parámetro es calculado por los laboratorios.

**Diámetro:** Línea recta que atraviesa borde a borde, el centro geométrico del lente. Se fabrican en varias dimensiones para satisfacer las necesidades de tamaño de los aros y de coincidencia de los centros ópticos con la distancia pupilar. Se expresa en milímetros, ejemplos: 65 mm, 70 mm, 75mm y 80 mm.

**Forma:** Configuración geométrica, tanto frontal como de perfil. Originada la primera, al biselar el lente de acuerdo a la forma y tamaño del aro y la segunda en razón a la curva base y al poder de la prescripción. Estas variables generan lentes plano curvos, meniscos e incluso bicóncavos.

**Bisel:** Área periférica -angulada o plana- del lente maquinado en el laboratorio. Su propósito es permitir el soporte en el aro o. De acuerdo a la conveniencia puede su terminado ser brillante u opaco. Cabe anotar, que en casos de correcciones miópicas que utilicen lentes al aire o monturas de tres piezas, debe evitarse la brillada del borde biselado, puesto que producirán destellos inconvenientes y efecto prismático (Fig. 1-17).

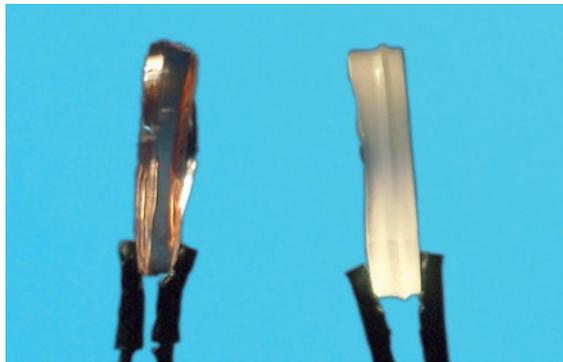
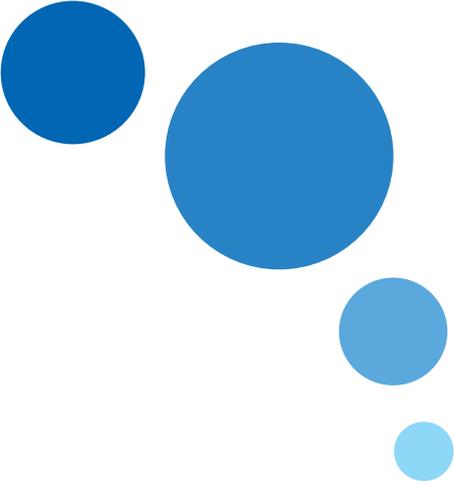


Figura 1-17. Biseles

**Requerimientos:** Siempre que se formula una corrección óptica se espera que el lente por seleccionar cumpla con unas exigencias mínimas a saber:

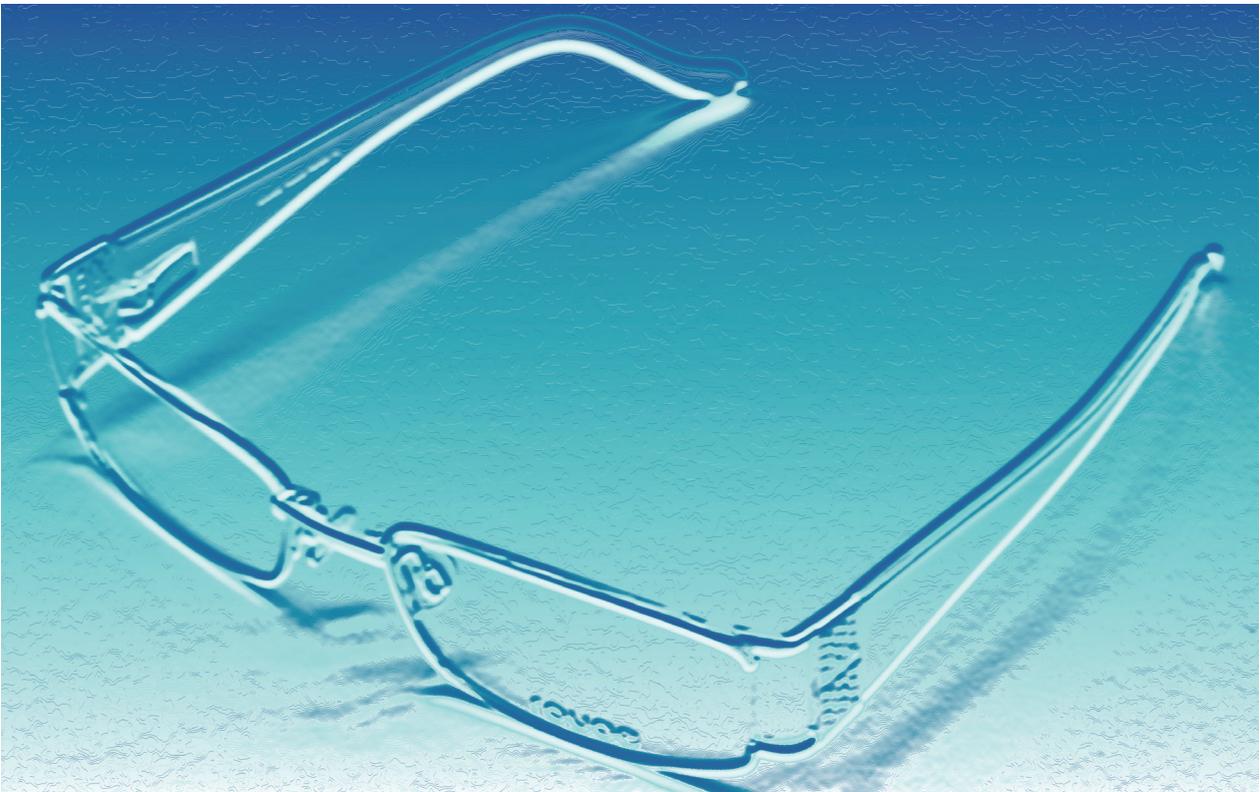
- Corrección adecuada de la ametropía en el plano de los anteojos (Distancia al Vértice).

- Proporcionar excelente campo visual y calidad visual.
- Aberraciones, descentraciones y reflejos mínimos.
- Diseño pertinente de acuerdo a las necesidades visuales y ocupacionales (monofocal, progresivo, solar, protección, filtrante, etc.).
- Proporcionar una armonía estética (color, forma, tamaño, curvatura y moda).
- De peso y espesor mínimos.
- Resistente al impacto y rayado.
- De costo proporcional.



# Capítulo 2

## Monturas oftálmicas





## Monturas oftálmicas

**Algo de historia** Denominados también anteojos o gafas, no se conoce a ciencia cierta la fecha real de su invención. Lo que sí se puede afirmar, es que a mediados del siglo XIII no se aplicaban todavía los lentes correctores de los defectos visuales. Afirmaba el profesor Albertotti, que la historia de los anteojos comienza en Venecia hacia la segunda mitad de ese siglo.

Se atribuye al inglés Roger Bacon (1214 - 1294) la invención de los anteojos, ya que hacia 1276 escribió sobre los lentes para restablecer la visión próxima. Sin embargo, existen otras menciones dignas de considerar, como el libro "Die Brillen" escrito por la misma época en Alemania y que describe de igual manera, los lentes para las personas de edad (Fig. 2-1).



Figura 2-1. Roger Bacon\*

En China, hacia 1270, Marco Polo describió el uso de anteojos y atribuyó el invento a Cho Tso. Por esta razón, se cree que Marco Polo los introdujo en Venecia en su primer viaje.

En Florencia, existe en la iglesia de Santa María Maggiore un monumento consistente en un busto sobre una piedra plana con la siguiente inscripción: "Aquí yace Salvino D'armati de Florencia, inventor de los anteojos. Dios perdone sus pecados. Año de MCCCXVIII " (1.317).

\* <http://grandesinventoresdelahistoria.blogspot.com/>

Finalmente, otra mención importante es la referente a un manuscrito existente en el convento de Santa Catalina de Pisa, en el cual se habla del monje Alexandro Della Spina, en los siguientes términos: “Hermano Alexandro Della Spina, hombre modesto y bueno, lo que veía, sabía y hacía. Y habiendo sido los cristales hechos primero por alguno que no quería comunicarlo, el mismo los hizo, y lo quería comunicar de buen grado” (1.313).

Vale la pena retomar las palabras consignadas por el Profesor Manuel Márquez en su escrito “Comentarios” que data de 1.923, con motivo del tercer centenario de publicación del libro de Benito Daza de Valdes “Uso de los anteojos para todo género de vistas”: “Los primeros anteojos aparecieron en el norte de Italia, especialmente en la región Veneciana, a fines del siglo XIII y comienzos del XIV, sin que se conozca realmente el nombre del inventor de los mismos”.

## Materiales

Desde el siglo XIII los materiales usados para la fabricación de monturas han revestido una importancia relevante ya que deben considerarse las variables de tamaño, peso, espesor, durabilidad, compatibilidad biológica, entre las más significativas.

Muchos materiales metálicos han sido atemporales e imperecederos debido a sus múltiples cualidades de peso y anticorrosión; de éstos cabe resaltar el oro que se ha utilizado siempre en la fabricación de monturas de alto costo.

Este segmento pretende ilustrar al lector sobre las cualidades y aplicaciones de los principales materiales orgánicos y metálicos de común utilización en el presente siglo. En la siguiente reseña se ignora el acrílico que si bien es el material orgánico más antiguo es de muy bajo costo, muy rígido y actualmente solo se aplica para la fabricación de plaquetas.

## Orgánicos

**Acetato de celulosa:** el más común, aplicado desde los años 40 del siglo XX; habitualmente denominado por la sigla ZYL (Zylonita), fabricado en algodón

más fibra de pulpa de madera con aplicación de plastificantes y estabilizadores. El continuo contacto con el sudor corporal y los productos cosméticos pueden decolorar el material. Los plastificantes utilizados para mantener la xilonita maleable y menos quebradiza pueden filtrarse a la superficie dejando una película blanca. No pueden fabricarse muy delgados. El sol y el calor pueden decolorar la xilonita la cual tiende a decolorarse y amarillarse, volviéndose quebradiza con la edad (Fig. 2-2).



Figura 2-2. Acetato de Celulosa

### **Ventajas**

- Moldeado
- Comprimido o expandido
- Favorece el montaje
- Variados colores (opacos y translucidos)
- Permite restablecer el color con pulimento (brillo)

### **Inconvenientes**

- En altas temperaturas genera burbujas
- Tendencia a decolorarse con la luz ultravioleta
- No se puede exponer a solventes (alcohol o acetona)
- Ligeramente pesado
- Quebradizo con el tiempo

**Propionato de celulosa:** con características similares al zyl pero su compuesto de propionato le ha disminuido significativamente el peso y durabili-

dad. Se fabrica por calentamiento y compresión de gránulos de celulosa; más sensible al calor, se deforma por encima de 40° C y solo se puede ajustar con aire caliente, pues el uso de calentadores de arenilla deforma el material. En su aspecto se diferencia del acetato por su característica de extrema brillantez, lo que dificulta fabricar monturas de aspecto opaco (Fig. 2-3).

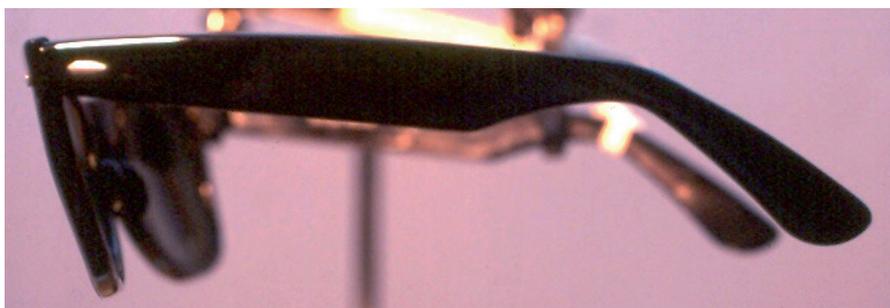


Figura 2-3. Priopinato de Celulosa

### **Ventajas**

- Muy liviano
- Hipoalergénico
- Variados colores, preferiblemente brillantes

### **Inconvenientes**

- Poca expansión o compresión (dificulta el montaje de los lentes)
- Montaje en frío
- Se decolora con solventes

**Optyl:** Fabricado en una resina epóxica termoelástica, patentado en 1964 por la compañía Sáfilo; se moldea calentándolo entre 80° y 120°C para adaptarse a la anatomía del usuario. De hecho los lentes no se pueden montar en frío sino cuando el material ha sido calentado y moldeado. Una vez que el material adquiere forma se le deja enfriar lentamente para que la “memoria” siendo capaz de recuperarla calentándolo de nuevo hasta la “temperatura de memoria”. Por consiguiente la forma original de las gafas se mantiene en cualquier tipo de situación (Fig. 2-4).



Figura 2-4. Optyl

### **Ventajas**

- 30 - 40% más liviano que los acetatos
- Colores translúcidos
- Hipoalergénico
- Resistente a los rayones y muy fuerte (no requiere alma metálica)
- Posee memoria

### **Inconvenientes**

- Forma del lente en el bisel debe ser exacta
- Dúctil al calor pero sin expandirse
- Solo adaptable con calor
- Imposible la manipulación en frío
- Muy quebradizo
- Entró en la obsolescencia

**Fibra de carbón grafito:** Compuesto por fibra de carbón y nylon; usado comúnmente para el frente de las monturas. Se combina la fibra con resinas especiales y grafito para generar un compuesto con alta resistencia mecánica. En su estado natural es un material más fino que un cabello humano, pero más fuerte que el acero y de gran resistencia a la tracción. Es de color negro con brillo metálico, refractario y se exfolia con facilidad.

Estuvo de furor en los años 80 para armazones oftálmicos pero por su gran fragilidad y poca maleabilidad actualmente solo se aplica en algunas monturas deportivas y de sol (Fig. 2-5).



Figura 2-5. Fibra de carbón

Esta rompedora innovación de la industria aeroespacial se mezcla con resinas y se monta en estructuras con un grosor de más de 40 capas.

### **Ventajas**

- Baja densidad (muy liviano 60% más que el zyl)
- Excelente aislamiento térmico
- Extremadamente fuerte

### **Inconvenientes**

- Poca expansión al calor
- Poco maleable
- Contraindicado para progresivos

**Nylon:** Marca registrada de polímeros sintéticos, conocidos genéricamente como poliamidas. Presenta cierta dificultad de pintar. El nylon tiende a secarse. Es recomendable aconsejar a los usuarios el uso de agua caliente una vez al mes, para calentar el nylon y que el agua penetre y evitar que se quiebre la montura.

Producto sintético termoplástico compuesto por distintos tipos de nylon (Fig. 2-6).



Cortesía, Totto Colombia

Figura 2-6. Polyamida

Se moldea por inyección y no permite la utilización de alcohol isopropílico (isómero de propanol o alcohol secundario) en la limpieza. Usado en anteojos deportivos y solares con un polímero especializado denominado Grilamid TR 90. Solamente se produce en colores opacos por lo que la coloración del material en las monturas se aplica mediante pulverizador, revestidos y tratados en horno para producir distintos colores.

### **Ventajas**

- 40% más liviano que el acetato y propionato
- Muy durable
- Hipoalergénico
- Resistencia a la fatiga y al desgaste
- Materiales opacos
- Muy fuerte (similar al metal)
- Altamente resistente a impactos y químicos
- Suave y maleable
- Permite multiplicidad de diseños
- Tiene memoria
- No se deforma con el calor

## Inconvenientes

- Tiende a secarse (hidrofóbico)
- Deben mojarse en agua templada por lo menos una vez al mes
- Colores muy limitados (oscuros y opacos)
- Resistente a la flexión (obliga al uso de bisagras flex)

**Kevlar:** Poliparafenileno tereftalamida es una poliamida sintetizada por primera vez en 1965 por la química Stephanie Kwolek, quien trabajaba para dupont. La obtención de las fibras de Kevlar fue complicada, destacando el aporte de Herbert Blades, que solucionó el problema de qué disolvente emplear para el procesado. Finalmente, dupont empezó a comercializarlo en 1972 (Fig. 2-7).



Cortesía, Totto Colombia

Figura 2-7. Kevlar

## Ventajas

- Extremadamente resistente al impacto
- Muy liviano (similar al nylon)
- Aplicación en monturas deportivas y solares

## Inconvenientes

- No expande con calor
- Ajuste solo en frío
- Colores limitados
- Poco uso

**Policarbonato:** Fue desarrollado por la NASA para el Apolo (1960's). Es un grupo de termoplásticos fácil de trabajar, moldear y termoformar, y son utilizados ampliamente en la manufactura moderna. En óptica oftálmica se aplica preferencialmente en lentes oftálmicas, pero para seguridad industrial también se utiliza en la fabricación de la montura (Fig. 2-8).



Figura 2-8. Policarbonato

Como su aplicación es muy restringida cabe resaltar que su principal ventaja es la resistencia al impacto pero imposible de realizarle ajustes al armazón por lo que las gafas de seguridad fabricadas en este material son una mono-pieza (montura y lentes).

## Metálicos

**Níquel:** Es un elemento químico, muy dúctil y maleable por lo que se puede laminar, pulir y forjar fácilmente. Base para la aleación de otros materiales y



Figura 2-9. Níquel

se usa en monturas económicas. Por sus desventajas es muy poco utilizado actualmente (Fig. 2-9).

### Ventajas

- Por ser extremadamente maleable es usado en los portaplaquetas.
- Bajo costo

### Inconvenientes

- Deterioro acelerado
- Gran corrosión
- Alergénico

**Monel:** Es una aleación de varios elementos. Se han desarrollado dos clases de este material: el monel 1 (400) consta de aleación de níquel (67%), cobre (23%), hierro, manganeso, silicón y carbón y el monel 2 (500) además de los compuestos del monel 1 adiciona paladio, aluminio, y titanio; estos dos últimos le proporcionan una mayor fuerza y dureza. Se utiliza sobre todo para varillas, puentes y partes delanteras y con menor frecuencia para aros (Fig. 2-10).



Figura 2-10. Monel

Es un material durable, resistente, fuerte, flexible y maleable y formado por una aleación de varios metales: Es el material más usado actualmente en las monturas de mediano costo por su gran resistencia a la corrosión y se adapta bien a todo los colores.

### **Ventajas**

- Soldaduras muy resistentes y un acabado con muy poco desgaste
- Durable y resistente,
- Fuerte pero flexible y maleable
- Resistencia al agua de mar y vapor de altas temperaturas

### **Inconvenientes**

- Mediano costo
- Poroso

**Aluminio:** Es el tercer elemento químico en abundancia en la corteza terrestre. Se utiliza también para gran variedad de artículos como en el automovilismo y la aeronáutica. Se puede aliar con silicona, hierro, cobre y magnesio. Conservan los ajustes pero no ceden ni son flexibles pero puede ser uno de los materiales que a futuro prevalezcan por ser reciclable (Fig. 2-11 A).



Cortésia, Foto Colombia

Figura 2-11A. Aluminio

Las armazones de este material poseen una gran resistencia con respecto a su peso, lo cual las hace livianas pero resistentes. Puede tratarse de una amplia gama de colores... El aluminio mantiene la forma, aun cuando se abusa de su

uso y permite que el ajuste, la calibración y la inserción se puedan perfeccionar (Fig. 2-11 B).



Figura 2-11B. Flex en aluminio

### **Ventajas**

- Extremadamente liviano
- Permite modelos muy delgados
- Muy resistente a la corrosión
- Buen pulido y lustre

### **Inconvenientes**

- Imposible reparar con soldadura
- Difícil de ajustar
- Poca resistencia a la flexión (requiere bisagra flex)
- Para la adherencia debe tener puente y terminales en silicona

**Acero inoxidable:** Fabricado principalmente de hierro, manganeso, cromo y níquel. Combina flexibilidad con durabilidad y tiene excelentes propiedades anticorrosivas y puede alcanzar formas muy finas. Este metal posee un efecto elástico que lo hace especialmente útil para los brazos (Fig. 2-12).



Figura 2-12. Acero inoxidable

### Ventajas

- Muy usado en monturas actuales
- Resistente a la corrosión
- Flexible y maleable

### Inconvenientes

- Difícil de ajustar
- Alto costo

**Titanio:** Es sumamente liviano y posee además una enorme resistencia a la flexión y una extrema resistencia a la corrosión. Las monturas de titanio son perfectas para acompañar con lentes ultradelgadas. Tratándose de armazones cuyo diseño exige una flexibilidad, en aquellas que poseen secciones transversales pequeñas, no se utiliza titanio fino, sino beta-titanio – una aleación de



<http://spanish.brandname-sunglasses.com>

Figura 2-13. Titanio

titanio de gran resistencia mecánica que no contiene absolutamente nada de níquel (Fig. 2-13).

### **Ventajas**

- El más liviano hasta en un 40%
- Fuerte y durable
- Ideal para monturas de 3 piezas y progresivos

### **Inconvenientes**

- Difícil de reparar
- Muy costoso

**Beta-Titanio (flexón):** Es una aleación de Titanio, Vanadio y Aluminio lo que hace que sea más liviano y flexible que el Titanio puro. Permite la fabricación de monturas finas, cómodas y adaptables (Fig. 2-14 A, B y C).

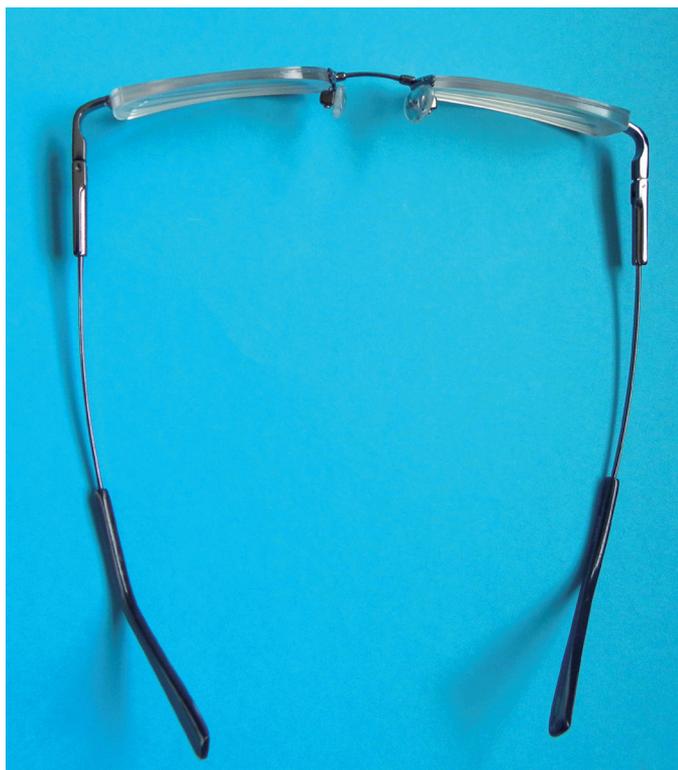


Figura 2-14A. Flexon



Figura 2-14 B. Brazo en Flexon



Figura 2-14 C. Puente en Flexon

### Ventajas

- Tiene memoria, ideal para niños
- Resistente a la corrosión, fatiga, torsión

### Inconvenientes

- 15% más pesado que el titanio
- Por su flexibilidad no se recomienda en correcciones altas y progresivos

**Oro:** Pertenece a los metales nobles, caracterizados por ser muy inertes químicamente. Esta propiedad se traduce en una escasa reactividad, o lo que es lo mismo, son poco susceptibles de corroerse y oxidarse, lo que les proporciona apariencia de inalterabilidad, sin embargo los armazones de oro puro son poco comunes. La mayoría de las monturas llevan baño de oro (Fig. 2-15).

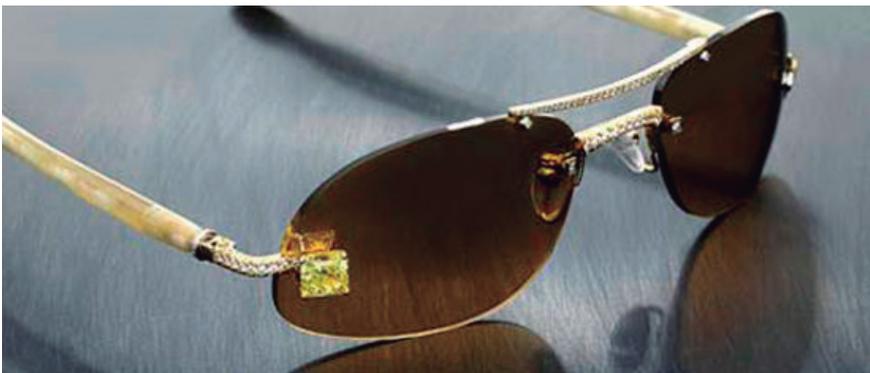


Figura 2-15. Oro

## Ventajas

- Muy duradero, resistente a la corrosión y maleable
- Muy maleable
- El mas resistente a la corrosión
- Permite pulirse (bello lustre)
- Extremadamente inactivo
- No se afecta con el aire o los solventes

## Inconvenientes

- Actualmente solo en enchapes de 12 k.
- De más alto costo

**Otros Materiales:** Excepcionalmente se usan otros materiales tales como la plata, el berilio (desarrollado por la NASA para fines espaciales), cobre, vanadio, trilaston, etc., que si bien presentan algunas ventajas para la fabricación de armazones han sido desplazados por la versatilidad del monel.

**Diseños:** Paralelo a la aplicación y desarrollo de nuevos materiales las monturas han ido evolucionando en la búsqueda del diseño ideal que se ajuste a la configuración anatómica del usuario a través de cambios sustantivos en los aros, puentes, brazos, terminales, etc., que combinados con los materiales buscan un paradigma de comodidad, estabilidad, adaptabilidad e inocuos para la piel.

**Componentes:** Se describen los diseños más comunes de las partes de una montura, y que tienen valor significativo en su adaptación ergométrica y confortable. Debe recordarse que el frente consta de dos aros y el puente.

## Ojos de la montura o aros

**Continentes de los lentes.** Desde el siglo XIII hasta el XVIII, la única forma utilizada fue circular, razón por lo cual se le ha denominado "Gafa de Cinco Siglos"; si bien este modelo ha permitido la facilidad en el biselado del lente, es

poco práctico para correcciones astigmáticas, puesto que es fácil la rotación del lente con su consecuente cambio en el eje del cilindro.

A partir del siglo XVIII en las cortes europeas, aparecen aros en forma ovalada denominados "Antejo Vienés"; superando al anterior puesto que su geometría se asimila mejor a las formas del arco superciliar y el pómulo facial. Evitan el giro del lente.

En la década de los 50 los norteamericanos diseñan la forma denominada "Full Vue", que no es otra que la conjunción de las dos anteriores; en donde la porción superior es un semióvalo y la inferior un semicírculo, superándolas en funcionalidad y estética.

Hay otras dos muy utilizadas: las rectangulares, que cumplen una función eminentemente estética, al romper los rasgos en los rostros redondos u ovals y las de corte nasal o estilo piloto, apropiadas para lentes de sol por su forma grande y envolvente, popularizadas por la firma Ray Ban (Fig. 2-16 A y B).



Figura 2-16A. Evolución de las formas del aro

Actualmente con el desarrollo de lentes esféricos y progresivos, independiente de la forma de los aros se usan las monturas de "lente al aire", sujetadas



Figura 2-16B. Evolución de las formas del aro

por nylon y las de tres piezas, que permiten multiplicidad de tamaños en las tres dimensiones del sistema de caja y su adaptabilidad al material y diseño de los lentes oftálmicos sin abandonar el componente estético.

**Puente** Corresponde al elemento estructural de la montura, compuesto por una o dos barras que une los aros rígidamente y así permite el asentamiento estable y ergonómico del frente de la montura sobre la nariz.

Existen un sinnúmero de diseños, pero se describen los más representativos y que por sus características aún siguen vigentes.

**Regular:** Con apoyo uniforme y total sobre la cresta nasal y las paredes laterales de la nariz. Su característica principal es la ausencia de "almohadillas". Tiene su mayor aplicación en correcciones de poderes bajos o con lentes



Figura 2-17. Puente regular

muy livianos para narices sin desviaciones o asimetrías significativas, debido a que el área de contacto es total (Fig. 2-17).

**Semi-Regular o Puente Almohadilla:** Similar al anterior, pero adiciona en la parte posterior un par de almohadillas o plaquetas del mismo material, que se convierten en las principales superficies de apoyo sobre las paredes de la nariz con el objeto de distribuir mejor el peso. Requiere también simetría nasal. Es ideal para lentes de mayor peso (Fig. 2-18).



Figura 2-18. Puente semi-regular

**Ojo de Cerradura:** Versión modificada del puente semi-regular, pues al igual que éste, presenta plaquetas del mismo material que soportan todo el peso, pero eliminan el contacto con la cresta de la nariz, lo que semeja el aspecto parcial del ojo de una cerradura. Puede usarse en narices ligeramente asimétricas que no desvíen en forma significativa la montura puesto que el peso al no distribuirse bien, puede lesionar la piel de contacto. Tiene la misma aplicación que el anterior (Fig. 2-19).

**De Monturas Metálicas:** Se diseñan con plaquetas o almohadillas salvo en los casos donde se acopla a la unión metálica de los aros un puente, preferiblemente plástico, que simula las características de un puente regular (Fig. 2-20).



Figura 2-19. Ojo de cerradura



Figura 2-20. Puente monturas metálicas

Se conoce con el nombre de “puente anatómico”, el cual puede ser rígido, unirse a las paredes internas de los dos aros o acoplarse con tornillos a la barra horizontal que conecta los dos aros, comportándose como plaquetas orientables (Fig. 2-21).

Los diseños más avanzados presentan un núcleo metálico recubierto por caucho de silicona, de óptima adaptación ergonómica e incluso se han fabricado especiales para narices ausentes de cresta nasal llamados “puentes nasales negativos” (Fig. 2-22 A y B).

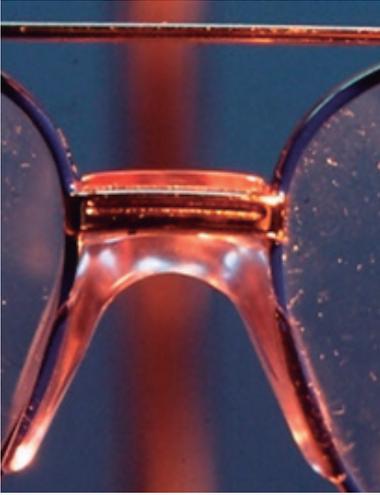


Figura 2-21. Puente anatómico

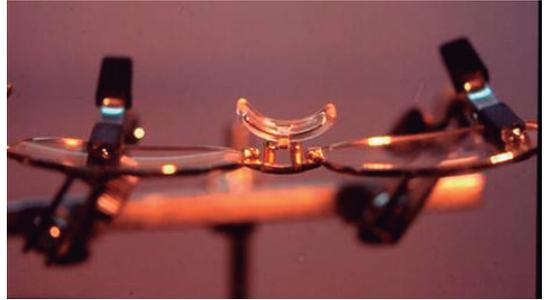


Figura 2-22A. Puente negativo



Figura 2-22B. Puente negativo In situ



Figura 2-23. Puente plaqueta

Se han desarrollado diferentes tipos de plaquetas y portaplaquetas que se acoplan muy bien a la anatomía de la nariz (Fig. 2-23).

**Bisagras o charnelas:** Hace ya cerca de 250 años (1.750) que los brazos o varillas fueron incluidos como parte integral de soporte en las monturas. Simultáneamente se desarrollaron distintos diseños de articulaciones con el frente, para facilitar la inserción, estabilización y remoción de los anteojos en el rostro del usuario (Fig. 2-24).



Figura 2-24. Bisagras

Actualmente la mayoría de monturas constan de brazos articulados y unidos al frente por medio de un sistema de bisagras. Estas constan de placas generalmente metálicas conformadas por un talón, orejeta o –porción dadora– que puede pertenecer al brazo o al frente y los barriletes, hojas o –porción receptora– unidas entre sí por tornillos o pernos. Cumplen dos funciones específicas: Como elementos de articulación y para permitir el ajuste del ángulo de brazos abiertos o ángulo de apertura (angle set back temple).

Con el transcurso de los años se han desarrollado un variado número de bisagras que, de acuerdo al modelo y tipo de material de las monturas, permiten una adaptación menos traumática. Es frecuente que los diseñadores industriales lancen al mercado sus revolucionarios prototipos, pero los profesionales no nos enteramos de la razón de ser de cada uno y que aplicación o beneficio tienen. Actualmente las más utilizadas son cuatro a saber:

**Charnela francesa:** La más utilizada en los siglos XVIII Y XIX, denominada así por el país de origen. Consta de una porción receptora de dos hojas, unida

al aro del frente con doble tornillo (Fig. 2-25) y el talón en el brazo (Tipo Ray-Ban). Tienen la gran ventaja de permitir brazos muy delgados, pero por encontrarse los dos tornillos en las hojas de la bisagra, se desajustan y fracturan muy fácilmente. Se dejan maniobrar para obtener un buen ángulo pantoscópico.

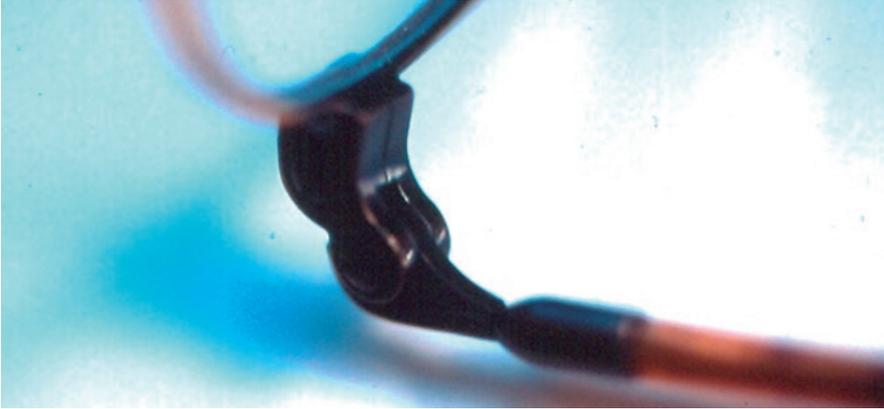


Figura 2-25. Charlena francesa

**Americana:** Se desarrolló a principios de este siglo, pero su uso se difundió a partir de la década de los 50. Inicialmente se fijaba al brazo o frente con pernos o tornillos, pero con el desarrollo de las monturas de plástico, también se pueden fijar por el sistema de inyección. Este diseño independiza el tornillo del aro, permitiendo ajustes individuales para el brazo y el aro. Existen sencillas con un talón y dos hojas o con doble talón y tres hojas para mejor ajuste en caso de brazos bastante anchos; por lo general, estas últimas se seleccionan en monturas para fórmulas altas, que por su peso requieran mayor ajuste y estabilidad en el rostro (Fig. 2-26).

**Flexible (Flex):** Aparece en la década de los 80. Constituye el avance más significativo para la estabilidad y ajuste del ángulo de brazos abiertos. Ha contribuido a eliminar las fuerzas de presión sobre las áreas temporales y auriculares y de igual manera evita las posiciones asimétricas del frente de la montura. Desafortunadamente los fabricantes no han unificado el sistema de flexión (de resorte, esferada, etc.) lo cual, dificulta el mantenimiento, reemplazo y reparación (Fig. 2-27 A y B).



Figura 2-26. Bisagra americana

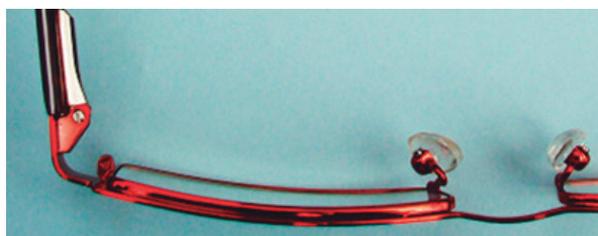


Figura 2-27A. Bisagra flexible cerrada



Figura 2-27B. Bisagra flexible abierta

En los últimos cinco años esta tecnología ha continuado evolucionando hasta el punto de lograr una articulación flexible entre el brazo y la bisagra de 180°. De ahí recibe su denominación "bisagra 180". Este diseño ha logrado mantener el ángulo de brazos abiertos al ajuste original del cráneo (Fig. 2-28 A y B).

**Espiral:** Aprovechando la aplicación de materiales y aleaciones metálicas altamente resistentes, livianas y flexibles tales como titanio, monel y acero



Figura 2-28A. Bisagra 180° cerrada

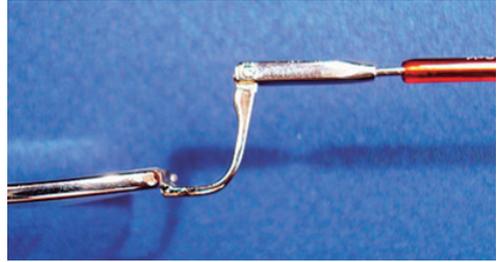


Figura 2-28B. Bisagra 180° abierta

entre otras, recientemente se diseñó una bisagra de una sola pieza con resorte en espiral libre de talón, hojas y tornillos. Evita el desajuste propio de las bisagras articuladas por tornillo o perno y solo están sujetas a la pérdida de su angulación por fatiga del material, pero no hay posibilidad de que se separe del frente de la montura (Fig. 2-29).



Figura 2-29. Bisagra espiral

## Plaquetas, Almohadillas o Narigueras

Su evolución ha permitido que se cuente con un sinnúmero de materiales y diseños que buscan optimizar el contacto nasal de la montura y que sea cada vez más congruente con la geometría de cada paciente; atenuando

presiones o puntos de apoyo y eliminando dermatitis por contacto o insulto tisular por apoyos indebidos (Fig. 2-30).

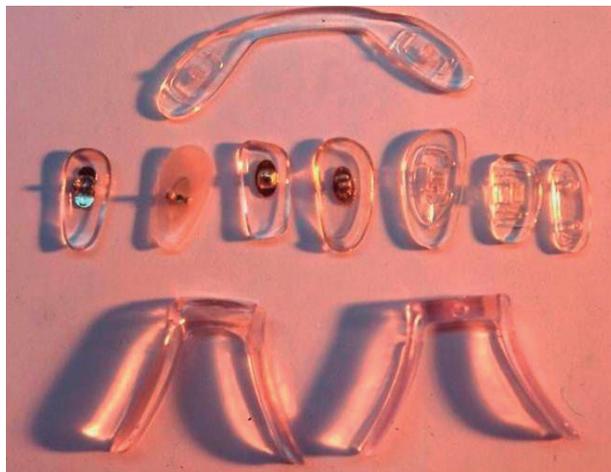


Figura 2-30. Plaquetas

Las monturas que más se utilizan en la actualidad, cuentan con un sistema de plaquetas, puesto que la mayor parte del peso se apoya en las paredes laterales de la nariz y, adicionalmente ésta no se encuentra en la mayoría de los casos ubicada simétricamente. Consta de: plaquetas, portaplaquetas y retenedores.

**Plaquetas:** Porciones fijas o móviles de diferentes materiales que tienen contacto directo con las paredes laterales de la nariz y son parte integral del puente. Las plaquetas por su consistencia se clasifican en rígidas, semi-rígidas y blandas.

**Rígidas:** Fabricadas en plásticos resistentes a la flexión tales como el acetato. Requieren de una perfecta orientación para evitar presiones indebidas en la nariz. No son recomendables con lentes pesados, y en pieles grasosas por no ser antideslizantes, pero sí se pueden utilizar en pacientes de edad que tengan la piel muy flácida, para que no ejerzan tracciones indebidas. Son de bajo costo y gran duración.

Para las personas alérgicas a los plásticos, se fabrican también en materiales metálicos y lo más reciente es la aplicación de cerámica que además de ser duradera también es antialérgica. Reciben el nombre de plaquetas frías.

**Semi-rígidas:** Manufacturadas en vinilo (PVC), llamadas en el argot popular siliconadas por su similitud con las de silicona. Por ser más flexibles que las anteriores, son más cómodas, pero por ser antiadherentes presentan el inconveniente de deslizarse más fácilmente sobre la piel. Por esta razón, existe cierta reserva para adaptarlas en pieles grasosas o con excesiva sudoración.

Este material maleable permite la fabricación de “plaquetas anatómicas o pseudo-puentes” con excelente aplicación en las monturas metálicas para niños. Son más costosas que las rígidas y se degradan fácilmente tomando un color ambarino desagradable.

Actualmente, se aprovecha el material para aplicarlo a los diseños de plaquetas con “colchón de aire” que permiten ajustarse a las irregularidades de la piel de apoyo. Otras casas fabricantes han llenado la cámara de aire con un gel evitando la pérdida de forma que en ocasiones se presenta con el diseño anterior.

**Blandas:** Manufacturadas en silicona, debido a su excelente flexibilidad y suavidad son actualmente las más utilizadas. Por su hidrofobicidad son antideslizantes, lo que permite gran estabilidad de la montura por un mayor coeficiente de adherencia en el sitio de contacto. Esta cualidad permite que se usen con correcciones altas o de diseño especial, como los progresivos o los monofocales esféricos que requieren una posición estable del sistema óptico sobre la línea de dato. No se deben usar en pieles flácidas que admiten estiramiento, pues por su adherencia ejerce recogimiento de la dermis con bastante incomodidad para el usuario, generalmente de edad avanzada.

Presentan otros inconvenientes aún no superados: son costosas y de vida corta por su fragilidad, la adhesión a pieles secas produciendo el fenómeno de ventosa, lo que las hace incómodas, y en algunos casos alérgicas.

Finalmente, se han diseñado puentes anatómicos con este material que involucran dos ventajas: distribución del peso y versatilidad de un puente regular anatómico sumado a las cualidades del material de silicona (Figs. 2-30 A, B, C, D, E, F, G).



Figura 2-30 A. Rígidas



Figura 2-30 B. Fría



Figura 2-30 C. Vinilo



Figura 2-30 D. PVC+Gel

<http://www.leocadioramos.com/listado.asp>



Figura 2-30 E.  
Puente plaqueta vinilo

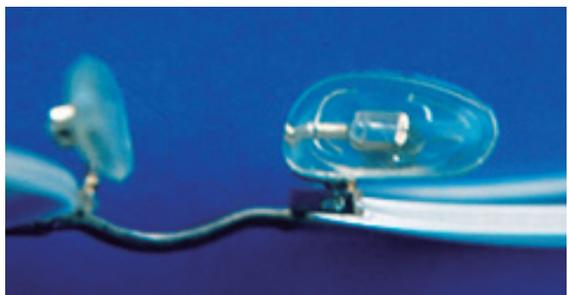


Figura 2-30 F. Silicona



Figura 2-30 G. Cerámica

**Portaplaquetas:** Elementos fijos o articulados que unen las plaquetas con las estructuras internas de los aros (Fig. 2-31 A, B, C y D).



Figura 2-31 A. Recta



Figura 2-31 B. Semi-recta



Figura 2-31 C. Semi-circular



Figura 2-31 D. Espiral

**Retenedores:** Segmento del portaplaqueta, que contiene el elemento de articulación de la plaqueta y le permite adaptarse a las superficies de contacto de las paredes de la nariz. La fijación de la plaqueta se logra por lo general, con tornillo (Fig. 2-32 A) o con un sistema de presión (Fig. 2-32 B) que garantizan su adaptación. Algunas se fijan al portaplaqueta con dos abrazaderas (Fig. 2-32 C), híbrido (Fig. 2-32 D) o de enganche (Fig. 2-32 E) que por esta razón, no permiten su movilidad; actualmente poco se utilizan, puesto que se necesita una buena congruencia entre las superficies de la plaqueta y la nariz, para evitar agresiones mecánicas que generen inflamaciones en la piel de contacto.



Figura 2-32 A. Retenedor tornillo



Figura 2-32 B. Retenedor de presión



Figura 2-32 C. Retenedor de abrazadera



Figura 2-32 D. Retenedor híbrido



Figura 2-32 E. Retenedor de enganche

**Brazos.** Es conveniente conocer algo de historia referente a la aparición de los elementos diseñados para mantener el frente de la montura, sin necesidad de utilizar la mano o presiones sobre el puente nasal y que finalmente llegaría a lo que hoy se denominan: BRAZOS o VARILLAS.

En el Siglo XIII, aparecen los primeros anteojos que por medio de remaches se unieron a dos anillos metálicos, creándose así el primer frente de una montura; el cual por su conformación, requería ser sostenido por la mano a cierta distancia de la cara del usuario. Solo hasta el Siglo XV se desarrollan los

“Quevedos” que fueron el primer intento para sostener los anteojos por si solos, a través de cordones atados a las orejas o a la cabeza en la región occipital o presión en el puente nasal (Fig. 2-33) incluso los chinos por la misma época colocaban peso en los extremos de los cordones, para poder sostener de manera estable el antejo en los arcos de los pabellones auriculares.



<http://www.google.com.co/search?q=anteojos+quevedos>

Figura 2-33. Anteojos Quevedos

Parece ser que a finales del Siglo XVI y principios del XVII, aparecen los primeros anteojos con filete o arco metálico colocado alrededor de la cabeza. Pero la creación de los BRAZOS se atribuye al óptico Inglés James Ayscough en 1752, donde se adicionan al frente, en forma articulada o curvada con un terminal. Esta última forma dio origen al nombre de GAFAS (Gaff: palabra francesa que significa gancho o garfio). (Fig. 2-34) En la edad moderna se han desarrollado una gran cantidad de diseños apropiados para determinados casos en particular, hasta convertirse en parte integral de la montura.

Usualmente, un brazo o varilla consta de: bisagra, paleta, angulación o quiebre y terminal (Fig. 2-35).

**Paleta.** Porción generalmente recta y esencial del brazo, que de acuerdo con su posición, configuración y tamaño contribuye a la sujeción y estabilización del frente de la montura e incluso en algunos casos mejora el aspecto estético.

<http://articulo.deremate.com.ar/>



Figura 2-34. Gafa (en francés Gaff)

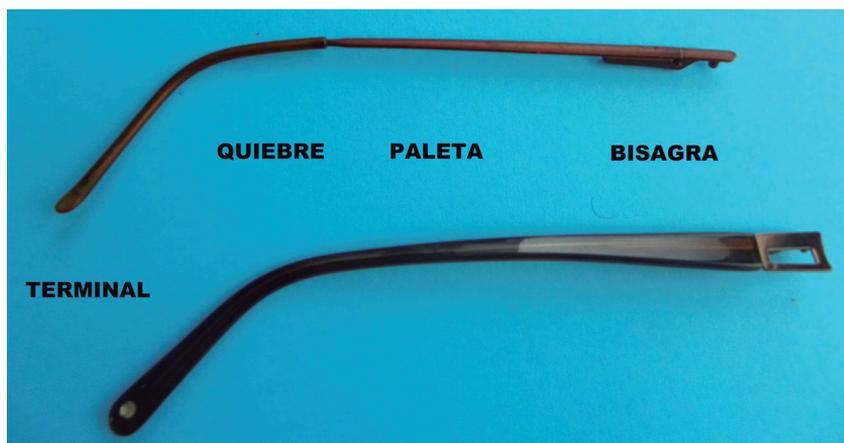


Figura 2-35. Partes de un brazo

**Angulación o quiebre.** Es el vértice o punto de unión entre la paleta y el terminal. Debe coincidir con el ángulo anatómico del canto superior de la oreja para garantizar la adaptación adecuada en términos de estabilidad y confort y de esa manera, evitar cambios en la posición del plano de los anteojos (distancia al vértice) y del ángulo pantoscópico, así como apoyos indebidos que induzcan laceraciones. La posición del quiebre genera la porción del terminal denominado también doblaje aural (Fig. 2-36 A y B).



Figura 2-36 A.  
Terminal mal adaptado

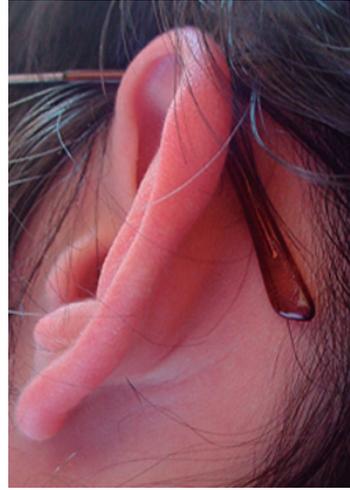


Figura 2-36 B.  
Terminal bien adaptado

**Terminal, patilla o doblaje aurial.** Finalmente, los brazos finalizan en una porción que bordea el área descendente del pabellón auricular, cuyo objetivo es sostener en forma estable la montura y distribuir en conjunción con el puente las cargas de peso. La suma en milímetros de la paleta, el quiebre y el terminal nos determina el valor del brazo en el sistema internacional de notación (130mm, 140mm, 145mm, etc.). Debe presentar dos curvaturas a saber : curva de adaptación o doblaje distal que corresponde a la curvatura que se aplica para establecer contacto completo con el contorno craneal y la curvatura en sentido externo que se hace en la punta del terminal para adaptarse al hueso mastoideo y se denomina doblaje mastoideo (Fig. 2-37).



Figura 2-37.  
Angulaciones del terminal

En los brazos de material orgánico, por lo general el terminal es la continuación doblada de la paleta, pero en los metálicos es habitual que se cuente con una porción plástica que recubre un segmento de la paleta, el quiebre y el terminal.

## Tipos de brazos

**Corriente:** Los armazones actuales han simplificado su diseño, unificando el espesor en las tres porciones (paleta, angulación y terminal) para facilitar la disminución de su tamaño, y la utilización de diferentes terminales. Usualmente metálicos y de diferentes aleaciones recubiertos total o parcialmente de plástico (Fig. 2-38). Esta característica permite una gran versatilidad, puesto que es posible el cambio de posición del quiebre, y así cubrir un mayor número de pacientes que puedan utilizar la misma montura.



Figura 2-38. Brazo corriente

**De Paleta:** Su terminación no posee quiebre o angulación. Lo usual es utilizarlo en monturas para sol y tanto el frente como los lentes deben ser livianos, puesto que al no poseer terminal, su ajuste se realiza directamente por presión del brazo sobre la zona parietal y si ésta es insuficiente o el frente es seleccionado muy grande, tenderá irremediablemente a descender sobre la nariz; motivo por el cual su uso es restringido. Para compensar algunos desplazamientos el final del brazo está recubierto de caucho de silicona que presenta una cualidad adherente (Fig. 2-39).



Figura 2-39. De paleta

**Espiral o Cola de Ratón:** El terminal está diseñado para extenderse detrás de las orejas en semicírculo, usualmente en material flexible y muchas veces recubierto en caucho o plástico con el objeto de suavizar el contacto con la piel circundante. Se aplican en: monturas de sol, algunos deportes (de raqueta, equitación, etc.) que precisan un mayor ajuste sobre la porción distal inferior del temporal, debido a los movimientos fuertes que debe realizar el usuario; de preferencia en monturas para niños, para evitar los desajustes propios del uso y no interferir por exceso de presión, con el desarrollo de las zonas de contacto (Fig. 2-40).



Figura 2-40. Espiral cola de ratón

**Cuello de Cisne:** En el recorrido de la paleta va aumentando su envergadura hasta el quiebre donde adquiere una curva profunda reduciendo su grosor, para continuar con la porción terminal. Se utiliza especialmente con monturas de acetato y propionato; debido a su particular forma, requiere de una perfecta coincidencia entre el quiebre del brazo y la curva interna del pabellón auricular, puesto que es imposible modificar la localización de la angulación (Fig. 2-41).

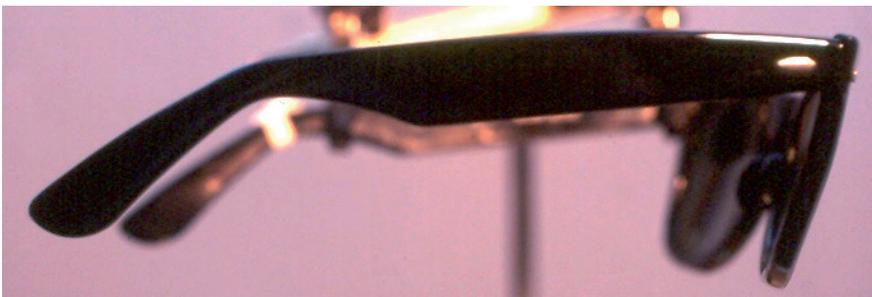


Figura 2-41. Cuello de cisne

Se selecciona en pacientes con armazones y/o correcciones ópticas pesadas (Alto poder dióptrico), puentes nasales negativos e incluso como efecto cosmético lateral por la forma típica de la paleta.

**Monopieza:** Tal vez el desarrollo más innovador para mejorar la comodidad de las monturas puesto que se aprovecha la flexibilidad del acero inoxidable para suprimir la bisagra. Usualmente se combina con monturas de 3 piezas que logran un desplazamiento simulado al de una bisagra 180 (Fig. 2-42 A y B).



Figura 2-42 A. Monopieza cerrado

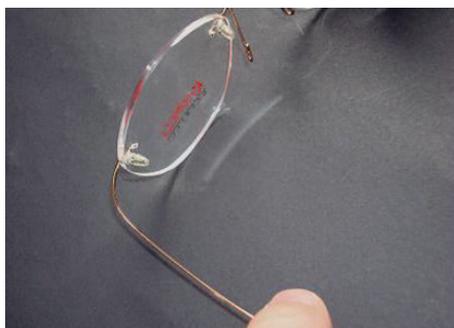
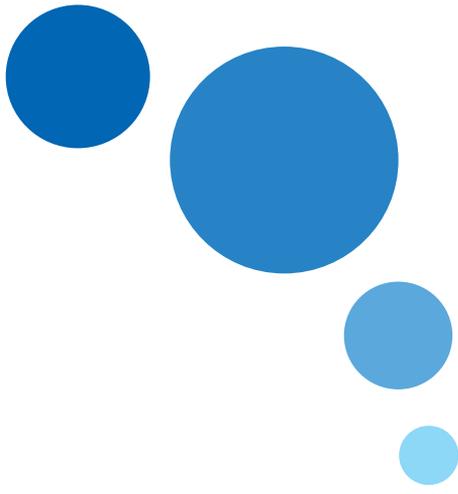
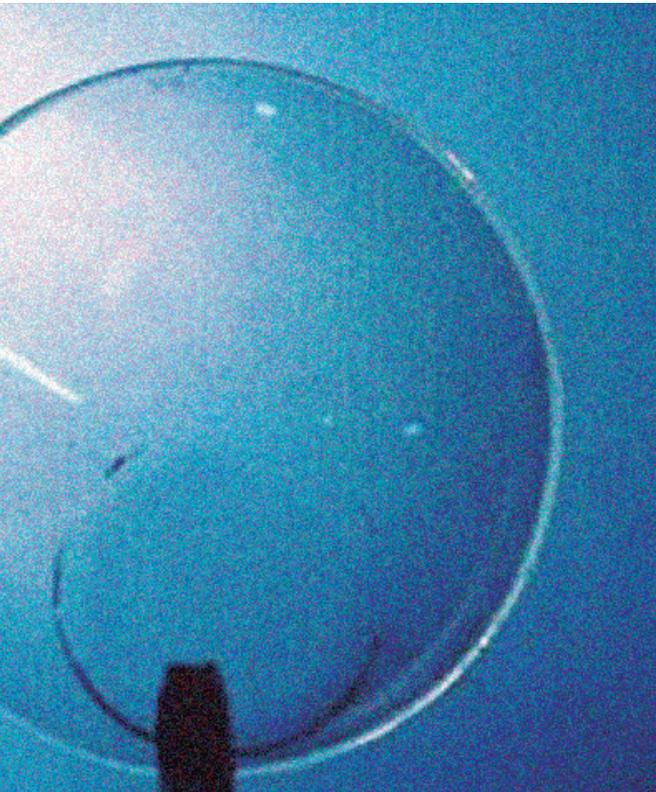


Figura 2-42 B. Monopieza abierto



# Capítulo 3

## Lentes oftálmicos





## Introducción

Debido a la gran variedad de materiales y diseños desarrollados en la última década, los profesionales en muchos casos dudan para seleccionar el lente más apropiado en términos de peso, espesor, etc.

Puesto que la calidad visual y la satisfacción de las necesidades ocupacionales depende de la adecuada selección, actualmente es necesario, conocer algunas características tales como: valor del índice de refracción, tipo de material, número ABBE, clase de filtro y película, tipo de bifocal o progresivo, entre otros.

## Propiedades

Con la evolución de los materiales y diseños de los lentes oftálmicos, ahora es indispensable profundizar en el conocimiento de las propiedades físicas y geométricas, que permitan establecer cual lente oftálmico es el más apropiado para cada uno de sus pacientes y que cubra sus expectativas y necesidades visuales. Cada usuario espera aliviar sus síntomas, mejorar su visión, obtener calidad, mínimo peso y espesor sin sacrificar la estética y más aún como un elemento cosmético.

Actualmente la manufactura de un lente oftálmico en términos de material y diseño, permite conocer cuál es el más apropiado, cuando el objetivo principal es buscar la mejor calidad óptica. Deben considerarse las siguientes variables:

- Curva Base
  - Esférica
  - Asférica
  - Atórica
- Transmisión
  - Absorción
  - Reflexión
- Dispersión Cromática
  - Numero Abbé
- Índice de Refracción
- Seguridad
  - Espectral
  - Industrial
- Campo Visual
- Peso
  - Gravedad Específica
  - Espesor
  - Diámetro
  - Corrección Optica

## Curva Base

Si bien la mayoría de los lentes sencillos monofocales de poderes bajos continúan aún procesándose con curvas bases esféricas, hoy por hoy en casos de correcciones con componente esférico superior a 4.00 dioptrías y cilíndrico superior a 2.50 es deseable aplicar bases asféricas y/o atóricas. La aplicación de estas geometrías, parte del principio de aplanamiento hacia la periferia, logrando lentes más delgados y minimizando aberraciones periféricas de esfericidad y toricidad.

Con la irrupción de las curvas asféricas y materiales de alto índice, los criterios para la selección de la curva base se han modificado. Sin embargo, debe

tenerse en cuenta aún la fórmula de Voguel que permite calcular la curva ideal teórica (curvas corregidas) para índices de refracción cercanos al crown (1,530): por ejemplo trivex (1,530), CR39 (1,498) etc.; para índices más altos la curva base debe ser más plana. De igual manera el especialista debe estar informado de las curvas que cada fabricante desarrolla para las diferentes resinas e índices y controlar con esferometría (Fig. No 3-1).



Figura 3-1. Esferómetro actualizado para índice Alto

Un factor importante a considerar, es que para la talla digital optimizada de progresivos, los laboratorios requieren menos inventarios al usar las mismas curvas bases terminadas de monofocales para tallar un progresivo personalizado por la superficie posterior del lente.

**Esférica:** Sigue siendo la más utilizada debido a que la mayoría de las ametropías se encuentran en los rangos de esferas bajas con cilindros bajos. La aplicación de un radio de curvatura único tanto en cara anterior como posterior facilita su adaptación al no requerirse la toma de altura focal por parte del profesional. Se calcula con la fórmula tradicional de Voguel y puede corroborarse fácilmente con el esferómetro.

En países del tercer mundo sigue siendo la preferida por su bajo costo pero su inconveniente es que en las miradas laterales extremas por no tener compensación de la distancia al vértice generan aberraciones de alto orden, cambios en la percepción espacial así como astigmatismo por incidencia oblicua.

La mayor curvatura y espesor de los lentes fabricados con este diseño generan mayor efecto de magnificación y minificación tanto en la imagen retinal del paciente como en la imagen percibida por los observadores del usuario (Fig. 3-2).



Figura 3-2. Comparación de tamaños Alto Índice Vs CR39

**Asférica:** Es aquella curva generada por planos de cortes imaginarios en un sólido cónico donde dan como resultado superficies parabólicas, elípticas e hiperbólicas. Se denominan asféricas al tener dos radios antagónicos y diferentes contrario a las esféricas que presentan un radio de curvatura único. Esta aplicación de óptica geométrica ha permitido desarrollar dos avances significativos:

- Para las curvas bases (cara anterior del lente) aumentar su radio de curvatura hacia la periferia para mantener la distancia vértice en las diferentes posiciones de mirada y lograr así minimizar la aberración esférica y el astigmatismo marginal (especialmente en positivos). Este diseño logra disminuir el espesor del lente logrando menor efecto de magnificación y minificación y por consiguiente menor efecto prismático (Fig. 3-3).

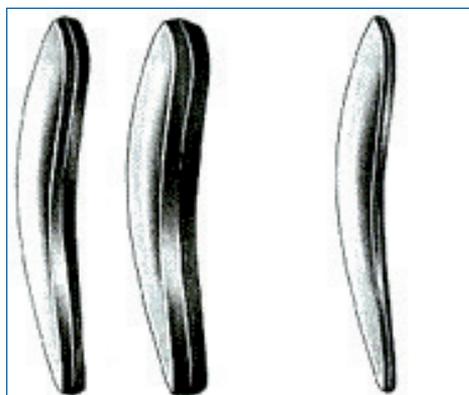


Figura 3-3.  
Espesores y curvas comparativas

- Para los progresivos disminuir gradualmente el radio de curvatura de la superficie anterior convexa o aumentarlo en la superficie posterior cóncava,

de tal manera que genere un aumento de poder positivo multifocal de la sección superior a la inferior en un mismo lente.

Otro beneficio importante es combinar las curvas esféricas con los lentes de alto índice para obtener curvas más planas y lentes más delgadas que favorecen en forma significativa a las correcciones ópticas positivas.

**Atórica:** Su etimología significa ausencia de toricidad o de astigmatismo. Cada día más en boga pues algunos fabricantes la están aplicando en el procesamiento de lentes oftálmicos. Consiste en aplicar en la cara posterior de un lente con alto astigmatismo la doble asfericidad para tratar de igualar los radios de curvatura de máximo y mínimo poder y así disminuir espesor, aberraciones periféricas y efecto prismático para aumentar la eficiencia del campo visual efectivo y mejorar la calidad visual en la periferia. En la actualidad se pueden combinar curvas bases esféricas o esféricas con curvas posteriores atóricas generando lentes con alta calidad visual.

## Transmisión

Para determinar que material proporciona mejor calidad óptica, es necesario recordar que a mayor índice de refracción menor transmisión de la luz incidente. De esa manera, el vidrio y la resina de CR39 siguen siendo insuperables.

Cuando la luz incide sobre las superficies de un lente oftálmico se presentan 3 fenómenos: Transmisión, absorción y reflexión. De esta manera la transmisión se verá afectada por los grados de absorción y reflexión. Estos dos fenómenos afectan la calidad visual del paciente, el primero disminuyendo la intensidad luminosa, por ejemplo al aplicar filtros coloreados y el segundo generando imágenes fantasmas sobre las superficies.

No existe ningún material que transmita 100% la luz, pues todos en algún porcentaje absorben y reflejan determinada cantidad de rayos incidentes. Los nuevos materiales con índices de refracción altos aumentan significativamente la reflexión. Esto explica por qué es necesario aplicar películas antirreflejo a estos materiales.

Con el siguiente cuadro se explica de una manera comparativa la afectación de la transmisión en los materiales más comunes en el mercado.

Transmisión materiales oftálmicos						
Material	Índice	Reflejo cara 1	Reflejo cara 2	Reflejo total	% Luz util	Transmisión con AR
CR-39	1,498	3,97	3,82	7,79	92,21	99,0
Cristal (crown)	1,523	4,30	4,11	8,41	91,59	99,0
Trivex	1,530	4,39	4,20	8,58	91,42	98,5
Futurex	1,570	4,92	4,68	9,60	90,40	98,2
Polycarbonato	1,586	5,19	4,92	10,11	89,89	97,0
Poliuretano 1 (spectralite)	1,600	5,33	5,04	10,37	89,63	96,5
Poliuretano 2 (thin-lite)	1,670	6,30	5,90	12,20	87,80	96,0
Politiosulfuro	1,740	7,24	6,76	14,06	85,94	95,5
Factor de reflexión: $R = \frac{(n-1)^2}{(n+1)^2}$						95,8 a 99,0

## Dispersión Cromática

Con la creación de nuevos polímeros (materiales orgánicos) para lentes oftálmicos, se ha logrado incrementar el índice de refracción, con el fin de fabricarlos más planos y más livianos, pero en desmedro de la calidad óptica al producir mayor aberración cromática por dispersión de la luz.

Este fenómeno se conoce como “dispersión cromática” y fue estudiado ampliamente en el siglo XIX por el físico alemán Ernst Abbé. Para cuantificar este fenómeno se le ha adjudicado a la cantidad de dispersión de determinado material un número correspondiente, en donde 1 sería el material de mayor dispersión y 100 el de menor denominado número ABBE. A mayor índice de refracción por lo general, se presenta mayor dispersión y por consiguiente menor número ABBE.

La medida de dispersión se expresa por medio del número Abbé, que se refiere a la característica de un material para dispersar la luz. En Optica Oftál-

Los valores elevados (cerca de 60: CR39) indican menor dispersión y los valores bajos (cerca de 30: Policarbonato) mayor dispersión.

Para entender la resultante de este número debe considerarse en determinado material con determinado índice las diferencias de desviación prismática que se presentarían en los rayos incidentes de color rojo, amarillo y verde como se explica en la (Fig. 3-4).

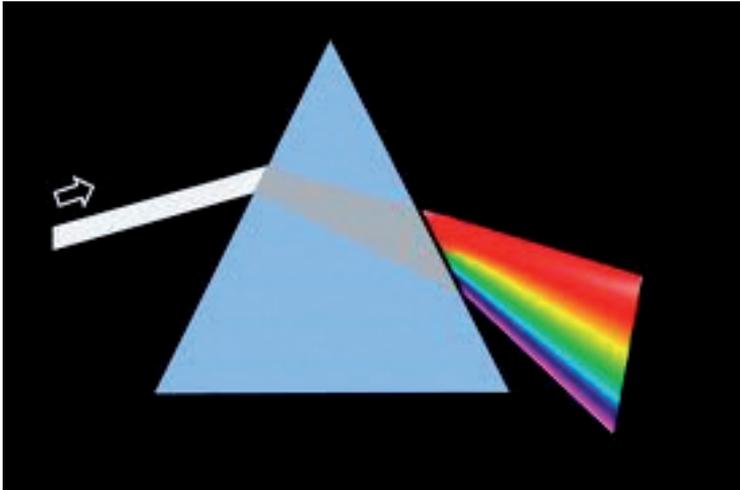


Figura 3-4. Dispersión Cromática-Número ABBÉ

Teniendo en cuenta que los nuevos materiales de alto índice, presentan un número Abbé bajo, es indispensable conocer esta variable, para determinar cuál es el material más indicado de acuerdo a la corrección óptica y a las necesidades visuales.

Material	Abbe	Índice
CROWN	59	1,523
CR-39 (Orma)	58	1,498
POLIURETANO (Spectralite)	47	1,537
TRIVEX (Trilogy)	45	1,530

Material	Abbe	Índice
POLIURETANO (Future-X)	43	1,570
POLIURETANO (Thin-Lite, Clarlet)	37	1,670
POLICARBONATO (Airwear)	31	1,586
POLITIOSULFURO (Polilite)	30	1,740

## Índice de Refracción

Es indudable que la irrupción en el mercado de la Óptica Oftálmica, de los materiales de medio y alto índice, mejoró en forma significativa el peso, el espesor, las curvas y el aspecto estético de los lentes oftálmicos; sin embargo, deben conocerse las propiedades de cada material, para lograr una combinación de estas en beneficio de los pacientes.

Tal vez el aporte más significativo, ha sido el poder generar con curvas más planas iguales poderes que con lentes de vidrio y Cr. 39. Para entender mejor el concepto, se establece una comparación de 3 materiales con la siguiente fórmula, que determina el poder verdadero generado por una superficie de acuerdo a su índice de refracción y con un mismo molde de talla para un poder de + 3.00.

$$PR = \frac{P_m(n' - 1)}{1,530 - 1}$$

P.R.= Poder resultante

P.m.= Poder marcado en el molde de talla

n' = índice de refracción del material

1 = índice del aire

1.530 = n del vidrio (referente para talla)

Ejemplo 1: Vidrio  $n = 1.530$   

$$PR = \frac{+3.00 (1,530 - 1)}{0,530} = + 3.00$$

Ejemplo 2: CR 39  $n = 1.498$   

$$PR = \frac{+3.00 (1,498 - 1)}{0,530} = + 2.82$$

Entonces para lograr el PR el Pm debe ser +3.25:

$$PR = \frac{+3.25 (1,498 - 1)}{0,530} = + 3.00$$

Ejemplo 3: Politiósulfuro  $n = 1,740$   

$$PR = \frac{+3.00 (1,670 - 1)}{0,530} = +4.25$$

Entonces para lograr el PV el Pm debe ser +2.37:

$$PR = \frac{+2.12 (1.670 - 1)}{0,530} = + 3.00$$

Con estos ejemplos se corrobora que para lograr una superficie de + 3.00, en Cr 39 es necesario usar mayores curvas que en el vidrio y con el Politiósulfuro menores (Fig. 3-5).

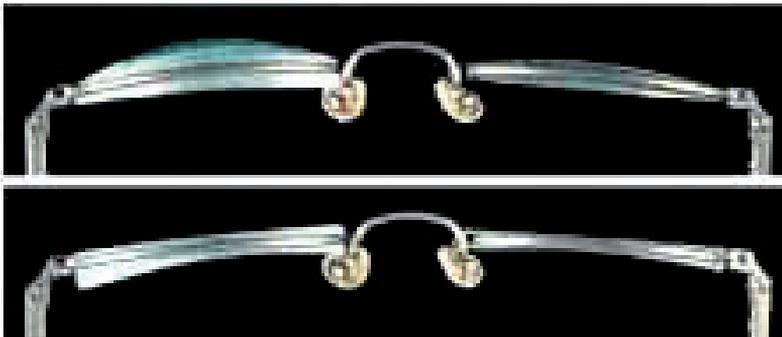


Figura 3-5. Asféricos + Alto Índice

## Seguridad

En relación con esta característica, deben considerarse los factores tanto de seguridad espectral como de protección ocular al impacto.

En relación con la primera, existen materiales que absorben mayor cantidad de luz ultravioleta. Serán seguros aquellos que logran un corte espectral inherente al propio material de 400 nm. (Norma europea EC 1836:1997) Los que no obtengan esta cifra en un uveómetro, deberían ser sometidos a la aplicación de filtros UV.

A continuación la tabla comparativa:

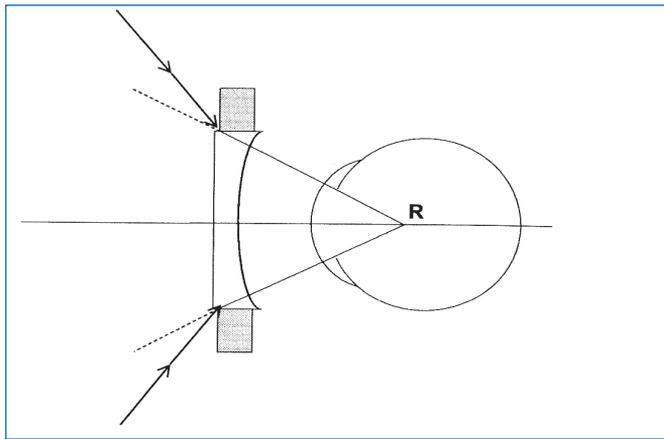
Material	C. Espectral
Future-x	400
Polycarbonato	390
Thin lite	380
Politiosulfuro	380
Spectralite	360
Trivex	360
CR-39	340

Para determinar la prueba de resistencia al impacto de los materiales oftálmicos existe la prueba de la bola en caída libre (Norma Americana Z.87.1 2003) que consiste en usar una esfera sólida de acero de 1,6 cm de diámetro que se suelta libremente desde una altura de 127 cm a una velocidad de 200 m.p.h. En la actualidad sólo el policarbonato y trivex permiten una protección ocular para anteojos infantiles y ocupacionales.

Material	Impacto
Polycarbonato	SUPERA (seguridad industrial)
Trivex	SUPERA (seguridad industrial)
Future-X G2	SUPERA (seguridad oftálmica)
Crown	NO
CR-39	NO
Spectralite	NO
Thin Lite	NO

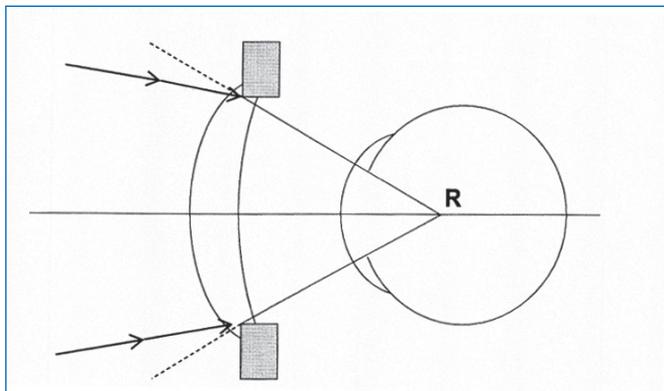
## Campo visual

La montura antepuesta delimita el campo visual, al área correspondiente del aro. Este campo, denominado aparente depende del ángulo que subtenden la apertura del aro a partir del centro de rotación del globo ocular. En caso de ametropías, cuando la montura contiene los lentes, el campo visual se modifica dependiendo de si la corrección óptica es negativa (Fig. 3-6) o positiva (Fig. 3.7) y su efecto corresponde al campo visual real.



Tomado de Fundamentos en Lentes Oftálmicos,  
Claudia Perdomo 2009

Figura 3-6. Campo visual lente negativo



Tomado de Fundamentos en Lentes Oftálmicos,  
Claudia Perdomo 2009

Figura 3-7. Campo visual lente positivo

En el primer caso (el efecto de lente divergente lo amplía, ya que las bases imaginarias están en la periferia. Para los positivos sucede lo contrario, pues el espesor mayor está en el centro del lente (bases en el eje visual) y por consiguiente el campo visual se disminuye.

Teniendo en cuenta las consideraciones anteriores, una montura pequeña en fórmulas negativas amplía el campo visual real, mientras que en las positivas lo disminuye, razón por la cual no deben seleccionarse tamaños muy pequeños en correcciones ópticas hipermetrópicas.

## Peso

Por lo general los lentes representan cerca de un 25% del peso total de los anteojos y muy frecuentemente van en desmedro de la comodidad del paciente.

Uno de los principales inconvenientes que durante muchos años se presentó en la adaptación de los anteojos, fue el gran peso que generaban los lentes inorgánicos, especialmente en fórmulas positivas y monturas de gran tamaño. Aún con los plásticos de Cr.39, por su bajo índice de refracción y alta gravedad específica frente a otras resinas de índice mayor, el volumen del material imprime mayor peso y espesor.

Actualmente la densidad de los materiales plásticos, es una propiedad que los fabricantes suministran y resaltan, no solo como valor agregado sino que nos permite definir cuál es el más liviano, cuando la prioridad es la comodidad.

Se define Densidad o Gravedad Específica como el peso o masa de un material comparado con otro de igual volumen (patrón agua=1.0), medido en gr/cm<sup>3</sup>, por lo tanto a menor gravedad específica (Ge) menor peso.

La gravedad específica por sí sola no garantiza que el material escogido sea el más liviano, pues está afectada por el poder del lente, el espesor crítico, las dimensiones de la montura y el tipo de curva base.

Como guía de selección, se comparan algunos materiales

Material	Gravedad Especifica
Trivex	1,11
Future-X	1,16

Material	Gravedad Especifica
Polycarbonato	1,20
Spectralite	1,21
CR-39	1,32
Thin lite	1,35
Crown	2,52

## Espesor

Una falsa creencia en el medio es asociar que el alto índice del material es garantía de “lente ultradelgado” sin considerar el tipo de curva base, corrección óptica, espesor crítico y la selección del tamaño adecuado del armazón.

Cuando se desea escoger cual de los diferentes materiales genera, de acuerdo a determinado poder dióptrico, el lente más delgado o Espesor Resultante (ER), es necesario conocer adicionalmente diámetro efectivo del aro (Longitud oblicua mayor), espesor crítico e índice de refracción. Estos parámetros obligan a controlar con espesímetro, si el laboratorio ha respetado los espesores críticos recomendados por las casas fabricantes y asimismo corroborar el cálculo matemático del espesor resultante con la medición micrométrica (Fig 3-8).

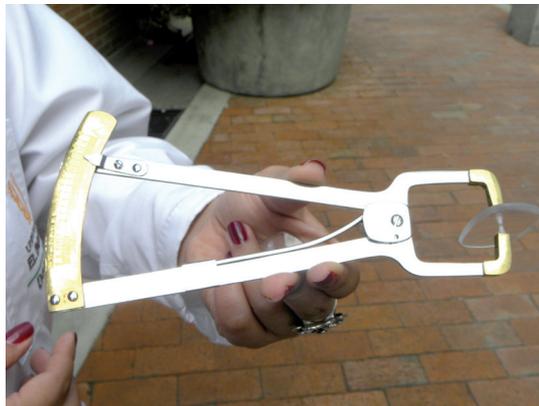


Fig 3-8 Espesímetro o Vernier Oftálmico

En relación con el espesor crítico existen algunas excepciones: cuando se han seleccionado monturas al aire o de tres piezas los laboratorios deben aumentar el espesor (algunas décimas) en el centro para negativos con el pro-

pósito de mantener la estabilidad dimensional y en la periferia para positivos para permitir el bisel adecuado para ranuraciones y perforaciones.

Para tal efecto y mejor comprensión óptica, es posible calcular el ER con la siguiente fórmula:

$$ER^* = \frac{\{(De^2)/4\} (Dpts) + E}{2000 (n' - 1)}$$

De donde:

ER = Espesor resultante

De = Diámetro Efectivo del aro en mms (Longitud oblicua mayor)

Dpts = Poder dióptrico de la corrección esférica o el poder resultado en el meridiano coincidente con el oblicuo mayor

EC = Espesor crítico (Determinado por el fabricante) mm.

n = Índice de refracción del material

ER: Positivos al centro del lente y Negativos al borde

EC: Positivos al borde y Negativos al centro

Conversión de la fórmula de Keeney, Arthur et al, 1997\*

Se consideran tres ejemplos: Se tiene una corrección óptica de -5.00 Dpts, con una montura cuyo Diámetro efectivo es de 52 mm.

¿Qué espesores resultan en los siguientes materiales?:

Material 1 CR39 n= 1.498 EC= 2.2

$$ER = \frac{\{(52^2)/4\} (-5.00) + 2.2}{2000 (1.498 - 1)}$$

$$ER = 3.40 + 2.2 = 5.60 \text{ mm al borde}^*$$

Material 2 Policarbonato n= 1.586 EC= 1.0

$$ER = \frac{\{(52^2)/4\} (-5.00) + 1.0}{2000 (1.586 - 1)}$$

$$ER = 2.88 + 1.0 = 3.88 \text{ mm al borde}^*$$

Material 3      Poliuretano       $n= 1.670$        $EC= 1.3$

$$ER= \left\{ \frac{522}{4} \right\} (-5.00) + 1.3$$

$$2000 (1.670- 1)$$

$$ER= 2.52+ 1.3 = 3.82 \text{ mm al borde}^*$$

- En caso de poderes positivos el ER determina el espesor al centro

## Materiales

A pesar que durante cerca de 7 siglos el único material utilizado fue el vidrio, (insuperable en su calidad óptica y resistencia al rayado), hoy prácticamente en Colombia se encuentra en la obsolescencia, al irrumpir en la década de los setenta los materiales orgánicos.

**CR-39:** Conocido en el argot popular como “lente de plástico”. Realmente revolucionó la tecnología para lentes oftálmicos. Se utiliza a partir de 1966, con la patente desarrollada por la Universidad de Columbia en Estados Unidos, de la resina de carbonato de alidiglicol, conocida como “COLUMBIA RESIN” o CR 39. Son indudables sus ventajas frente a los materiales inorgánicos.

El mercado de esta resina conocida comercialmente como “*Orma® organic material*” vigente aún con la presencia de los nuevos materiales de alto índice, debido a las siguientes características:

- Excelente calidad óptica (similar al vidrio).
- Fácil maquinado en el laboratorio.
- Aplicable en diseño esféricos y progresivos.
- Resistencia química a los solventes.
- De fácil tinción y aplicación de películas resistentes al rayado y antirreflejo
- Permiten la aplicación de técnicas para fotosensibilidad
- En las resinas el de más baja dispersión cromática. (Número ABBE 58).

### Existen también algunas desventajas:

- Baja resistencia al rayado.

- Mayor espesor debido al menor índice de refracción (Crown: 1.523 y CR39: 1.498) y curvas bases más altas.
- Mayor comba generada por las curvas bases.
- Mayor efecto de magnificación o minificación
- Contraindicado como protector ocular en niños y en seguridad industrial.

Sigue teniendo vigencia en la fabricación de todo tipo de diseños con fórmulas relativamente bajas; hasta esf.  $\pm 3.00$  dpt y cil. 2.00. Donde sigue vigente su aplicación es en las ayudas positivas altas para baja visión, al lograr mayor aumento del tamaño de las imágenes por espesor.

**Policarbonato:** Hasta 1978 se consideró la posibilidad de utilizar materiales plásticos de alto índice con aplicación en lentes para protección ocular, y solo desde 1989 la casa Orolite produce lentes terminados para correcciones negativas con 1.5 mm de espesor al centro. Denominado por la compañía ESSLOR como Airwear®.

Por lo general tiene un índice de refracción de 1.586 que superaba incluso el índice del crown, lo cual permitía la fabricación de lentes más livianos y con curvas bases más planas, sumadas estas cualidades a la gran resistencia al impacto.

Sin embargo, los primeros lentes diseñados presentaban una gran dificultad en el proceso de fabricación al utilizar los equipos y tecnología para el CR-39, generando grandes aberraciones, dificultad en el bisel y gran dispersión cromática; factores que llevaron inicialmente a cuestionar la calidad óptica del material.

Diez años después se cuenta en el mercado con material policarbonato de índice 1.586 combinado con diseños esféricos, resistentes al rayado y película antirreflejo, que han logrado superar las dificultades iniciales y lograr espesores en fórmulas negativas hasta de 1 mm al centro. (Fig. 3-9). De igual forma, en otros países se ha lanzado recientemente uno con índice de 1.80 que se espera muy pronto beneficie a muchos pacientes que padecen de ametropías altas.



Figura 3-9. Comparacion espesores lentes negativos

Hay que considerar que este compuesto no ha superado aún en calidad óptica al CR-39, pero no se pueden desconocer las siguientes ventajas:

- Alta resistencia al impacto.
- 45% más liviano que el CR-39 (Gravedad específica o densidad 1.20).
- Menor efecto de magnificación o minificación.
- Gran resistencia a altas temperaturas (no pierde estabilidad hasta 250°C).
- Espesores mínimos (Hasta 1 mm al centro).
- Menor comba por curvas bases más planas.
- Permiten la fotocromía y la fabricación de cualquier diseño.
- El más indicado para monturas al aire y de 3 piezas.
- Disminución de aberraciones ópticas por mejoras en la técnica del maquinado.
- Excelente en fórmulas negativas de -2.25 a - 8.50 y positivas hasta +4.00.

### **Las desventajas frente al Plástico convencional son:**

- De menor calidad óptica. (aberraciones).
- Más difícil de teñir.
- Alta dispersión cromática (No. ABBE 30 - 32), que **hace imperativo el uso del antirreflejo.**
- Mayor costo.
- Menor resistencia a: rayado, abrasión y flexión (muy dúctil).
- Poca resistencia a los solventes (acetona).

- Contraindicados en correcciones positivas (dispersión cromática alta en el eje visual).
- Limitado en fórmulas esféricas y cilíndricas altas (mayores de  $-8.50$  dpt. en el meridiano de mayor poder).

Es pertinente mencionar los principales usos específicos que maximizan sus ventajas frente a los otros materiales. (Fig. 3-10).

- Como Elemento de Protección Ocular.
- Para fórmulas negativas hasta  $-8.50$  dpt y positivas hasta  $+4.00$  dpt.
- El más liviano y delgado del mercado.
- La protección U.V. es inherente al material.



Figura 3-10. Lentes protectores en policarbonato

**Poliuretano:** Para superar el índice de refracción del policarbonato los investigadores han logrado nuevas resinas con índices comprendidos entre 1.6 y 1.7. Actualmente se cuenta con un sinnúmero de materiales que si bien ninguno logra alcanzar los más altos estándares de calidad óptica, peso, espesor, curvaturas, etc., permite al profesional de acuerdo a las necesidades visuales ocupacionales y expectativas de sus pacientes, seleccionar la resina que más satisfaga los requerimientos específicos para cada caso en particular.

Algunos no son tan delgados y livianos como el policarbonato, pero pueden combinarse con curvas asféricas resolviendo satisfactoriamente esta desventaja. (Fig. 3-11).

### Sus ventajas principales son:

- Aplicable en fórmulas esféricas altas (superiores a  $+4.00$  y  $-8.50$ ) y valores cilíndricos altos.



Figura 3-11. Lentes positivos cr.39 Vs. Poliuretano asf.

- La mayoría son más livianos que el CR-39 (Gravedad específica: 1,11 – 1,35) a excepción del Thin&Lite® dependiendo del diseño.
- Espesor central menor en fórmulas negativas con respecto al CR – 39.
- Para el bisel, montaje y teñido es igual al CR-39.
- Son los más compatibles con los diseños esféricos.
- Más resistentes al rayado que el Policarbonato.
- Se fabrican en cualquier diseño y también se ofrecen con fotocromía.
- Menor dispersión cromática que el policarbonato (No ABBE 32-47)

### **Desventajas:**

- Menor Calidad Optica que el CR-39.
- Menor resistencia al rayado que el CR-39 pero mayor que el policarbonato.
- Mayor dispersión cromática que el CR-39.

Podría decirse entonces que es un producto intermedio entre el CR-39 y el policarbonato que por sus características lo hace exitoso para la fabricación de lentes progresivos y únicos para fórmulas esferocilíndricas altas con curvas esféricas.

A partir de la primera década del presente siglo es grande la variedad de resinas que cada laboratorio desarrolla al encontrar que este polímero retoma algunas de las ventajas del CR39 y mejora algunas del policarbonato. Pudiésemos decir, que se han fusionado dos materiales en uno.

Para los clínicos es difícil conocer las fórmulas que permitirían diferenciar desde el punto de vista genérico todas y cada una de las ofertas en poliuretano, pero les ha tocado identificarlas por su nombre comercial y aplicar la más apropiada si lo que se busca es mejor calidad o menor peso o mínimo espesor o alta seguridad al impacto o a la absorción de rayos UV.

En este capítulo excluimos los materiales de bajo índice por ejemplo el Spectralite® (1,537) puesto que en algunos casos se asimila al CR39 (en índice y número Abbé) y nuevas resinas lo superan ampliamente en gravedad específica e índice de refracción.

A continuación destacamos las tres marcas más reconocidas en el mercado nacional.

**Trilogy®:** Fabricado en trivex por PPG e introducido a nivel mundial en 2002 como una nueva resina para materiales de lentes oftálmicos. Se le conoce como el lente **trifuncionamiento** por su baja gravedad específica (1,11), alto número Abbé (45) y resistencia al impacto.

Presenta también una excelente resistencia a los materiales químicos (acetona, alcohol, disolventes para el pelo, etc.) comparado con la de la CR39. Los químicos de PPG han enriquecido la molécula básica del poliuretano con nitrógeno y el resultado es un material que ofrece no solamente una mayor calidad óptica sino también una excepcional solidez y un peso ultraligero.

### **Ventajas**

- Excelente calidad óptica por número Abbé alto.
- Aplicable en correcciones medias hasta + o - 4.00
- Resistente a los solventes y altas temperaturas
- Resistente a los impactos
- El más liviano para fórmulas bajas (1.11) (Fig. 3-12).

### **Desventajas**

- Índice de refracción bajo (1.530)



Figura 3-12. Trilogy ultraliviano

- Contraindicado en correcciones altas,
- Lentes más gruesos por índice de refracción bajo y Espesor crítico alto (1.3)
- Bajo corte espectral
- Requiere tratamiento UV

**FutureX®** En nuestra opinión, es el material más versátil del mercado por su suma de atributos; pues si bien la única propiedad en la cual supera a los demás es en la protección UV del 100% (400 nm), la combinación de las otras propiedades le permite aplicarse en forma más eficiente con la mayoría de las correcciones ópticas y con diseños monofocales y progresivos. El concepto FutureX ha revitalizado el mercado pues los usuarios buscaban dos alternativas: CR39 (económico, buena calidad y grueso) y policarbonato (mediano costo, mediana calidad y delgado). Este apropió de cada uno sus mejores cualidades y lo sitúa en promedio como la mejor opción del mercado. (Fig. 3-13).



Figura 3-13. FutureX por ILT

Para establecer comparaciones su número Abbé de 43 es inferior al Spectralite (47) y trivex (45) pero su índice de refracción es superior (1,570). Lo superan en índice el thin&lite y los politiosulfuros de 1,74 pero con peor dispersión cromática.

En relación al peso, lo supera el trivex con 1,11 g/cm<sup>3</sup> versus 1,16, pero por el bajo índice del primero y espesor crítico de 1,3 la resultante en fórmulas altas es inmensamente superior en el futureX por menor masa.

Con el mejoramiento reciente de la generación FutureX-G2 la resistencia al impacto ha mejorado notablemente acercándose al trivex pero sin superar al policarbonato, cuando se refiere a seguridad industrial.

### **Ventajas**

- Alto índice (1.570) con número Abbé medio (43)
- Muy liviano (Ge 1.169)
- Con el mejor corte espectral (400 nm) lo cual proporciona 100% de protección UV
- Mínimo espesor crítico (Ec 1,2)
- Curvas atóricas para astigmatismos altos (X-treme)
- No tiene propensión a oxidarse (no se degrada a color grisáceo)
- Es 220% más resistente al estiramiento o tensible que el CR39
- Permite ranuración y perforación para monturas al aire y de 3 piezas
- Diferentes tipos de películas antirreflejo

### **Desventajas**

- Mediana calidad óptica (Abbé: 43)
- Mediano costo

Otra de las grandes cualidades del futureX es la diversidad de diseños y películas entre las que cabe resaltar:

**Steel:** Recibe un tratamiento anti-reflectivo multicapa de 8 películas finas que no sobrepasa la media micra de espesor y contienen un tratamiento de

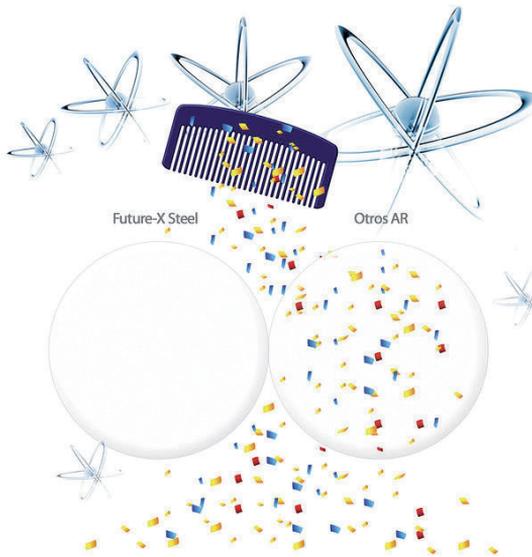


Figura 3-14. Futurex Steel Cortesía ILT

protección al rayado del mismo índice y coeficiente de dilatación del material que trae como resultado una reflexión menor del 0,5%. (Fig. 3-14).

Anti-estático, hidrofóbico, Oleofóbico, fuerte capa resistente a las rayas

**X-treme HD:** Gracias a la talla digital, ofrece un producto de óptica atórica que permite obtener un lente con corrección muy precisa sobre todos los meridia-

nos de poder del lente, proporcionando un campo visual mayor y minimizado en aberraciones marginales especialmente tóricas. Este revolucionario diseño de doble asfericidad en la superficie de poder beneficia notablemente a los pacientes que presentan astigmatismos altos (-3.00 a más). (Fig. 3-15).

Asfericidad atórica, capa de anti-reflejo Steel.

**Fashion:** El propósito de este lente, más que proporcionar características específicas y ocupacionales de absorción y protección a la luz, es brindar un aspecto cosmético al usuario de lentes oftálmicos no solares; sin embargo los tonos en los cuales se fabrica tienen aplicación en salud vi-



Figura. 3-15. X-treme HD por ILT

sual ocupacional que se tratará en el capítulo de filtros y películas. Para lograr las tonalidades la casa fabricante en el tratamiento de la película antirreflejo genera colores residuales en tonos celeste (Fig. 3-16A), rosa (Fig. 3-16B) y marrón (Fig. 3-16C).



Fig. 3-16A Fashion Celeste    Fig. 3-16B Fashion Rosa    Fig. 3-16A Fashion Marrón

**G2:** La resina convencional fue modificada para aumentar su resistencia al impacto, ofreciéndole mayor protección y seguridad. La tensibilidad mejorada lo convierte en una excelente opción para adaptarlo a monturas de nylon y de 3 piezas. Dos veces más resistente a los impactos y dos veces más tensibilidad que el Steel. Trae tecnología esférica y permite la aplicación de diferentes películas antirreflejo. (Fig. 3-17).

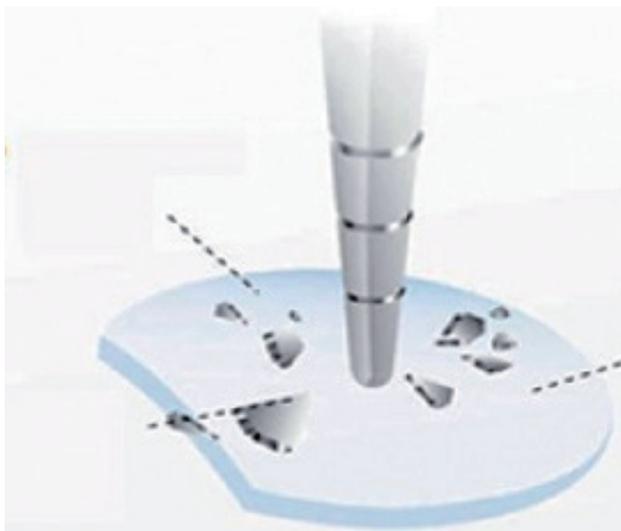


Figura 3-17. G2 por ILT

**SunActives 3.0:** Es un lente fotocromático que combina la propiedad de fotosensibilidad con tratamiento antirreflectante. Presenta muy buen desempeño en la acción de oscurecimiento ya que pasa de un 55% a un 70% en un lapso de 40 segundos. (Fig. 3-18).



Figura 3-18. X-treme HD por ILT

De igual manera su retorno a la claridad es rápido ya que en 2 minutos pasa de un 30% de tinte a un escaso 15%.

**Paladin:** Desde la irrupción del CR39 los fabricantes han luchado por la poca resistencia a las rayas de los materiales plásticos. Integrated Lens Technology - ILT ha desarrollado este nuevo tratamiento anti-reflejo que contiene una resistente coraza de cerámica que mejora sustancialmente la resistencia. (Fig. 3-19).

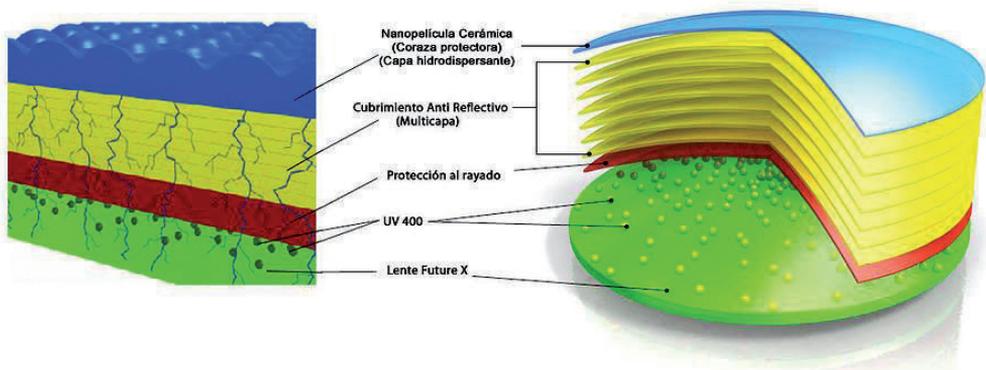


Figura 3-19. PALADIN por ILT

**MistiX:** Posee una delgada capa de cerámica en forma de plasma que proporciona a la superficie del lente propiedades hidrodispersantes que minimizan en gran parte el empañamiento que pueda presentar el lente ante los cambios bruscos de temperatura.

**Thin & Lite® 1,67.** Dentro de las resinas de poliuretano es la más indicada en correcciones con componentes esférico y cilíndrico alto de preferencia negativas, puesto que permite lentes más delgados al tener el más alto índice. Debe adaptarse con cierta reserva ya que su número Abbé es bajo y su gravedad específica alta, lo que trae como consecuencias lentes con menor calidad óptica y más pesados. (Fig. 3-20).

1.553 3.00-5.00 recomendado	1.60 5.00-7.00 recomendado	1.67 7.00-9.00 recomendado
-10.00 Esfera		
-6.00 Esfera		
-4.00 Esfera		
-2.00 Esfera		

Figura 3-20. Lentes negativos alto índice [espanol.glassesshop.com](http://espanol.glassesshop.com)

Por sus propiedades físicas genera mucha dispersión cromática en correcciones positivas altas. Se conoce también en el mercado nacional como **Clarlet®**.

### Ventajas

- Más alto índice (1.670)
- Ultra Delgado
- Más indicado en esferas negativas altas con cilindros altos
- Buen protector UV
- Combinado con curvas bases esféricas
- Resistente a los solventes
- Se deja tinturar fácilmente

### Desventajas

- Alta dispersión cromática (Abbé 37)

- Obliga película Anti-Reflejo
- Poca resistencia al impacto
- Poca resistencia a la ranuración y perforación para el montaje del lente en las monturas que lo requieran.
- El más pesado de los Poliuretanos (Ge 1.35)
- Alto costo

**Politiosulfuro:** Recientemente han irrumpido en el mercado estas resinas de última generación, que permiten (especialmente en correcciones negativas altas) lograr una disminución significativa de espesores en razón a sus altos índices de refracción: 1,7 a 1.8. Esta propiedad permite disminuir espesores de una manera muy eficaz, pero sacrifica calidad óptica por su alto valor dispersivo (No. Abbé 30/32 similar al policarbonato) y su disminuida transmisibilidad. (Fig. 3-21).

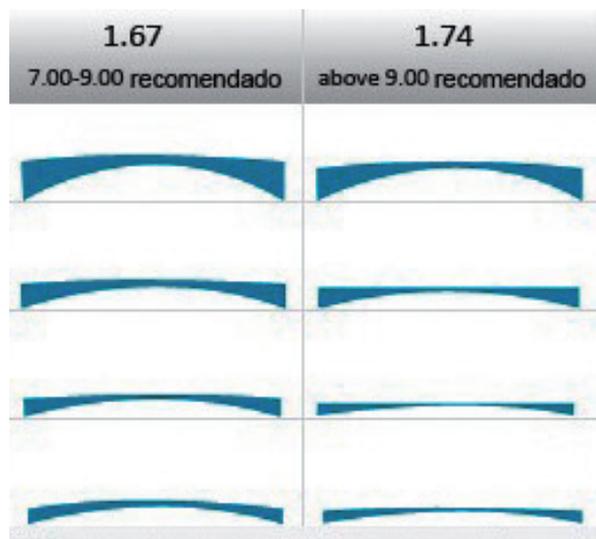


Figura 3-21. Politiosulfuro 1.74 [espanol.glassesshop.com](http://espanol.glassesshop.com)

En Colombia existe el *Polylite*® 1,74 que combinado con curvas asféricas y talla digital optimizada (freeform) ha permitido en fórmulas muy altas (mayores de  $\pm 8.00$ ) lograr lentes muy delgados y muy livianos. Presentan la misma dificultad de aplicación en fórmulas positivas ya que su número Abbé es muy bajo.

## Ventajas

- El de más alto índice (1,74): Ultradelgado
- Más indicado en Rx. Altas (esferas altas preferiblemente negativos + cilindros altos)
- Similar al poliuretano, pero más delgado.

## Inconvenientes

- Alta dispersión cromática (Abbé 32)
- Baja protección a impacto
- Corte espectral 380
- El más pesado (Ge 1.40)
- El de más alto costo

## Diseños

Aprovechando las tecnologías de punta, las casas fabricantes han desarrollado diversidad de diseños, buscando la optimización de la visión y el confort. Hoy se puede afirmar que existe un lente para cada usuario, en la medida en que el Optómetra personalice la adaptación, recomendando el que más se ajuste a los requerimientos del paciente. Lo anterior, solo se logra con la profundización de conocimientos en anteojería, óptica y mecánica oftálmica.

Los diseños se pueden clasificar de acuerdo con: el tipo de curva base, ametropía por corregir, y distancias requeridas.

Para complementar el tema de la curva base es necesario recordar que con la manufactura convencional y la nueva de talla digital es posible generar curvas esféricas, esféricas y tóricas.

## Curva Base

**Esférica** continúan participando mayoritariamente en la fabricación de correcciones esféricas y esferocilíndricas a pesar del advenimiento de las esféricas. Esta curva se aprovecha mejor en fórmulas bajas dado que el astigmatismo marginal y las aberraciones de esfericidad aunque están presentes son imperceptibles por el paciente.

Tienen la gran ventaja de adaptarse sin considerar los pequeños desfases verticales bioculares del centro óptico con respecto al eje visual. Así mismo, no es necesario efectuar una inclinación pantoscópica para optimizar su desempeño. Cuando se selecciona, se debe estar consciente que las curvas bases requeridas son más altas, por consiguiente generan más comba en el lente, y van en desmedro de la estética y la percepción espacial por mayores cambios en el tamaño de imagen; factor que se puede minimizar combinándolas con resinas de alto índice.

No sobra recordar que en graduaciones altas, se hace necesario seleccionar diseños lenticulares que cada vez son más escasos debido a: la presencia de materiales de alto índice que permiten curvas más planas y al desarrollo de la cirugía refractiva (implante de lentes intraoculares, corrección miópica con lasik, etc.).

**Asférica** están constituidas por una superficie de radios de curvaturas crecientes o decrecientes generando superficies cónicas (elípticas, parabólicas e hiperbólicas), cuya aplicación inicial fue para pacientes áfacos (tipo welch) pero que hoy se aplican en la cara anterior o posterior para generar curvas bases y efecto multifocal. (Fig. 3-22).

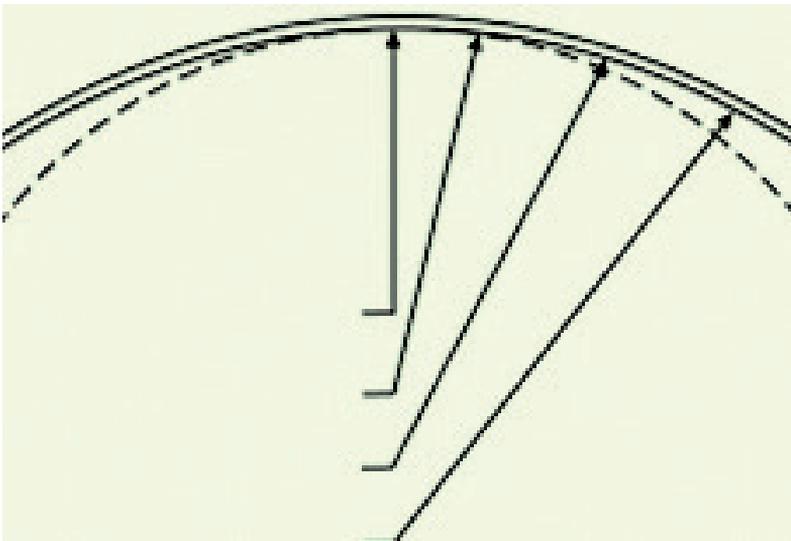


Figura 3-22.

La asfericidad puede ser óptica para crear lentes más planos o de efecto multifocal y geométrica, para lentes más delgados buscando como fin principal la estética sin consideraciones en relación con la curvatura de campo que hace relación con las superficies de curvas corregidas que se determinan por la fórmula de Voguel.

Es más favorable para los lentes monofocales positivos y para todo tipo de progresivos; pues disminuye espesor central, aberraciones de esfericidad y astigmatismo marginal. De esa manera, proveen al usuario de mejor calidad óptica del campo visual y mejor estética al observarse los ojos de un tamaño más cercano al natural. La autenticidad de una lente asférica puede ser comprobada utilizando el esferómetro, el cual debe desplazarse del centro hacia la periferia, para observar las variaciones de poder en los diferentes puntos de un meridiano. En poderes positivos bajos es poco perceptible la asfericidad.

Si las curvas esféricas se favorecen al usar el alto índice, estas con mayor razón, al combinar el menor valor de curva base, con la disminución del espesor periférico por la asfericidad. Estas características cambian la percepción espacial de un paciente que anteriormente utilizaba anteojos esféricos CR-39 así: si son fórmulas positivas tendrá la sensación de ver más pequeño y más lejano, y si son negativas lo contrario acercándose más al tamaño real del objeto.

Para lograr la combinación excelente de las curvas anteriores y posteriores los profesionales deberían exigir a sus proveedores las tablas de curvas bases que manejan para cada material y diseño.

El procedimiento de adaptación es similar al de los progresivos. Para obtener calidad en la visión y eficiencia en el sistema deben tenerse en cuenta las siguientes consideraciones:

Procurar monturas en las que el centro geométrico del aro quede lo más centrado posible con respecto al eje visual, para evitar descentraciones que afectan el aspecto cosmético.

Preajustar la montura en distancia vértice, altura y ángulo pantoscópico como si fueran lentes progresivos.

Determinar la altura del borde inferior del aro al centro pupilar

Medir la distancia nasopupilar preferiblemente con interpupilómetro.

Informar al paciente que era usuario de curva esférica, la necesidad de algunos días para su adaptación.

En caso de reposición monocular es necesario conocer la curva base utilizada previamente.

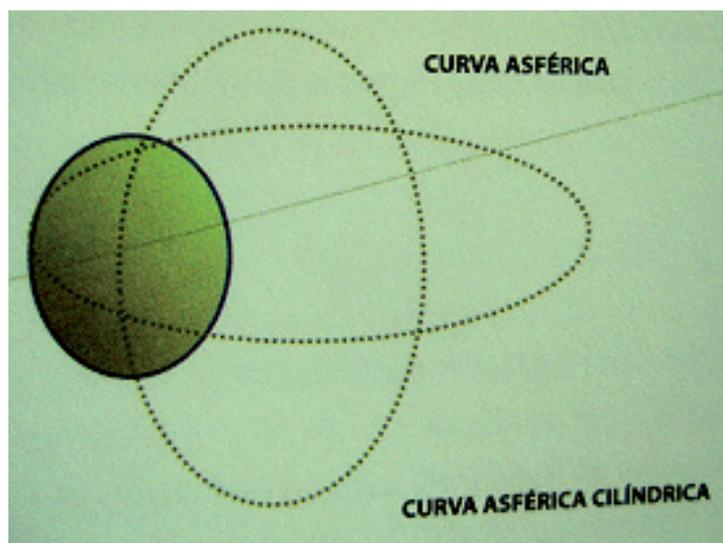
Con respecto al diseño de acuerdo al tipo de ametropía, en correcciones altas preferiblemente cilíndricas es necesario, conocer la base utilizada en los anteojos anteriores, para conservarla en lo posible mantenerla en los nuevos.

**Atórica:** El avance más reciente que contribuye a mejorar la imagen generada por un lente esfero cilíndrico es el de tallar punto a punto en la cara posterior del lente doble asfericidad en los meridianos principales buscando eliminar la toricidad periférica. Al lograr este objetivo el astigmatismo por incidencia oblicua llega a valores insignificantes que permiten mejor visión y mayor campo de nitidez en la periferia y minimiza los efectos prismáticos por el espesor del lente.

Ahora es posible utilizar curvas bases terminadas de cualquier diseño y combinarlas con talla digital free-form para lograr lentes de muy alto desempeño. En Colombia la compañía líder en este diseño es ILT con sus lentes FutureX Xtreme HD®. (Fig. 3-23).

## Monofocales

Es el más adaptado, dado que el poder dióptrico nominal es el mismo en todas las superficies esféricas y sólo en las correcciones esfero cilíndricas ge-



Perdomo C. Fundamentos en lentes oftálmicos

Figura 3-23.

nera curvas tóricas en la cara posterior. Pero su resultante es de un solo foco. En presbítas pierde su funcionalidad al no proveerle por lo menos dos distancias de focalización.

Por lo general son utilizados en amétropes no presbítas, emétropes presbítas o amétropes presbítas reacios al uso de más de un foco, que si bien son eficientes en el campo útil de visión, son muy incómodos al tener que alternar dos pares en los cambios de distancia.

## Bifocales

Desde 1784 año en que Benjamín Franklin los inventó, este diseño ha evitado el uso de dos pares de anteojos para lejos y cerca (Fig. 3-24). Su evolución fue muy rápida en el siglo pasado y empieza su decadencia en los años 90 del siglo XX, con la aparición de los multifocales o progresivos. Se han diseñado de múltiples formas y combinación de materiales para proveer en un mismo lente dos fórmulas de diferente poder.

El primer intento se realizó tomando un lente base con la graduación de lejos y una porción inferior con la de cerca, segmentados y pegados con Bál-



Figura 3-24. Bifocal Franklin

samo de Canadá Si bien, fue un buen esfuerzo para la época, se convertía en un trabajo dispendioso, artesanal y con grandes descentraciones prismáticas tanto de lejos como de cerca.

Posteriormente, aparecen casi simultáneamente los “fundidos” y los de “una sola pieza”. Los primeros, inventados por John L. Borsch, Jr. de Filadelfia y patentado en 1915 por Henry Cormettes, se fabricaban en vidrio con una faceta o segmento para visión próxima en material flint (más alto índice) y el resto del lente en Crown; se conocieron comercialmente con los nombres de Kriptok, Flat-Top, Full-vue y Panoptik. Hoy por ser de vidrio, prácticamente han desaparecido, aunque prevalecen en una sola pieza y en plástico los dos primeros.

Los denominados de una sola pieza o monobloque, fue inventado en 1837 por Isaac Schnaitmann de Filadelfia. Producen el efecto de adición de lectura no por diferencias de índice de refracción sino por cambios en la curvatura ya sea de la superficie posterior (ultex) o anterior (ultex y ejecutivo). Por la presencia de prisma en el punto de lectura que genera un gran “salto de imagen” estos diseños poco a poco fueron saliendo del mercado y tal vez cubren una pequeña porción de usuarios, por su bajo costo; pero desde el punto de vista técnico, no se justifica su adaptación.

**Ultex:** En 1906 Bentson y Emerson, introducen los bifocales de una sola pieza, conocidos con este nombre. Pero fue el óptico de Indianápolis Charles W. Conner quien lo diseñó en 1910. (Fig. 3-25).



Figura 3-25. Bifocal Ultex

Se denominan de monobloque porque constan de una sola pieza de material. La adición de lectura se genera por cambios en el radio de curvatura del segmento de lejos a cerca. Pueden fabricarse con el segmento en la cara anterior y posterior. (Fig. 3-26).

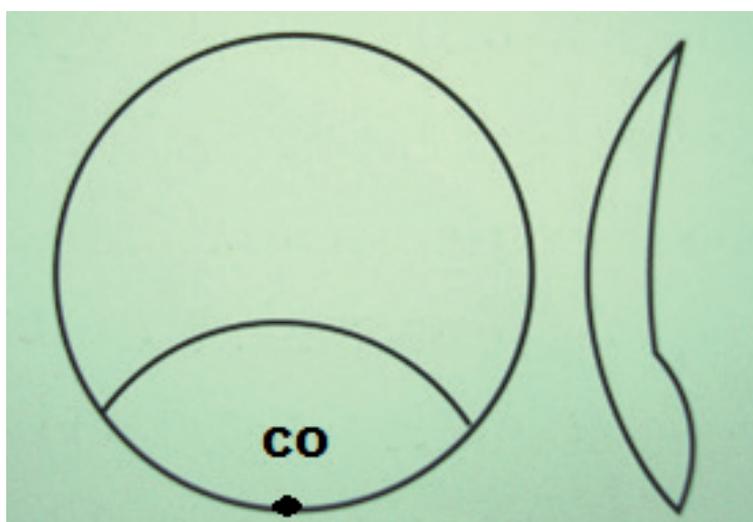


Figura 3-26.

Es el diseño con el peor desempeño óptico, puesto que no existe sino el centro óptico de visión lejana. En el segmento de lectura el centro óptico estaría desplazado en el borde inferior. Esto trae como consecuencia una descentración prismática vertical y horizontal de grandes magnitudes aún en correcciones ópticas de valor bajo.

Por su geometría, solo en correcciones positivas permite un prisma de base inferior no muy alto pues en correcciones negativas se suman el espesor que genera la curva de adición con el grueso espesor de los lentes negativos en la periferia. (Fig. 3-27). Vale la pena rescatar que la dispersión cromática es muy inferior a los diseños fundidos que logran el valor de la adición con materiales de diferente índice de refracción.

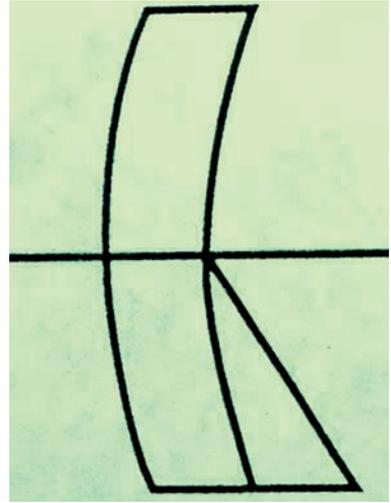


Figura 3-27. Ultex Prisma Inferior

**Ejecutivo:** Conocido también como "Tipo Franklin" por su similitud, es un bifocal monobloque con los segmentos de visión lejana y próxima extendidos por todo el ancho del lente y generados por la cara externa. (Fig. 3-28). Se caracteriza por un reborde invertido en la faceta de unión de las dos zonas de distinta potencia. El centro óptico, se encuentra situado en la unión de los dos segmentos, generando prisma vertical en la zona lejana y doble prisma (horizontal y vertical) en la zona de cerca. (Fig. 3-29).



Figura 3-28. Bifocal ejecutivo

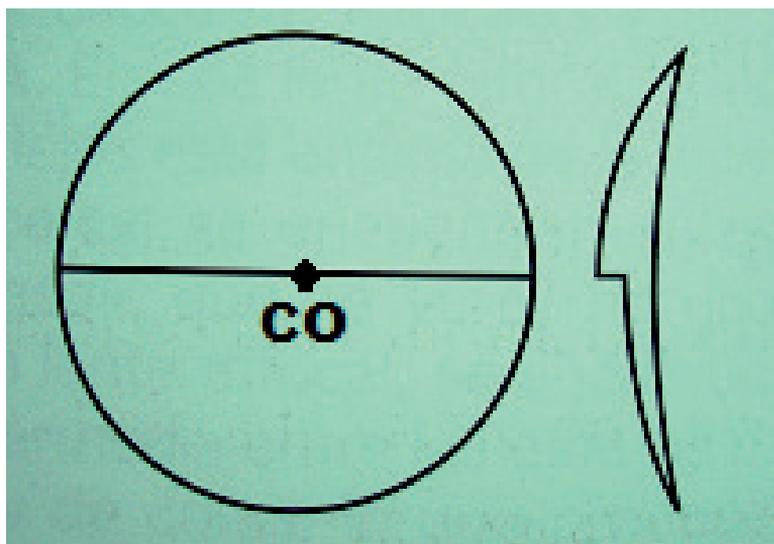


Figura 3-29. Esquema del diseño ejecutivo



Figura 3-30. Perfil del ejecutivo

Se concibió buscando ampliar horizontalmente las zonas de visión próxima, pero en desmedro del campo visual de lejos. De igual manera se puede comprobar que algunas de las áreas de cerca son inoficiosas por las restricciones del campo visual lateral al interferir la nariz en estas posiciones. Su particular diseño, también llamado estilo "E" o "M", acumula polvo y suciedad en el reborde. (Fig. 3-30).

Ha desaparecido prácticamente del mercado, pero los profesionales que se dedican a la Ortóptica, lo formulan en niños como terapia visual, al evitar por su segmento extenso de visión próxima, que vean de cerca por fuera de la adición formulada.

**Kriptok:** El más usado mundialmente hasta la irrupción de los materiales plásticos y prácticamente desaparece con la irrupción del Flat-Top con seg-



Figura 3-31. Bifocal Kriptok

mento descentrado para visión próxima. Fue inventado en la primera década del siglo pasado por John Borsh. (Fig. 3-31).

Su principal característica es contar con dos centros ópticos diferentes para lejos y cerca pero sin descentración lateral en el segmento de cerca; su consecuencia un gran efecto prismático por descentración horizontal en el punto de lectura, conocido en el argot óptico como salto de imagen. En la actualidad ha desaparecido prácticamente del mercado. (Fig. 3-32).

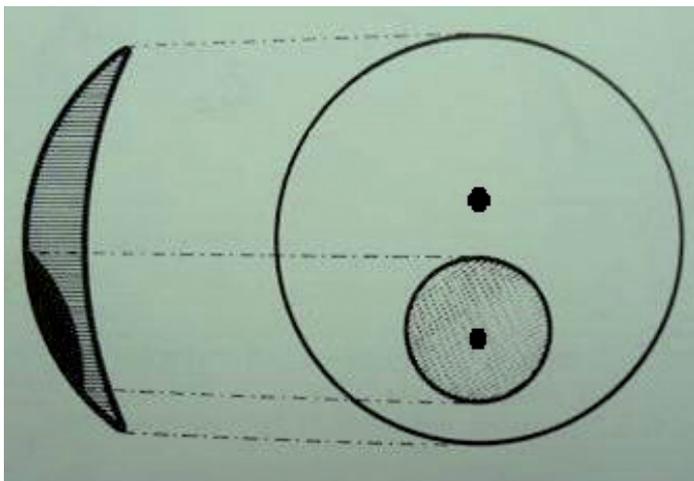


Figura 3-32. Esquema bifocal Kriptok

Prevalecen el Flat-Top y el Kriptok modificado (Invisible) ya fabricados en resinas por el sistema de polimerización, conservando su principal característica de fabricación, cual es la de presentar el segmento de lectura con el centro óptico descentrado para minimizar o evitar el prisma en el punto de lectura.

**Bifocal Invisible o Younger (Kriptok modificado):** Desarrollado a mediados de 1950 por Irving Rips y fabricado por la compañía Younger Lens Co. (1954), empleando su nombre para sugerir *juventud*. (Fig. 3-33).



Figura 3-33. Bifocal invisible

Su objetivo primordial fue el factor cosmético. En esencia está elaborado con los mismos principios del lente Kriptok, donde simplemente se ha desvanecido la porción visible en un valor de 3 mm. Sin embargo, su segmento no está descentrado y por tal motivo es frecuente que además del salto de imagen se produzcan efectos prismáticos en el área de visión próxima.

Es muy limitado su uso puesto hasta hace poco se conseguía únicamente en CR-39, pero algunos laboratorios de nuestro medio están ofreciendo ahora el policarbonato en materiales de alto índice, ni mucho menos asféricos. En nuestra opinión es el sistema menos eficiente para la corrección de la presbicia, a pesar de su bajo costo.

**Sus desventajas son:**

- Provoca mayor salto de imagen que el Flat-Top.
- Proporciona visión únicamente a dos distancias.
- Hay segmentación del campo visual de lejos.
- Se interrumpe la percepción de relaciones espaciales en los cambios de distancia.
- Cambios bruscos de acomodación al pasar de amplitudes máximas a mínimas o viceversa.
- Imagen borrosa y aberrada en la zona fundida de transición. (Fig. 3-34)

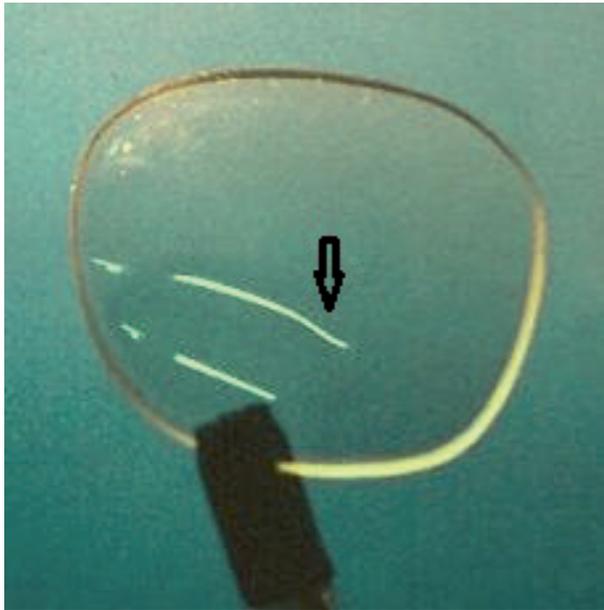


Figura 3-34. Aberración en la transición

- Movimientos de cuerpo y cabeza para buscar el foco en las distancias intermedias (ya sea alejándose o acercándose).

Para que sea racionalmente eficaz, es necesario tener en cuenta las mismas consideraciones que el Flat-Top, incrementando 2 a 3 mm la altura, de acuerdo con el ángulo de la montura.

**Bifocal Flat-Top:** Introducido en 1926 con diseño fundido por la casa Unis Lens Co. (Estados Unidos). Es el medio correctivo más usado a nivel mundial,

tal vez por la poca profundización de conocimientos respecto a los beneficios de un lente progresivo bien adaptado y por la resistencia al cambio por parte de los pacientes. (Fig. 3-35).

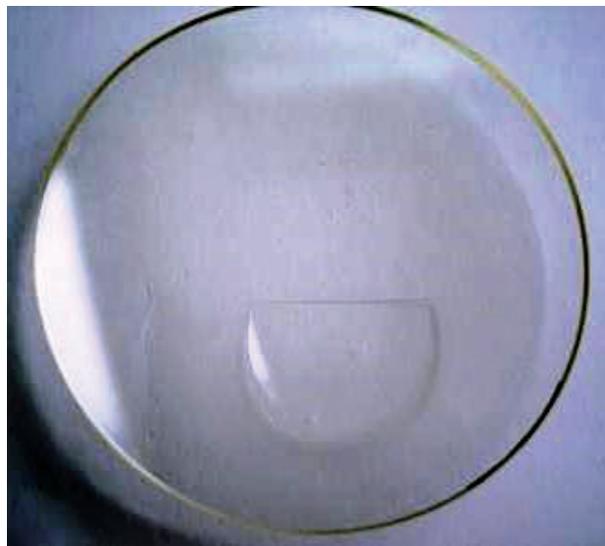


Figura 3-35. Bifocal Flat.Top

Tiene la ventaja de conseguirse en cualquier material y diseño y además se fabrican con segmentos de 25, 28 y 35 mm de ancho, permitiendo seleccionar el más apropiado de acuerdo con los requerimientos en visión próxima. De igual manera, los segmentos vienen siempre descentrados por lo general entre 2 a 5 mm hacia la porción nasal, por lo tanto existen bloques independientes para cada ojo (Fig. 3-36).

En algunos casos es necesario descentrar hasta tres milímetros en el centro óptico de lejos para evitar el prisma en el punto de lectura. Las ventajas frente al progresivo son su bajo costo, que no genera astigmatismo marginal y es factible conseguir en los segmentos 25 y 28 mm adiciones hasta 4.00 dpt., pero hay que resaltar los siguientes inconvenientes:

- Provoca salto de imagen.
- Proporciona visión únicamente a dos distancias.

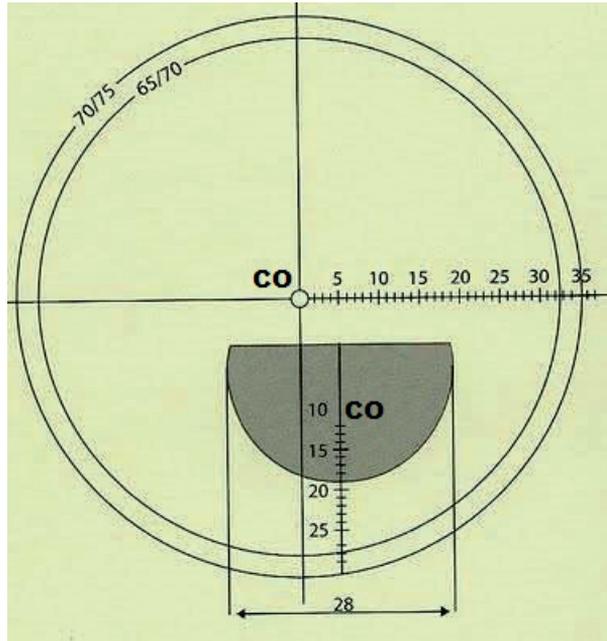


Figura 3-36. Esquema diseño flat top

- Hay segmentación del campo visual de lejos.
- Estéticamente desfavorable por la visibilidad del segmento.
- Se interrumpe la percepción de relaciones espaciales en los cambios de distancia.
- Cambios bruscos de acomodación al pasar de amplitudes máximas a mínimas o viceversa.
- Imagen borrosa y doble en la línea divisoria.
- Movimientos de cuerpo y cabeza para buscar el foco en las distancias intermedias (ya sea alejándose o acercándose).

Para que este sistema sea eficiente es necesario tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Perfecta medida de distancia pupilar monocular de lejos y cerca, a través de interpupilómetro.
- Selección del ancho del segmento: a mayores requerimientos de área para visión próxima debe ser más ancho.

- Altura del segmento: con la cabeza derecha, en posición primaria de mirada y con la montura seleccionada ya preajustada, debe medirse la distancia, del borde interno del aro inferior al borde inferior del limbo esclerocorneal, (Fig. 3-37). Si se toma como referencia el borde del párpado inferior, como habitualmente se expresa en la literatura óptica, se corre el riesgo que en



Figura 3-37. Altura normal



Figura 3-38. Párpado inferior alto



Figura 3-39. Segmento alto



Figura 3-40. Párpado inferior bajo



Figura 3-41. Segmento bajo

párpados inferiores altos el segmento quede elevado (Fig. 3-38 ) trayendo como consecuencia que tenga que bajar la cabeza para mirar de lejos (Fig. 3-39). Por el contrario, en párpados inferiores bajos queda el segmento descendido (Fig. 3-40) y se vea forzado a elevar la cabeza para mirar de cerca (Fig. 3-41).

- No es indispensable la inclinación pantoscópica.

**Lentes Trifocales:** Fue introducido en 1826 por el músico e ingeniero Johnn Isaac Hawkins.

Actualmente el de menor aceptación debido a la evolución y eficiencia de los progresivos. Los más difundidos en nuestro medio fueron el Flat-Top y el Full-Vue (Fig. 3-42), cuya única diferencia con el bifocal es la presencia de un segmento para visión intermedia de 7 mm de alto.

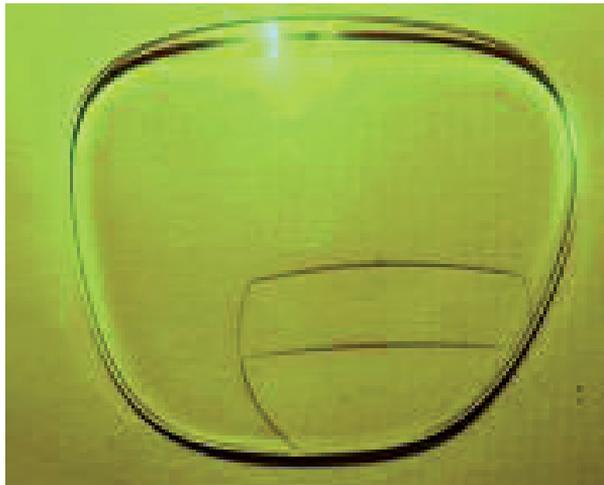


Figura 3-42. Trifocal Full-Vue

Por lo general el valor de la adición intermedia corresponde al 50% del valor de la adición de lectura, pero no es totalmente cierto pues los fabricantes deben disponer de valores entre un 40% a un 70% de la misma.

Se aplica de preferencia en pacientes que requieran en visión intermedia una zona más amplia que la de un progresivo. Por ejemplo arquitectos y dise-

ñadores, quienes necesitan la observación de planos o figuras a media distancia. Esta característica podría decirse que es su única ventaja con respecto a los bifocales. En relación con los progresivos no produce astigmatismo marginal.

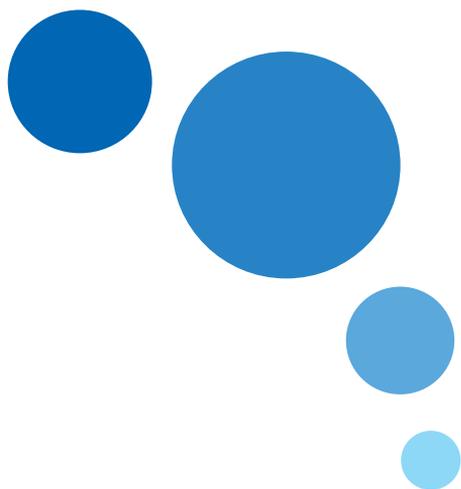
Adicional a las desventajas del bifocal se suman las siguientes:

- Mayor tiempo de adaptación al sistema.
- Doble salto de imagen y descentraciones en los puntos de lectura.
- Más antiestético.
- Mayor Segmentación del campo visual.

Se adaptan similar al bifocal Flat-Top, solo que la altura se mide de la porción interna inferior del aro hasta el borde inferior de la pupila media (condiciones de penumbra) que pueden ser creadas artificialmente en el consultorio utilizando luz negra o luz de Wood. (Fig. 3-43).



Figura 3-43. Trifocal Flat-Top



# Capítulo 4

## Filtros y películas





## Generalidades

A partir del desarrollo de nuevos materiales de alto índice, se han incrementado de forma significativa fenómenos ópticos tales como dispersión cromática, reflexión, transmisión y absorción de la luz visible que afectan la calidad óptica de la imagen.

Por otra parte la disminución de la capa de ozono, el calentamiento global y las nuevas fuentes lumínicas han incrementado la emisión de luz ultravioleta e infrarroja que afectan en mayor grado el globo ocular, aumentando los casos de distrofias conjuntivales y corneales, cataratas, y alteraciones retinales entre las más significativas.

Las consideraciones anteriores han obligado a los optómetras a profundizar en estos campos y a estar permanentemente actualizados en el desarrollo y aplicación pertinente de filtros y películas que permitan mejorar la calidad visual de los usuarios.

Para entrar en contexto, se considera la radiación electromagnética como aquel campo eléctrico oscilante, asociado a un campo magnético, que viaja a través del espacio mediante ondas. Estos campos son perpendiculares entre sí, formando un ángulo de 90 en la dirección de propagación. Según Joan Salvadó y Marta Fransoy en su libro *Tecnología Óptica* mencionan: "A pesar de que la totalidad del espectro electromagnético está constituido por los rayos cósmicos, gamma, X, la radiación ultravioleta (UV), visible (VS), infrarroja (IR), las

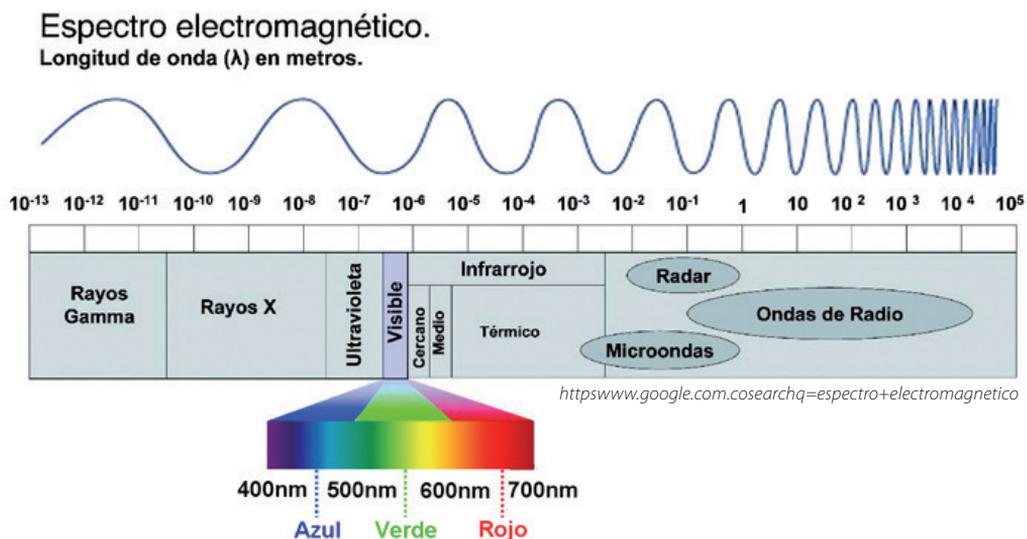


Figura 4-1. Espectro electromagnético

microondas y las ondas de radiofrecuencia, nos centraremos sólo en las radiaciones denominadas no ionizantes, ya que son las que tienen un efecto más directo sobre el ser humano y en concreto sobre su globo ocular”. (Fig. 4-1).

## Filtros

Se considera filtro todo substrato mineral u orgánico que tenga como finalidad absorber o reflejar una parte de la energía radiante (ultravioleta, visible e infrarrojo).

**De protección solar:** absorbe o refleja longitudes de onda nocivas, permitiendo la transmisión optimizada del espectro visible, que altera o no la percepción de los colores y los contrastes.

Clasificación de los filtros solares	
<b>Minerales</b>	Coloreados en masa Por alto vacío
<b>Orgánicos</b>	En CR-39 En diversos índices

**Minerales coloreados en masa:** En su fabricación se emplean aditivos de óxidos metálicos tales como: óxido ferroso, férrico, de níquel, de magnesio, de cerio, de cadmio, etc. El coeficiente de absorción varía con la proporción del óxido metálico utilizado en función del espesor del vidrio y de los distintos óxidos a utilizar; manteniendo las características del vidrio (índice de refracción, No. ABBE, etc.). El empleo de filtros minerales coloreados es poco utilizado, pues si son de diferentes espesores, van a presentar distintos colores entre el centro y sus bordes.

**Minerales coloreados por alto vacío:** Este tratamiento garantiza la uniformidad en la superficie del filtro independientemente del espesor utilizado. Varía considerablemente al compararlo con el tratamiento antirreflejo que genera tonalidades verdes, moradas, rosadas, etc., de absorción mínima.

**Orgánicos en CR-39:** Al utilizar estos materiales se tiene como ventaja su número ABBE (58), pues su aberración cromática es mínima, pero su resistencia al impacto reducida. La coloración se realiza utilizando varias cubetas que contienen el substrato, en las cuales se introducen los lentes por el tiempo determinado, de acuerdo con la intensidad del color deseada, garantizando que la temperatura sea estable y constante.

**Orgánicos en Policarbonato:** Proporcionan menor espesor por su un índice de refracción más alto; adicionalmente es más resistente al impacto que otros materiales y por esta razón se recomienda su uso en deportistas, trabajadores expuestos a este riesgo y para niños. Debido a su bajo número ABBE (30-32), presenta problemas de coloración *azulrojiza* en el contorno de los objetos, por lo que es necesario de base incluir tratamiento antirreflejo.

**Clasificación:** También suelen denominarle tintado o coloreado, estos filtros no deben permitir el paso de las radiaciones UV y son los que reducen la intensidad luminosa. Se clasifican de acuerdo con la absorción en:

Tipo	Absorción
A	10 - 15%
A B	30 - 35%
B	50%
B C	60 - 65%
C	80%
C D	85 - 90%
D	98%

La elección de un filtro depende del nivel de iluminación del ambiente, de la sensibilidad al deslumbramiento y de la protección requerida según la labor desempeñada.

Los filtros deben poseer dos características principalmente: Filtrado de la radiación nociva (ultravioleta e infrarroja) y reducción de la intensidad del espectro visible; en la actualidad las radiaciones que tienen longitudes de onda superiores a 780 nm. (infrarrojos) difícilmente son absorbidas por los filtros que se encuentran de manera ordinaria en las ópticas y demás establecimientos de protección ocular, probablemente por el grado de especialización en su fabricación y el desconocimiento por parte de los profesionales en salud visual. Para las emisiones de infrarrojo se aplican películas espejadas que serán consideradas al final de este capítulo.

### Fotocromáticos de origen mineral

Proporcionan una buena protección solar pero con todos los peligros de los lentes minerales. El fenómeno fotocromático corresponde a la modificación reversible de las características de absorción de ciertos materiales por la acción de la radiación luminosa. Este fenómeno se traduce por una modificación de la curva de transmisión en función de la potencia de la fuente y de la duración de la exposición.

Un filtro de esta modalidad tiene la misma composición que cualquier vidrio mineral de borosilicato de aluminio, con una serie de elementos carac-

terísticos del crown y con otros substratos añadidos a su estructura como: el óxido de plomo, óxido de litio, óxido de circonio, cloro, bromo, flúor, plata y óxido de cobre.

Los átomos de plata se asocian con los halógenos formando halogenuros de plata, los cuales evolucionan permanentemente del estado claro al estado oscuro al recibir la radiación. Para conseguir que este material, potencialmente fotocromático, se convierta en tal, es preciso someter los moldeados a un tratamiento térmico durante cierto tiempo, entre 600 y 650° C, dejándolo enfriar de forma lenta para que no aparezcan tensiones en su masa.

La temperatura es uno de los factores que influyen en la transmisión para las mismas condiciones de luminosidad. El factor de transmisión es inversamente proporcional al espesor es decir, a mayor espesor disminuye la transmisión.

Cuando los pacientes desean sustituir alguno de ellos (por ruptura, pérdida, etc.), estos filtros tienen la desventaja de ser percibidos de manera diferente pues la transmisión del antiguo es menor que la del nuevo.

### **Fotocromáticos orgánicos**

Cambian temporalmente de color al ser expuestos a radiaciones, y no deben confundirse con los fotosensibles, que son los que desarrollan una imagen latente por medio de las radiaciones y que posteriormente por medio de un tratamiento térmico permiten el revelado de esta imagen, dando como resultado cambios permanentes de color o de estructuras (se emplea mucho en ornamentación artística, en vidrios).

Se impregna en la cara anterior del lente constituyendo aproximadamente un espesor de 200 micras y para su protección se aplica tratamiento de protección al rayado. Con respecto a la protección UV, por tratarse de un substrato orgánico tiene una mejor protección que un mineral sin ningún tipo de tratamiento.

Los filtros fotocromáticos son más utilizados por los pacientes amétropes, pues pueden ser utilizados en sitios al aire libre y dentro de recintos sin modi-

ficar su agudeza visual de manera significativa. Las coloraciones suelen ser en café o gris.

**Tipos:** Existen varias maneras de agregar propiedades fotocromáticas a las resinas. El primer método, conocido como cuerpo fundido o en masa, es similar al proceso de vidrio fundido, garantizando la distribución homogénea a lo largo del lente, pues las capas que se activan con la radiación U.V. se encuentra en la superficie, contrario a lo que sucede con el vidrio que poseen esta característica en todo el lente. El inconveniente es que en fórmulas positivas altas por su espesor central mayor el color es más oscuro en esta área que en la periferia y en los lentes negativos altos sucede lo contrario. Cabe anotar que las diferentes marcas pueden hacer variar el comportamiento del lente.

El segundo método, denominado por absorción (embebimiento), produce la más alta calidad de fotosensibilidad. Sin embargo, este proceso está sólo disponible en lentes de la compañía Transitions®. Este tratamiento se realiza en la superficie anterior del lente terminado, por esta razón el lente responde de la misma manera aunque sea de diferente potencia dióptrica. En los lentes al aire y de tres piezas especialmente de correcciones negativas su aspecto estético no es el más deseable. (Fig.4-2 A y B).

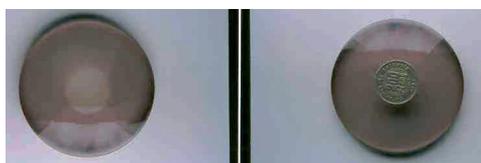


Figura 4-2. A. Efecto Fotocromático



Figura 4-2. B. Transitions en montura 3 piezas

Se les puede añadir capas antirreflejo, antirrayas, polarizada y teñido adicional.

La eficacia de los lentes fotocromáticos cuando se está en automóviles, disminuye, puesto que la radiación U.V. que los activa es absorbida por el vidrio panorámico. Los lentes de sol (polarizados) son los indicados para este uso. Actualmente los lentes DriveWear<sup>®</sup> cumplen esta doble función.

## Características

**Color:** Las tonalidades más comunes son gris y café, pero algunos fabricantes ofrecen otros colores.

**Usos:** Para aquellas personas que poseen actividades combinadas en oficinas y exteriores, pero su aplicación más pertinente la debe definir el profesional, especialmente en pacientes con ftofobias permanentes. En caso contrario un filtro de cualquier característica y tonalidad aún fotocromáticos – fotosensibles que sea innecesario convierten al paciente fotofóbico cuando prescinde de su filtro. Por esta misma razón, en nuestra opinión, son contraindicados para la población infantil. Otras consideraciones que deben tenerse en cuenta son: las cámaras anteriores pandas, los pacientes midriáticos, ángulos estrechos y pigmentados, pues un filtro permanente puede incidir negativamente en la presión intraocular.

**Iluminación:** Oscurecen y aclaran de acuerdo al tipo e intensidad de la iluminación a que son expuestos. Con luz solar brillante, los lentes alcanzarán el porcentaje de oscurecimiento total a 25 C aproximadamente. En días nublados o a la sombra, la cantidad de luz se reduce; así los lentes no oscurecerán tanto como con luz solar directa. En el interior de un automóvil, la cantidad de luz activa se reduce considerablemente por la pérdida en reflexión y absorción del parabrisas; por lo tanto no oscurecerán tanto, excepción del DriveWear<sup>®</sup>.

**Espesor y temperatura:** El espesor es uno de los factores que afectan el oscurecimiento potencial para los diseños en masa, puesto que un lente grueso oscurecerá más que uno delgado, simplemente porque contiene más con-

centración de sustancias fotosensibles. Todos los lentes fotocromáticos se ven influenciados por la temperatura ambiente, aunque este factor se ha minimizado en las últimas generaciones. Por consiguiente, serán más oscuros en temperaturas ambientes frías y más claros en cálidas, paradójicamente.

**Percepciones del paciente:** Existen algunos otros factores, que, aunque no afectan el proceso fotocromático en sí, pueden influir la percepción del paciente en cuanto al funcionamiento. El estilo y color del armazón usado pueden influir la transmisión percibida a través del lente. Así, el mismo lente, con la misma transmisión, puede parecer diferente en un armazón plástico, pesada y oscura, que, en otra metálica, delgada y brillante. Los tonos café se perciben, usualmente, como suaves y calientes, mientras que los grises como oscuros y fríos. En general, un lente café se siente más claro que un gris, aunque ambos tengan la misma transmisión luminosa.

**Velocidad:** Dadas las características propias de los componentes, la velocidad al oscurecer es mayor que al aclararse.

**Resplandor:** Indica brillantez excesiva de luz, para protegerse se requieren lentes que tengan transmisión luminosa baja.

**Brillo disperso y Reflejos:** Se encuentra en ambientes nublados o con neblina, como resultado de luz esparcida por pequeñas gotas de agua, específicamente, en la porción de longitudes de onda corta (azul en el espectro, de 380 a 400 nm). Este tipo de brillo produce molestias visuales y reduce el contraste. Los lentes fotocromáticos reducen la brillantez total y absorben un porcentaje importante de la luz con longitudes de onda cortas. Cuando existan reflejos, situaciones como la luz solar reflejándose en las partes cromadas de un carro o en la superficie del agua, se requiere de la reducción de la luz visible total y el uso de un filtro polarizante. Por lo tanto se recomienda combinación de fotocromático y polarizado tipo DriveWear.

## Fotocromático Polarizado

Conocidos en el mercado como DriveWear®. Genera tres fases de tinte y saturación de color de acuerdo a las condiciones lumínicas. Para entender claramente como opera este singular e interesante diseño oftálmico, nos permitimos transcribir lo escrito en la página web de la compañía [www.drivewear-lens.com](http://www.drivewear-lens.com)

1. Poca Luz / situaciones climáticas adversas. Color amarillo verdoso de alto contraste.

“Disponen de un polarizador de alta eficacia nunca antes hallado en un color de alto contraste tan claro. Este color fue escogido y diseñado con el fin de garantizar el máximo provecho de la luz captada por el ojo en condiciones de poca luz. La película polarizadora evita el deslumbramiento aun en situaciones climáticas adversas. Debido a su alta transmisión en condiciones de poca luz, las lentes DriveWear garantizan que todos los receptores visuales del ojo reciben el máximo de información lo que aporta al usuario una visión aguda y nítida. El polarizador de alto contraste elimina eficazmente el deslumbramiento que de otra manera impediría la visión aun en condiciones de poca luz. En esta fase, las lentes toman un color amarillo verdoso de alto contraste. Las lentes DriveWear son una excelente solución tanto para las actividades al aire libre como para conducir en condiciones de poca luz.” (Fig. 4-3 A, B y C).



Fig. 4-3. A. Amarillo verdoso

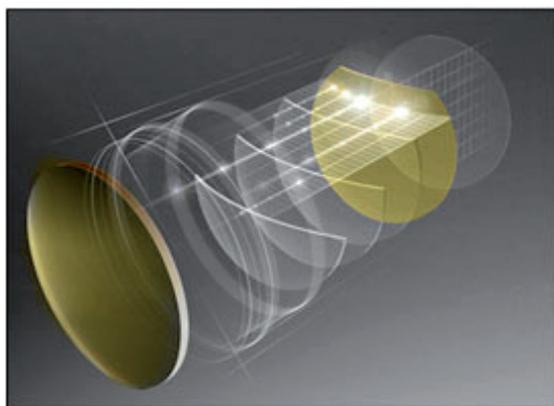


Figura 4-3. B. Efecto Fase 1

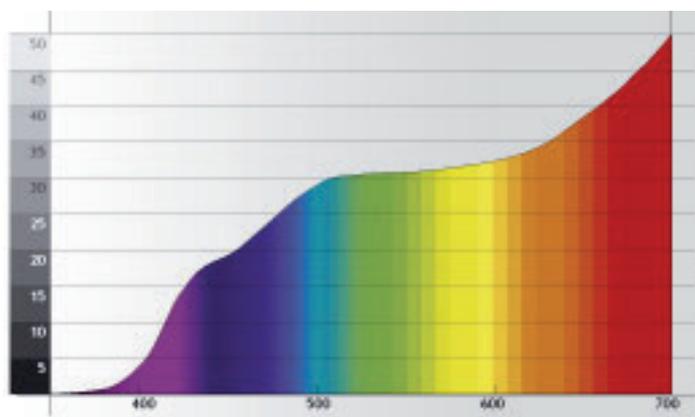


Figura 4-3. C. Trasmisión Fase 1

2. Luz diurna / Dentro del automóvil. Color cobrizo reduce el exceso de luz y proporciona un buen reconocimiento de las luces de semáforos al resaltar los tonos verdes y rojos

“En espacios exteriores, las lentes Drivewear se activan tanto en presencia de la luz visible como ultravioleta y adquieren un color marrón rojizo oscuro. Este color fue diseñado con el fin de proporcionar la protección de la luz brillante y del deslumbramiento filtrando eficazmente el exceso de luz. El color marrón de las lentes asegura un excelente reconocimiento de los colores al resaltar los tonos verdes. Puesto que el verde es el color más frecuente de la naturaleza, las lentes Drivewear permiten disfrutar de una experiencia visual realmente excepcional. En condiciones de luz brillante

dentro del coche, la transmisión de las lentes Drivewear baja con el fin de controlar la intensidad de la luz y proporcionar así una visión aguda y nítida. Las lentes Drivewear estimulan la activación preferente de los conos rojos del ojo (y, en menor medida, de los conos verdes), lo cual aporta una visión óptima en condiciones de luz brillante. El polarizador de alto contraste de las lentes Drivewear es imprescindible dentro de un automóvil, puesto que elimina eficazmente el cegador deslumbramiento, uno de los mayores peligros al volante. En estas condiciones, las lentes Drivewear cambian a un color cobrizo, el más conveniente para unas gafas para conducir según la mayoría de los conductores. Las lentes DriveWear protegen los ojos de la luz brillante y del deslumbramiento y proporcionan una mejor sensibilidad a la "señal visual", aspecto fundamental para una conducción segura". (Fig. 4-4 A, B y C).



Fig. 4-4. A. Cobres

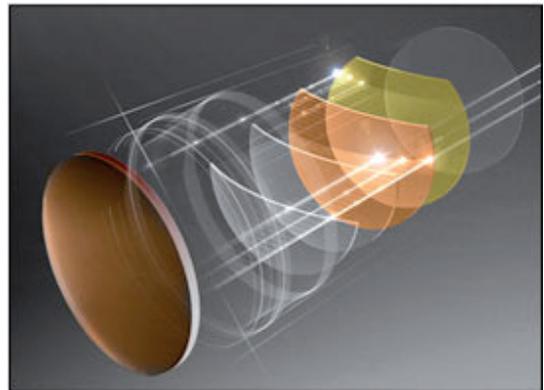


Figura 4-4. B. Efecto Fase 2

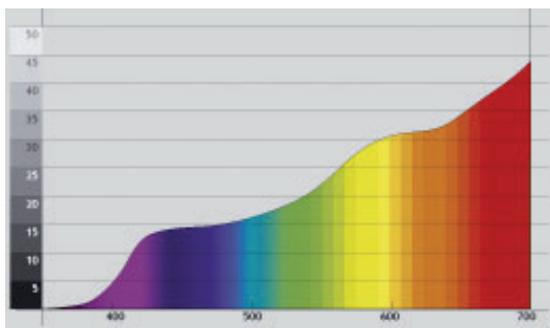


Figura 4-4. C. Trasmisión Fase 2

3. Luz brillante / Exteriores. Color marrón rojizo oscuro, filtra eficazmente el exceso de luz evitando de esta forma la saturación del ojo.

“En espacios exteriores, las lentes DriveWear se activan tanto en presencia de la luz visible como ultravioleta y adquieren un color marrón rojizo oscuro. Este color fue diseñado con el fin de proporcionar la protección de la luz brillante y del deslumbramiento filtrando eficazmente el exceso de luz. El color marrón de las lentes asegura un excelente reconocimiento de los colores al resaltar los tonos verdes. Puesto que el verde es el color más frecuente de la naturaleza, las lentes DriveWear permiten disfrutar de una experiencia visual realmente excepcional. Con luz brillante en espacios exteriores, los receptores visuales del ojo, los conos y los bastones, pueden estar sobresaturados por la luz. En estas condiciones de luz, las lentes DriveWear adquieren un color marrón rojizo oscuro, que proporciona el máximo confort al filtrar eficazmente el exceso de luz. La protección del deslumbramiento sigue siendo muy importante y sólo una lente polarizada puede asegurarla. Las lentes DriveWear aportan una calidad y comodidad visual en condiciones de luz exterior intensa” (Fig. 4-5 A, B y C).

**Efecto Fotocromático.** La exclusiva tecnología fotocromática de transitions™ reacciona en forma dinámica a la luz bloqueando el 100 % de los rayos nocivos UVA y UVB. Presenta tres fases:

Fase 1: “En condiciones de poca luz, p.e. en un día nublado, las moléculas fotocromáticas de una lente Transitions® se encuentran en el estado no



Fig. 4-5. A. Marrón

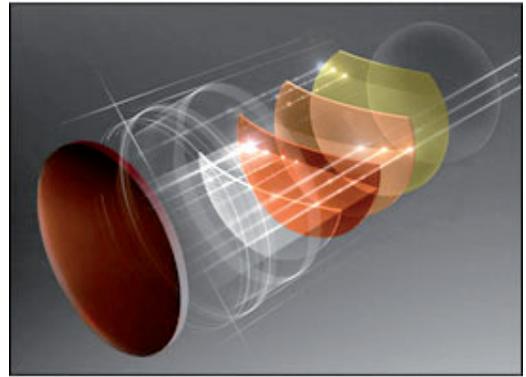


Figura 4-5. B. Efecto Fase 3

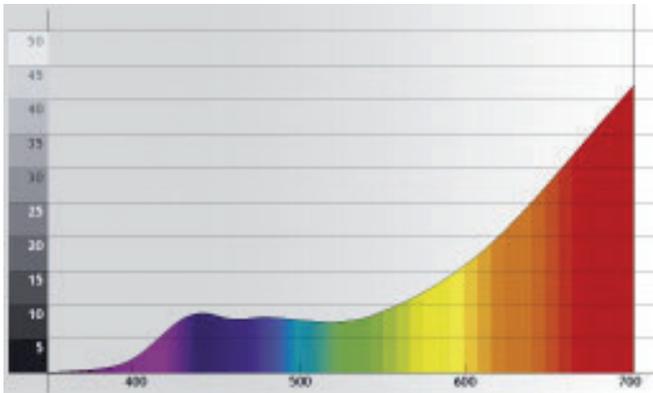


Figura 4-5. C. Trasmisión Fase 3

inicializado o “de reposo”. En este estado, la molécula permite a toda la luz visible pasar a través de la lente. No obstante, incluso en el estado de reposo, las lentes Drivewear bloquean el 100% de los rayos UVA y UVB, lo que es una ventaja de ser ‘Activated by Transitions™’

Fase 2: "Cuando la molécula fotocromática está expuesta a una fuente de energía (luz solar brillante), se produce una reacción compleja que modifica los enlaces químicos y la forma de la molécula. Lo que distingue las lentes Drivewear es el hecho de que este proceso de activación es iniciado no solamente por la luz ultravioleta, sino también por la luz visible".

Fase 3: "En el estado de plena activación, las moléculas fotocromáticas adoptan nuevas configuraciones capaces de absorber la luz de manera más eficaz que en el estado de reposo, por lo cual la lente adquiere el color más oscuro. Al desaparecer la fuente de energía, las moléculas vuelven a su configuración original y el color de la lente se torna más claro. La tecnología fotocromática de Transitions™ garantiza que este proceso se repetirá una y otra vez durante toda la vida útil de la lente".

## Fotocromáticos última generación

Recientemente la compañía Transitions™ lanzó al mercado su última generación de lentes fotosensibles de uso diario, después de realizar más de mil pruebas, mejorando el desempeño de la fotosensibilidad en forma sustantiva frente a las generaciones anteriores e incluso a otros sistemas.

Este desarrollo óptico y tecnológico ha sido denominado Transitions® Signature™ VII. Sus características son:

- Se adaptan más rápidamente a las condiciones de iluminación.
- Más reactivos a la luz (más oscuros en el exterior)
- Incoloros en interiores
- Mayor velocidad de desactivación (un 20% más rápido que la generación anterior)
- Bloqueo 100% de rayos UVA y UVB
- Menos dependientes de la temperatura
- Presentan un promedio de 15% más de oscurecimiento en la tonalidad gris y 21% en la café.

Diseñados con base en la tecnología Light 360 la cual se adapta a más doscientas situaciones reales de luz, condición climática, medio ambiente, etc., que le permiten activarse aún con luz indirecta.

De igual manera utiliza la tecnología Chromea 7 que utiliza 8 moléculas de diferentes pigmentos capaces de absorber más luz y oscurecerse más aún en días con temperaturas altas. Se degrada menos que las generaciones anteriores prolongando su vida útil.

## Filtros polarizados

“Las lentes polarizadas se crean mediante la inserción y el enlace integral de una película polarizadora delgada en el interior de la lente. La primera película polarizadora fue inventada por Edwin Land en el año 1928. Una película fina (parecida al envoltorio de plástico utilizado en la cocina) se tinte con materiales dicroicos tales como cristales de yodo y moléculas orgánicas especiales. Al estirar la película, los materiales dicroicos se alinean en la misma dirección, formando un plano preferente para la absorción de luz. Cuando están expuestas a un resplandor brillante, estas moléculas absorben (bloquean) la luz en dicho plano, filtrando el deslumbramiento de la luz útil. Este proceso de absorción y filtrado se ilustra en la (Fig. 4-6).

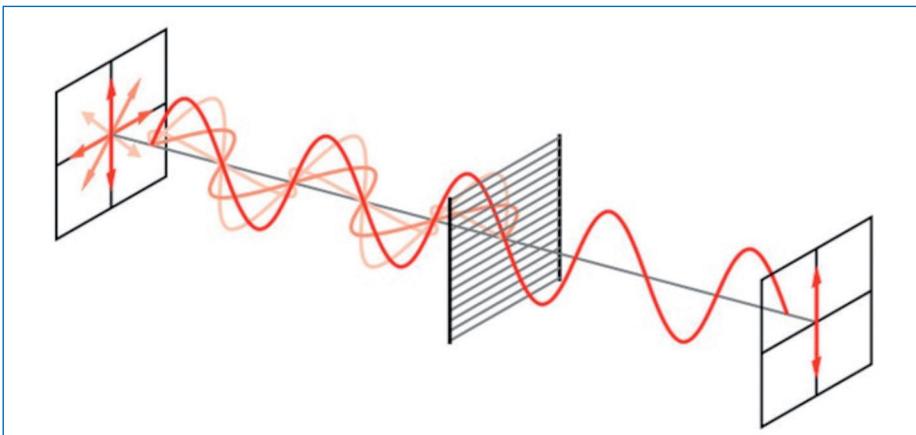


Figura 4-6. Fenómeno de Polarización

La tecnología de polarización de Drivewear representa un gran avance en el uso de la polarización. Corrientemente, sólo se logra una polarización eficaz cuando hay presente una gran cantidad de agentes absorbentes; es decir, cuando las lentes tienen un color oscuro. Las lentes Drivewear requieren un polarizador de alta eficacia que proporcionara unas propiedades de polarización excelentes en un color claro y de alto contraste. Ésto se logró llevando las tecnologías de fabricación de materiales polarizadores a un nuevo nivel de rendimiento y transmitancia de la luz”.

La luz polarizada viaja normalmente en dirección horizontal y vertical; la primera genera reflejos indeseados y la segunda permite la discriminación del color y los contrastes.

Se basa en el concepto de lo que es la luz y su composición, considerando que está formada por ondas electromagnéticas que evolucionan en el sentido de su propagación. La luz solar cambia su eje de vibración muchas veces por segundos y cuando esta es reflejada por una superficie no absorbente, el eje de las vibraciones se descompone en vibraciones horizontales y verticales. La luz reflejada según el eje de vibración produce efectos oculares diferentes, de manera que la vibración vertical permitirá a los ojos distinguir los colores y los materiales mientras que el horizontal puede provocar reflejos que deslumbran. Se encargan de eliminar los reflejos de ciertos ángulos de las superficies planas como el agua, la nieve o la arena. Estos filtros son utilizados para la pesca pues suprimen los reflejos sobre la superficie horizontal, permitiendo ver los peces en aguas poco profundas.

## Características Técnicas

De color café o gris, se incorpora un filtro polarizador entre dos capas de un material para lentes determinados. El filtro polarizador generalmente está compuesto de cristales yodados orientados en una dirección determinada.

Las ondas luminosas vibran de arriba abajo y de lado a lado al entrar al lente. Esto causa el fenómeno que conocemos como brillo.

El filtro polarizador hace que las ondas de luz pasen a través del lente por un solo plano. Esto reduce el deslumbramiento horizontal reflejado de las superficies brillantes tales como el agua, la nieve, las carreteras, los carros y otras superficies metálicas.(Fig. 4-7A y B).



Figura 4-7. A. Sin Polarización



Figura 4-7. B . Con Polarización

Los filtros polarizadores se utilizan en cámaras, gafas para películas en tercera dimensión y para realizar tests de resistencia en cristales y otros materiales transparentes (cuando se coloca el cristal templado debajo de un filtro polarizante se verá un diagrama en forma de Cruz de Malta si está bien templado).

### Ventajas

- Comodidad: reduce de manera significativa los reflejos creados por las superficies horizontales facilitando la visión en todo tipo de condiciones luminosas.
- Protección: contra los rayos UV.
- Atractivo: los lentes gris oscuro o marrones son estéticamente aceptables.

### Inconvenientes:

- Por estar compuestos de partes adheridas estos lentes no son indicados para armazones sin aro o de nylon. No se debe realizar muescas en los bordes adheridos y éstos tampoco deben pulirse o dejarse expuestos.
- Los pilotos y otras personas que trabajen tras vidrio templado verán el diagrama en forma de Cruz de Malta (Fig. 4-8) del mismo al utilizarlos. Esto puede causar importantes errores de cálculo por lo que no se recomienda el uso de lentes polarizados en este caso.

Para la conducción de automóviles, estos filtros reducen de forma significativa el deslumbramiento causado por reflexiones sobre la carretera, la parte delantera del vehículo y los reflejos de objetos brillantes en el campo de conducción. Como efecto colateral se observan las líneas de tensión producidas en algunos parabrisas de vehículos (cruz de malta) que producen molestias en la conducción.

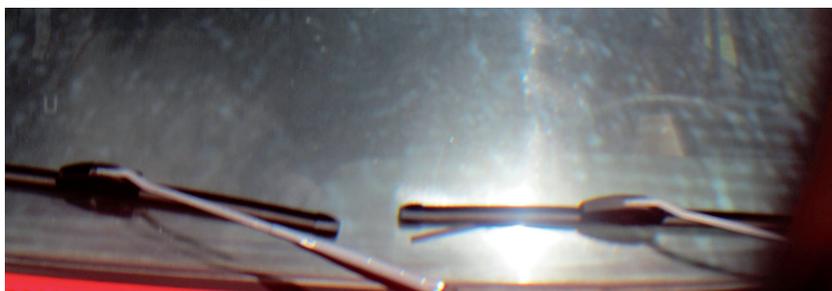


Figura 4-8. Cruz de Malta

La compañía ESSILOR ha introducido recientemente los lentes polarizados Xperio® que presentan una serie de características mejoradas frente a otras alternativas del mercado. Se destacan:

- Percepción más natural de los colores
- Protección al rayado
- Optimización del contraste y deslumbramiento reducido
- Protección UVA/UVB del 100%
- Disponible en los diseños avanzados Varilux y Essilor
- Aplicable en montura de tres piezas y al aire
- Control en la exactitud del color en los diferentes lotes de producción
- Nuevo tratamiento Crizal Sun UV de protección solar similar a E-SPF 50+



Figura 4-9. Polarizado Xperio®

El tiempo de reacción de los conductores que usan esta marca de polarizado según estudios realizados por la Manhattan Vision Associates en el 2009, mejora 1/3 de segundo permitiendo a los conductores detener su vehículo 7 metros antes a una velocidad de 80Km/h. De igual manera sobre la protección a luz azul y reconocimiento de semáforos los usuarios manifestaron frente a otras 2 marcas que se afecta en grado mínimo la detección de los colores. (Fig. 4-9).

Para el montaje de estos filtros deben considerarse las siguientes recomendaciones:

- Colocar el eje de transmisión vertical ( $90^\circ$ ) cuando se quiere eliminar el deslumbramiento por reflexión en superficies horizontales.
- Ubicar el eje de transmisión horizontal ( $180^\circ$ ) para eliminar los reflejos verticales.
- Montar los ejes de transmisión en  $45^\circ$  y  $135^\circ$  para ver películas estereoscópicas.

## Filtros espejados

Este tipo de filtro se obtiene por tratamiento de una capa metálica sobre la superficie externa. Se asocia a un color y al mismo tiempo ofrece una protección máxima sobre el UV. La capa se puede dar en toda la superficie o en doble espejado (bidegradado) en los extremos superior e inferior y que va degradando a medida que se acerca a la zona central. La zona superior protege de la luz que llega directamente y la zona inferior protege de la luz que llega tras reflejarse en el suelo, la nieve, el mar o el asfalto. (Fig. 4-10).

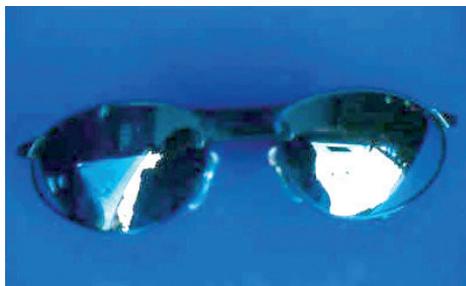


Figura 4-10. Filtro Espejado

Con objeto de obtener un filtro solar de alta calidad así como reducir las reflexiones molestas que ocasionan la luz parásita procedente de la zona lateral trasera, la segunda superficie del filtro solar debe ser tratada con una capa antirreflejo.

El espejado por alto vacío es una capa fina de metal que normalmente suele ser una aleación de níquel y cromo, recubierta con una capa de protección de dióxido de silicio ( $\text{SiO}_2$ ).

Cuando el color del espejado es azul, violeta o rojo, todos ellos de muy alta intensidad, se debe observar que no mantenga estos colores posteriormente en su transmisión, pues esto no es recomendado para tener una visión cromática correcta.

Tabla N° 1  
Porcentaje de reflexión y transmisión de las capas metálicas  
por alto vacío más comunes en óptica

Capa Metálica	Ultravioleta (220 - 380 nm)		Visible (380 - 750 nm)		Infrarrojo (750 - 5000 nm)	
	% R	% T	% R	% T	% R	% T
	Aluminio	92.5	7.5	91.1	8.9	93.4
Plata	39.8	60.2	97.5	2.5	99.3	0.7
Oro	35.5	64.5	69.5	30.4	98.7	1.3
Cobre	37.8	62.2	73.3	26.7	98.4	2.6
Rodio	71.6	28.4	79.1	20.9	87.9	12.1
Platino	56.1	43.9	72.4	27.6	83.7	16.3

Estos datos son de capas recién elaboradas, que no incluyen protección a las rayas.  
Fuente: *Environmental Visión. Donald, G. Pitts y Robert. N. Kleinstein. 1993. Pg. 278.*

Tabla N° 2  
Estandares máximos recomendados para transmisión  
radiante en lentes de protección solar

Espectro	Longitud de Onda	Porcentaje	Estandar
UVC ó UVB	290 - 315 nm	0.02 %	0.1 W/cm <sup>2</sup>
UVA	320 - 400 nm	14.9 %	1m W/cm <sup>2</sup>
VIS	380 - 760 nm	33 %	1 cd/cm <sup>2</sup>
IRA	700 - 1400 nm	31.9 %	10 mW/cm <sup>2</sup>

Fuente: *Environmental Visión. Donald, G. Pitts y Robert. N. Kleinstein. 1993. Pg. 278.*

## Aplicación del color

La elección de un color depende del nivel de iluminación del ambiente y de la sensibilidad al deslumbramiento, para evitar la fatiga visual durante el mayor tiempo posible y garantizar una buena protección contra los rayos solares, para mejorar el desempeño laboral y/o deportivo.

Los filtros coloreados reducen la intensidad luminosa, pero siempre deben acompañarse de una capa absorbente de radiación UV.

**Café:** En algunos casos cambia la percepción de los colores, pero también mejora los contrastes; se utilizan en los deportes de invierno, el tenis, la montaña, la iluminación artificial, y también para la visión de espacios con mucha luz y sombras; son los recomendados para los miopes, puesto que su longitud está cercana al rojo (Fig. 4-11).



Figura 4-11. Filtro Café

**Gris:** Genera una percepción cromática sin distorsión; por lo tanto absorbe la misma cantidad de luz en todas las longitudes de onda y permiten al paciente un uso prolongado. Recomendado para la conducción diurna y en temporadas cálidas. Es el más aconsejable. (Fig. 4-12).



Figura 4-12. Filtro Gris

**Verde:** Con este color la visión cromática sufre muy pocas alteraciones, teniendo una curva de transmisión espectrofotométrica muy similar a la curva de sensibilidad ocular. Funciona mejor en condiciones de luz media. Se recomienda para los deportes náuticos, deportes de invierno y en general para todo uso. Aconsejado para los hipermetropes. (Fig. 4-13).



Figura 4-13. Filtro Verde

**Amarillo:** Aumenta el contraste; impide el paso de la longitud de onda azul y absorben el UV sin afectar a los infrarrojos (IR). Mejora los contrastes y la visibilidad en condiciones de luz tenue y días nublados. Puede resultar incómodo bajo luz solar fuerte. No son recomendables para la conducción nocturna. (Fig. 4-14).



Figura 4-14. Filtro Amarillo

Este filtro cobra importancia en relación con los efectos nocivos y toxicidad de la luz azul, que como se analizó en el capítulo de materiales oftálmicos, solo el Futurex alcanza la protección de 400 nm, permitiendo incluir la filtración de esta luz. En el artículo "Fotosensibilidad y luz azul" de la Dra. Brigitte Girard, se menciona que: "Para protegerse de la nocividad de las radiaciones luminosas de alta energía, la naturaleza suministra numerosos filtros. Efectivamente, los ultravioleta A, B y una parte de los C, aún más energéticos que la luz azul, no llegan a la retina porque, en primer lugar, la capa de ozono los detiene, luego la córnea y luego el cristalino. En contraste, las diversas radiaciones del espectro visible de la luz sí llegan a los fotorreceptores. La longitud de onda de la luz azul es la más energética. Se sitúa entre los 400 y los 510 nm y cubre los violetas, azul-índigo azul y cian. La luz es absorbida por los pigmentos amarillos del cristalino, que van apareciendo progresivamente en el transcurso del envejecimiento, y de la retina, dicha absorción se realiza gracias a los pigmentos, la rodopsina, lipofuscina y los pigmentos maculares (luteína, zeaxantina, mesozeaxantina). La reacción fotoquímica es responsable no solamente de la fototransducción sino también de la formación de radicales libres durante los fenómenos oxidativos. Estos radicales libres, iónicamente inestables, son tóxicos en las membranas celulares y los metabolitos intracelulares directamente, al acarrear una desaceleración del metabolismo retiniano, la no renovación de los segmentos externos de los fotorreceptores y su apoptosis. La fotofobia es la última protección de la retina contra estos fenómenos oxidativos al detener, mediante un blefarospasmo (parpadeo) reflejo, el influjo luminoso".

"Los resultados de investigaciones todavía son contradictorios para poder afirmar el papel, como elemento desencadenador, de la luz azul en la génesis de la DMAE y de la catarata pero un cierto número de artículos están a favor de esta hipótesis".



Figura 4-15. Filtro Azul

**Azul:** Utilizado para pacientes vanguardistas como complemento de moda; se dice que genera tranquilidad en el usuario. Interceptan el amarillo y el rojo, por lo que atenúan los destellos de luz y los puntos demasiado brillantes. El de menos aplicación. (Fig. 4-15).

**Naranja:** Absorbe la luz azul y verde del ambiente; disminuye la fatiga visual. (Fig. 4-16).

**Rosado:** Favorece la iluminación en interiores puesto que reduce el resplandor de las lámparas fluorescentes y halógenas. (Fig. 4-17).

## Categorías

Los filtros de protección contra la radiación solar se clasifican según norma Europea EN 1836: 2006 en cinco categorías:

**Cero (0):** Se aplica exclusivamente a los filtros fotocromáticos. La norma los denomina fotocromáticos en estado claro y a los filtros degradados los denomina progresivos; cuyo factor de transmisión en el espectro visible sea superior al 80% (poseerán dos categorías, una para el estado claro y otra para el oscuro). Se usa en exteriores en condiciones de poca luz e inclusive en muchos casos para el interior, como lente polifuncional. Actualmente el de mayor aplicación en lentes oftálmicos formulados.

**Uno (1):** Con transmisión en el espectro entre 43-80% corresponde a un teñido muy ligero. Se usa para caminar. Conocidos como Filtros 0.25 a 0.50 o A.

**Dos (2):** Con transmisión entre 18-43% corresponde a un teñido mediano. Su utilización es para realizar deportes, correr, montar en bicicleta, etc. Conocidos como Filtros 0.75 a 1.00 o B.

**Tres (3):** Con transmisión entre 8 y 18% corresponde a un teñido oscuro. Su utilización puede ser para la playa, montañismo, y en general en zonas de mucho sol. Conocidos como Filtros 1.25 a 1.50 o C.

**Cuatro (4):** Con transmisión entre 3-8% corresponde a un teñido muy oscuro. Se usa para esquiar en la nieve y el agua, así como para escalar montañas. Conocidos como Filtros 1.75 a 2.00 o D.



Figura 4-16. Filtro Naranja



Figura 4-17. Filtro Rosado

Para los conductores de automóviles, los filtros deben pertenecer a las categorías 0, 1, 2 y 3, pero manteniendo estas características:

Para las longitudes de ondas entre 500 y 650 nm el factor espectral de transmisión no debe ser inferior a 0,2 tv (es el factor de transmisión en el visible del filtro de protección contra la radiación solar basado en el patrón iluminante D65 de la CIE).

Para el reconocimiento de las luces de los semáforos el factor de atenuación visual relativa Q de los filtros de las categorías 0,1,2 y 3 no debe ser inferior a 0,80 para las luces rojas y amarillas, 0,60 para las verdes y a 0.40 para las azules.

### CPF – Lentes de filtrado selectivo:

En pacientes con cataratas, afaquia o pseudofaquia, retinopatía diabética, degeneración macular, retinopatía pigmentosa y glaucoma, se sufre una reducción en la claridad de la visión, además de las molestias que frecuentemente se experimentan por el brillo producido por la luz azul. Al eliminar esta luz selectivamente, los pacientes logran mejorar su visión y eliminar sustancialmente las molestias ocasionadas como: visión nublada o borrosa, sensibilidad al brillo, sensibilidad a la iluminación brillante, pérdida de contraste visual y tiempo de adaptación prolongado.



Figura 4-18. Filtros CPF

Su propiedad más importante es permitir una filtración selectiva de las emisiones lumínicas, absorber la energía ultravioleta y la luz azul, permitiendo el paso del resto de la luz.

Los lentes CPF son fotocromáticos, lo que significa que oscurecen en exteriores y aclaran en interiores, adaptándose a las necesidades específicas del paciente, puesto que los hay en tres diferentes niveles de filtrado. El CPF 511 de filtración moderada, el CPF 527 de filtración media y el CPF 550 de filtración máxima. (marcas registradas de Corning Glass Works, Corning, N.Y.).

## Transmisión luminosa en lentes de filtrado selectivo CPF

	<b>oscuros (1)</b>	<b>claros (2)</b>	<b>color , claros</b>
CPF 511	16 %	47 %	Amarillo-ámbar
CPF 527	12 %	37 %	Naranja-ámbar
CPF 550	5%	21 %	Rojizo-ámbar

(1) Oscurecidos en luz solar brillante por 30 minutos a 25 C. (2) Aclarados por una noche.

**N.V. (Night-Vision):** Filtro amarillo quemado que disminuye los efectos de la aberración cromática del ojo. Mejora la agudeza y la efectividad visual en iluminaciones bajas, reduciendo el deslumbramiento.

**500 – 550:** De color naranja bloquea la radiación de 500 nm en adelante (azul y siguientes) Se le conoce también como **blue blocker**. Indispensable en personas que trabajen con luz azul intensa (odontólogos) o estén expuestos a radiación ultravioleta.

## Filtros Instrumentales

**Anerita:** Lente que filtra el verde y suele encontrarse en la mayoría de los biomicroscopios, empleándose para destacar áreas de crecimiento vascular, hemorragias o puntos rojizos del ojo o sobre lentes de contacto; generalmente transmiten luz solamente en el intervalo de 410 – 560 nm.

**Azul Cobalto:** Lente de vidrio o plástico que absorbe la luz azul verdosa y se encuentra también en la mayoría de las lámparas de hendidura; se emplea para la observación con fluoresceína sódica y la evaluación de la integridad corneal o la relación lente-córnea en la adaptación de lentes de contacto; generalmente consta de óxido de cobalto y aluminio; introducido en 1802 como un color sintético.

**Dicroico:** Dispositivo de atenuación de la luz que permite el paso de ciertas longitudes de onda e impide el paso de otras; se emplea en anteojos de fundición y protectores de láser.

**Filtrón:** Nombre comercial de una resina polimerizada que contiene colorantes absorbentes de energía para la longitud de onda particularmente de láser; se emplea en algunos lentes de seguridad para láser.

**Espejado en oro:** Lente industrial o aeroespacial particularmente empleado para protección en fundición ya que el oro absorbe los rayos UV, refleja casi todas las longitudes de onda del infrarrojo y en capas muy delgadas transmite considerablemente las longitudes de onda visibles. Se conoce comercialmente como *Uvex*.

**Therminon:** Nombre comercial de un vidrio de la casa Corning de color azul verdoso pálido que absorbe tanto radiación UV como IR. Aplicado para soldadores de joyería especialmente.

## Filtros Deportivos

**De Nieve:** Tanto el cielo como la nieve producen luz azulada. La luz azul de onda corta, a menudo conocida como ruido visual, se dispersa y suele concentrarse delante de la retina, reduciendo la precisión de la visión lejana y haciendo que los objetos aparezcan borrosos. La atenuación selectiva de la luz azulada aumenta los contrastes y añade claridad a la imagen observada, consiguiéndose mayor comodidad en condiciones de sol intenso y neblina. Los deportistas aprecian mejor los distintos contornos y texturas de la superficie con el uso de tonos cafés y ámbar.

El brillo reflejado constituye un problema adicional en la nieve; los lentes polarizados pueden ser adecuados para el aficionado al esquí ocasional. Puesto que los lentes polarizados eliminan casi todos los reflejos, éstos pueden presentar un riesgo para el esquiador aún el más experimentado. Debe ser capaz de observar de inmediato las zonas de hielo y agua y reaccionar sin pérdida de tiempo, lo cual resulta casi imposible con lentes polarizados. Más adecuada sería la elección de lentes de espejo, puesto que estos limitan el deslumbramiento sin eliminarlo, ofreciendo así el contraste necesario. De igual forma cuanto más denso sea el revestimiento de espejo, mayor será la absorción.

**Acuáticos:** La polarización es absolutamente indispensable para los deportes acuáticos; los reflejos reducen la agudeza visual y el sentido de la profundidad.

La forma más eficaz de bloquear las ondas luminosas reflejadas horizontalmente es con el uso de polarización.

El contraste está convirtiéndose rápidamente en una característica esencial de los anteojos deportivos y es especialmente importante en la pesca y otros deportes acuáticos. El gris es un color neutro utilizado en lentes multipropósito para los aficionados a la navegación, pero los pescadores necesitan colores distintos para diferentes tipos de pesca. Los lentes hacen posible el determinar pequeñas diferencias en color, permitiendo al usuario, por ejemplo, observar un pez en agua poco profunda cubierta de hierba.

La absorción de contrastes se desarrolla determinando el color del objeto que se está enfocando y comparando el color del lente con el objeto. El color de dicho objeto se verá más vivo. La otra opción es utilizar un lente del mismo color del fondo. De este modo, será más fácil de detectar el objeto deseado, debido a la diferencia en el color. Los lentes grises resaltan peces oscuros; los de color ámbar destacan los fondos arenosos del agua poco profunda. Los lentes con un revestimiento antirreflejo sobre el lado posterior del lente eliminan los reflejos que afectan de forma negativa a la agudeza visual.

**Ciclismo y patinaje:** Las necesidades del ciclista y aficionado al patinaje sobre ruedas son muy similares a las del esquiador. Deben reducirse los reflejos, pero también debe poderse detectar agua o aceite sobre el pavimento. Al utilizar los lentes de espejo, se reducen no sólo los reflejos, sino también los rayos infrarrojos. Los lentes tratados para filtrar los IR evitan que el usuario sufra gran parte de la molestia ocasionada por el calor acumulado tras los lentes. Esto resulta especialmente útil para los ciclistas que utilizan anteojos deportivos de estilo envolvente. Estos proporcionan cobertura y protección total contra la luz periférica y también evitan que penetren polvo y partículas en el ojo.

**Tiro:** También requieren lentes de altos contrastes, puesto que la caza a menudo tiene lugar a primera hora de la mañana o en condiciones de luz reducida en el invierno y el otoño, siendo el color más práctico para los lentes el amarillo. Este color ilumina el área de visibilidad a la vez que proporciona el

contraste necesario. Este color también es muy indicado para aficionados al tiro al plato y arqueros. La aplicación de un revestimiento antirreflejo sobre ambos lados del lente del tirador ayuda a maximizar la transmisión luminosa.

**Golf:** La polarización y atenuación de parte de la luz azulada ayuda a mantener la fijación en la pelota. Al reducir la luz azulada, tanto el cielo como la hierba se atenúan, consiguiendo que la bola sea más visible. La polarización elimina el brillo de fondo. Por supuesto esto afectará la perspectiva al observar los obstáculos de agua.

**Deportes de raqueta:** Por motivos de seguridad, estos deportes, o cualquier deporte en el que exista la posibilidad de impacto, requieren el uso de resinas que supere las pruebas de resistencia al impacto. Se encuentran disponibles con polarizados y pueden obtenerse con revestimientos antirreflejos y de espejo. Los lentes fotocromáticos responden a las necesidades de este deporte, pero el filtro más recomendado es el de color amarillo.

## Radiación ultravioleta

Dentro del espectro de los rayos ultravioleta se encuentran longitudes de onda desde los 100 nanómetros (nm) hasta los 380 nm. En esta radiación se distinguen tres tipos:

El ultravioleta C (UVC) o próximo con una longitud de onda comprendida entre los 100 y 280 nm, de los cuales las longitudes de onda menores a 190 nm existen solamente en el vacío y no se encuentran de manera natural en la tierra porque suele ser absorbida por la capa de ozono en la estratosfera. Poseen acción germicida.

El ultravioleta B (UVB) con longitud de onda entre los 280 y 315 nm, también denominado medio.

El ultravioleta A (UVA) con longitud de onda entre los 315 y los 380 nm, también denominado lejano.

**Efectos biológicos:** Las radiaciones ultravioleta en tejidos biológicos producen reacciones fotoquímicas, manifestando alteraciones en el pigmento de la piel (bronceado), envejecimiento prematuro, lesiones en la red capilar y terminaciones nerviosas, lesiones actínicas (alergias), eritema (quemaduras) y en el peor de los casos, por exposiciones excesivas, cáncer cutáneo o mutaciones en el material genético y en los sistemas de reparación.

Las radiaciones de tipo B poseen una intensa actividad biológica resultando la más dañina para la piel. Esta agresión a la que se le suma la de los UVA desencadena en el organismo una respuesta foto protectora: El bronceado, función a cargo de los melanocitos; ante la presencia de los UVA, quienes penetran la piel con más fuerza que los UVB, la melanina se oxida y oscurece. Mientras tanto la piel se ha hecho más gruesa y el ácido urocánico, un derivado de la histamina, ha estado absorbiendo estas radiaciones, permitiendo también su oscurecimiento.

No siempre, luego de exposiciones al sol se obtiene este resultado, puesto que la piel no se encuentra preparada para este bombardeo de radiaciones y por lo tanto luego de 3 horas de exposición a los rayos UVB, se produce enrojecimiento y pequeñas ampollas afectando las células de la epidermis (queratocitos) y acelerando la formación y crecimiento de nuevas células, dando como resultado la hiperplasia epidérmica.

Tipo de radiación	Efectos Cutáneos	Efectos Oculares
<p>UVA (315 - 380 nm)</p>	<p>Bronceado (*****) Eritema (*) Envejecimiento prematuro (****) Lesiones Actínicas (***) Cáncer de piel (*) Lesiones a nivel capilar y terminaciones nerviosas (***)</p>	<p>Catarata (*) Fotoqueratitis (*) Fotoretinitis en ojos claros Afáquicos (**)</p>

Tipo de radiación	Efectos Cutáneos	Efectos Oculares
UVB (280 - 315 nm)	Bronceado (**) Eritema (****) Envejecimiento prematuro (*) Lesiones Actínicas (***) Cáncer de piel. (*****) Mutaciones genéticas. (****)	Catarata (*****) Fotoqueratitis (****) Queratoconjuntivitis (****) Fotoretinitis en ojos claros Afáquicos (**) Uveitis (***)
UVC (100 - 280 nm)	Hasta ahora ninguno, pues son filtrados por la Capa de Ozono en la estratosfera.	Hasta ahora ninguno, pues son filtrados por la Capa de Ozono en la estratosfera.

A nivel ocular, las radiaciones UV por efectos químicos y térmicos producen catarata, fotoqueratitis, queratoconjuntivitis y conjuntivitis actínica entre otros. Es importante considerar que el grado de afección está sujeto al tiempo de exposición, intensidad, tipo de radiación y al tamaño de la fuente.

## Protección Ultravioleta

Se aplican de la misma forma que los tintes. El lente se sumerge en el agente químico de filtración de rayos UV y éste es absorbido por el lente. Siempre se debe recomendar tratamiento contra rayos UV para lentes solares, es decir en personas que trabajen buena parte del día exponiéndose a las radiaciones solares o aquellos que trabajan con iluminación fluorescentes. Algunas resinas tienen filtración inherente al material como el policarbonato que filtra hasta 380 nm o el futurex que logra filtrar los 400 nm.

## Películas

**Protección antirrayas:** se compone de una fina capa de dióxido de silicio y dióxido de titanio. Estas sustancias se aplican como una película transparente sobre las superficies. Los métodos como la deposición física de vapor (PVD),

deposición de vapor químico (CVD) y el CVD de plasma se utilizan para aplicar esta protección. Estos son los procesos basados en la nanotecnología que se vaporizan y las moléculas se pegan a la superficie de las resinas usadas para los lentes oftálmicos.

Los recubrimientos resistentes no son a prueba de rayones y se degradan con el tiempo. La vida útil de la película protectora es de aproximadamente dos años. Recubrirlos por lo general no funciona bien. Los rayones no pueden ser pulidos, ya que incluso puede alterar la potencia dióptrica. Cualquier material utilizado para limpiar los lentes debe estar libre de partículas de polvo o de otro tipo que puedan dañar la película anti-rayaduras por abrasión. Actualmente se recomienda usar soluciones y paño microfibra diseñados para tal fin, máxime que cada vez es mayor el uso de lentes con esta protección que está involucrada como una capa más del antirreflejo.

La compañía Essilor ha introducido en sus lentes identificados como Crizal una fina capa llamada SR Booster™ (Reforzador de Resistencia al Rayado) que optimiza la interacción entre las distintas capas del tratamiento, reforzándose la integración de los componentes. Esto hace que aumente gradualmente la dureza del lente, y que sea mucho más resistente a las rayas.

Future-X Paladin ha colocado una capa de protección al rayado H-10 y una capa amortiguadora todo esto con el mismo índice de refracción y el mismo coeficiente de dilatación que el material. A esto se adhiere firmemente un tratamiento anti-reflectivo multicapa de ocho (8) películas finas que entre todas sumarán menos de 0,5 de micra. Por sobre el tratamiento anti-reflectivo multicapa se ha colocado una nanopelícula cerámica que se amarra incluso a la matriz del lente y que sujetará y blindará de manera excepcional la capa anti-reflectiva.

La empresa Shamir denomina su capa antirrayas como Glacier Plus y afirma que obtiene resultados un 22% mejores que los de su más cercano competidor y valores de abrasión son 3.5 veces mejores que los estándares del mercado.

## Revestimiento anti-reflejo:

El primer concepto de lentes antirreflejos y de alguna manera la forma más sencilla de tratamiento AR fue descubierto en 1.886 por Lord Rayleigh (1.842 - 1.919). Él encontró que los vidrios ópticos tenían la tendencia a desarrollar con el tiempo manchas en su superficie debido a reacciones químicas con el medio ambiente.

Es pertinente tomar de los escritos del Dr. Luis Fernando Estrada (Optómetra Colombiano y Director Científico de ILT) la recopilación histórica de la evolución de los tratamientos Antirreflejo "Joseph von Fraunhofer (1.787 - 1.826) dentro de sus observaciones ópticas pudo identificar que los lentes de vidrio más viejos o curados tenía mejor transmisión de la luz que los lentes nuevos.

Rayleigh probando algunas piezas antiguas, con apariencia de "empañadas" se encontró sorprendentemente que transmitían más luz que las piezas nuevas y limpias. Él notó que al generar una interfase de diferente índice se obtenía como resultado una menor reflexión de la luz que cuando esta llegaba directamente desde el aire a la superficie del lente y que al disminuir la reflexión se aumentaba el caudal de luz que el lente estaba en capacidad de transmitir.

Posteriormente Denis Taylor patentó el uso de ácido para tratar la superficie de los lentes y disminuir la reflexión. Pero fue hasta que Alexander Smakula (1.900 - 1983), físico Ucraniano que trabajaba para Karl Zeiss, en 1935 desarrolló el proceso de capas basado en la interferencia para reducir los reflejos en los lentes, que podemos reconocer la verdadera aparición de lentes AR.

Aunque la primera aplicación pretendía disminuir los reflejos que dificultaban la observación en microscopios, telescopios y otros instrumentos ópticos, después se encontró la utilidad de que disminuía los brillos en las superficies anteriores de las miras telescópicas y que permitían a los alemanes pasar más desapercibidos cuando llevaban esas armas durante días soleados.

Durante las primeras etapas de la segunda guerra mundial, los tratamientos antirreflectivos fueron considerados un secreto militar alemán.

Katharine Burr Blodgett (1.898 - 1.979) e Irving Langmuir (1.881 - 1.957) mientras trabajaban para el laboratorio de la General Electric a finales de los 30's desarrollaron el "lente invisible", aplicando los tratamientos de interferencia antirreflectivos en diversos materiales, entre ellos en sustratos orgánicos.

En las primeras etapas, el tratamiento se aplicaba directamente sobre la superficie de los lentes de vidrio, con buena sujeción por la similitud entre los coeficientes de dilatación de ambos materiales.

En los inicios de los materiales orgánicos, estos se aplicaban directamente sobre el sustrato, pero tanto la calidad de la película que no tenía buena cohesión ni consistencia, como también pocas capas de interferencia, hacían que el material no tuviera un buen comportamiento y adicionalmente una vida útil muy corta.

Sin embargo el verdadero reto en la aplicación de tratamientos fue la de lograr que no se despellejaran o se craquelaran por los diferentes coeficientes de dilatación de los materiales orgánicos y de las capas antirreflectivas. Las primeras soluciones pasaron por aplicar capas de protección al rayado que sirvieran para mejorar la sujeción.

Sin embargo uno de los grandes retos de la industria es lograr la estabilidad de la capa sobre los tratamientos AR e impedir la delaminación. Para ello han perfeccionado cada vez más la capa de protección al rayado que sirve de sujeción y de neutralización de las fuerzas de dilatación y compresión"

**Características:** Reducen los brillos proporcionando comodidad. Es incoloro, con algunos visos morados o verdes. La ligera tonalidad verde o morada se debe al 0,5% de reflexión. En algunos casos consta hasta de nueve capas (silicio, cromo, cuarzo y titanio, entre otros), formando un revestimiento delgado medible en nm. Se coloca en la superficie anterior y posterior del lente.

Aproximadamente el 8% o 9% de la luz que incide sobre los lentes es reflejada. El tratamiento antirreflectivo elimina los reflejos producidos por las

superficies y bordes de los lentes, aumentando su transmisión de luz, desde un 91% hasta un 99.5% aproximadamente, dependiendo del color, espesor e índice de refracción del material. (Fig. 4-19 A y B).

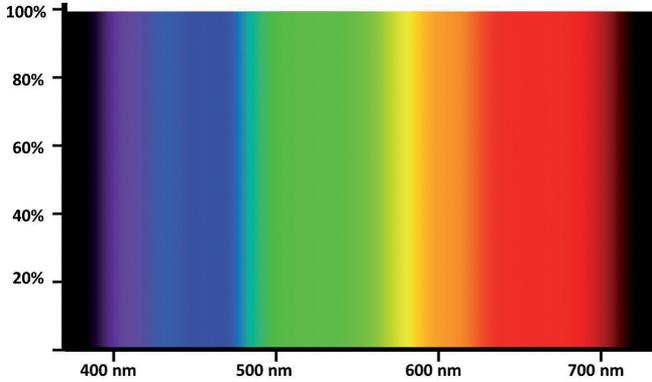


Figura 4-19. A. Espectro Visible sin capa antirreflejo

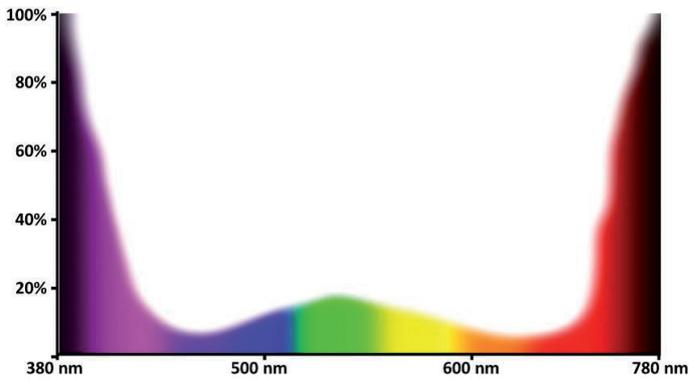


Figura 4-19. B. Espectro Visible con capa antirreflejo

**Usos:** Mejora la estética del lente y la calidad visual del paciente; ideal en los materiales de alto índice. Como beneficio cosmético elimina las numerosas reflexiones en el borde del lente, producto de un espesor excesivo al borde en correcciones altas; por lo tanto, la apariencia de los ojos a través del lente es más natural. El beneficio visual incluye una gran transmisión de luz. (Fig. 4-20 A y B).

Cabe anotar, que este tratamiento incrementa el caudal de luz que incide sobre el ojo. Igualmente se minimizan las imágenes fantasmas creadas por re-



Figura 4-20. A. Sin antirreflejo



Figura 4-20. B. Con antirreflejo

flexiones que inciden sobre las superficies de los lentes, sobre todo en las noches y especialmente al conducir. Por otra parte, también disminuyen las múltiples reflexiones de la superficie posterior (una de las más comunes es el propio ojo y pestañas del usuario), que son más pronunciadas en los lentes esféricos.

En términos generales los lentes normales reflejan hasta 8% de la luz ocasionando reflejos molestos que dificultan la visión. Actualmente en el mercado se cuenta con películas que permiten una transmisión luminosa cercanas al 90%; presentan el aspecto de un cristal transparente e invisible mejorando su aspecto y visión, aumentando la claridad y reduciendo las imágenes fantasmas así como los reflejos ocasionados por la televisión y las video pantallas. (Fig. 4-21).

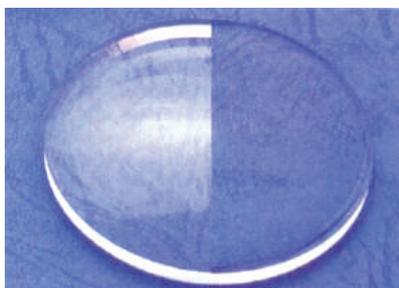


Figura 4-21. A. Sin y con antirreflejo

## Principio

El principio en el que se basa la multicapa antirreflectiva es el de la interferencia. Que consiste en superponer varias capas que por interferencia van minimizando las reflexiones de las diversas longitudes de onda del espectro. Solo con la adición de múltiples capas se podrá neutralizar casi por completo el espectro visible y lograr así el efecto deseado en las dos superficies de un lente oftálmico. (Fig. 4-22).



Figura 4-22. Multicapas (Interferencia)

El principio de acción: “Dos ondas de igual amplitud se anulan entre ellas cuando existe un desfase de media (1/2) posición de fase”.

Cuando las ondas visuales coinciden en las fases, la interferencia equivale a la suma de las ondas, o sea, se construye una onda más intensa o se genera interferencia. Cuando un lente no tiene ningún tratamiento, refleja por igual todo el espectro cromático, en una magnitud relacionada con el índice y de acuerdo a la ecuación de Fresnel.

La superposición de un pequeño número de capas hará que el lente siga reflejando un buen porcentaje de la radiación incidente. Solo con múltiples capas se podrá neutralizar casi todo el espectro visible, logrando así el efecto deseado.

En la actualidad las películas finas que se agregan a un lente orgánico para controlar los reflejos, aunque pueden variar de un fabricante a otro, se pueden generalizar así:

- Capa hidrofóbica u oleofóbica: 5 a 25 nm
- Bajo Índice: 80 nm
- Antiestática: 10 nm
- Bajo Índice: 36 nm
- Alto Índice: 115 nm
- Bajo Índice: 33 nm

- Alto Índice: 10 nm
- Película de adhesión: 8 nm
- Protección a rayas: 2.000 a 3.000 nanómetros
- Lente

Estas capas, agregan muy poco al espesor del lente, pues las medidas usuales son:

- 2.000 a 3.000 nanómetros de la laca de protección al rayado
- 300 nanómetros de todas las capas antirreflectivas
- 200 nanómetros de la capa hidrofóbica

Para entender la magnitud de estas medidas habría que decir que el espesor de un cabello humano es de 80.000 nanómetros.

“Los tratamientos más básicos o de las primeras generaciones, causan en el paciente sensaciones agrisadas pues la calidad visual dura mientras están limpios, lo cual usualmente es por poco tiempo ya que es muy difícil mantenerlos en ese estado, muchos usuarios manejan una sensación permanente de lente engrasado que neutraliza los beneficios de la capa, pero sobre todo se quejan de los procesos de limpieza consuetudinarios que deterioran y acortan la vida útil del lente. Eso genera en los países que tienen propensión a ofrecer productos de bajo costo una cantidad alta de usuarios arrepentidos.

Actualmente las películas han evolucionado de una manera significativa, por lo que vale la pena describir a continuación las principales cualidades:

**Hidrofóbica:** “El tratamiento superhidrofóbico es un proceso adicional que se realiza usualmente dentro de la misma campana de vacío en que le adhieren el tratamiento antirreflectivo.

Sucede que al analizar microscópicamente las películas finas antirreflectivas pueden resultar irregulares e incluso con porosidades. Esto hace que la grasa y la suciedad se alojen con mucha facilidad en estas irregularidades de la superficie.

El tratamiento superhidrofóbico consiste en aplicar un revestimiento delgado que le dé al lente propiedades hidrófobas y oleófobas, siendo la superficie más externa. Usualmente es en base a dióxido de silicio o de aluminio con cadenas fluoradas que sella totalmente la superficie del lente, se adhieren fuertemente al sílice de la capa AR. El flúor le otorga una repulsión química al agua y los lípidos. (Fig. 4-23 A y B).



Figura 4-23. A. Sin capa

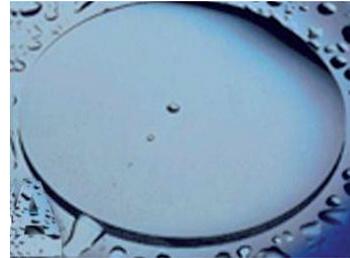


Figura 4-23. B. Con capa Hidrofóbica

Mientras más sofisticadas sean las cadenas de fluorados, se logra una mayor repulsión a las grasas y la suciedad en la superficie del lente. La eficiencia de este tratamiento se puede evaluar por dos factores: El ángulo de contacto, que mientras mayor sea el Angulo de contacto de una gota de agua sobre la superficie del lente, es porque este es más hidrófobo. Existen diferentes calidades en lentes hidrofóbicos y oleofóbicos.

El ángulo de contacto en el hidrofóbico se puede clasificar en 3 niveles, lo que condiciona su calidad:

- Convencional 95 a 105 grados.
- Bueno 106 a 112 grados.
- Excelente más de 112 grados.

**Oleofóbica (Antiadherente):** Impide que la grasa se adhiera a la superficie del lente, haciendo que su limpieza sea mucho más fácil el ángulo de contacto en su característica oleofóbica se clasifica así:

- Convencional 25 a 45 grados.
- Bueno 56 a 64 grados.
- Excelente más de 64 grados.

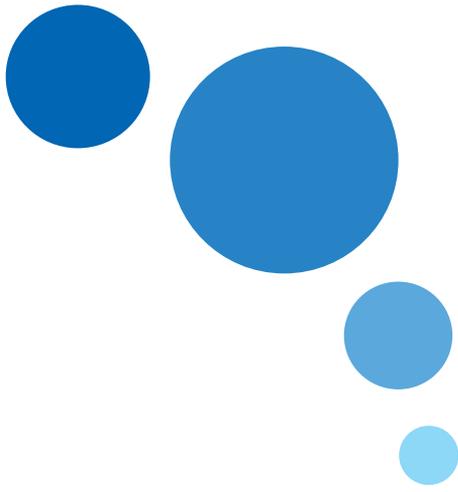
**Antiestática:** “Además de ensuciarse, un lente atrae las partículas de polvo en suspensión en el aire, como consecuencia de la electricidad electroestática atrapada en el lente. Esto se debe a que el material orgánico es aislante y no conduce por tanto la energía. Al limpiar el lente y frotarlo, se carga de electricidad estática que se va disipando después muy lentamente.

Estas cargas eléctricas negativas van a atraer las partículas de polvo que tienen cargas positivas y generan que un AR, incluso sin tocarlo se vaya ensuciando por consecuencia del polvo que se adhiere. Para evitar este inconveniente, una minoría de lentes llevan tratamiento antiestático que consiste en agregar una capa adicional, conductora, muy delgada y transparente, dentro de la cámara de vacío, usualmente en base a vapores de óxido de indio (In) y estaño (Sn), - Indium Tin Oxide (ITO) - y que se deposita antes de colocar la última película fina de bajo índice y la capa superhidrofóbica. Este tratamiento tiene propiedades eléctricas conductoras, lo que hace que la carga estática con tendencia a acumularse en el lente sea liberada.

Así se genera un campo eléctrico que evita la atracción del polvo, permitiendo que el lente permanezca limpio mucho más tiempo. Consecuente con ello, será un lente que se debe limpiar menos y que finalmente tendrá una vida útil más prolongada. Este tratamiento funciona mejor cuando se utiliza una montura metálica que da continuidad eléctrica y facilita la liberación de electrones.

**Resistencia a las rayas:** Sobre el material se ha colocado una capa de protección al rayado H-10 y una capa amortiguadora; todo esto con el mismo índice de refracción y el mismo coeficiente de dilatación que el material. A esto se adhiere firmemente un tratamiento anti-reflectivo multicapa de 8 películas finas.

Por sobre el tratamiento anti-reflectivo multicapa se ha colocado una nanopelícula cerámica que se amarra incluso a la matriz del lente y que sujetará y blindará de manera extraordinaria la capa anti-reflectiva.



# Capítulo 5

## Lentes progresivos





## Historia

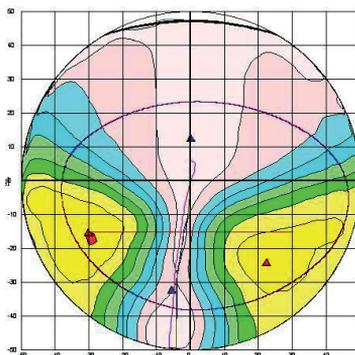
La mayoría de los escritos que hacen referencia al descubrimiento de los lentes de adición progresiva conocidas como PALs (Progressive addition lens), mencionan el año de 1959 como el descubrimiento de este diseño. Pues bien, en la revisión bibliográfica realizada por Claudia Perdomo en su libro "Fundamentos en Lentes Oftálmicos" menciona que "El primer lente progresivo es el diseñado por Owen Aves en 1907, en Inglaterra. También fabricó algunos prototipos del mismo, pero la tecnología disponible era muy rudimentaria y el diseño muy limitado, por lo que no llegó a producirse. En 1910 los franceses Poullain y Cornet solicitaron la patente de un lente progresivo con un meridiano principal o umbilical y del instrumento formado por protofresadoras para su tallado. Poco después, en 1914, Gowlland patentó lo que sería el primer lente progresivo en producirse comercialmente, aunque sin éxito.



Figura 5-1.  
Bernard Maitenaz

La compañía francesa Essel (más tarde fusionada con Silor) y hoy conocida mundialmente como Essilor®, comercializó con éxito la patente del Ingeniero Bernard Maitenaz en 1959 (Fig. 5-1). Realmente este hecho marcó un hito en el diseño de los progresivos y por esta razón se considera este año como en invento de esta tecnología oftálmica.

En un lente oftálmico multifocal que comprende una superficie esférica que tiene en cada punto de la misma una esfera media y un cilindro, una región de visión lejana, una región de visión cercana, y una región de visión intermedia, la longitud de progreso, es decir, la longitud sobre la cual varía la potencia del lente por una cantidad establecida en diferentes regiones del lente por una cantidad establecida en diferentes regiones del lente, es corta. Para evitar la distorsión en la periferia del lente, que ocasionaría esto de otra manera, la isoesfera y las líneas del isocilindro se distribuyen sobre la superficie del lente, con el fin de asegurar que las variaciones en la esfera no sean demasiado repentinas a lo largo de un círculo de un radio de 20 milímetros centrado sobre el centro geométrico del lente, y que las variaciones en el cilindro sobre la superficie del lente adentro de este círculo también sean muy pequeñas. El lente tiene una región de visión cercana agrandada, y el progreso es menos perceptible para el usuario (Fig. 5-2).



Cortesía Hernando Avila

Figura 5-2. Mapa de Progreso

## Definición

Son lentes provistos de focos múltiples distribuidos de manera continua, iniciando con una potencia dióptrica para visión lejana en la porción superior, y aumentando en forma creciente un efecto dióptico positivo hacia la sección inferior, para obtener en el punto de lectura el valor de la adición para visión próxima. De igual manera se generan potencias intermedias entre los dos extremos, (lejos y cerca) proporcionando resultantes dióptricas para la visión intermedia con efecto multifocal.

## Principio Básico

El efecto progresivo o multifocal se obtiene mediante una sucesión de curvas horizontales que se escalonan, sin separación visible, desde la zona superior hasta la zona inferior, pasando por una zona intermedia.

En el "Compendio de Optica Oftálmica- Lentes Progresivas" editado por Varilux University describe claramente las siguientes ventajas para los pacientes presbitas:

- Un campo continuo de visión nítida que abarca tanto la visión de lejos como la de cerca pasando por la zona de visión intermedia.
- Una visión cómoda en las distancias intermedias (de 50 cm a 1,50 m), ya que el progresivo es el único que posee una zona de potencia gradual especialmente concebida para la visión a estas distancias.
- En las primeras fases de la presbicia – adiciones inferiores a 1.50 D -, los usuarios de monofocales y de bifocales aún gozan de una visión nítida a estas distancias: su amplitud de acomodación todavía es suficiente como para poder enfocar sin corrección o a través de su corrección para la visión de lejos, y su adición es aún lo bastante baja como para no alterar su visión intermedia. En cambio, cuando la presbicia es mayor –superior a 2.00 D–, resulta imposible obtener una visión nítida a distancia intermedia: la amplitud de acomodación se vuelve demasiado reducida para enfocar sin corregir la visión de cerca y la adición es demasiado elevada para permitir una visión nítida. Este inconveniente fue suplido durante varios años por los lentes trifocales, que si bien presentaban focos para las tres distancias, presentaban muchos inconvenientes entre los que cabe resaltar:
  - Mayor tiempo de adaptación al sistema.
  - Doble salto de imagen y descentraciones en los puntos de lectura.
  - Antiestético.
  - Doble Segmentación del campo visual.
- Un apoyo continuo a la acomodación y adaptado a la distancia de visión: en un lente progresivo, el ojo encuentra, durante la progresión, la potencia adecuada para cada una de las distancias a las que trabaja. En una lente monofocal, la acomodación solamente es reemplazada en visión próxima. En un bifocal, el ojo experimenta cambios abruptos en la amplitud de acomodación que pasan dos veces del estado de reposo a la amplitud máxima entre la visión de lejos y la visión de cerca.
- Una percepción continua del espacio, garantizada por cambios graduales de potencia en todas las direcciones. El monofocal no permite una per-

cepción real del espacio, ya que limita la visión al espacio más cercano; el bifocal divide el espacio en dos partes y altera su percepción: las líneas horizontales y verticales aparecen partidas y se produce un salto de imagen en el límite entre las dos zonas.

La compañía Essilor® nos suministró información técnica en relación con la concepción de este diseño.

### Principio de Minkwitz

Para comprender desde el punto de vista clínico como el cambio de un corredor o de una adición de visión próxima afectan las áreas útiles de un progresivo es necesario conocer este principio: Minkwitz demostró que el valor del astigmatismo en dirección perpendicular al meridiano principal crece el doble de rápido de lo que lo hace la adición (Fig. 5-3).

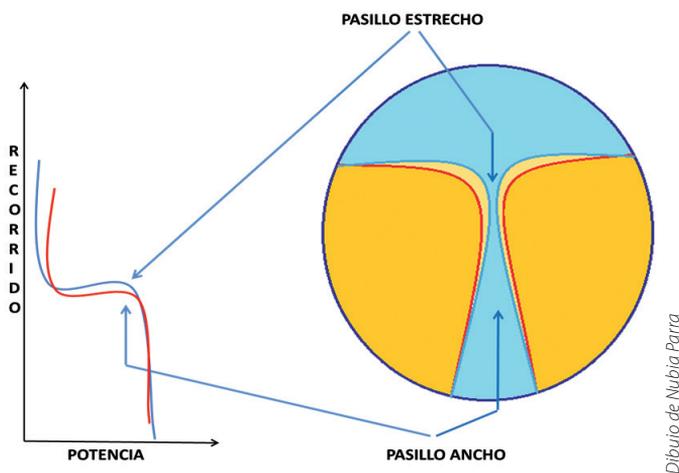


Figura 5-3. Principio de Minkwitz

Dibujo de Nubia Parra

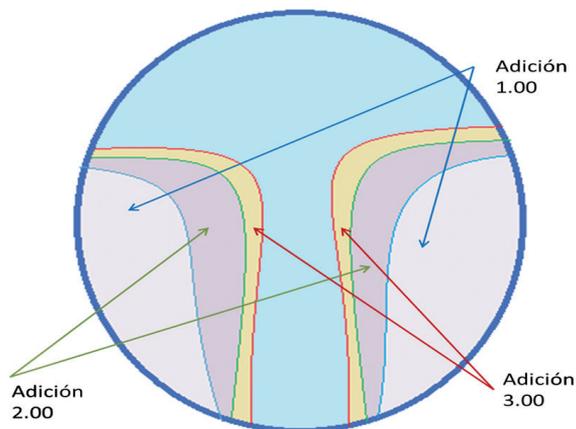
Si bien es cierto que la primera generación producía grandes cantidades de astigmatismo es importante resaltar la evolución de ese valor frente a la adición en las diferentes generaciones. Por cada dioptría de adición se genera:

Generación	Astigmatismo generado
Primera / segunda	4.00
Tercera / Cuarta	2.00
Quinta	1.00
Sexta	0.75

A la fecha se han minimizado en forma significativa las aberraciones marginales, pero el cambio de diseño o adición tiene unas implicaciones que es preciso que el optómetra tenga en cuenta cuando algunas de estas dos o ambas se modifican:

- A igual valor de adición, cuanto menos largo sea el corredor (longitud vertical), más estrecha será la zona intermedia. Esto especialmente cuando se quiere cambiar a un progresivo compacto.
- Entre dos corredores de igual longitud cuanto mayor sea la adición, más estrecha será la zona horizontal intermedia. Razón por la cual a cambios significativos de la adición debe cambiarse el diseño en uso por un progresivo de última generación y personalizado, que disminuye las diferencias por aumento de adición.

Debido a los considerandos anteriores los campos visuales cambian, para un mismo modelo de progresivo, según la adición. Como se observa en la (Fig. 5-4) el campo visual de la adición de 2.00 dpt es mucho menor que el de adición de 1.00 dpt. Igualmente el campo visual de lente de adición 3.00 dpt. es menor que el de 2.00 dpt. Sin embargo, la relación no es proporcional, se pierde más campo al pasar de 1.00 dpt a 2.00 dpt, que de 2.00 dpt a 3.00 dpt.



Dibujo de Nubia Parra

Figura 5-4. Zonas de Adición

## Exigencias ópticas

Las características ópticas se determinan mediante experimentación clínica con el objetivo de conseguir que se respete al máximo la fisiología ocular y visión.

## Exigencias de potencia

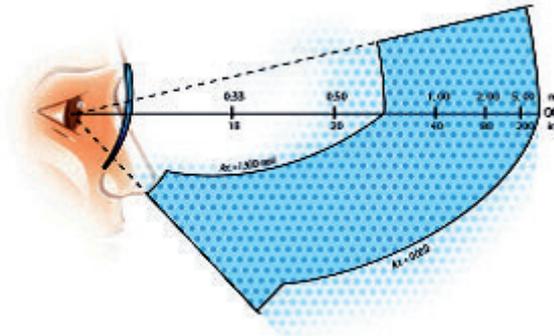
La primera función es proporcionar una buena visión de cerca y a distancia intermedia, al tiempo que permita conservar una visión nítida de lejos. Esta eficacia se basa en el respeto imperativo de las potencias de visión de lejos y de cerca, mientras que en lo que respecta a la progresión, es más flexible.

**Ubicación de altura:** Para el área de visión cercana debe tener en cuenta los movimientos oculares que debe realizar el paciente a través de los músculos extraoculares, que se optimizan en estos diseños con la fusión de las áreas nítidas de ambos ojos en mirada hacia abajo. Un buen término medio consiste en situar la zona de visión próxima para una inclinación de la mirada del orden de  $25^\circ$ . En caso contrario, ya sea por una incorrecta medición de la distancia naso pupilar de cerca para cada ojo en particular o por una medición inadecuada de la altura focal del progresivo, trae como consecuencia una restricción o desplazamiento del área de lectura.

**Progresión de Potencia:** Para este tipo de lentes deben considerarse las situaciones que se presentan en las posiciones de mirada:

- Vertical: Debe permitir al usuario explorar el campo objeto sin imponerle movimientos verticales forzados de la cabeza. Se obtiene definiendo el perfil de progresión de forma que se respete la coordinación natural de los movimientos verticales de los ojos y de la cabeza, así como la orientación del horóptero vertical – zona de puntos en el espacio que son vistos binocularmente simples– lo cual está relacionado con la inclinación natural de la cabeza para las distancias mediana y próxima.
- Horizontal: debe adaptarse a la convergencia natural de los ojos, al valor de la adición, a la distancia pupilar y a la corrección óptica de lejos. La convergencia natural de los ejes visuales cuando se baja la mirada y la distancia

de lectura media, definen el descentramiento de la zona de visión de cerca que se debe realizar (Fig. 5-5).



(Fuente Essilor)

Figura 5-5. Progresión de la potencia

## Exigencias de percepción visual

Para una visión satisfactoria, las aberraciones deben minimizarse en toda la superficie del lente y en particular a lo largo del meridiano de progresión. En la zona central, es importante equilibrar la potencia, el astigmatismo resultante y el prisma vertical inducido entre los ojos derecho e izquierdo para respetar la fusión y no alterar el fenómeno sensorial de percepción de imágenes binoculares. Esto se optimiza mediante un diseño asimétrico y personalizado de la superficie de los lentes en donde el lente derecho e izquierdo tienen características diferentes aún ante la presencia de una misma ametropía y adición.

En la periferia, por razones de asfericidad las aberraciones no se pueden eliminar completamente. En esta zona, las exigencias de calidad de la imagen son menos elevadas, pero el control de los efectos prismáticos sigue siendo importante. La percepción del movimiento es una función clave de la periferia donde el gradiente de variación de las aberraciones residuales es más importante que su valor absoluto (Fig. 5-6).

## Personalización

Las tecnologías recientes mediante tallado digital optimizado "freeform" permiten calcular y realizar lentes progresivos individuales para cada paciente para personalizar las características propias del comportamiento de cada

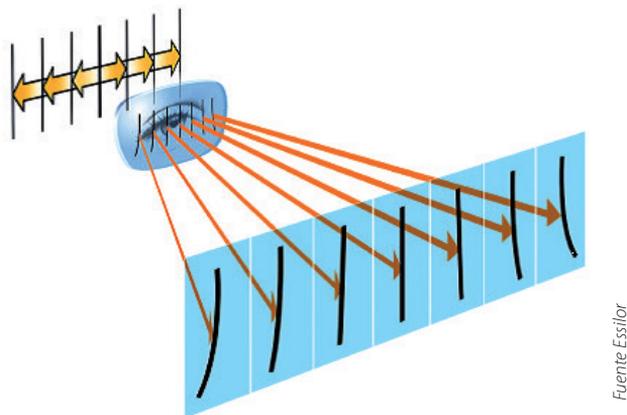


Figura 5-6. Aberraciones periféricas

individuo. Por ejemplo, la coordinación específica de los movimientos de los ojos y de la cabeza para lo cual se varía la dimensión del campo central y la suavidad en el tránsito de las áreas (fig. 5-7).

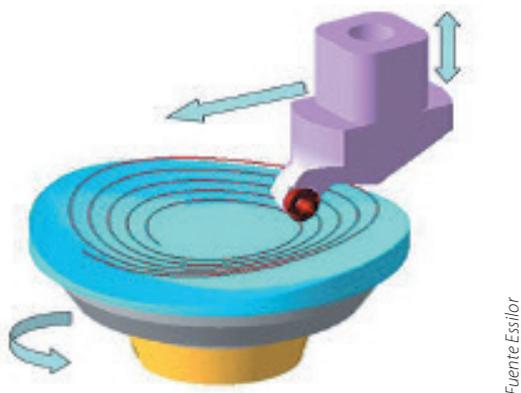


Figura 5-7. Free-form

De igual manera, en el cálculo se pueden integrar parámetros relativos a la prescripción, al centrado (distancia pupilar), distancia al vértice y a las características de inclinación, posición y angulación de la montura seleccionada. Cabe destacar aquí que es casi imposible, establecer una relación óptima entre el cálculo de las características de los lentes y la satisfacción del paciente.

### Evolución

Desde 1907 hasta 1959 se hicieron esfuerzos para lograr un lente que permitiese un uso relativamente aceptable para las diferentes distancias de visión

pero fue infructuosa su comercialización por las grandes limitaciones tanto de manufacturación como de diseño.

## **Primera Generación - Monodiseño Esférico**

Realmente fue la compañía Essilor® a través del diseño realizado por Bernard Maitenaz en 1959 quien comercializó con relativo éxito el lente denominado Varilux. La zona de visión de lejos había sido concebida completamente esférica y la cercana generada por una superficie esférica pero sin descentración para visión próxima, concibiendo lentes simétricos tanto para ojo derecho como para izquierdo. Las zonas laterales en la parte inferior, aunque controladas, tenían importantes aberraciones laterales que implicaban un esfuerzo grande de adaptación.

A partir de 1964 cuando aparecen los primeros progresivos asimétricos (el ojo derecho diferente del ojo izquierdo) se lograba una mejor calidad de la visión periférica. Los progresivos anteriores a esa fecha, eran concebidos y fabricados simétricamente con respecto a su meridiano de progresión y girados aproximadamente unos  $10^\circ$  en un sentido para obtener una lente derecha y  $10^\circ$  en el sentido contrario para obtener una lente izquierda. Si las necesidades visuales eran críticas, el desafío en esa época se encontraba también en la mecánica: ese desafío consistía en poder concebir máquinas que permitiesen fabricar, por primera vez, superficies ópticas esféricas. En esa época eran realizados en vidrio, difícil de trabajar y de pulir.

Este diseño básico no analizaba en detalle la calidad de las áreas periféricas que generaban:

- Superficies astigmáticas de alto valor (por cada dioptría de adición 4 de astigmatismo en las áreas nasales y temporales)
- Diseño simétrico que al moverse el paciente temporalmente encontraba diferentes valores de astigmatismo para cada ojo alterando la visión binocular

Con la aplicación de la óptica geométrica y el desarrollo de software de cálculo, se implementa la fabricación de superficies punto por punto que per-

mite modelos optimizados, asimétricos y mejoramiento del terminado óptico. Estos avances vencieron el escepticismo, frente a los primeros fracasos representados tanto en las limitaciones de fabricación convencional esférica, como en las manifestaciones de insatisfacción visual por parte de los pacientes.

## Segunda Generación - Monodiseño Asférico

El avance significativo de esta segunda concepción de lentes con efecto multifocal fue el combinar superficies esféricas con superficies cónicas (elipse de lejos, parábola de media e hipérbola de cerca). Con este diseño se logró no sólo la reducción de las aberraciones laterales sino también minimizar los efectos de deformación de la imagen.

Combinado con lo anterior se introdujo el concepto “modulación óptica” horizontal que consistía en un ligero aumento del poder dióptrico en las zonas laterales de la parte superior del lente y una ligera disminución en las zonas laterales inferiores, especialmente en el área temporal.

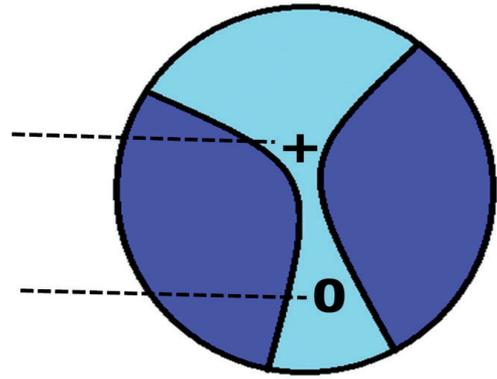
La asfericidad aplicada a este diseño generó un lente asimétrico, que permitió distribuir mejor las zonas de distorsión periférica, de tal forma que en la parte temporal era menor que la nasal con el propósito de obtener menor aberración periférica y de otra manera desplazó hacia la parte nasal inferior los valores de mayor aberración.

## Tercera Generación - Multidiseño

En 1988 se introdujo el concepto de multidiseño que marcó un hito en los diseños. Para generarlo se basaron en el concepto de que para utilizar una única superficie progresiva y modificarla para adaptarla a las diferentes adiciones (teorema de Minkwitz) no permitía optimizar su diseño para adecuarlo a cada valor de adición; por lo tanto si se lograba eliminar esta situación, se podría ofrecer a los diferentes presbíteros diseños específicos para sus necesidades visuales. Para lograrlo se fusionaron las características de los monodiseños duros o blandos a saber:

Duros (Fig. 5-8):

- Amplias zonas de lejos y cerca
- Corredor estrecho
- Altas aberraciones marginales



Dibujo de Nubia Parra

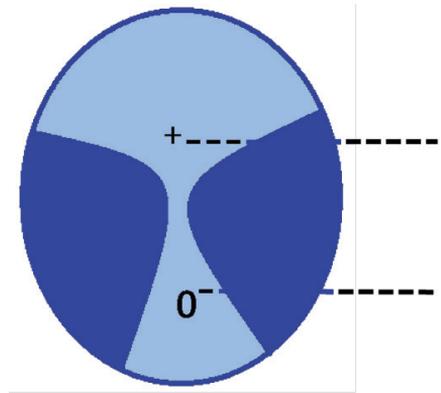
Figura 5-8. Diseño Duro

Blandos (fig. 5-9):

- Reducidas zonas de lejos y cerca
- Corredor amplio
- Menor astigmatismo marginal

Los multidiseños aprovecharon los beneficios de los diseños anteriores. Una superficie progresiva blanda, es decir, de progresión larga y características ópticas repartidas por la superficie de la lente, que resultaba muy cómoda para el presbita incipiente (hasta 1.50 de adición), pero ofrecía un campo visual limitado al presbita avanzado.

Una superficie dura, de progresión corta y características ópticas más concentradas en el lente, lo cual favorece a los presbitas avanzados (de 1,75 a mayores). La principal ventaja para el presbita radicaba en la amplitud del campo visual de cerca, que se mantenía prácticamente constante con el aumento de la adición



Dibujo de Nubia Parra

Figura 5-9. Diseño Blando

Así fue introducido el Varilux Multi-Diseño de Essilor, con un diseño específico para cada una de las 12 adiciones propuestas (de 0,75 a 3,50 D, en pasos de 0,25) y una superficie progresiva que variaba en consonancia con la adición. Otras lentes parecidas en su filosofía y en su realización fueron introducidas más tarde por diferentes fabricantes, como el Omni Pro de American Optical, el Visa 3S de BBGR o el Hoyalux de Hoya. Aunque su existencia fue tan

sólo de unos pocos años, Varilux Multi- Diseño, que desapareció para dejar paso a la generación siguiente, fue el precursor y el fundador del concepto "multidiseño" que sigue aplicándose actualmente a la inmensa mayoría de los lentes progresivos.

### Cuarta Generación - Compacto

Fue introducida en los años noventa. La idea fue acortar la longitud de progresión con el objetivo de proporcionar una posición más cómoda para la visión de cerca y, al mismo tiempo, conseguir un mejor control de la periferia del lente para disminuir las aberraciones marginales (Fig. 5-10).

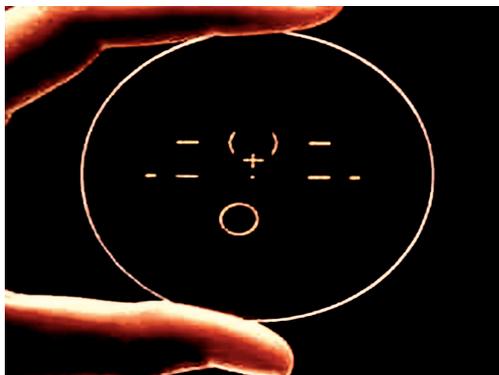


Figura 5-10. Progresivo compacto

Su diseño se logró gracias a los avances de la tecnología de fabricación y de control numérico de superficies progresivas. El concepto se basó en la posibilidad de incluir en un solo diseño los beneficios de un lente duro y uno blando. De esa manera se redujo y amplió el corredor de transición para permitir una ventaja tanto en visión lejana como próxima sin presentar alteraciones significativas de la visión periférica. Uno de los lentes que marcó el liderazgo de este diseño se conoció como Varilux Comfort.

Algunas casas fabricantes ofrecieron en el mercado progresivos con alturas menores a 14 mm. Bajo estos parámetros es importante mencionar como el campo visual de visión lejana se disminuía hasta 140° frente a los 170° de un convencional. De igual manera las aberraciones periféricas se acercaban más al centro y el campo visual del corredor tanto en alto como en ancho se reducía significativamente. En conclusión y aún a la fecha el compacto es un diseño de carácter más cosmético que funcional ya que permite usar monturas pequeñas.

Cabe destacar que la evolución de este coincide también con la irrupción de las resinas de alto índice, especialmente el policarbonato.

## Quinta Generación - Campo visual ampliado

En el año 2000 los fabricantes recaban las experiencias de los presbíteros incipientes en relación con su facilidad o no de adaptación y de los presbíteros avanzados sobre su reducción de campo visual en la medida que aumentaba su valor de la adición.

De esa manera se resuelven parcialmente las dificultades descritas a través de un nuevo multidiseño que presentaba las siguientes mejoras (Fig. 5-11):

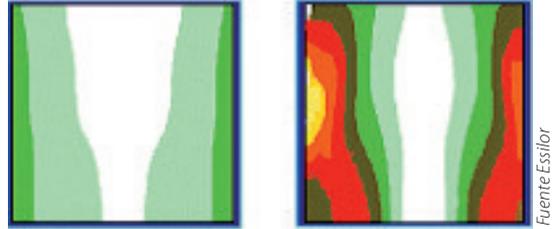


Figura 5-11. Campo Visual Ampliado

- En visión periférica, reducción de aberraciones mediante el control de distribución de los efectos prismáticos.
- Disminución y alejamiento de las aberraciones hacia la periferia extrema en visión lejana, logrando campos visuales útiles de 170° en visión binocular al fusionar más congruentemente el campo derecho con el izquierdo.
- Para visión intermedia por la misma razón anterior se amplían proporcionalmente los corredores en todas las adiciones.
- En visión binocular, ampliación de los horópteros (lugar de los puntos vistos como simples binocularmente) para todas las posiciones de mirada, gracias a la variación suave de los efectos prismáticos del lente.
- Notable ampliación de las áreas de visión intermedia y próxima.
- Disminución y orientación más vertical del astigmatismo que genera la periferia por asfericidad.
- Tal vez uno de los resultados más eficientes en la calidad de la visión próxima que ha permitido a partir de este diseño algún grado de personalización en la descentración de los centros ópticos de lejos a cerca conforme a las distancias inter y naso pupilares y la corrección óptica del paciente.

Para los diseños asimétricos anteriores se contaba solamente con una descentración única y cercana a 2,5 milímetros por ojo, lo que generaba efectos prismáticos indeseables en los casos extremos de hiper e hipotelorismo. Este

diseño innovó al lograr la variación de la descentración de la visión próxima en función, ya no sólo de la adición, sino también de la prescripción de lejos y de la distancia interpupilar. Así las cosas de acuerdo a las variables anteriormente descritas se ha podido seleccionar descentraciones de 1.5 mm, 2.2 mm y la tradicional de 2.5 mm.

## Sexta Generación

Desde principios del siglo XXI la concepción del progresivo ha cambiado de tal manera que nunca se llegó a creer que fuese posible diseñar un lente para cada paciente en particular considerando su ametropía, el valor de la adición, las distancias inter y nasopupilares, las alturas focales asimétricas, los ángulos pantoscópico y panorámico, el centro de rotación ocular y la montura seleccionada.

Los avances son tan rápidos y significativos que al momento de salir esta obra, es posible que ya existan nuevos desarrollos tecnológicos y de manufacturación. Por esta razón no sabemos si la séptima generación ya esté haciendo parte del mercado de los PALs. De ese modo en esta clasificación se incluyen: los de alta resolución y serie S de ESSILOR y los freeform de Shamir.

**Alta Resolución** Introducido por Essilor en 2006, como Varilux Physio es el primer progresivo en adoptar el principio de diseño por frente de onda. Este respondió a la necesidad de mejorar aún más la calidad de visión, proporcionando al usuario el máximo rendimiento visual. Con este diseño se introduce la combinación de la adición por cara interna y externa logrando una eficiencia y ampliación de las zonas en visión próxima neutralizando el conocido efecto de ojo de cerradura al acercarse al globo ocular un mayor valor de la adición.

Con esta nueva generación, los diseñadores se interesaron cada vez más en la forma de los haces luminosos que penetran a través de la pupila. El principio consiste en optimizar el rendimiento visual en cada dirección de mirada, controlando las características del haz luminoso que entra a través de la pupila.

Esta tecnología (wavefront) que contempla los frentes de onda, logra maximizar la agudeza visual en visión de lejos gracias a la corrección de la aberración del coma y optimiza el funcionamiento de la acomodación en visión intermedia, a través de la verticalización de los ejes del astigmatismo marginal y disminución de la cantidad de astigmatismo por adición de lectura, facilitando la focalización de las orientaciones verticales. Y por otra parte obtener con una talla punto a punto con corte de diamante (digital optimizada) logra precisiones hasta de 0.01 dioptría, frente al 0.12 de las tallas tradicionales.

La técnica de control del frente de onda permite medir y controlar perfectamente el coma en una amplia zona alrededor del centro de visión de lejos. En comparación con un lente progresivo normal, las aberraciones que el paciente percibe con Varilux Physio quedan considerablemente reducidas, lo que se traduce en una imagen más nítida y, por consiguiente, en una mayor agudeza visual y un mejor contraste. De este modo, el usuario focaliza con mayor naturalidad y, en visión intermedia, percibe los campos de agudeza un 30% más amplios que con un progresivo convencional.

**Forma Libre – “Free-Form”** Se atribuye a la compañía Shamir el liderazgo en el desarrollo de estas tecnologías que datan de la primera década de este siglo. Es un nuevo avance en la manufactura de lentes oftálmicos. El término fue originalmente concebido para describir la forma de crear sofisticadas superficies utilizando un nuevo método para tallar la superficie posterior de los lentes.

La mayoría de los lentes progresivos son fabricados con la adición en la superficie frontal. La operación más compleja en la manufactura de lentes progresivos es obtener las bases con ese tallado en la superficie frontal.

Generadores free-form, usan herramientas de diamante precisas que forman las curvas tallando con puntos simples, así como aquellos usados en los tornos de las lentes de contacto. Con programas computacionales adecuados, un generador de puntos simples puede reproducir virtualmente cualquier superficie compleja compuesta por diferentes curvas.

Esta tecnología ofrece unas mejoras significativas con relación a las tallas convencionales:

- Diseños avanzados personalizados y mayor exactitud
- Curvas progresivas talladas por la cara interna.
- Generación de curvas posteriores atóricas que favorecen las correcciones astigmáticas.
- Talla digital optimizada
- Combinación de efecto progresivo por las dos caras
- Reduce los inventarios de curvas bases y lentes semiterminados
- Manejo de diseños con un software que alimenta generadores de control numérico.

Las superficies con esta tecnología tienen 3 pasos principales que difieren de la tecnología convencional

- **Ingreso de la información y cálculo.** La fórmula deseada se introduce en el software Free-Form Rx. Este calcula una superficie no convencional única que no sólo asegura un lente con la fórmula deseada, sino también garantiza un óptimo confort visual y nitidez en todo el lente. El software tiene en cuenta muchos factores individuales. La superficie específica calculada se almacena como un archivo de datos en la red de laboratorio.
- **Generación de superficie posterior.** El torno computarizado procesa la superficie posterior del lente. El resultado de la topografía del lente es exactamente lo que se describe por el archivo de datos computarizado. Aunque el lente tiene una superficie con calidad muy fina en esta etapa, todavía no es totalmente transparente.
- **Pulido.** Las máquinas para Free Form utilizan una herramienta de pulido suave. Este hecho permite el pulido de la superficie siguiendo la topografía con cambios insignificantes en la superficie.

En resumen: La superficie con tecnología Free Form del lente terminado puede tener una superficie optimizada única, que maximiza el rendimiento óptico para cada usuario. La superficie ya no es esférica o tórica, como en la superficie convencional, sino personalizada.

Los lentes con tecnología free form incorporan las siguientes mejoras significativas:

- Compensación de la inclinación pantoscópica
- Rendimiento de diseño uniforme en toda el rango de la fórmula
- Optimización de las monturas envolventes (tipo máscara) para lentes monofocales y progresivos (Figs. 5-12 A y B)

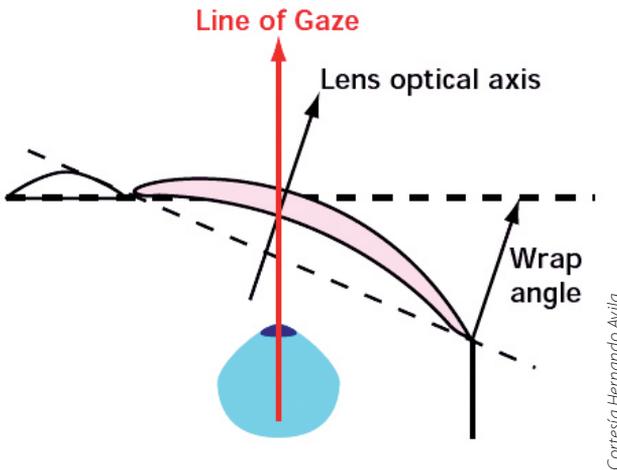


Figura 5-12. A Progresivo para montura envolvente



Figura 5-12. B Montura envolvente

Para un mejor entendimiento es preciso con el siguiente cuadro establecer un parangón con las tallas convencionales.

Free Form	Convencional
Capaz de producir cualquier superficie con topografía del objetivo deseado	Limitado a lentes con superficies esféricas y tóricas
Permite un mejor control de rendimiento del lente	Limitado o ningún control sobre el rendimiento del lente debido a las limitaciones de forma

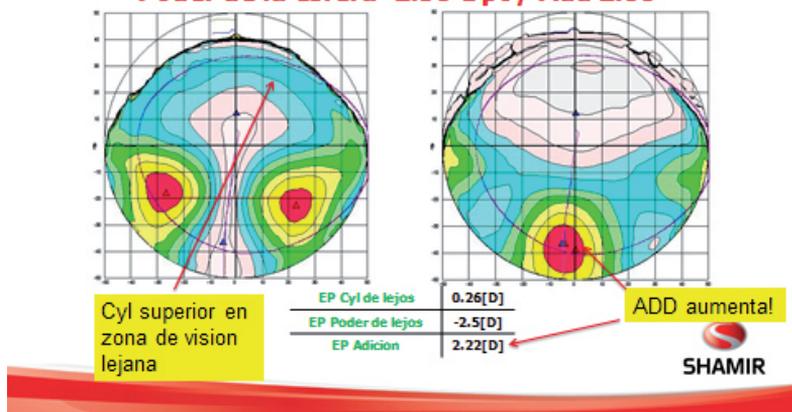
Free Form	Convencional
Permite personalizar los lentes teniendo en cuenta parámetros específicos del usuario.	No permite la personalización específica del usuario.

Estas diferencias se pueden apreciar comparando los gráficos de una misma fórmula en los dos diseños. Cuando la talla es convencional en un lente progresivo no se puede controlar la exactitud del valor resultante tanto de lejos como de cerca.

Si se toman como ejemplos una corrección miópica de -2.50 (Fig. 5-13) y una de -4.25 (Fig.5-14) ambas con adición de +2.00, al hacer el análisis topográfico de cada una se puede observar claramente como los valores de la adición en los puntos efectivos de fijación en visión próxima no mantienen el poder nominal obtenido en el examen optométrico. Para -2.50 dpt. la adición aumenta a 2.22 dpt. y para -4.25 dpt. a 2.43 dpt. Asimismo, a medida que aumenta el poder esférico aumenta el valor del astigmatismo marginal de lejos.

**Influencia del poder de la esfera sobre un progresivo convencional**

— La misma superficie en blanco con una superficie posterior convencional para lograr una esfera con poder -2.50 [D]  
**Poder de la esfera -2.50 Dpt / Add 2.00**



Cortesia Hernando Avila

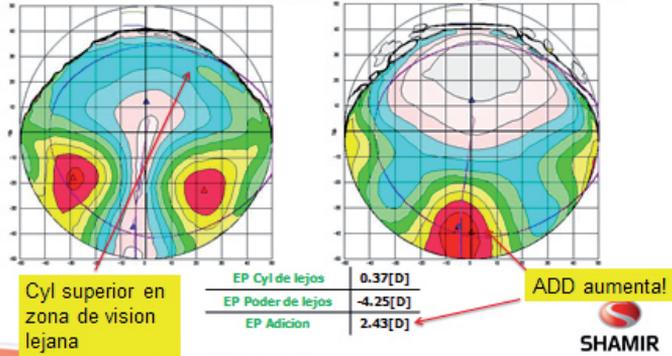
Figura 5-13. Corrección -2.50

Por el contrario cuando la talla es free-form, la generación de cilindro marginal no solo es mínima sino que sus variaciones son insignificantes con el

### Influencia del poder de la esfera sobre un progresivo convencional

La misma superficie en blanco con superficie posterior convencional para lograr una esfera con poder de  $-4.25$  [D]

#### Poder de la esfera $-4.25$ dpt. Add 2.00



Cortesía Hernando Ávila

Figura 5-14. Corrección  $-4.25$

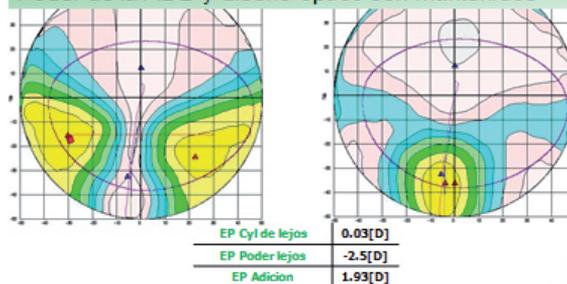
aumento de la potencia dióptrica negativa en visión lejana. Se observa como para un poder de  $-2.50$  en talla convencional el cilindro alcanza valores de  $0.26$  dpt y para  $-4.25$  valores de  $0.37$ , frente a  $0.03$  dpt y  $0.05$  dpt de astigmatismo en diseño free-form (Fig. 5-15 y Fig. 5-16). Asimismo, al comparar las adiciones para los dos poderes con este avanzado diseño prevalecen valores muy cercanos al poder obtenido en la refracción optométrica.

### Influencia del Poder de la Esfera Sobre Progresivo Free Form

Lado posterior del lente progresivo está fabricado por la tecnología de superficie Free Form para conseguir un poder de la esfera.  $-2.5$  [D]

#### Poder de la esfera $-2.5$ dpt Add 2.00

Poder de la ADD y diseño optico son mantenidos



Cortesía Hernando Ávila

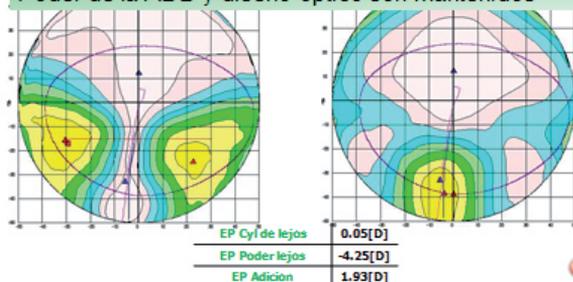
Figura 5-15. Freeform  $-2.50$

### Influencia del Poder de la Esfera Sobre Progressivo Free Form

Lado posterior del lente progresivo está fabricado por la tecnología de superficie Free Form para conseguir un poder de la esfera  $-4.25[D]$

**Poder de la esfera  $-4.25$  dpt Add 2.00**

Poder de la ADD y diseño optico son mantenidos



Cortesía Hernando Ávila

Figura 5-16. Freeform  $-4.25$

**Varilux S Series™:** ESSILOR de Colombia lanzó al mercado en el 2013 esta tecnología de punta, que conjuga las tallas digitales freeform con conceptos de personalización binocular basadas en la determinación del ojo dominante como Nanoptix Technology™ (Fig. 5-17) y SynchronEyes™. El desarrollo de estas tecnologías de punta amerita que en este capítulo se plasmen los escritos de Cyril Guilloux, Soazic Mousset, Laurent Calixte, Farid Karioty, Sarah Marie, Isabelle Poulain, Christian Miede de Essilor International.



Figura 5-17. Nanoptix- mail-1\_zps5bb1cba1

**Varilux S 4DTM,** personalización binocular basada en la determinación del ojo dominante: "Por primera vez en la industria oftálmica, una personalización

binocular en lentes progresivos basado en la determinación del ojo dominante nos lleva a un diseño completamente nuevo y de prestaciones sin igual, dando lugar a la 4ª dimensión de los beneficios visuales: el tiempo de reacción mejorado para una Visión Sin Límites al Instante.

En lo más alto de la gama Varilux S Series, está Varilux S 4D, avalado por 13 patentes, incluyendo 3 tecnologías exclusivas (Fig. 5-18):

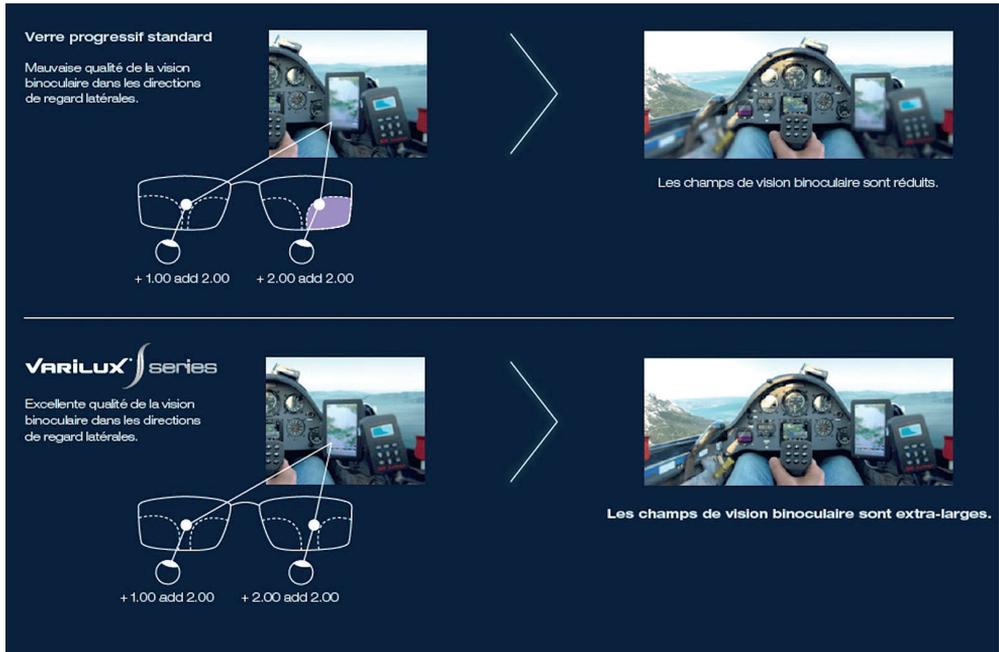


Figura 5-18. Serie S Synchroneyes\_technical%20illustration

- **Visión binocular y lentes progresivos binoculares:** Durante más de 40 años, los diseñadores se han esforzado en mejorar la visión binocular con los lentes progresivos. Esto incluye diseños asimétricos para permitir, en la medida de lo posible, la fusión sensorial en cualquier dirección de mirada y una meridiana progresión no lineal para seguir el camino de la convergencia natural. A pesar de todas estas innovaciones introducidas en el lente, existía una limitación principal que no permitía que estas mejoras contribuyeran definitivamente al beneficio total de los lentes: El hecho de que cada lente se optimizara de manera independiente, sin tener en cuenta las características de la otra. Con la tecnología actual, cada lente se calcula individualmen-

te de acuerdo con su prescripción única. Como resultado, los lentes derecho e izquierdo pueden tener diseños diferentes, las imágenes resultantes en la retina no son iguales, y esto puede provocar dificultades para que estas se fusionen en el cerebro. El usuario percibe campos de visión binocular más estrechos.

- **Personalización y lentes progresivos:** Con el tallado digital y los diseños DDV, ha sido posible durante algún tiempo beneficiarse de la personalización de los lentes. Los lentes se adaptan a las características de cada usuario, teniendo en cuenta sus datos individuales, incluyendo los datos de la montura, características individuales del ojo, medidas del comportamiento de cada usuario. Teniendo en cuenta tales especificaciones, los pacientes se benefician de una mayor nitidez y de un mayor confort visual en general. Los espectaculares progresos en los dispositivos de imágenes, materializados en las tecnologías del Visioffice® y el eyecode®, nos permite llegar a un nivel inigualable de personalización que beneficia a los présbitas. Midiendo la posición precisa del centro de rotación del ojo, para cada paciente, es posible ahora devolver el valor exacto de la potencia requerida por cada usuario y localizar exactamente las áreas del lente que son usadas para cada dirección de mirada. Además de estos parámetros avanzados, Varilux S 4D también incluye una nueva y exclusiva medida del ojo dominante con el Visioffice®.
- **El ojo dominante direccional:** ¿Qué quiere decir tener un ojo dominante direccional? De acuerdo con Porac y Coren, el ojo dominante direccional es relativamente inmutable. Es la tendencia a preferir la entrada de información desde un ojo a la entrada de información desde el otro ojo. Esta preferencia se puede expresar en varios términos: mayor claridad de la imagen, mayor estabilidad de la imagen, mejor tiempo de reacción, implica por tanto que el ojo dominante es más sensible que el otro y/o la información del ojo dominante puede ser procesada más rápidamente (Schoen and Scoeld). La primera referencia a alguna forma de dominación lateral se hizo en 1953 cuando Porta discutió la existencia de un ojo dominante en su libro *De Refractione*. En 1973, Coren and Kaplan demostraron tres tipos de dominancia ocular: dominancia direccional, dominancia sensorial y dominancia de agu-

deza. La primera representa el rendimiento en una serie de tareas visuales en la que se suprime la entrada de información de un ojo para no permitir información ambigua ni diplopía y alcanzar los mayores centros visuales. Está unida con los componentes del sistema visual motor. La segunda, dominancia sensorial, define la preferencia de la entrada de información de uno de los dos ojos en el caso de que la información de ambos ojos sea incongruente. La tercera, dominancia de agudeza, consiste en la preferencia del ojo con mejor rendimiento, si es que lo hay. Incluso aunque muchos estudios conducen a interpretaciones diferentes (principalmente debido al hecho de que los resultados son altamente dependientes de las pruebas realizadas usados para hacer las mediciones), es ahora cuando se reconoce que el ojo dominante direccional es el más consistente y está correlacionado con el control motor de los movimientos oculares”.

Para la medida del ojo dominante direccional: “en la actualidad, hay más de 235 publicaciones que contienen información acerca de medidas de la dominancia ocular. Esquemáticamente, se han descrito tres tipos de pruebas: Pruebas de observación, en los que se fuerza una selección monocular, pruebas de observación inconsciente, el más consistente y el que es ahora parte del Visioffice® y una tercera categoría basada en la rivalidad binocular.

Durante muchos años se han hecho un gran número de estudios explorando el ojo dominante direccional utilizando grandes muestras de población, mostrando un alto nivel de consistencia (Porac et Cohen). Aproximadamente el 65% de los observadores fijaban con el ojo derecho, el 32% tenían un ojo dominante izquierdo y el 3% no mostraban preferencia.

La dominancia direccional es un fenómeno constante y este comportamiento es relativamente independiente de la edad cronológica y de las diferencias culturales.

Ojo dominante direccional en los procesos visuales: En dos publicaciones recientes, Shneur y Hochstein, se hablaba de que el ojo dominante tiene preferencia en el proceso visual, quizá infiriendo la inhibición de las representaciones del ojo no dominante.

El ojo dominante lidera desde el punto de vista motor y alcanza el objetivo más rápidamente. Este fenómeno fue mostrado por Kawata y Ohtsuka (2001): Ellos midieron los movimientos de convergencia del ojo en respuesta a los estímulos visuales que tienen lugar en el medio de los dos ojos y moviéndose entre 50 cm y 20 cm de distancia enfrente del sujeto. Los resultados sugieren que el control neuronal de convergencia da preferencia al ojo dominante direccional durante la fase de movimiento inicial.

El ojo dominante direccional comienza su movimiento de vergencia hacia el objetivo más rápidamente. Esto quiere decir que también alcanza primero al objetivo. El ojo dominante direccional no sólo lidera en términos del componente motor de la visión. Algunas entradas de información procedentes del ojo dominante direccional se procesan de manera preferente frente a las entradas procedentes del ojo no dominante: El objetivo por tanto se detecta mejor con el ojo dominante. Esta prioridad implica que el sistema de atención puede ser activado de manera diferente por los dos ojos. El cerebro parece prestar más atención a las entradas procedentes del ojo dominante direccional. Roth and all llegaron a la misma conclusión.

El ojo dominante direccional es la guía direccional para el otro ojo. Está implicado en la percepción de la dirección visual binocular y afecta a la estimación de la localización de los objetos en el espacio.

**Papel del ojo dominante direccional en los lentes progresivos:** Con el fin de demostrar el papel específico del ojo dominante direccional en el uso de lentes progresivos, hemos llevado a cabo experimentos exclusivos cuantificando el impacto de las aberraciones ópticas en el tiempo de reacción durante una tarea de detección visual en visión dinámica. Cuando las aberraciones ópticas aparecen delante del ojo dominante direccional, el tiempo de reacción de los usuarios aumenta. Por esto es aún más importante tenerlo en cuenta en el cálculo de los lentes. Este papel del ojo dominante direccional ha sido demostrado a través de un experimento de realidad virtual. Este experimento se llevó a cabo con muchos sujetos: La mitad con un ojo dominante direccional derecho y la otra mitad con un ojo dominante direccional izquier-

do. Para 4 series de 50 objetivos sucesivos que eran « E » de Snellen con diferentes orientaciones, cada sujeto tenía que fijarse realizar movimientos para buscar las « E » que aparecían en distintas posiciones en la pantalla e indicar su orientación con un joystick. Se aplicaron condiciones de prueba: En condiciones controladas, se emborronaban de manera simétrica los dos ojos; en las condiciones del ensayo se aplicaba un emborronamiento adicional de 0.75D aleatoriamente en el ojo dominante direccional y en el ojo no dominante. Los resultados muestran que el tiempo de reacción es significativamente más alto cuando se emborrona el ojo dominante direccional ( $p < 0.05$ ). La variación en el tiempo de respuesta comparado con las condiciones de control interfiere consistentemente en el ojo dominante direccional (95% intervalo de confianza) mientras que no interfiere para el otro ojo.

**Tecnología exclusiva 4D:** Una concepción binocular única es la base de Varilux S 4D. La visión binocular está basada en un análisis cerebral de las dos imágenes recibidas de cada uno de los dos ojos y del papel que juegan cada uno de los ojos.

Las imágenes derecha e izquierda deberían ser ópticamente similares para mejorar la sumación binocular y asegurar un rendimiento visual óptimo. Esto es el objetivo principal de la tecnología SynchronEyes.

El ojo dominante direccional se debe priorizar, ya que juega un papel preponderante como director de la función motora de la visión, y es particularmente importante en la visión dinámica.

El proceso de cálculo del Varilux S 4D considera ambos ojos como un par pero da prioridad al ojo dominante. El ojo dominante direccional determina el diseño más apropiado, personalizado para conseguir la mejor visión. Después de 50 años innovando en lentes progresivos, es bien sabido que ciertos patrones de diseño ofrecen un mejor rendimiento a determinadas categorías de usuarios (los movedores de cabeza requieren una distorsión baja, los miopes dan preferencia a la nitidez de las imágenes...).

Una vez que hemos identificado la importancia del ojo dominante en el comportamiento binocular, Varilux S 4D se personaliza teniendo en cuenta las características específicas del ojo dominante, resultando un diseño único para el usuario.

La personalización comienza con las características del ojo dominante, incluyendo:

- Potencia de lejos
- Astigmatismo y eje
- Adición
- Distancias nasopupilares monoculares
- Parámetros del eyecode.

A partir de aquí, se determina para cada usuario un patrón de diseño optimizado. Con la tecnología SynchronEyes este patrón de diseño se utiliza para la fabricación de ambas lentes y de esta manera asegurar una perfecta fusión y unas prestaciones optimizadas en un único diseño.

- Paso 1: medida de los parámetros de personalización del usuario para construir un sistema binocular (ojo cíclope, entorno, sistema de coordenadas...)
- Paso 2: definición de un diseño óptico binocular teniendo en cuenta el papel protagonista del ojo dominante direccional en la visión binocular.
- Paso 3: Aplicar el diseño óptico binocular para ambos ojos gracias a la optimización simultánea de los lentes derecha e izquierda.

Este proceso de varios pasos da lugar a un par de lentes con un diseño completamente nuevo e innovador. Esta personalización binocular, respetando el papel protagonista del ojo dominante, asegura no solamente campos con la mayor amplitud (Fig. 5-19), también asegura una transición fácil y fluida entre las zonas y una respuesta de visión maximizada. Para el usuario: Campos de Visión extra amplios, una reacción visual más rápida, y Visión al Instante”.

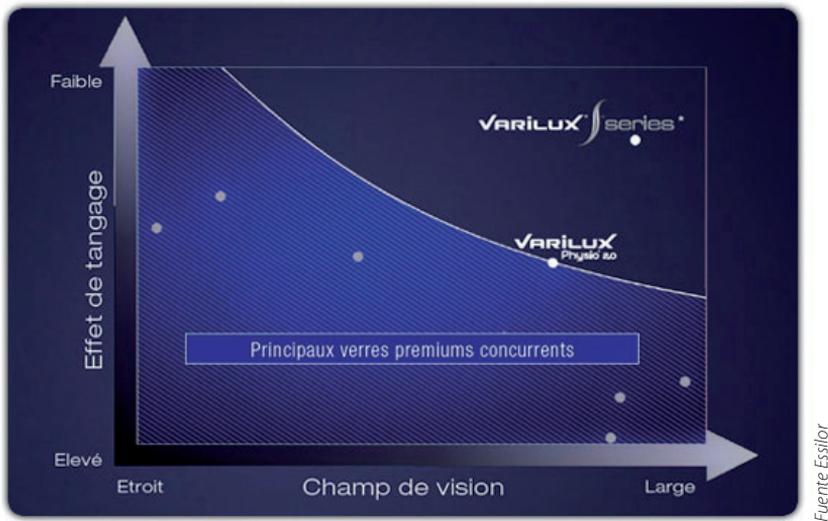


Figura 5-19. Campos de Visión

**Nanoptix Technology™:** “La mayoría de las veces, los usuarios describen el efecto balanceo con sus lentes progresivos cuando bajan escaleras: « Me siento inseguro al bajar las escaleras ». Técnicamente, el efecto balanceo es el resultado de las perturbaciones que se producen con los lentes progresivos en la percepción del espacio. Estas perturbaciones ocurren primero en visión estática, cuando el usuario y su entorno no están moviéndose: Las imágenes aparecen nítidas pero distorsionadas. Los usuarios refieren por ejemplo que «Las líneas rectas parecen curvadas».

El efecto balanceo aparece en visión dinámica, cuando el usuario y su entorno se están moviendo: la distorsión de la imagen varía en el campo de visión dependiendo de los movimientos. Los usuarios refieren que «al mover la cabeza, sienten que todo se mueve cuando no debería de hacerlo». Tanto los defectos dinámicos como los estáticos interfieren en la percepción del usuario.

En visión monocular estática, existen varios efectos relacionados con la distorsión:

- Las imágenes se magnifican: dependiendo de la potencia de los lentes, los objetos se percibirán por el usuario como más pequeños (lentes negativos) o más grandes (lentes positivos).

- Las líneas rectas se perciben curvadas. Este efecto se agrava particularmente en la zona de la adición: Un estudio llevado a cabo por Faubert and all muestra que la sensibilidad a la curvatura de las líneas es mayor en el campo visual inferior que en el campo visual superior.
- La distorsión geométrica de la imagen altera los índices estáticos monoculars de perspectiva, aquellos que permiten a un observador percibir la inclinación de un plano: por ejemplo en la zona de la adición, la perspectiva y la percepción en profundidad pueden ser alterados porque los objetos vistos a través de la zona inferior del lente aparecen más cerca que los que se ven a través de la parte superior

Los usuarios consideran que los efectos de distorsión en visión binocular dinámica conocidos como « efecto balanceo » son más molestos que los que se observan en una situación estática, porque los objetos parecen moverse de manera poco natural en el campo visual: Este efecto balanceo puede ser la causa de los problemas de adaptación. Puede también dar lugar a una inestabilidad postural.

Esto se ha demostrado a través de un experimento llevado a cabo por Faubert and Allard en el que se utilizó un simulador virtual. Este simulador permite crear un entorno en 3D ideal para estudiar los efectos dinámicos de la distorsión: Una distorsión visual variable (cuya amplitud puede ser controlada) se presenta en un sujeto equipado con dos detectores para medir su postura (localizados su cabeza y su espalda); los resultados muestran que la inestabilidad postural aumenta considerablemente con la amplitud de la distorsión variable.

En casos más extremos, el efecto balanceo puede dar lugar incluso a mareos, vértigos o náuseas. Estos efectos adversos son causados por el conflicto existente entre los sistemas vestibular y oculomotor. De hecho hay un cambio entre el desplazamiento visto por el sujeto y el desplazamiento del entorno real percibido a través del sistema vestibular.

**¿Por qué los lentes progresivos inducen efecto balanceo?** Un lente genera desviaciones prismáticas o del haz de luz: - En visión central estática, la

desviación del haz de luz hace que los objetos “aparezcan” deslocalizados - En visión estática periférica, la desviación del haz de luz varía según la dirección de mirada: cada punto objeto de un campo dado aparece con su propia «deslocalización», y la imagen es percibida distorsionada. - En visión dinámica, esto da lugar al efecto balanceo, el cual se puede simular a través de un trazado de rayos real: El usuario está mirando el punto O de la rejilla con visión central y percibe otros puntos de la rejilla a través de su visión periférica; cada punto periférico B de la rejilla gris inicial se ve como procedente de B', debido a la desviación D del haz de luz generada por el lente. En resumen, para todas las direcciones de mirada, para un lente progresivo, el trazado de rayos muestra que la rejilla gris se ve como viniendo de la rejilla roja. Las variaciones de la desviación entre la parte superior e inferior del lente progresivo inducen a una distorsión de la imagen heterogénea.

Si vamos un paso más allá, la desviación de los rayos puede ser también simulada con un trazado de rayos real cuando el usuario está moviendo la cabeza: El usuario continua mirando en la dirección central al punto O de la rejilla; cada línea periférica AB de la rejilla gris inicial se ve viniendo de A'B': pero con el movimiento de la cabeza A'B' se mueve. Y como consecuencia de todo, la rejilla roja parece moverse de manera poco natural en el campo de visión. Esto da lugar al efecto balanceo.

**Herramientas actuales para reducir el efecto balanceo.** En una primera aproximación, de acuerdo con la Ley de Prentice, la desviación del haz depende de la excentricidad de la dirección de mirada y de la potencia local: la desviación del haz aumenta a medida que aumenta la excentricidad de la dirección de mirada y la potencia local, La derivada de la ley de Prentice muestra además que la variación en la desviación depende también de la variación de la potencia, y por lo tanto del diseño óptico: Cuanto mayor es la variación de la potencia, mayor es la variación de la desviación. Una primera herramienta para reducir la variación de la desviación y el efecto balanceo, es reducir la variación de la potencia, es decir suavizar el diseño de los lentes. Sin embargo controlar el efecto balanceo suavizando el diseño implica también reducir los campos de visión.

La ley clásica de Prentice es tan solo una aproximación. Para ser más correctos, debería ser completada haciendo referencia a la forma de los lentes incluyendo la curvatura de la parte frontal del lente, así como el espesor y la distancia al vértice. Optimizando estos parámetros, es posible reducir la variación de la desviación, preservando al mismo tiempo la distribución de la potencia y por tanto el diseño del lente.

**El cálculo de Nanoptix conduce a una geometría exclusiva.** Nanoptix rediseña completamente la estructura fundamental de los lentes durante su cálculo, abriendo nuevos grados de libertad para controlar el efecto balanceo. En vez de considerar los lentes con una forma general, Varilux S Series es el primer lente que se calcula a partir de miles de microelementos. Durante el cálculo de Varilux S Series, se optimiza la longitud y la posición de cada microelemento (Fig. 5-20):

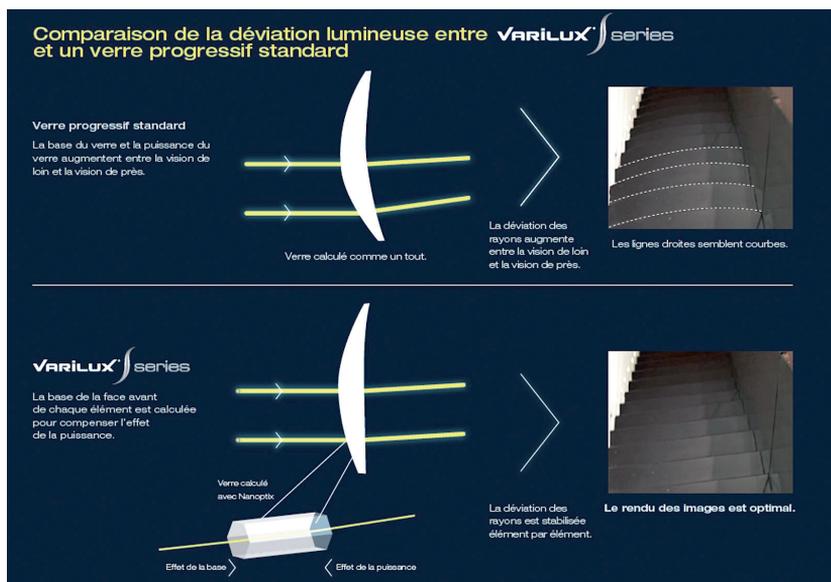


Figura 5-20 Serie S- Nanoptix

- La longitud de cada elemento se calcula de manera que devuelva la potencia correcta en cada punto del lente.
- La posición de cada elemento se calcula para que coincida con la forma del lente requerida en cada punto.

- El lente se construye elemento a elemento antes del paso de interpolación para asegurar la continuidad del lente al final del proceso de cálculo.

Vamos a comparar Varilux S Series con un lente progresivo estándar:- Un lente estándar se calcula como un todo: la curva base del lente y la potencia aumentan simultáneamente entre la visión lejana y la visión cercana. La desviación del haz no es estable: la desviación varía entre la visión de cerca y de lejos, los usuarios experimentarán efecto balanceo, y éste será peor cuanto mayor sea la adición de la prescripción.

Por primera vez en Varilux S series, la forma y la potencia local se controlan elemento por elemento, dando lugar a una geometría exclusiva. Controlando la desviación del haz elemento por elemento, la variación en la desviación se reduce considerablemente. El usuario por tanto tendrá equilibrio en movimiento, incluso para altas adiciones.

**Beneficios de Nanoptix:** Los beneficios de Nanoptix se han demostrado a través de análisis y de experimentos en el laboratorio de I+D. En el laboratorio de I+D se demuestra que con Varilux S Series se reduce hasta un 90% el efecto balanceo en comparación con las principales lentes progresivos premium.

Los beneficios de Nanoptix han sido también probados con experimentos en simulador virtual de lentes de Essilor I+D mostrando que la tecnología Nanoptix es, con mucho, elegida por la gran mayoría de los usuarios frente a la tecnología tradicional.

**S Digital Surfacing:** Como el proceso exclusivo de cálculo de Nanoptix da lugar a superficies extremadamente complejas, el proceso de fabricación de Essilor ha evolucionado profundamente. S Digital Surfacing, un nuevo proceso patentado, que se beneficia de todas las prestaciones del retallado digital y es hasta 5 veces más preciso gracias a un exclusivo proceso en bucle”.

**SynchronEyes™: “Visión Binocular Natural.** Los humanos tienen dos ojos separados por una corta distancia (63 mm de media), de manera que gran

parte del mundo es visto simultáneamente con los dos ojos con puntos de vista ligeramente diferentes. Cada retina transmite su imagen monocular, a través de las vías visuales al córtex visual, en el que se hace un análisis para transformar ambas imágenes en una percepción del mundo única y tridimensional. Este proceso en el que se forma una única y nítida percepción del mundo se conoce como visión binocular.

## La visión binocular se divide en tres etapas

- La **percepción simultánea** es el primer grado de la visión binocular. El córtex visual recibe y analiza estímulos de ambos ojos sin suprimir información proveniente de cada uno de los 2 ojos por separado.
- El segundo grado es el proceso de fusión, éste proceso permite la integración de las dos imágenes retinianas proyectadas en el córtex visual en una única percepción. Una buena fusión resulta de una óptima sumación binocular. Se dice que ocurre sumación Binocular cuando la detección visual o la discriminación con los dos ojos es mejor que la del mejor ojo: Por ejemplo la literatura muestra como mejora la agudeza visual y la sensibilidad al contraste con los ambos ojos frente a la visión monocular.
- La tercera y última etapa de la visión binocular es la estereopsis, aunque las imágenes del mundo exterior proyectadas en la retina son esencialmente bi-dimensionales, los humanos percibimos el mundo en tres dimensiones. La estereopsis proporciona una buena percepción de la distancia y de la profundidad.

**Impacto de los lentes progresivos en la visión binocular natural.** Los estudios muestran que es necesario un buen equilibrio (forma y tamaño similar) entre las imágenes de la retina derecha y de la retina izquierda para una buena sumación binocular y una buena percepción en profundidad.

- Castro et all demostraron que cuando ambos ojos tienen imágenes con niveles similares de calidad óptica, la sumación binocular es más alta independientemente de la edad. Ellos midieron el radio de Strehl para cada ojo, y encontraron una correlación estadística significativa entre la sumación binocular y diferencias del radio de Strehl entre los 2 ojos.

- Castro et all. fueron más allá llevando a cabo experimentos relacionados con la percepción en profundidad: "El objetivo era evaluar qué papel jugaban las diferencias inter oculares en la calidad de la imagen retiniana en la percepción estereoscópica en profundidad. Los datos fueron tomados en 25 sujetos de entre 21 y 61 años. El resultado muestra una significativa correlación entre la máxima disparidad y las diferencias inter oculares en el radio de Strehl: cuanto más pequeñas sean las diferencias, más alta es la disparidad máxima."

Pero los lentes progresivos alteran el equilibrio natural de las imágenes retinianas derecha e izquierda, y esto afecta a la visión natural binocular. Esto puede llevar a que se produzcan dificultades en la fusión de las imágenes, en la percepción en profundidad, y reducción de los campos de visión binocular.

**Herramientas actuales para controlar la visión binocular.** El control de la visión binocular en productos oftálmicos ha sido reclamado desde hace muchos años. Dos herramientas se usan actualmente para mejorar el equilibrio entre las imágenes retinianas derecha e izquierda.

La primera herramienta es la localización de las zonas de visión que tienen que estar asociadas a las necesidades de convergencia. Las zonas de visión del diseño de los lentes tienen que estar centradas a lo largo de una línea meridiana, que representa las principales direcciones de mirada utilizadas por el usuario para ver a través de sus lentes a todas las distancias y que pasa a través de la zona de visión de lejos y de la zona de visión de cerca. En particular la zona de visión de cerca tienen que estar desplazada lateralmente respecto a la zona de visión lejana, de manera que así se tienen en cuenta los efectos prismáticos y la convergencia en cerca del ojo: esto es el inset que se puede calcular como una función de la distancia pupilar monocular, distancia al vértice, distancia de lectura (potencia de lejos, adición).

La segunda herramienta es la distribución de potencias y aberraciones en el lente, que deberían de ser consideradas en caso de visión periférica. Para preservar el equilibrio entre las imágenes retinianas derecha e izquierda, los fabricantes han reclamado durante años buenos diseños nasal/temporal para resolver este problema, incluso en los casos de prescripciones con astigmatismo.

Sin embargo, hoy, independientemente del método, el cálculo de los lentes está basado en una «concepción monocular» la cual tiene en cuenta una referencia monocular centrada en la consideración del Centro de Rotación del Ojo, las propiedades de cada ojo, la prescripción de cada ojo...esto asegura las prestaciones para cada ojo, pero no garantiza el equilibrio entre las imágenes retinianas derecha e izquierda.

**SynchronEyes, una revolución en el Diseño:** SynchronEyes tiene en cuenta las diferencias fisiológicas entre los dos ojos: El diseño óptico para un ojo dado, tienen en cuenta la prescripción para el otro ojo, para garantizar imágenes retinianas similares entre los 2 ojos. Son necesarias las prescripciones de ambos ojos para pedir cada uno de los lentes.

Para calcular los lentes con SynchronEyes, los diseñadores de Essilor usan un sistema binocular basado en tres elementos:

- El ojo cíclope: justo como el Cíclope de la mitología griega, los humanos ven el mundo desde un ojo cíclope situado anatómicamente entre los dos ojos. El ojo cíclope está situado a media distancia entre los centros de rotación de ambos ojos.
- Un entorno 3D, el cual describe la distancia de los objetos vista como una función de la dirección de mirada.- Un sistema cíclope de coordenadas descrito en la (Fig. 5-21: para cada dirección de mirada ( $\alpha_1$ ,  $\beta_1$ ) del ojo cíclope, el entorno 2D proporciona un punto objeto dado O. Desde el punto objeto O, el trazado de rayos proporciona la dirección de mirada del ojo derecho ( $\alpha_{R1}$ ,  $\beta_{R1}$ ) y del ojo izquierdo ( $\alpha_{L1}$ ,  $\beta_{L1}$ ). La dirección de mirada izquierda y derecha se cruzan con zonas del lente del ojo derecho y del ojo izquierdo respectivamente llamadas "zonas correspondientes".

Contrariamente a los diseños de lentes monoculares, SynchronEyes une "zonas correspondientes" similares izquierda y derecha y a partir de aquí obtiene imágenes retinianas similares izquierda y derecha a través de tres pasos: - Paso 1: medida de los parámetros de personalización para construir un sistema óptico binocular. - Paso 2: definición de un objetivo óptico binocular, de acuerdo con los parámetros del usuario y el sistema binocular - Paso 3: aplicar

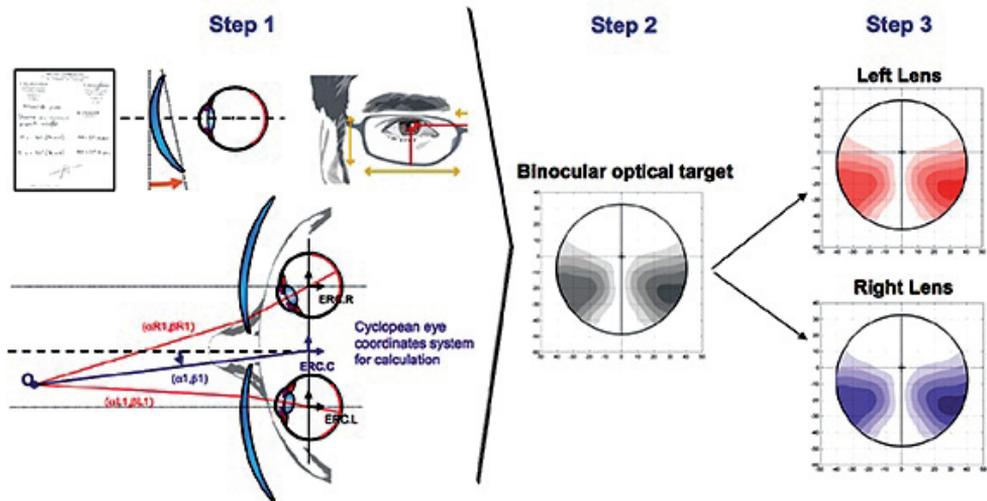


Figura 5-21. Sistema Cíclope

el diseño óptico binocular a ambos ojos gracias a la optimización del lente derecha e izquierda de acuerdo con el objetivo óptico binocular.

**Beneficios SynchronEyes:** Vamos a comparar los beneficios de Varilux S Series con un lente estándar. Para un lente estándar: El lente derecho e izquierdo se calculan independientemente. Al mirar por la periferia, la dirección de mirada del usuario cruza por zonas del lente derecho e izquierdo con diferentes características. Las imágenes retinianas del lente derecho e izquierdo son cualitativamente diferentes lo que da lugar a un desequilibrio binocular. El usuario percibe campos de visión reducidos, y esto empeora cuando la diferencia de prescripción entre los dos ojos es mayor.

Con Varilux S Series, por primera vez, el cálculo del lente derecho e izquierdo se sincroniza teniendo en cuenta la diferencia de prescripción entre los dos ojos. Al mirar por la periferia, la dirección de mirada del usuario cruza por zonas del lente derecho e izquierdo que tienen características ópticas similares. Las imágenes retinianas derecha e izquierda son de una calidad óptica similar lo que asegura el equilibrio binocular. El usuario disfruta de amplios campos de visión incluso cuando la diferencia de prescripciones entre los 2 ojos aumenta.

Los beneficios de SynchronEyes han sido demostrados a través de análisis en el laboratorio de I+D: los resultados muestran que Varilux S Series presenta campos de visión hasta el 50% más amplios que un lente progresivo Premium."

Los conceptos descritos intuyen una optimización en los diseños personalizados, sin embargo cuando un paciente se somete a las pruebas de miradas extremas en las cuales algunos giran más los ojos que la cabeza, se presta para fallas en la prueba ya que si expresamente se le indica que en forma natural mire los objetos luminosos periféricos del visiooffice se corre el riesgo de hacer consciente un acto que en condiciones normales es inconsciente. Dicho de otra manera, si se instruye al paciente expresándole las dos alternativas podrá hacer una acción contraria a la que habitualmente hace; desplazar la cabeza en vez de los ojos o viceversa. Por estas consideraciones debe mencionarse simplemente que mire las luces que pueden aparecer aleatoriamente en los campos laterales derecho e izquierdo.

El apoyo técnico del Visiooffice (Fig. 5-22 A y B) se ha convertido en un equipo de capital importancia para el desarrollo de las correcciones optométricas que requieren una personalización de los lentes especialmente los de diseño progresivo. Por esta razón resaltamos sus características principales:



Figura 5-22. A. Vissiofice



Figura 5-22. B. pantalla visiooffice

Cortesia Essilor

Cortesia Essilor

- Sistema de medición universal
- Todas las medidas son calculadas y mostradas en pantalla en tan sólo 20 segundos
- Permite realizar todas las medidas necesarias que requieren los lentes oftálmicos (distancias inter y naso pupilares, alturas focales, compensación de vértice, inclinación, ángulos pantoscópicos y panorámicos, etc.)
- Permite tomar una medida dinámica 3D del ojo, basada en la localización de la posición exacta del Centro de Rotación Ocular, para poder crear los lentes más individualizados posibles (Fig. 5-23).
- Medida única y variable para cada paciente al tener en cuenta la postura natural de cabeza y movimientos ojos/cabeza para un adecuado comportamiento visual.
- Medidas de las dimensiones de la montura (altura, diámetro efectivo y distancia mecánica).

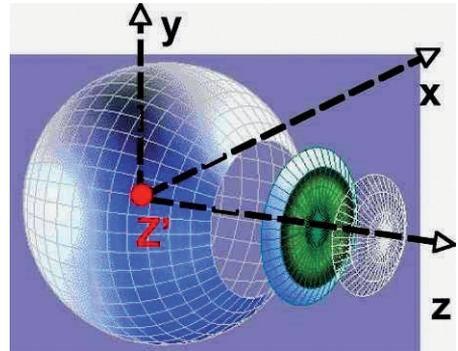


Figura 5-23.  
Centro de Rotación Ocular- CRO

## Zonas Principales

Con el desarrollo de la talla digital optimizada los laboratorios han disminuido significativamente sus inventarios puesto que por métodos convencionales de talla se requería un gran número de curvas bases ya terminadas y actualmente

Sea cual fuere la casa fabricante, cualquier progresivo consta de cinco zonas definidas: visión lejana, visión próxima, visión intermedia y dos zonas periféricas de distorsión (Fig. 5-24).

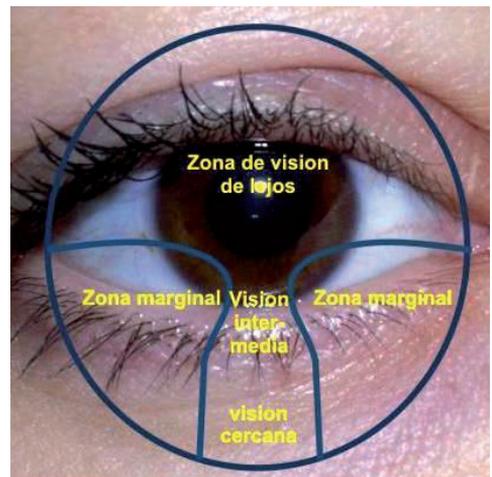


Figura 5-24. Zonas Principales

La **zona de visión lejana** corresponde a la sección superior y tiene un área útil cercana a 170° efectivos de campo libre de distorsión, generando unos 5° a lado y lado de distorsión marginal.

La **zona intermedia**, corredor o pasillo fluctúa de 12 a 16 mm de alto por 5,5 a 8 mm de ancho y es quizás el mayor reto que enfrentan los diseñadores para optimizar la visión intermedia sin sacrificar visión próxima y sin producir en exceso astigmatismo marginal. La zona ideal sería la más ancha y corta posible, pues si se requiere de una zona de visión próxima ancha se debe sacrificar la amplitud de la intermedia y viceversa. Aunque en esta época se han perfeccionado de tal manera que actualmente se cuenta con zonas amplias tanto en visión intermedia como cercana y con distorsiones marginales muy pequeñas e inferonasales.

La **zona cercana** está predeterminada por las dimensiones del corredor o zona intermedia; actualmente se pueden conseguir progresivos con valores de 15 a 22 mm de ancho para esta zona siendo suficiente para los requerimientos de campo visual en visión próxima, siempre y cuando se respete la altura mínima efectiva de 17 a 22 mm.

Las **zonas de distorsión o marginales**, se refieren a las áreas periféricas producidas por las curvas esféricas necesarias para generar la progresión gradual de poderes en el meridiano vertical. Estas zonas generan astigmatismos periféricos nasales y temporales de acuerdo a la adición de lectura. Con las nuevas generaciones freeform se han llegado a minimizar de tal manera que por cada dioptría de adición se induzca tan solo 0.75 de astigmatismo. Asimismo los diseños personalizados han logrado llevar hacia la porción periférica nasal inferior el valor más alto de astigmatismo, favoreciendo la visión periférica temporal.

## Marcas de identificación

Las siguientes convenciones internacionales se usan para identificar las características, puntos focales, tipo de lente y adición que se contemplan en cualquier progresivo:

- **Centro geométrico** o punto de mayor referencia (PMR): Corresponde también al centro óptico en todos los lentes que no tengan descentraciones prismáticas.
- **Cruz de ajuste:** debe coincidir con el centro pupilar del paciente en posición primaria de mirada. Está localizada 2 mm por encima del Centro geométrico y es de capital importancia para el control de ajuste en el paciente.
- **Línea Horizontal o de 180°:** Tiene aplicación en el laboratorio para controlar el lente en su proceso de fabricación.
- **Puntos de identificación:** son marcas en alto o bajo relieve a lado y lado del centro geométrico sobre la línea horizontal, que sirven para reubicar las plantillas de control.
- **Grabados:** existen dos ubicados por debajo de los puntos de identificación, el nasal corresponde a la marca del lente y el temporal al valor de la adición de lectura (Fig. 5-25).

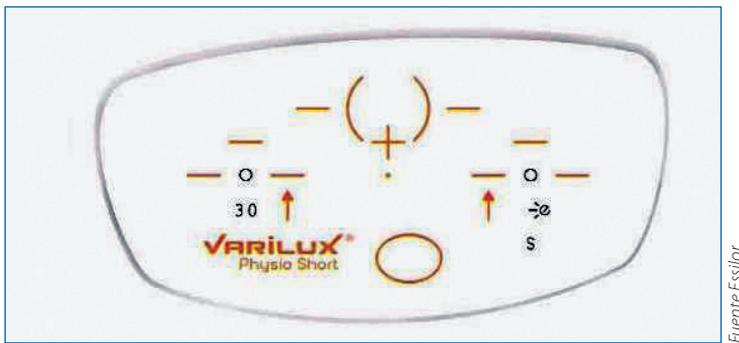
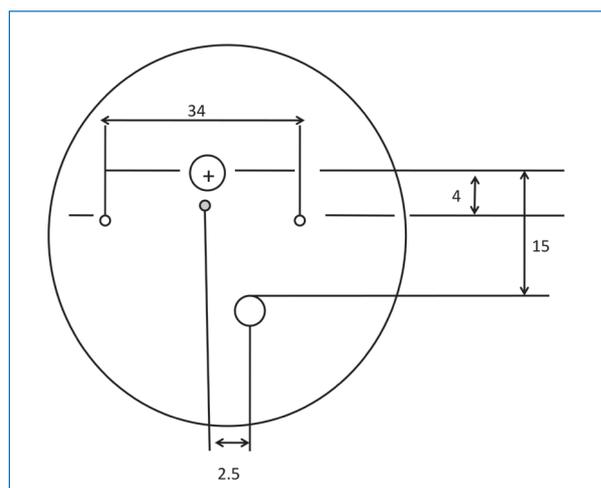


Figura 5-25. Grabados Lente Progresivo

- **Círculos de poder:** el superior corresponde al área donde debe medirse en el lensómetro el poder para distancia y el inferonasal para visión próxima en casos que no exista grabado el valor correspondiente.

Teniendo en cuenta las marcas de identificación las cuales deben ser coincidentes con las alturas focales de cada ojo, distancia nasopupilar, inclinación pantoscópica, línea de 180 y la cruz de ajuste se logra el centrado óptico biocular. Es necesario para el procesamiento de cada lente tener en cuenta que (Fig. 5-26):



Dibujo Nubia Parra

Figura 5-26. Marcas de Identificación

- La cruz de ajuste esté situada en frente de cada ojo en posición primaria de mirada.
- Las líneas de 180° mantengan la horizontalidad
- La montura esté ubicada en la distancia al vértice apropiada.
- La inclinación pantoscópica corresponda a la preajustada
- La montura esté ergonómicamente y ergométricamente ajustada al paciente.

## Adaptación

Para el éxito de una adaptación de progresivos que permita una congruencia del sistema visual, la ametropía, las características oculares, el tipo de usuario y la montura es necesario considerar:

**Tamaño y forma de la montura:** Ningún otro tipo requiere de tantas exigencias en la escogencia del armazón. Deben seleccionarse para los no compactos con un mínimo de 29 mm. en el diámetro vertical del ojo de la montura (Fig. 5-27) puesto que se requieren por lo menos 16 mm. (Preferiblemente 17 mm) en altura del centro de la pupila al borde inferior del ojo de la montura.

La forma de la montura en la parte nasal no debe sacrificar áreas de lectura, por lo tanto formas estilo piloto son contraindicadas. De igual manera,

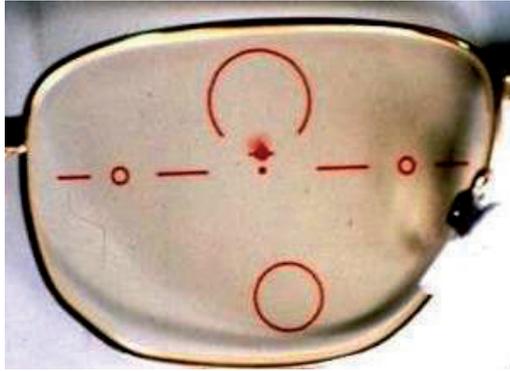


Figura 5-27. Tamaño y Forma de la Montura

como comenta Oscar Silio Gamazo en su guía "Progresivos", no es recomendable para correcciones positivas, seleccionar monturas de nylon al aire o de 3 piezas, puesto que el espesor en la periferia es mínimo con riesgo de rotura además de la dificultad en el ajuste ergonómico de las angulaciones.

**Angulo pantoscópico:** Permite mantener la distancia al vértice en los cambios de mirada de lejos a cerca (Fig. 5-28).

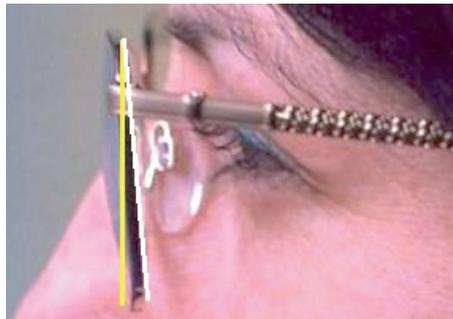


Figura 5-28. Ángulo Pantoscópico

Una mayor inclinación es necesaria, para reducir al máximo posible la distancia entre la cara posterior inferior del lente y el vértice corneal. Esta, debe aplicarse para mejorar el desempeño del lente en visión lejana y aprovechar eficientemente el campo de visión próxima.

En los nuevos progresivos no personalizados, donde la adición está ubicada en la superficie anterior, es necesario aplicar una inclinación pantoscópica de  $5^\circ$  a  $8^\circ$ .

Con los diseños *freeform* y *S series* la inclinación pantoscópica no es tan crítica ya que en algunos casos todo o parte del valor de la adición se encuentran en la superficie posterior del lente. La inclinación debe aplicarse en el talón de la bisagra, antes de realizar la medición de las alturas; por esta razón deben preferirse monturas metálicas.

Un ángulo pantoscópico inadecuado puede inducir:

- Disminución de la amplitud horizontal de los campos de visión intermedia y cercana, cuando la inclinación está ausente o es insuficiente.
- A bajar la mirada del paciente para hacer coincidir el valor el punto de lectura, cuando la inclinación es excesiva

**Angulo panorámico:** Antes de la marcación de los centros pupilares, es preciso cerrarlo simétricamente unos  $5^\circ$  en ambos ojos de la montura para acercar los lentes a la córnea y alejar del área para-central algunas zonas con astigmatismo marginal (Fig. 5-29).

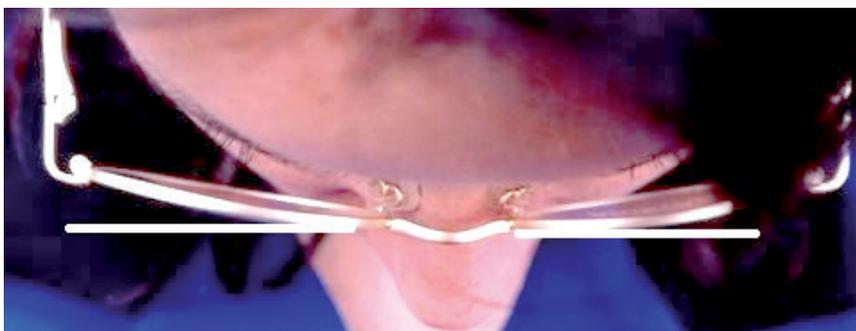


Figura 5-29. Panorámico

**Distancia vértice:** Debe ser la menor posible (14 mm o menos) con el fin de aprovechar al máximo el campo de visión nítida de las secciones intermedia y próxima. Asimismo, en caso de lentes negativas altas reduce la minificación de la imagen. Monturas que no permitan reducir al máximo esta distancia deben desecharse; sin extremar la reducción, en pacientes con pestañas muy largas o algunas fórmulas positivas con poca curva en la cara posterior.

Cuando la distancia al vértice es excesiva el campo visual se afecta en forma significativa como se puede observar en la (Fig.5-30). Para una distancia al vértice de 14 mm. considerada como óptima se obtendrá un 100% de campo visual. El exceso o defecto de esta distancia afectará el campo Si los anteojos se alejan a 18 mm. habrá una reducción del campo en un 25% . Este fenómeno será más crítico cuanto más alto sea el valor de la adición de lectura y peor aún si el pacientes es hipermetrope/présbita.



Figura 5-30. Distancia Vértice larga

**Distancia naso-pupilar:** Sin lugar a dudas debe ser tomada con toda la precisión posible y si además, se determina la existencia de asimetrías craneales, auriculares, oculares, pupilares (ángulo Kappa) y del puente nasal, es mucho más confiable y por qué no decirlo imprescindible el interpupilómetro digital, con la certeza que cuatro medidas diferentes (2 de lejos y 2 de cerca), garantizan el centrado horizontal del sistema multifocal a las diferentes distancias (Fig. 5-31).



Figura 5-31.  
Distancias Naso-pupilares

**Altura Focal:** Debe realizarse posterior al ajuste de la montura seleccionada y de los ángulos pantoscópico y panorámico. Al tomarse, hay que tener sumo cuidado que la cabeza del paciente, en posición primaria de mirada sea lo más natural posible, por lo general, levemente incli-

nada hacia adelante o mejor, como describe el profesor Ney Dias "En posición de descanso o reposo, con el paciente de pie y mirando derecho al frente. El observador se sitúa aproximadamente a 1 mt. de distancia". Corresponde al valor monocular en milímetros, del centro de la pupila al borde inferior interno de cada aro, (Fig. 5-32) y es individual para cada ojo.

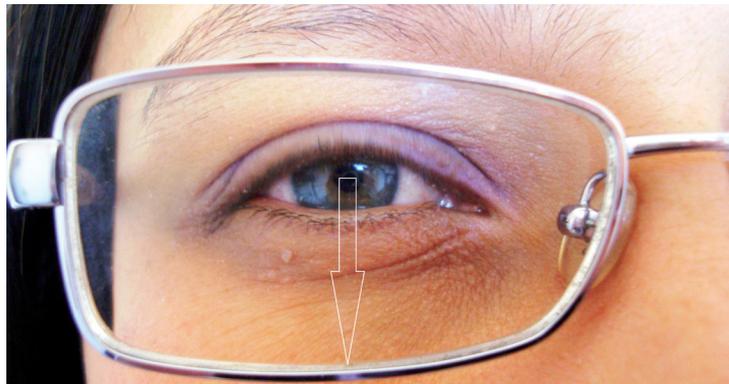


Figura 5-32 .Altura Focal

Puede medirse de forma sencilla marcando sobre el lente en uso o la plantilla de demostración (Demo lens) el centro pupilar con respecto al aro, o en su defecto, midiendo con la reglilla milimétrica. Corresponde al valor en milímetros tomado desde el borde interno del aro en la parte inferior hasta el centro de la y fluctúa entre 14 a 22 mm. Estos sistemas, si bien son económicos y muy simples, corren ciertos riesgos de imprecisión por paralaje.

Para evitar errores, se ha diseñado instrumentos muy precisos (ej. El Visioffice), en la determinación de la altura necesaria para monofocales esféricos, bifocales, trifocales y en este caso progresivos. El instrumento está basado en el mismo principio de los interpupílometros de reflexión, pero usa como fuente un sistema digital infra-rojo que permite determinar las alturas individuales para cada ojo.

**Necesidades visuales y ocupacionales:** Si bien es cierto, que este sistema suple las deficiencias visuales a varias distancias, es importante que se realice una anamnesis exhaustiva, para conocer las limitaciones que se puedan tener en las diferentes tareas visuales, al conocer las áreas y distancias de trabajo.

Es indudable que algunas actividades como: ver televisión acostado, leer en posiciones diferentes a la convencional y observación de áreas muy amplias como planos en arquitectura, no se satisfacen adecuadamente; por lo tanto, es necesario contar por lo menos, con otro par de monofocales, para la distancia preferencial ocupacional.

**Tipos de usuarios:** Se debe conocer la variedad de opciones que proporcionan los fabricantes para seleccionar el diseño más eficiente en cada caso. Es importante resaltar algunas consideraciones en los diferentes usuarios. Para pacientes con uso previo de:

**Monofocales:** cuando se requiere inducir a un présbita al uso de progresivos sin haber utilizado ni siquiera bifocales, es preferible seleccionar un diseño con corredor más ancho y con una zona de lectura más estrecha, puesto que a pesar de sacrificar milímetros en la zona de cerca, no tendrá opción de comparar.

**Bifocales:** Como estos pacientes están acostumbrados a tener para visión próxima zonas amplias (25 a 28 mm), es preferible para iniciarlos utilizar un progresivo con corredor más estrecho y con zona de lectura más ancha (cerca a 23 mm). Ya que nunca han tenido la opción de contar con visión intermedia es más fácil su adaptación a la estrechez del corredor

**Trifocales:** Tal vez son los pacientes más fáciles de adaptar, ya que han utilizado la tercera área, pero es necesario seleccionar progresivos de diseño avanzados, es decir, corredores y zonas de cerca amplias, advirtiéndoles las molestias que presentarían en la visión periférica.

**Progresivos:** Los casos de más cuidado, puesto que la readaptación debe ser siempre hacia un diseño que sea igual o más eficiente y de igual manera, que satisfaga las prioridades de distancia de trabajo. Por ejemplo, si sus prioridades son para visión próxima es preferible una zona de cerca amplia y si es para uso de computador (intermedia) la prioridad será seleccionar progresivos con corredor más ancho. Pacientes que lleven mucho tiempo sin cambiar sus lentes, si las diferencias en la adición son mayores a 0.75, es imperativo readaptarlos

a diseños más avanzados, puesto que si mantienen el mismo diseño, notarán una estrechez de las áreas de media y cerca.

**Con pronóstico reservado:** Debido a su complejo diseño, es necesario manejar con cierta cautela los siguientes casos:

- Anisometropías clínicas mayores de 4.00 Dpts.
- Poderes esféricos superiores a  $-10.00$  y  $+8.00$ .
- Cilindros superiores a 3.00 con ejes oblicuos.
- Correcciones prismáticas especialmente verticales.
- Adiciones superiores a  $+1.75$  de primera vez.
- Nistagmos
- Ojo único
- Alteraciones significativas de la convergencia y disfunciones heterofóricas.

Adicional, es importante analizar a los miopes de valores menores a 2.5 dioptrías, ya que pueden tener dificultades en la adaptación, ya que retirándose sus anteojos de lejos pueden leer perfectamente sin ninguna corrección.

### Pronóstico de adaptación

Factores	Problemas Potenciales		
Predisposición	Normal	Nervioso poco Adaptable	Rígido, Muy Nervioso
Motivación	Positiva, personal	Neutra	Desconfianza, Rígido, Muy Nervioso
Edad	Prébita Incipiente 40 – 49 años	50-60 años	Mayor de 60
Adición de primera vez	Hasta 1.25	De 1.25 a 2.50	Más de 2.50

Factores	Problemas Potenciales		
Corrección Anterior	Ninguna, Monofocal	Bifocal	Trifocal
Utilización Predominante	Visión de lejos	Lejos y Cerca	Cerca
Defectos Visuales	Astigmatas, Miopes Fuertes	Emétropes, Hipermetropes	Miopes 3.00 ó Anisometropes
Aspectos Fisiológicos	Personas normales	Problemas de Movilidad Cervical	Nistagmus, Estrabismo, Hipertropia

Existen múltiples factores que permiten al optómetra definir si sus pacientes pueden ser o no buenos candidatos para la adaptación de lentes progresivos.

Tomando como referencia el cuadro de factores que influyen en la adaptación consignados en el *Manual de Lentes Progresivos* de INDO ([www.indo.es](http://www.indo.es)) y adaptándolo al pronóstico clínico, se pueden resumir en el siguiente gráfico, los factores más relevantes:

**Instrucciones de uso y adaptación:** El éxito de la adaptación depende en gran parte de las instrucciones que se impartan a los usuarios de primera vez:

- Alejar y acercar la cartilla de visión próxima, para aprender a determinar, en la mirada hacia abajo, la distancia óptima de lectura.
- Alejar y elevar la cartilla ordenándole que mueva ligeramente la cabeza hacia arriba y hacia abajo, para que identifique la zona útil de visión intermedia.
- Mover lateralmente el texto de cerca siguiendo el recorrido solamente con los ojos. Acto seguido regresar el texto a la posición inicial, para obtener nuevamente la visión nítida; todo sin girar la cabeza y con el único fin de que aprenda a identificar las zonas periféricas no útiles.

- Advertir que se necesitarán algunos días para acostumbrarse plenamente y debe abstenerse de usar los anteojos anteriores, pues demorará el tiempo de adaptación.
- Adaptar la montura sin permitir grandes desplazamientos sobre la nariz, para mantener estable la distancia al vértice.

## Centrado vertical

Está determinado por la altura focal, entendiéndose como tal la referida a la medida tomada del borde inferior del aro al centro de la pupila. Se dirá que un progresivo centrado hará coincidir la cruz de ajuste con el centro pupilar. Un centrado es excesivo si la cruz está alta respecto de la pupila. Por el contrario el centrado es bajo o insuficiente si la cruz de ajuste se ubica por debajo de la misma.

**Altura excesiva:** Se presentan cuatro situaciones:

- Visión Borrosa de Lejos puesto que el paciente estará mirando por el comienzo de la progresión.
- Al estar elevado el sistema de progresión el paciente notará disminución del campo visual lateral debido a que coincide con el comienzo de las zonas marginales de aberración. Esto trae como consecuencia la presencia de una zona útil de lejos más estrecha lateralmente.
- El área de lectura se sitúa más elevada pero no trae alteraciones para la visión próxima.
- El paciente para evitar aberraciones en visión lejana, opta por descender la cabeza para evitar las aberraciones marginales.

En algunos casos y si el desfase de centrado vertical no sobrepasa unos 2 o 3 mm, se puede subsanar ampliando el puente de la montura si es del sistema de plaquetas.

Algunas veces pueden asociarse y coincidir los síntomas descritos con una hipercorrección hipermetrópica o hipocorrección miópica.

**Altura insuficiente:** En estos casos el área de visión lejana no se ve afectada, pero tanto el corredor de visión intermedia como la adición de lectura quedan

descendidos. Por esta razón el paciente no tiene otra alternativa que elevar la cabeza para buscar los poderes útiles en estas dos distancias y además lograr la ampliación de los campos.

**Alturas diferentes:** Si, en cada ojo, la cruz de ajuste está diferente, entonces de acuerdo a su posición insuficiente o excesiva presentará síntomas antagónicos que dificultan en grado sumo el mantenimiento de la visión binocular por presentarse campos y poderes prismáticos diferentes generando astenopia marcada e insatisfacción permanente. Este fenómeno se presenta frecuentemente ya que es usual en algunos profesionales tomar la altura focal del ojo derecho e inferir que la del ojo izquierdo es igual. Por esto debe extremarse el cuidado al medir individualmente cada altura focal.

En estos casos se puede salvar uno de los dos lentes cerrando (altura insuficiente) o abriendo (altura excesiva) las plaquetas y necesariamente debe cambiarse el otro lente.

## Centrado Lateral

Se obtiene de la medición exacta de la distancia interpupilar en casos de simetrías ocular y facial o nasopupilar en casos de asimetrías ocular y facial. A pesar de existir simetrías oculares son frecuentes los casos de desviación del tabique nasal, razón por la cual deben tomarse medidas independientes para cada ojo.

El centrado lateral, es particularmente crítico en lentes progresivos. Los desfases tanto en visión lejana como en próxima desplaza todo el sistema progresivo vertical hacia un lado trayendo como consecuencia la pérdida sustantiva de la calidad y cantidad visual a todas las distancias.

**Descentrado monocular:** El área de visión del ojo descentrado pasará a través de zonas con aberraciones en visión intermedia, reduciendo el campo binocular intermedio de forma significativa. Lo particular en este caso es que el paciente presente una gran incomodidad que le es difícil expresarla al optómetra y es este quien tendrá que analizar cada ojo por separado para definir cuál es el lente que presenta el descentramiento lateral. Los síntomas se incrementan cuando el desfase está en el ojo dominante.

La única solución es reemplazar el lente desfasado.

## Descentrado Binocular

- Ambos ojos están descentrados en el mismo sentido (derecha o izquierda).
  - Si se ha mantenido la distancia interpupilar, ambos corredores se desplazan hacia uno de los lados. El paciente podrá mejorar su visión, si gira la cabeza hacia el lado contrario de la descentración. Hará posiciones compensatorias de cabeza y cuello para evitar la visión borrosa de frente, pero podrá ver mejor mirando de lado.

Este problema algunas veces puede solucionarse cerrando una plaqueta y abriendo la contralateral. Si no es posible, no queda otra alternativa que repetir la fabricación de los lentes y revisar las medidas de la distancia nasopupilar.

- Un ojo está descentrado en sentido contrario al otro
  - Trae como consecuencia la degradación del campo para la visión intermedia y se limita en forma severa el área útil para visión cercana. En algunos casos incluso, puede verse afectado en campo para visión lejana.
- La rotación de una o ambos lentes
  - Si ambos lentes están rotados en sentido nasal se desfasa el corredor para visión intermedia, se reduce el campo útil para visión lejana y se disminuye el área de lectura.
  - Si ambos lentes se rotan en sentido temporal, se reduce el campo temporal en visión lejana, se desfasa el corredor de visión intermedia y se disminuye igualmente el área de lectura.
  - La única solución en ambos casos es repetir la manufacturación de ambos lentes.

## Tallado Digital

En la presente década el concepto de "Talla Digital" se ha empezado a utilizar como una estrategia para la oferta de productos ópticos como el diseño de última generación, pero la verdad existen vacíos sustantivos en relación con esta tecnología. En nuestro medio, tal vez el Optómetra que mejor ha descrito las diferencias, procesos y aplicación del tallado digital es el Dr. Teodoro

Tarud, quién en varias conferencias y escritos plasma la realidad. Nos ha parecido pertinente transcribir algunos apartes de sus artículos para establecer claridad al respecto:

**“Tallado de superficies de poder nominal:** este método de cálculo se basa en una concepción geométrica del lente, el error refractivo del ojo se corrige cuando éste mira por el centro del lente y no se pueden corregir las aberraciones oblicuas. La potencia de estos lentes se denomina potencia nominal, con esta tecnología no hay personalización.

Así se elaboran los lentes hoy en día, pueden hacerse por moldeo o por talla digital. Muchos fabricantes han tratado de usar la palabra digital para vender diseños, haciéndole creer a especialistas y pacientes que es un avance técnico, pero se sabe que si el diseño es de potencia nominal, da igual si es digital o de moldeo. La ventaja de hacer estos lentes con talla digital, es la economía en el manejo de inventarios en el laboratorio y la facilidad de cambiar los diseños con diferentes materiales y corredores, pero para el paciente no hay ninguna ventaja adicional.

Con el método de potencia nominal, la adición que usa el paciente es más alta de lo que realmente necesita, lo cual no ocurre cuando se usa diseño optimizado. Por esta razón, cuando un paciente que viene usando un progresivo de poder nominal pasa a usar un lente optimizado, en primera instancia puede manifestar que su visión de cerca no es tan buena, siendo algo pasajero, y una vez empiece a usarlo se adaptará al nuevo tamaño de los objetos, pues la magnificación se reduce notablemente.

Al controlar la lectura del poder de los lentes elaborados con talla de poder nominal, la receta leída en el lensómetro coincidirá con la ordenada en la prescripción. En los lentes de potencia nominal, el poder que recibe el usuario es mayor del que realmente necesita. Por esto se aumenta la distorsión y disminuye la comodidad, el paciente reporta entonces, que cuando mueve los ojos a través de la superficie del lente existe una sensación de mareo o incomodidad, la cual requiere de un mayor tiempo de adaptación.”

**“Tallado de superficies optimizadas según la receta:** por este método de cálculo se consigue optimizar cada punto del lente por el cual mira el paciente, con lo cual se logra que la visión sea igual o muy similar en cualquier dirección de la mirada.

La optimización no se puede lograr con el método de moldeo, solo se alcanza por el método de fabricación digital, pues al torno encargado de hacer el corte se le dirige a través de un software que permite lograr este resultado.

La meta es conseguir que las aberraciones oblicuas formadas al diseñar los progresivos se disminuyan de la mayor forma posible, esto se logra con la asfericidad que se corrige con el sistema digital optimizado.

En este primer nivel de optimización se tiene en cuenta la información de las medidas de caja de la montura y las medidas de distancia y altura pupilar del usuario, igual que con el método convencional de talla, con la diferencia de que el software digitalmente resuelve la prescripción en todos los puntos de la superficie del lente que se está fabricando. Como resultado, el paciente tendrá una visión natural, que da la sensación de más nitidez que con el método de talla nominal.

Cuando el paciente recorre su mirada a través de la superficie del lente no siente los cambios de poder que se generan en las superficies de poder nominal, lo cual es una de las causas de no adaptación en lentes progresivos.

Al controlar la lectura del poder de estos lentes en el lensómetro, la receta ordenada en la prescripción no coincidirá con lo que se lee, esto se llama receta compensada, el laboratorio deberá enviar los lentes ya elaborados con la receta que se encontrará con el lensómetro, para facilidad del profesional si quiere hacer la revisión de estos. En estos lentes, la receta que recibe el paciente en sus anteojos será la verdadera, pues está optimizada para el usuario.”

**“Tallado de superficies optimizadas según receta y montura:** en este segundo nivel de optimización se tienen en cuenta la información de la receta, las medidas de caja de la montura, distancia y altura pupilar y además se

adicionan otros datos de personalización, como son, ángulo pantoscópico, ángulo facial o panorámico y distancia al vértice.

Así, el software calcula cada punto del lente optimizando la receta en todos los puntos de su superficie con mayor precisión que en el primer nivel, procurando al paciente una mayor comodidad que la percibida en todos los lentes que se hayan inventado hasta hoy. Es decir, al mover la mirada en todos los puntos de la superficie del lente, el cambio de poder en todos estos puntos se habrá minimizado por la optimización realizada por la talla a través del software especializado.

Como en los lentes optimizados según receta o poder del usuario, al controlar estos lentes en el lensómetro, se debe tener presente la información de la receta compensada que envía el laboratorio, pues ésta no coincidirá con la ordenada por el especialista. En estos lentes, la receta que recibe el paciente en sus anteojos será la verdadera, pues está optimizada para el usuario teniendo en cuenta la prescripción y la montura.”

**“Tallado de superficies progresivas optimizadas o nominales en cara posterior** y moldeo de superficie progresiva de poder nominal en cara anterior: por este método se utiliza una superficie moldeada anterior con un diseño progresivo y se talla en la cara posterior un diseño nominal o un diseño optimizado, compensando lo que se pueda en esta parte del lente.

Algunos científicos dicen que no ven la necesidad de hacer por moldeo un progresivo en la superficie anterior, la cual no se puede optimizar, para luego tallar algo de optimización en la superficie posterior. Ellos dicen, ya que se va a tallar digitalmente una de las superficies, por qué no hacer el progresivo en la cara posterior, optimizando de una vez y eliminando las aberraciones oblicuas en la superficie que tiene el progresivo moldeado y hacer un solo trabajo sin dejar los problemas que heredamos del moldeo en la cara anterior de estos lentes.”

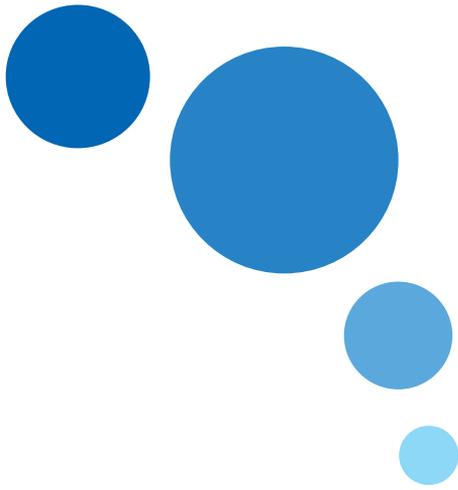
“Para mejorar el desempeño de los lentes oftálmicos a través de los diseños digitales, éstos deben ser de diseño optimizado, de otra forma se estarían ofre-

ciendo lentes de diseño digital de potencia nominal, lo cual es lo mismo de lo que se ha venido haciendo los últimos 30 años, con la ventaja solo que ofrece la variedad de alturas y facilidad de elaboración en los diferentes materiales. Si el diseño es el mismo que se ofrece por el método de moldeo, no habrá ninguna diferencia para el paciente.

Las principales ventajas del proceso son:

No tenemos que limitarnos en curvas base predeterminadas, se pueden realizar cambios de diseño y mejora inmediata en estos, a diferencia del sistema de moldeo de la superficie anterior progresiva, este cambio se puede hacer de forma inmediata, en cambio, el sistema de moldeo, toma meses para hacer un cambio de diseño, pues hay que elaborar el bloque inyectando el polímero en moldes de vidrio, en el cual se preparará la superficie del diseño a elaborar.

En óptica, la asfericidad es el camino para corregir aberraciones, la compensación debe ser hecha por lente para cada ojo, cada receta, cada lente, cada posición del objeto, requiere una asfericidad particular, para poder compensar las aberraciones oblicuas. Todo esto se puede realizar gracias a las bondades del sistema de talla digital.



# Capítulo 6

## Selección y control de parámetros





## Selección y control de parámetros

El uso eficiente y confortable de unos anteojos depende tanto, del acierto diagnóstico clínico y de la prescripción óptica pertinente, como del equipo e instrumental adecuado que permitan la adaptación ergonómica y ergométrica, de montura y lentes y el control de los parámetros involucrados que permitan verificar los diferentes diseños, tipos y medidas. Se debe considerar para cada caso lo siguiente:

- **En el Examen Optométrico:** Estado refractivo y motor, distancia inter y/o naso pupilar y prescripción óptica.
- **En los Lentes:** material, diseño, diámetro, curva base, calidad, potencia dióptrica, prismas y descentración, distancia mecánica, espesor, distancia vértice, filtros y películas.
- **En la Montura:** ángulos, sistema de encajonamiento, dimensiones, alturas, selección de parámetros, forma, material y color.

El punto de partida para adaptar con éxito unos anteojos parte del examen funcional optométrico. Se debe basar primordialmente en el criterio clínico, ya que la simple determinación de los valores que neutralicen los defectos visuales no es suficiente. En muchos casos, hay que equilibrar, balancear o parcializar la prescripción óptica, para eliminar o minimizar efectos aniseicónicos, prismáticos, de percepción espacial, y aún en algunas ocasiones adicionar valores esféricos o prismáticos como efecto terapéutico o correctivo de alguna disfunción motora.

Asimismo, hay que analizar los valores tanto monoculares como binoculares, definir el tipo de material y diseño de los lentes e incluso determinar qué tipo de montura puede ser la más conveniente de acuerdo a la configuración del rostro (estética), necesidades ocupacionales y factores ergométricos tales como: distancia inter o naso pupilar, distancia vértice, angulaciones y las dimensiones del armazón según los sistemas internacionales descritos en el primer capítulo.

Solo a partir de la segunda mitad de los años 90, pudimos conocer la gran brecha existente entre la educación de carácter técnico impartida en países como Chile y Brasil para Ópticos Contactólogos y la profesional clínica para optómetras en Colombia. A la fecha queda muy claro que la formación integral en Optometría requiere, además de las competencias clínicas, conocimientos profundos en Óptica Oftálmica y Anteojería Clínica. Por esta razón hemos desarrollado este capítulo como complemento a los anteriores.

## Distancia Pupilar

Durante muchos años consideramos la medida de la distancia pupilar como un dato muy simple de determinar y de poca trascendencia, salvo la de determinar la posición de los centros ópticos deben en los anteojos correctivos.

Se puede definir como el valor teórico entre los dos ejes visuales. Corresponde en la práctica, a la medida en milímetros entre los dos centros pupilares.

Con el perfeccionamiento de las técnicas clínicas, el desarrollo de los instrumentos optométricos y de los nuevos lentes, cada día cobra más importancia y amerita su determinación precisa, especialmente cuando se trata de lentes esféricos, atóricos y progresivos.

Sus dos principales aplicaciones son:

- El ajuste instrumental en la montura de pruebas, forofter y similares.
- El centraje preciso de los centros ópticos especialmente en correcciones altas y lentes de diseño bifocal, progresivo y esférico.

Puesto que la mayoría de los pacientes presentan asimetrías faciales y oculares, de valor insignificante (menos de 2 mm.) con una distancia interpupilar es suficiente. Pero ante valores mayores y correcciones ópticas que puedan inducir un prisma significativo o un desfase del punto de lectura, es indispensable determinar la DISTANCIA NASO PUPILAR.

La forma más común y económica de determinarla es por medio de una reglilla milimétrica, utilizando los reflejos luminosos corneales (Fig. 6-1) o alineando el borde temporal de la pupila de un ojo con el borde nasal de la otra pupila; incluso algunos autores mencionan la posibilidad de alinear los dos bordes limbares.



Figura 6-1. Reflejos Corneales

Al utilizar la primera técnica, es posible medirla con exactitud niños y pacientes heterotrópicos; la segunda, por razón de un ángulo kappa, puede estar sujeta a errores y la tercera la considero inconveniente por la gran excentricidad con el eje visual.



Figura 6-2.  
Interpupilómetro Digital

Hasta hace poco tiempo, por la aparente simplicidad en la medida, se consideró el INTERPUPILOMETRO (Fig. 6-2) como un instrumento costoso e innecesario, pero actualmente por su precisión debe estar presente en todo consultorio y establecimiento de Óptica.

La precisión de estos instrumentos, se debe a su sistema de reflexión corneal como base para la medición biocular y además considera las desviaciones del tabique nasal, que en algunos pacientes pese existir simetría ocular, nos arroja valores diferentes para cada ojo, al desplazarse el instrumento en el mismo sentido del tabique desviado (Fig. 6-3).

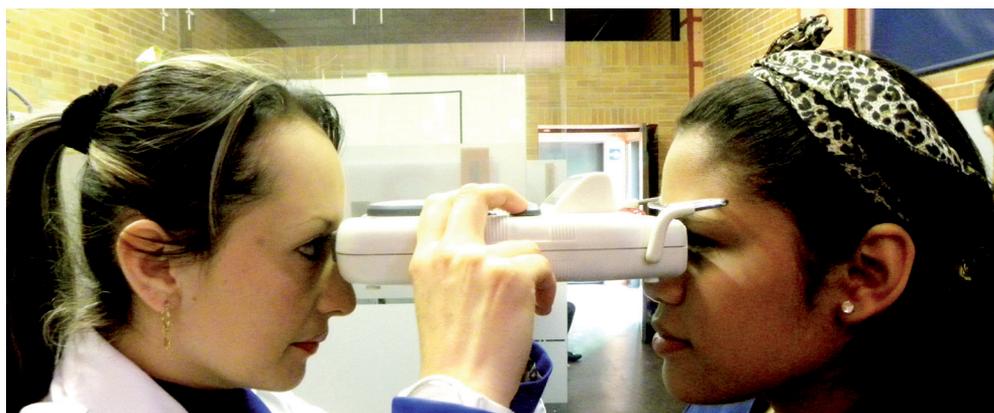


Figura 6-3. Interpuplometría por Reflexión Corneal

El instrumento permite con excelente precisión tomar medidas a diferentes distancias. Los más comunes traen un botón para seleccionar distancias a 6mts, 2 mts., 1 mt., 65 cms., 50 cms., 40 cms., 35 cms. y 30 cms (Figs. 6-4 A y B).



Figura 6-4A.  
Medidas Naso-Pupilares



Figura 6-4B.  
Botón de Ajuste de Distancia

Deben medirse los valores de lejos y de cerca, con la siguiente expresión:

$$\text{D.I.P. (Simetría)} = \frac{\text{Lejos}}{\text{Cerca}}$$

$$\text{Ej. D.I.P.} = 62/57$$

$$\text{D.N.P. (Asimetría)} = \frac{\text{Lejos O.D.} + \text{Lejos O.I.}}{\text{Cerca O.D.} + \text{Cerca O.I.}}$$

$$\text{Ej. } \frac{30 + 32}{28 + 29}$$

Es preciso mencionar que el numerador corresponde a la medida de lejos y el denominador a la de cerca de acuerdo con normas internacionales (Sistema OCA).

Para reafirmar, que la diferencia de lejos a cerca siempre será cercana a 4 - 5 mm (2 a 2.5 por ojo) es pertinente consignar las cifras obtenidas en estudios de vieja data donde se validan esta diferencias.

En la obra de E. Gil del Rio Óptica Fisiológica Clínica, 3ª. Ed., 1976, Ediciones Toray, España, Pág. 772 compara las distancias interpupilares MONOCULARES de lejos con las obtenidas a 33 cm, obteniendo los siguientes valores:

Infinito	33 cm
24	22.2
25	23.1
26	24
27	24.9
28	25.8
29	26.7
30	27.6
31	28.5
32	29.4
33	30.5
34	31.2
35	32.1

De igual manera, en el libro de Irving Borish Clinical Refraction 3ª. Ed., 1970 d. The Professional Press Pág. 427, se reafirman con el siguiente estudio, los valores BINOCULARES de diferencia en 4 a 5 mm de lejos a cerca ( 13"= 33 cm):

<b>Cerca:</b>	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66
<b>Lejos:</b>	59.5	60.6	61.7	62.8	63.8	64.9	66	67.1	68.2	69.3	70.3	71.4

**Técnica con Reglilla Milimétrica:** Existen varios tipos de reglillas, pero esencialmente hay dos básicas: una para distancia interpupilar (Fig. 6-5) y otra para distancia nasopupilar (Fig. 6-6).

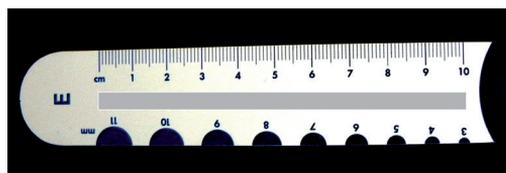


Figura 6-5. Reglilla Distancia Interpupilar

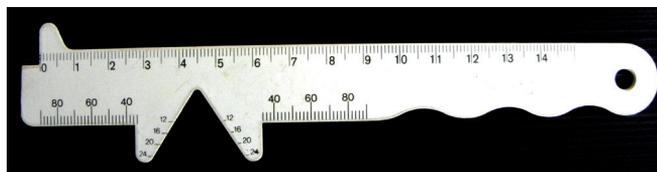


Figura 6-6. Reglilla Distancias Naso Pupilares

Es importante, para lograr unas medidas confiables, tener en cuenta los siguientes procedimientos:

### Para Visión Lejana (infinito):

- Paciente y examinador colocados frente a frente a la distancia próxima elegida. Por lo general 33 cms.

Debe ponerse en paralaje el ojo izquierdo del examinador con el ojo derecho del paciente, ocluyendo el primero su ojo derecho para alinear el cero de la reglilla y después cambiar la oclusión al otro ojo para obtener el valor en milímetros de la distancia entre los dos reflejos. (Fig.6-7). Si se realiza conforme a esta técnica podrán obtenerse valores muy confiables y contravienen la costumbre empírica preconizada en Colombia, de que la diferencia de lejos a cerca es de escasos 2 mm. Y además la notación incorrecta de cerca sobre lejos. El error más frecuente, consiste en alinear solo un ojo y por consiguiente la diferencia de lejos a cerca será de escasos 2 milímetros. En la práctica se encuentran valores estimados de diferencia en las medidas de cerca a lejos, que dependen de la separación entre los dos ejes visuales y de conformidad con la distancia examinada de cerca. Por ejemplo si la distancia próxima es 50 cms. La diferencia será menor y si la distancia es 25 cms. será mayor.

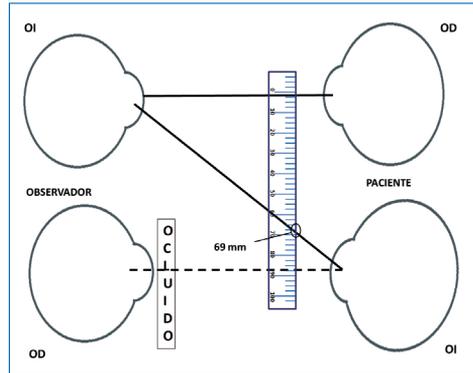


Figura 6-7. DP a Distancia

### Para Visión próxima:

- El ojo dominante del observador debe ubicarse en el plano medio nasal del paciente. Este fija un objeto luminoso a 33cms. y así se obtendrá el o los valores para visión próxima (Fig. 6-8).

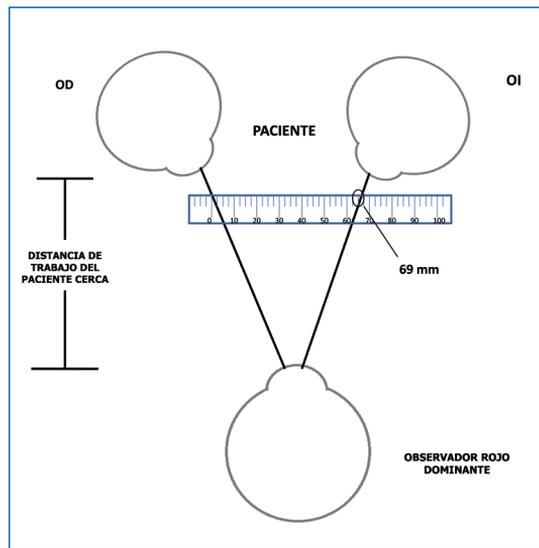


Figura 6-8. DP en Visión Próxima

Otro factor a considerar es la distancia de separación entre los dos globos oculares. Si esta distancia es muy amplia denominaremos esta condición como hipertelorismo y en caso contrario hipotelorismo. Por esta razón, para una misma distancia de fijación la DP. puede ser mayor o menor respectivamente, así:



De donde  $P_E$  corresponde al poder efectivo compensando la distancia al vértice.

F al valor de la distancia focal expresada en metros y D.V. al valor de distancia al vértice por compensar.

**Ejemplo 1:** Examen realizado a 13 mm del vértice corneal.

Corrección óptica:  $P = -10.50$  esf.

Anteojos seleccionados: a 9 mm del vértice corneal.

Diferencia:  $13 - 9 = 4$  mm (0.004 metros) que corresponde al valor D.V.

$$F = 1/P = 1/ -10.50 = - 0.095 \text{ metros}$$

$$P_E = 1/ - 0.095 - (0.004) = 1/ - 0.099 = - 10.12 \text{ Dpt.}$$

Por consiguiente el valor en anteojos debe disminuirse en 0.37 Dpt.

**Ejemplo 2:** Examen realizado a 13 mm del vértice corneal.

Corrección óptica:  $P = + 10.50$  esf.

Anteojos seleccionados: a 9 mm del vértice corneal.

Diferencia:  $13 - 9 = 4$  mm (0.004 metros) que corresponde al valor D.V.

$$F = 1/P = 1/ +10.50 = 0.095 \text{ metros}$$

$$P_E = 1/ 0.095 - (0.004) = 1/ 0.09 = + 11.00 \text{ Dpt.}$$

Por consiguiente el valor en anteojos debe incrementarse en 0.50 Dpt.

## Curva Base

Para determinar el valor de la superficie que corresponde a la curva base y que en los lentes de talla nominal o moldeados está en la cara anterior. La forma más sencilla de determinarla en el consultorio o laboratorio es a través del esferómetro (Fig. 6-10).



Figura 6-10. Esferómetro

Las mediciones pueden no resultar exactas debido a que:

- El índice de refracción del lente medido por lo general no es exacto al índice de refracción para el cual fue calculado el instrumento.
- En potencias dióptricas superiores a 6.00 dioptrías hay imprecisiones hasta de 0.37 dioptrías
- El instrumento se descalibra fácilmente.

Con la irrupción de las curvas esféricas y materiales de alto índice, el concepto y los criterios en la selección de las curvas bases se han modificado. Debido a esto se ha retomado la necesidad de estar controlando con el esferómetro el valor y tipo de curva base utilizada en el lente enviado por el laboratorio o en caso de ordenar una reposición de lentes (especialmente de alto poder) es necesario conocer la curva base, para mantener la misma en los nuevos lentes. De otra manera habrá intolerancia del paciente por cambios en la percepción espacial, tamaño de la imagen y aberraciones resultantes.

Se debe partir para curvas esféricas, de los métodos tradicionales de cálculo basados en las fórmulas de Voguel así:

**Para lentes positivos:**

CURVA BASE (+) = Equivalente esférico + 6.00 Dpt.

Ejemplo: Rx. + 2.00 – 1.00 x 90 : Equivalente Esférico = +1.50

C.B = + 1.50 Esf. + 6.00 = + 7.50 Dpt.

C.B = + 7.50

**Para lentes negativos:**

CURVA BASE (-) =  $\frac{\text{Equivalente esférico}}{2}$  + 6.00 Dpt.

Ejemplo: Rx. - 4.00 – 3.00 x 180 Equivalente Esférico = -5.50

C.B =  $\frac{-5.50}{2}$  + 6.00 = - 2.25 + 6.00 = + 3.75 Dpt.

C.B = + 3.75 Dpt.

Cuando se va a seleccionar una curva base hay que considerar dos criterios: óptico y geométrico (estético). Fabricar un lente bajo las condiciones de cualquiera de los dos criterios es válido; sin embargo, sobrepasar los límites entre uno y otro no es conveniente. Es indudable que desde el punto de vista estético es mejor un lente con curva base + 2.00 que uno de curva base + 8.00, pero a costa de sacrificio en la calidad óptica, al generar distorsión espacial y aberraciones periféricas.

Debido a los nuevos materiales de alto índice y a los diseños esféricos la selección de la curva base se ha vuelto más compleja. La fórmula de Voguel es apenas un referente. Lo aconsejable es consultar las tablas que suministran los laboratorios para cada uno de sus materiales o en su defecto aplicar la fórmula con un aplanamiento., en proporción al aumento de la C.B. Los materiales de alto índice actuales tienen valores de 0.15 a 0.20 mayores que el cristal o el CR-36. Lo que dará como resultado una curva base más plana en cerca de 1 Dpt.

Para determinar si la curva es esférica o esférica debe desplazarse el esférómetro del centro a la periferia en un mismo meridiano (Figs. 6-11 A y B): si no sufre ningún cambio en la lectura, es esférica y en caso contrario, esférica.



Figura 6-11A. Esferometría Central



Figura 6-11B. Esferometría Periférica

Otra utilidad del esferómetro es poder determinar cuándo una superficie es esférica o cuando Tórica. Para este análisis en vez de desplazar el instrumento, se aplica una rotación sobre la superficie: si no hay cambios en el poder, es esférica y en caso contrario Tórica (Figs.6-12 A y B).



Figura 6-12A. Meridiano 1



Figura 6-12B. Meridiano 2

Hasta hace poco los esferómetros venían calculados para un índice de refracción de 1.523 a 1.530 para lentes de vidrio (Crown). Dada su similitud con el índice del CR-39 de 1.498, los valores obtenidos eran confiables. Actualmente para los materiales de alto índice (1.57 a más) se presentan 2 opciones: Adquirir los nuevos esferómetros los cuales cuentan con una escala dióptrica equivalente a 1.523 y otra para 1.70 (Fig. 6-10) o de lo contrario aplicar la fórmula de conversión, donde también debe considerarse el espesor central del lente y permite obtener el poder verdadero:

$$P_v: P^1 + P^2 - E/n (P^1 \cdot P^2)$$

De donde:  $P_v$  = poder verdadero

$P^1$  = Poder de la superficie anterior

$P^2$  = Poder de la superficie posterior

$E$  = Espesor central del lente

$N$  = índice de refracción del material

Ejemplo: Para un lente de índice de refracción 1.586 con un poder de +5.00 Esf., en donde la cara anterior o curva base corresponde a + 11.00 y la cara posterior -6.00 con esferómetro y un espesor central de 3.88 mm. (0.00388 mts) La pregunta es: ¿Cuál es el poder verdadero del lente?

$$P_v = (+11.00) + (-5.00) - 0.0038/1.586 (+11.00 \times -5.00)$$

$$P_v = +6.00 - 0.00240 (-55.00)$$

$$P_v = +6.00 + 0.1199$$

$$P_v = +6.132$$

$$P_v = +6.12$$

## Espesor

Este parámetro es considerado por muchos como un valor que debe ser controlado sólo en el laboratorio que procesa el lente. Con los materiales de alto índice, el espesor en algunos casos define el tipo de lente, por lo tanto debe contarse con un espesímetro (vernier o nonio para lentes oftálmicos, (Fig. 6-13, Fig. 6-14) que permita constatar el espesor seleccionado, dado que



Figura 6-13. Espesimetría Central



Figura 6-14. Espesimetría Periférica

actualmente se consiguen en el mercado lentes de 1.0, 1.2, 1.5 mm, etc. que marcan en forma significativa la diferencia en geometría para algunas correcciones ópticas, especialmente negativas. Para el control de los espesores críticos y resultantes remítase al capítulo 3.

## Diámetro

La selección del tamaño de los lentes depende de la montura escogida y no siempre el más grande o el más pequeño es el mejor. Es frecuente pensar que se puede ignorar este parámetro y simplemente usar el más grande del mercado para garantizar el centraje óptico; pero no debe ser así, puesto que si la fórmula es negativa no afectará la estética del lente biselado pero si aumentar los costos. Por el contrario, si es positiva debe buscarse el mínimo diámetro aplicable de acuerdo a las dimensiones del ojo de la montura para optimizar los espesores tanto central como periférico y lograr el centraje adecuado. Para monofocales, debe seleccionarse el valor inter o naso pupilar correspondiente a la distancia para la cual fueron ordenados los anteojos y para lentes de más de un foco, tomarse como referencia siempre la distancia inter o naso pupilar del segmento superior que generalmente corresponde a la visión lejana.

Existen dos formas para obtener el diámetro ideal:

## Método Gráfico

Algunos fabricantes han diseñado unas plantillas que evitan el cálculo matemático. Operan de la siguiente manera: tienen una escala en milímetros fabricada en plástico transparente para la distancia nasopupilar y dos plantillas con desplazamiento horizontal diseñadas así: una cruz central correspondiente al centro óptico que debe hacerse coincidente con la distancia pupilar y una serie de círculos concéntricos que determinan el valor adecuado del diámetro (Fig.6-15).

Se marca sobre la montura seleccionada el centro óptico y se hace coincidir el punto marcado con la distancia inter o nasopupilar calibrada en la plantilla; así se obtendrán los valores simultáneos de los diámetros de cada ojo.

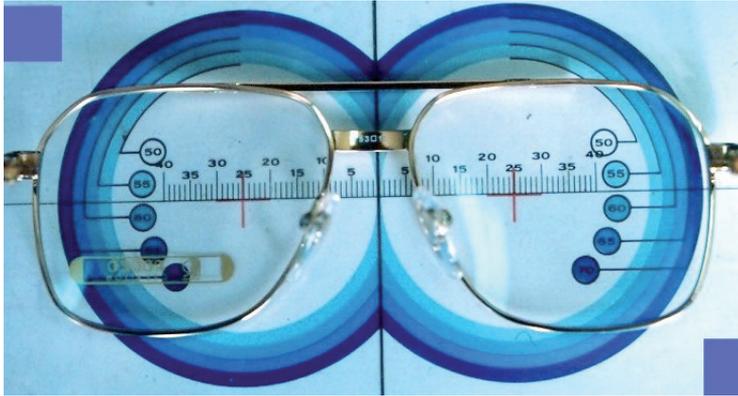


Figura 6-15, Diámetro - Método Gráfico

### Método Matemático

$$D_{mm} = (DM - DP) + OM + 3$$

De donde:

D = Diámetro del lente en milímetros

DM = Distancia mecánica de la montura (ojo + puente)

DP = Distancia Interpupilar

OM = Longitud oblicua mayor del ojo de la montura  
(mal llamado diámetro efectivo DE)

3 mm = Corresponde al valor que se pierde de material en el biselado

Ejemplo 1

Ojo de la montura = 50 mm

Puente = 20 mm

$$\square DM = \text{Ojo (50)} + \text{Puente (20)} = 70 \text{ mm}$$

DP = 62 mm

OM = 53 mm

$$D_{mm} = (70 - 62) + 53 + 3 = 64 \text{ Se aproxima al diámetro superior existente en el mercado}$$

$$D_{mm} = 65 \text{ mm}$$

Cuando se presentan distancias pupilares asimétricas, es necesario tomar las medidas individuales de cada ojo, reemplazando en la fórmula anterior el valor de D.P. por el valor duplicado de la distancia monocular de cada ojo en particular. Así.

$$\text{D.N.P.} = \text{O.D. } 33 \text{ mm} + \text{O.I. } 29 \text{ mm}$$

Para el caso del ejemplo anterior,

$$\text{O.D. } D_{\text{mm}} = [70 - (33 \times 2)] + 53 + 3 = 60 \text{ mm}$$

$$\text{O.I. } D_{\text{mm}} = [70 - (29 \times 2)] + 53 + 3 = 68 \text{ mm Aprox. } 70 \text{ mm}$$

## Lensometría

Denominada también Frontofocometría o Vertometría, es la técnica para medir la potencia frontal posterior de los lentes oftálmicos. El lensómetro permite:

- Ubicar y marcar el Centro óptico: Su descentración calcula el valor y base del prisma inducido.
- Cuantificar el poder refractivo esférico en Dioptrías.
- Obtener la posición de los meridianos: Eje del cilindro en grados.
- Determinar el poder refractivo de los meridianos principales de máxima y mínima potencia: Lentes cilíndricos.
- Calcular la diferencia de los dos meridianos: Valor del cilindro.
- Medir el valor y base de los prismas tallados.
- Determinar el valor de la adición de lectura para bifocales, trifocales y progresivos midiendo la potencia frontal anterior.
- Línea de 180° para el montaje de los lentes.
- Cualificar la calidad de las superficies: por deformaciones de la mira del lensómetro. Solo es posible con los lensómetros manuales convencionales

## Principio Óptico

El lensómetro en esencia es un instrumento (Fig.6-16) que permite por medio de la adición o sustracción de poder a un lente colimador generalmente de + 20.00 (el cual proporciona el rango del aparato  $\pm 20.00$  Dpts.) adicionarle (Lentes o superficies positivas) o sustraerle (Lentes o superficies negativas), disminuyendo o ampliando la distancia focal del sistema respectivamente.



Figura 6-16. Lensómetro Mecánico

Por ejemplo. Si el lensómetro no tiene ningún lente para medir o el lente es neutro, el botón de poderes dióptricos marcará cero (0), puesto que coincide con la distancia focal del lente colimador. Si por el contrario el lente que se quiere medir tiene un poder de +2.00 Dpts., el poder total del sistema aumenta a +22.00, razón por la cual la distancia focal se disminuirá y la mira se emborronará; es preciso entonces, rotar el botón medidor hacia +2.00 para volver a enfocar la mira. Si el lente ahora es -2.00 Dpts., volverá a emborronarse la mira, pues el poder total del sistema será ahora +18.00. Entonces, se rotará el botón hacia -2.00 para volver nítida la mira y obtener el poder del lente.

El instrumento básico consta de: (Fig. 6-17)

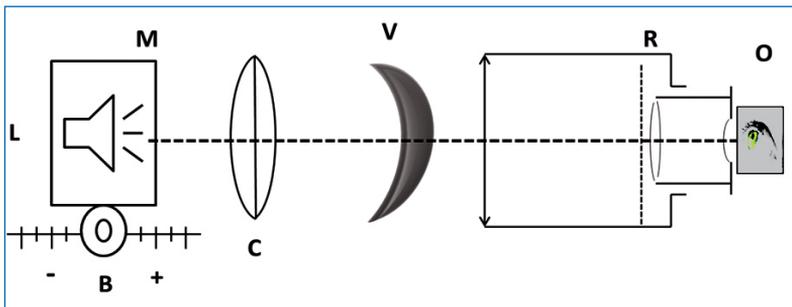


Figura 6-17. Principio Óptico

L: Iluminación

B: Botón de medición calibrado en  $\pm 20$  Dpts. Con escala de un cuarto a un octavo de dioptrías positiva (Negra) y negativa (Roja)

M: Mira luminosa que puede ser en corona o cruz, para obtener el poder dióptrico de las superficies.

C: Lente colimador: por lo general de  $\pm 18$  a 20 Dpts.

V: Portales: Para la colocación de los lentes con la cara posterior hacia abajo: Potencia de Vértice Posterior.

R: Retículo: Lámina translúcida en fondo esmerilado compuesta por círculos y cruz negros para calibrar el ocular, centrar la mira (centro óptico) y definir el valor y base de los prismas tallados

O: Ocular: permite focalizar el retículo para cada observador en particular.

## Procedimiento

Para los lensómetros manuales convencionales, es importante tener en cuenta el orden de los siguientes pasos para obtener valores confiables de medición:

- Calibración del Ocular: Con el lensómetro apagado, girar el ocular (O) completamente a la izquierda. De esa manera el retículo (R) quedará completamente emborronado. Se procede a revertir el giro del ocular hasta obtener el primer punto de nitidez. Después de varias veces, se encontrará un valor de focalización para cada profesional y ya no habrá necesidad de buscar el punto de focalización.(Fig. 6-18).

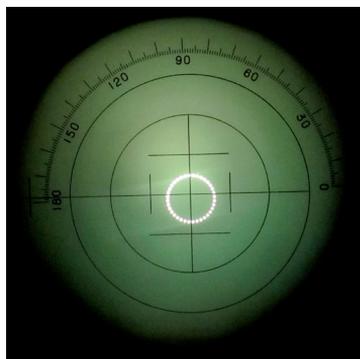


Figura 6-18. Retículo

- Calibración del Instrumento: Calibrado el ocular, se procede a encender el lensómetro y al girar el botón de medición (B), la mira (M) y el retículo (R) deben enfocarse en cero. De lo contrario el aparato estará descalibrado (Fig. 6-19).

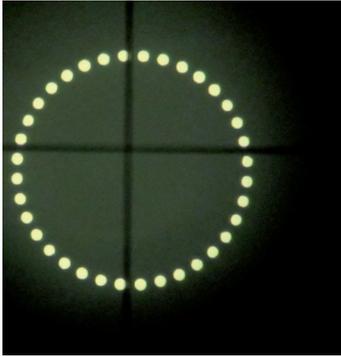


Figura 6-19.  
Mira de Corona Enfocada

- Centro óptico: Si el lente a medir no tiene prismas tallados, se podrá desplazar el lente hasta hacer coincidir el centro de la mira con el centro del retículo para marcar el centro óptico.

- Si el lente tiene prisma tallado, será imposible ubicar la mira en el centro del retículo y se podrá medir el valor del prisma así: cada círculo o raya del retículo equivale a 1 prisma y su base corresponde al mismo sentido del desplazamiento. Por ejemplo si se está midiendo el lente derecho y la mira se desplaza a la izquierda (Figs. 6-20 A y B) la base será externa o temporal y así para cualquier dirección de la base del prisma.

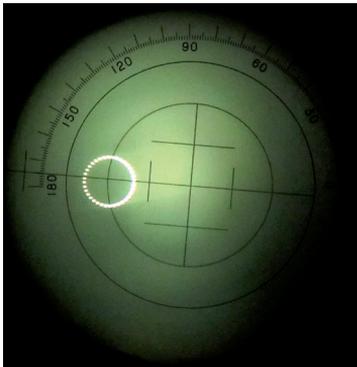


Figura 6-20A.  
Prisma Tallado (Corona)



Figura 6-20B.  
Prisma Tallado (Cruz)

- Para lentes esféricos: Al existir un solo poder en todas sus superficies, bastará con girar el botón de medición (B) hasta obtener la nitidez de la mira y así obtener el poder dióptrico del lente esférico
- Para lentes cilíndricos: Existen unos procedimientos adicionales, que deben tenerse en cuenta para expresar la combinación esfero-cilíndrica en cilindros negativos.
  - El primer paso será ubicar los meridianos principales de máximo y mínimo poder (Figs. 6-21 A y B) girando el botón de los ejes hasta hacer coincidir la mira con los meridianos.

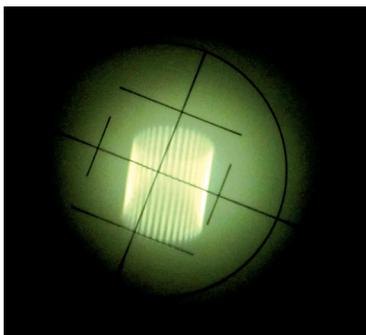


Figura 6-21A.  
Lente Cilíndrico (Corona)

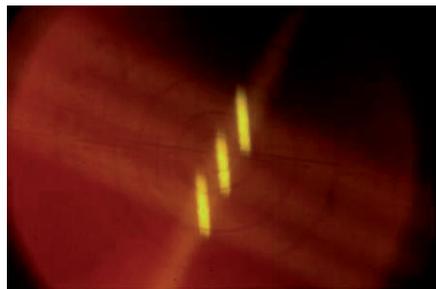


Figura 6-21B.  
Lente Cilíndrico (Cruz)

- Obtener el valor de los dos meridianos principales
- Deducir la diferencia dióptrica absoluta de los 2 valores obtenidos, la cual corresponde al valor del cilindro. Es deseable expresarla en cilindros negativos.
- De acuerdo a la consideración anterior el valor más positivo o menos negativo corresponderá al valor de la esfera.
- El valor menos positivo o más negativo, según el caso, determinará la diferencia de los 2 meridianos: Valor de cilindro negativo.
- Y este último meridiano, determinará el eje del cilindro.(Figs. 6-22 A,B,C y D).



Figura 6-22A. Horizontal Cruz

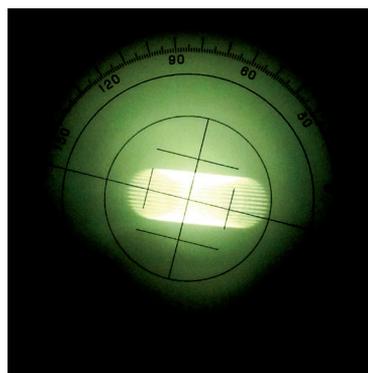


Figura 6-22B. Horizontal Corona

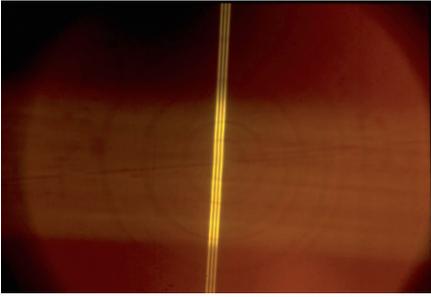


Figura 6-22C. Vertical Cruz

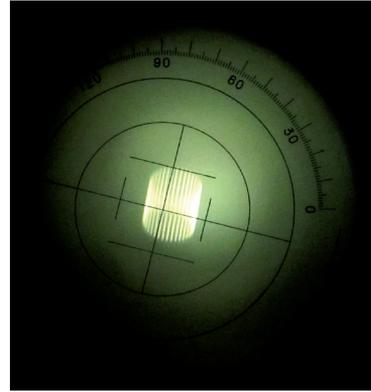


Figura 6-22D. Vertical Corona

## Interpretación

Es preciso aclarar algunos conceptos que permiten manejar el lensómetro con conocimientos clínicos de asociación con las ametropías y no simplemente como una técnica mecánica.

- Como los lentes esféricos presentan la misma potencia dióptrica en todos sus meridianos, solo se obtendrá un valor y la mira se pondrá nítida y sin distorsión.
- Teniendo en cuenta la paradoja optométrica, en caso de lentes esfero-cilíndricos, cuando una mira se focaliza y orienta verticalmente se está midiendo el meridiano horizontal. En caso contrario el meridiano será vertical (Asócielo igual que en retinoscopia (Sombra vertical = Meridiano horizontal).
- El valor de la esfera deberá corresponder siempre al meridiano más positivo o menos negativo. En los lensómetros de cruz, se alineará la raya simple triple. Para los de corona, la deformación determinará cada meridiano.
- El eje del cilindro negativo deberá coincidir con el valor más negativo o menos positivo. En los lensómetros en cruz, corresponde a las tres rayas sencillas. Para los de corona, la deformación determinará cada meridiano.

Daremos algunos ejemplos para aclarar aún más estos conceptos.

### Ejemplo 1

Si en el meridiano vertical el poder obtenido es de +2.00 (Mira horizontal) y en el horizontal (Mira vertical) el poder es +3.00. Para cilindros negativos el valor de.

ESFERA (el más positivo): +3.00

VALOR DEL CILINDRO

(Diferencia en valor absoluto de los 2 meridianos  $+3.00 - (+2.00) = 1.00 \sim -1.00$ )

EJE DEL CILINDRO: Posición de la mira en el más negativo o menos positivo:  
En este caso Mira horizontal: EJE  $0^\circ$

Rx: +3.00 (-1.00 x  $0^\circ$ )

Transposición: +2.00 (+1.00 x  $90^\circ$ )

Dx: Astigmatismo hipermetrópico compuesto con la regla

### Ejemplo 2

Si en el meridiano vertical el poder obtenido es de +2.00 (Mira horizontal) y en el horizontal (Mira vertical) el poder es cero (0). Para cilindros negativos el valor de.

ESFERA (el más positivo): +2.00

VALOR DEL CILINDRO (Diferencia en valor absoluto de los 2 meridianos)

$+2.00 - (+0) = 2.00 \sim -2.00$

EJE DEL CILINDRO: Posición de la mira en el más negativo o menos positivo:  
En este caso Mira vertical: EJE  $90^\circ$ .

Rx: +2.00 (-2.00 x  $90^\circ$ )

Transposición: Neutro (+2.00 x  $0^\circ$ )

Dx: astigmatismo hipermetrópico simple contra la regla

### Ejemplo 3

Si en el meridiano vertical el poder obtenido es de -1.00 (Mira horizontal) y en el horizontal (Mira vertical) el poder es -3.00. Para cilindros negativos el valor de.

ESFERA (el más positivo o menos negativo): -1.00

VALOR DEL CILINDRO (Diferencia en valor absoluto de los 2 meridianos)

$-3.00 - (-1.00) = 2.00 \sim -2.00$

EJE DEL CILINDRO: Posición de la mira en el más negativo o menos positivo:

En este caso Mira vertical: EJE  $90^\circ$

Rx: -1.00 (-2.00 x 90°)

Transposición: -3.00 (+2.00 x 0°)

Dx: Astigmatismo miópico compuesto contra la regla

#### Ejemplo 4

Si en el meridiano vertical el poder obtenido es de -3.00 (Mira horizontal) y en el horizontal (Mira vertical) el poder es cero (0). Para cilindros negativos el valor de.

ESFERA (el más positivo o menos negativo): cero o neutro

VALOR DEL CILINDRO (Diferencia en valor absoluto de los 2 meridianos)

$$-3.00 - (0) = 3.00 \sim -3.00$$

EJE DEL CILINDRO: Posición de la mira en el más negativo o menos positivo:

En este caso Mira horizontal: EJE 0°

Rx: Neuto (-3.00 x 0°)

Transposición: -3.00 (+ 3.00 x 90°)

Dx: Astigmatismo miópico simple con la regla

#### Ejemplo 5

Si en el meridiano vertical el poder obtenido es de -2.00 (Mira horizontal) y en el horizontal (Mira vertical) el poder es +1.00. Para cilindros negativos el valor de.

ESFERA (el más positivo o menos negativo): +1.00

VALOR DEL CILINDRO (Diferencia en valor absoluto de los 2 meridianos)

$$+1.00 - (-2.00) = 3.00 \sim -3.00$$

EJE DEL CILINDRO: Posición de la mira en el más negativo o menos positivo:

En este caso Mira horizontal: EJE 0°.

Rx: + 1.00 (-3.00 x 0°)

Transposición: -2.00 (+3.00 x 90)

Dx: ASTIGMATISMO MIXTO COMPUESTO CON LA REGLA

## Medición Prismática

Cuando el prisma no es inducido por descentración del centro óptico, se observa a través del ocular el número de círculos concéntricos que desplazan la mira. Cada círculo corresponderá a 1 dioptría prismática.

Los lensómetros manuales modernos, cuentan con un dispositivo compensador del prisma, que permite al girar el botón o desplazarlo obtener el centraje de la mira en el retículo y así definir la cantidad y base del prisma tallado.

## Medición de la adición

Cuando el lente oftálmico no es monofocal, debe buscarse el poder dióptrico del segmento del bifocal, trifocal o progresivo. Como se explicó anteriormente el lensómetro determina la potencia frontal posterior, razón por la cual el lente debe colocarse con la superficie posterior hacia abajo (Fig. 6-23).

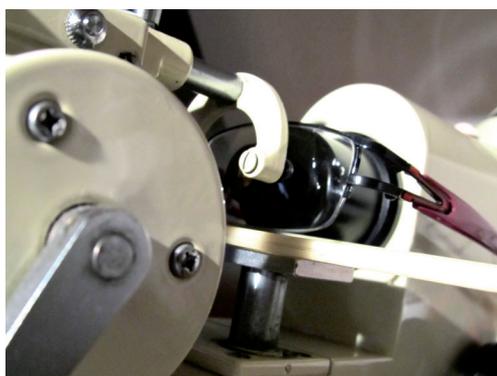


Figura 6-23. Potencia Frontal Posterior (Lejos)

En los lentes bifocales y trifocales sean fundidos o tallados, de cristal u orgánicos, el poder la adición está ubicado en la cara anterior. Por consiguiente debe realizarse una nueva medida, invirtiendo el lente (Fig. 6-24) de tal manera que se determine la potencia frontal anterior. El valor de la adición corresponderá a la diferencia de las 2 esferas medidas.

Por ejemplo:

El poder frontal anterior:	+2.00 (-1.00 x 10°)
Al invertir el lente el poder:	+4.50 (-1.00 x 10°)
Adición.	+2.50



Figura 6-24. Potencia Frontal Anterior (Cerca)

De lo contrario y especialmente en fórmulas superiores a 4 Dpts los valores de adición resultan diferentes al verdadero valor del lente.

Con la irrupción de los lentes progresivos, la situación se tornó más compleja, pues cualquier desplazamiento horizontal del lente en el lensómetro o el tallado de prisma cosmético, desplaza la mira del centro, generando un poder falso de la adición o una distorsión. Para evitar esto, los fabricantes inicialmente proporcionaban un autoadhesivo transparente que permitía reconstruir los puntos del progresivo y determinar el punto de lectura o en su defecto usar las plantillas para cada diseño. Actualmente por razón de la película antirreflejo, no es conveniente realizar estas acciones; pero se ha facilitado con la impresión del valor en la cara anterior temporal del lente.

Otro factor que debe considerarse es el índice de refracción del material. Los lensómetros mecánicos convencionales vienen calculados para índices de refracción de 1.523 a 1.530 correspondientes al Crown. Cuando se va a medir un material con índices superiores, debe aplicarse la fórmula descrita para obtener el poder verdadero, que está afectado por la densidad y el espesor del lente.

## Auto Lensómetro

El avance de las tecnologías ha permitido desarrollar lensómetros de proyección y autolensómetros que si bien no cualifican la imagen de las miras para detectar aberraciones de los lentes, permiten con una precisión inferior



- Cilindro: +/- 10,00 D.
- Eje: 1 a 180°
- Adición: 0 a 10,00 D.
- Prisma: 0 a 10,00 D.
- Incremento: 0,01/0,12 y 0,25 D.(Se puede seleccionar el rango)
- Número de Abbe: 20/30/40/50/60
  - Esta aplicación permite calibrar el instrumento para diferentes índices de refracción en relación con su número Abbe
- Impresora térmica
- Voltaje 100 a 240V - 50/60Hz

Conforme al marcado CE y a la norma ISO 8598 relativa a los frontofocómetros

### Prisma y efecto prismático

Se denomina prisma oftálmico u óptico a todo medio refringente limitado por 2 planos que forman un ángulo diedro. En óptica oftálmica, los prismas, no se suelen medir por ninguno de estos dos ángulos, sino mediante un concepto denominado Dioptría Prismática.

Un prisma tiene una dioptría prismática cuando el rayo incidente se desvía 1 cm en una pantalla situada a 1 m del prisma (Fig. 6-26).

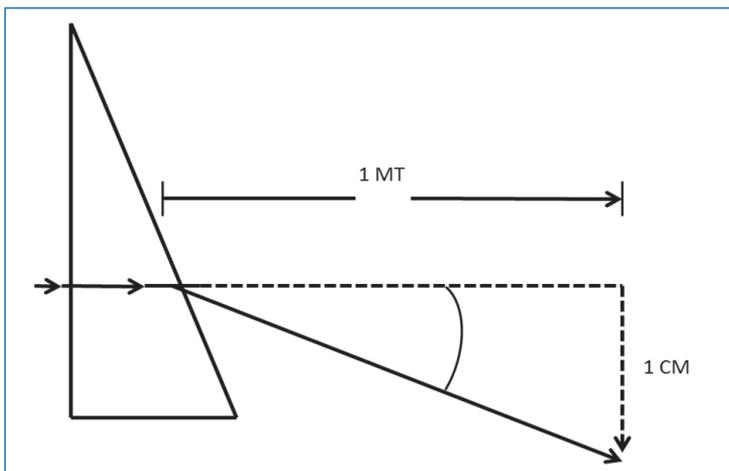


Figura 6-26. Dioptría Prismática (Dibujo Nubia Parra)

## Descentración Prismática

Se considera cuando en un lente no coincide el eje visual (distancia pupilar) del paciente con su centro óptico. En estos casos se estará generando un efecto prismático, ya que un lente se puede considerar como dos prismas unidos por su base en caso de lentes positivos y por su vértice en caso de lentes negativos (Fig. 6-27). De esa manera en un lente positivo se genera un efecto prismático en el mismo sentido de la descentración y en un lente negativo en sentido contrario.

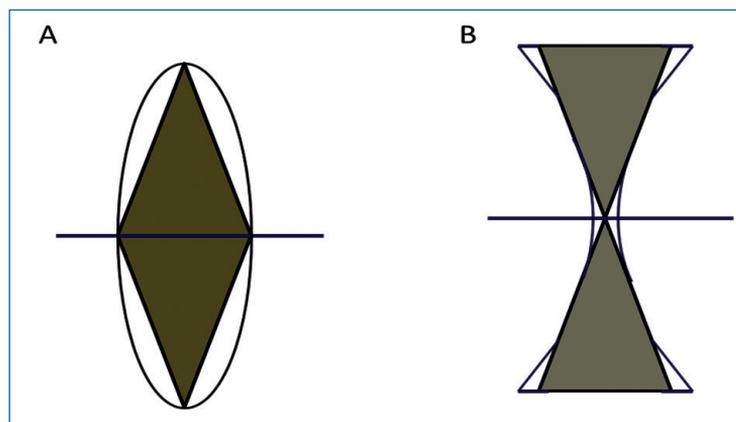


Figura 6-27. Efecto Prismático

Por ejemplo una descentración nasal genera prisma de base interna en una potencia positiva y de base externa en una negativa.

Estos conceptos en óptica oftálmica se denominan descentración y se rige por la ley de Prentice.

La fórmula de Prentice se expresa de la siguiente manera:

$$D. \text{ mm} = \frac{10 \times \triangle}{\text{Dpts.}}$$

$$\triangle = \frac{D. \text{ mm} \times \text{Dpts.}}{10}$$

De donde:

$\triangle$  = Valor en dioptrías prismáticas.

Dpts. = Poder dióptrico del lente o meridiano

D. = Descentración en milímetros

10 = Corresponde al valor que se requiere para convertir milímetros a centímetros (en concordancia con la definición de prisma)

## Correcciones Esféricas

En estos casos y teniendo en cuenta que el poder dióptrico es igual en todos sus meridianos el valor de la corrección óptica determina el valor del efecto prismático por descentración.

Ejemplo 1:

Lente esférico de +3,00 Dpts. que está descentrado 5 mm en la dirección nasal. Calcule el efecto prismático inducido.

$$\triangle = \frac{5 \times (+3.00)}{10} = \frac{+15.00}{10} = 1.5$$

Ejemplo 2:

Lente esférico de - 4,75 Dpts. que está descentrado 7 mm en dirección superior. Calcule el efecto prismático inducido.

$$\triangle = \frac{7 \times (-5.25)}{10} = \frac{-36.75}{10} = -3.675 \text{ se aproxima a } -3.75$$

Para interpretar estos resultados es necesario considerar lo siguiente:

- Las fracciones del resultado deben aproximarse a fracciones de prisma así: 0,25 equivale a  $\frac{1}{4}$  de dioptría prismática, 0,50 a  $\frac{1}{2}$  dioptría prismática y 0.75 a  $\frac{3}{4}$  dioptría prismática.
- En el resultado final de la fórmula es deseable mantener los signos puesto que, colaboran para definir la dirección de la base. Si la descentración está generada en una fórmula positiva el prisma inducido tendrá una base en el

mismo sentido de la descentración. Por ejemplo descentración nasal, base interna, descentración superior, base superior.

Para lentes negativos la descentración genera bases en sentido contrario. Por ejemplo descentración superior genera prisma base inferior.

En el ejemplo 1 el resultado final será 1 ½ base interna o nasal

En el ejemplo 2 el resultado final será 3 ¾ base inferior

### Correcciones esferocilíndricas

En estas correcciones ópticas se pueden presentar 3 situaciones distintas que ameritan análisis y cálculos diferentes:

Combinación esferocilíndrica con ejes correctivos en 0° o 90° se debe definir el valor de cada meridiano y asociarlo a la dirección de la descentración para obtener el valor prismático y su base.

Ejemplo 1

Rx. + 2.00 – 3.00 x 0° Descentraciones 5 mm temporal, y 6 mm inferior. En este caso se procede a realizar la transposición para conocer el poder efectivo de los dos meridianos principales y asociarlos con la respectiva descentración así:

Transposición

$$-1.00 + 3.00 \times 90^\circ$$

Meridiano de 0° poder efectivo +2.00 descentración de 5 mm temporal

$$\triangle = \frac{5 \times (+2.00)}{10} = \frac{+10.00}{10} = 1 \text{ prisma base externa o temporal}$$

Meridiano de 90° poder efectivo – 1.00 descentración de 6 mm inferior

$$\triangle = \frac{6 \times (-1.00)}{10} = \frac{-6.00}{10} = -0.6 \text{ se aproxima a } \frac{3}{4} \text{ de dioptría prismática base superior}$$

**Combinación esferocilíndrica con ejes correctivos en 45° y 135°.** Estos dos casos son las únicas excepciones en las cuales matemáticamente se puede inferir el valor de los meridianos secundarios en los ejes de 0° y 180°, que

son los que habitualmente coinciden con las descentraciones horizontales o verticales. Para mejor entendimiento se desarrolla el siguiente ejemplo:

Rx. - 2.00 - 3.00 x 45° Descentraciones 3 mm nasal y 4 mm superior. Se procede a realizar la transposición para conocer el poder efectivo de los dos meridianos principales:

Transposición

$$-5.00 + 3.00 \times 135^\circ$$

Meridiano de 45° - 2.00

Meridiano de 135° - 5.00

Como las descentraciones son nasal y superior no coinciden con los meridianos principales. Para obtener el valor de los meridianos secundarios que están equidistantes al 0° y 90°, simplemente se obtiene el promedio de los principales así:  $-5.00 + (-2.00) = -7.00/2 = -3.50$ . Este valor se aplica en la fórmula para las dos descentraciones:

$$\triangle = \frac{3 \times (-3.50)}{10} = \frac{-9.50}{10} = -0.95 \text{ se aproxima a 1 prisma base externa}$$

$$\triangle = \frac{4 \times (-3.50)}{10} = \frac{-12.50}{10} = -1.25 \text{ se aproxima a 1 } \frac{1}{4} \text{ prisma base inferior}$$

**Combinación esferocilíndrica con ejes correctivos oblicuos.** Son los más comunes en la práctica optométrica. Para poder obtener el valor efectivo de los meridianos resultantes es necesario aplicar la segunda fórmula de Prentice que utiliza el teorema de Pitágoras para deducir el meridiano vector de acuerdo al eje del cilindro corrector.

$$Pe = \text{Sen}^2 \text{ Eje (cil)} + \text{esf}$$

De donde

Pe = Poder efectivo resultante

Eje = Valor en grados del eje correctivo

Cil = Valor del cilindro correctivo

Esf = Esfera de la combinación esferocilíndrica

Ejemplo

Rx. - 4.00 – 3.00 x 30° con 3 mm de descentración temporal y 7 mm inferior.

Transposición

$$-7.00 + 3.00 \times 120^\circ$$

Para la descentración horizontal:

$$Pe = \text{Sen}^2 30^\circ (-3.00) + (-4.00)$$

$$Pe = 0.37 (-3.00) + (-4.00)$$

$$Pe = -1.12 - 4.00$$

$$Pe = -5.12$$

Este valor corresponde al poder efectivo sobre el meridiano de 180° el cual debe tomarse para obtener el prisma inducido así:

$$\triangle = \frac{3 \times (-5.12)}{10} = \frac{-15.36}{10} = -1.536 \text{ se aproxima a } 1 \frac{1}{2} \text{ prisma base interna}$$

Para la descentración vertical:

$$Pe = \text{Sen}^2 120^\circ (+3.00) + (-7.00)$$

$$Pe = 0.75 (+3.00) + (-7.00)$$

$$Pe = 2.25 + (-7.00)$$

$$Pe = -4.75$$

Este valor corresponde al poder efectivo sobre el meridiano de 90° el cual debe tomarse para obtener el prisma inducido así:

$$\triangle = \frac{7 \times (-4.75)}{10} = \frac{-33.25}{10} = -3.325 \text{ se aproxima a } 3 \frac{1}{4} \text{ prisma base superior}$$

La fórmula de Prentice también permite conocer la cantidad de milímetros que se requieren para generar cualquier efecto prismático deseable o indeseable.

Ejemplo:

Un paciente requiere que se induzca en su corrección óptica 3 prismas de base externa en cada ojo. ¿Cuántos milímetros de descentración y e que sentido se requieren para generar el efecto prismático deseado?

Rx:

$$OD - 2.00 - 2.00 \times 0^\circ$$

$$OI + 1.00 - 2.00 \times 0^\circ$$

Ojo derecho

No se requiere la transposición puesto que el poder efectivo sobre  $0^\circ$  es  $-2.00$ .

$$D. \text{ mm} = \frac{10 \times \triangle}{\text{Dpts.}}$$

$$D. \text{ mm} = \frac{10 \times 3}{-2.00} = \frac{30}{-2.00} = -15 \text{ mm}$$

El signo negativo indica que la base del prisma es contraria a la dirección de la desviación; por lo tanto para generar los 3 prismas de base externa hay que descentrar 15 mm hacia el lado nasal.

Ojo izquierdo

No se requiere la transposición puesto que el poder efectivo sobre  $0^\circ$  es  $+1.00$ .

$$D. \text{ mm} = \frac{10 \times \triangle}{\text{Dpts.}}$$

$$D. \text{ mm} = \frac{10 \times 3}{+1.00} = \frac{30}{+1.00} = +30 \text{ mm}$$

El signo positivo indica que la base del prisma va en el mismo sentido a la dirección de la desviación; por lo tanto para generar los 3 prismas de base externa hay que descentrar 30 mm hacia el lado temporal. Cuando el valor de la descentración es muy grande como en este caso es imposible inducir el prisma y debe necesariamente generarlo tallado en el laboratorio.

## Estética

Por lo general se deja al arbitrio del usuario la selección de la forma y color de la montura desconociendo los principios básicos de la estética, en referencia a la correlación de las características de color y formas del rostro, con los diseños, materiales y tonos de las monturas.

Mucha literatura se ha desarrollado al respecto, pero tal vez los conceptos del Brasileño Miguel Giannini son en mi opinión los que mejor describen estas correlaciones.

El recomienda:

- Analizar el tipo de refracción.
- Trazar el perfil del cliente, tomando en consideración su estilo de vida.
- Analizar la figura de la nariz, que define el equilibrio del rostro.
- Analizar la línea de las cejas, considerada uno de los puntos de referencia al seleccionar un armazón.
- Considerar la forma de la cara, color de piel y del cabello.

Asimismo manifiesta que *“El secreto radica en encontrar el equilibrio y la armonía que un armazón le puede brindar al cliente. Asimismo, se debe tener en cuenta los tipos de lentes disponibles para cada caso”*.

Para concluir consideramos importante transcribir el estudio realizado por VICA (Vision Council of America) sobre los armazones más indicados de acuerdo a la forma del rostro (Figs. 6-28 A y B).



Figura 6-28A. Rostros 1 [www.tami.mx](http://www.tami.mx)

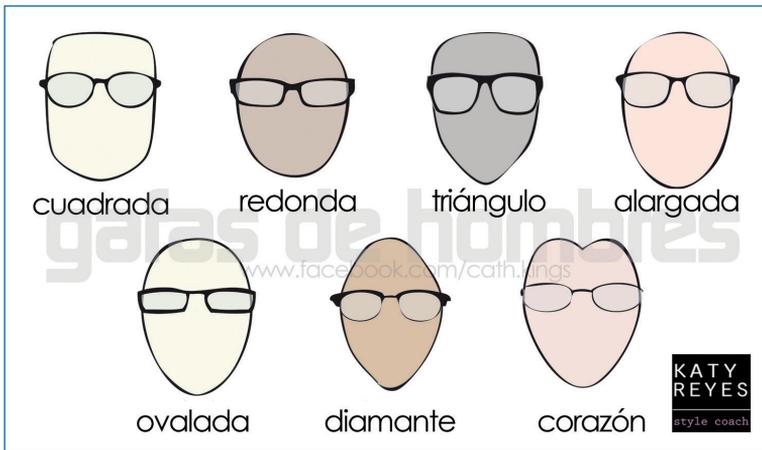


Figura 6-28A. Rostros 1 [www.tami.mx](http://www.tami.mx)

**Ovalado.** Es el rostro más versátil debido a su equilibrio facial.

Armazones del mismo tamaño o mayores que la parte más ancha del rostro en formas de cara almendradas u ovaladas.

**Triangular (parte inferior ancha)** Este tipo de rostro tiene la frente angosta y se ensancha en la mejilla y mandíbula.

Armazones que llamen la atención hacia la parte superior del rostro, modelos de gato y armazones en dorado.

**Triangular (parte superior más ancha)** También conocido como figura de corazón, este rostro es ancho en la parte de la frente y bastante estrecho en la mandíbula.

Armazones que llamen la atención hacia la parte inferior del rostro: modelos sin aros, bastante angostos en metal así como en plástico.

**Cuadrado.** Caracterizado por una línea mandibular bastante marcada y la frente ancha. La altura y el ancho tienen las mismas proporciones.

Estilos redondeados y estrechos que suavizan el ángulo facial; son indicados también los armazones ovalados estrechos.

**Redondo.** Caracterizado por líneas curvas.

Armazones más anchos que profundos; estrechos y angulares.

**Rectangular.** Faz larga, caracterizada por una línea larga de mejilla y a veces nariz larga.

Armazones con profundidad de la parte superior hacia la inferior o varillas decorativas para añadir anchura.

**Diamante.** Cara estrecha a la altura de las cejas y de la mandíbula. Las mejillas suelen ser altas y dramáticas.

Armazones con detalles a la altura de las cejas; modelos de gato u ovalados.

Ojos que están muy cerca entre sí, lucirán más separados con armazones que tengan un tono claro o neutro en el puente y oscuros a los lados (en las varillas); por el contrario, un puente oscuro, hará lucir más cerca los ojos que son separados.

Si el puente de la nariz es ancho, se puede aparentar más estrecho con un puente en tono más oscuro y un marco en tonos más claros en los extremos.

Personas con piel pálida lucen mejor con marcos en los que el color es cálido y rosado, mejor que gris, café claro o ámbar, porque estas las harán lucir con la cara lavada; colores claros como ciruela, rojizos, café oscuro, son mejores para personas con pieles oliva o amarillentas. Si usted tiene colores vivos, entonces los tonos fríos, azules, verdes y grises son los mejores. Marcos negros son estupendos sólo para gente joven.



## Bibliografía

- ACOSTA, O. Tópicos sobre óptica Oftálmica. N: Franja Visual. 1995; 6 (22): 12-13.
- ADLER, R. Fisiología del ojo. Buenos Aires: Mosby/Doyma, España, 1994.
- ARMBRECHT, S. Análisis de las características anatómicas, fisiológicas y físicas a considerar en la adaptación del antejo. Tesis de grado, Facultad de Optometría U. de la Salle, Bogotá 1989.
- ARMBRECHT, S. Repaso en óptica oftálmica. No siempre hay que tallar. En: Franja Visual 1996; 7 (29): 11-13.
- BORISH, I. Clinical Refraction, 3a. Edición. Professional Press, USA., 1970.
- BRUNENI J. Soleado-esté al lado de a. Eyecare Negocio 1998; 13(12):43-50.
- BRUNENI J. Un futuro luminoso para el photochromics. Eyecare Negocio 1992;7(8):30-33.
- BRUNENI, J. Photochromics. Eyecare Negocio 1996; 11(5).
- BRUNENI, J. Tendencias en Polycarbonate. LENTE DE POLYCARBONATE - The Futuro. Eyecare Negocio 1993;8(4).
- BRUNENI, J. La revolución del alto índice. En: Franja Visual . 1993; 5(14): 12-13.
- BROOKS, C. Understanding Lens Surfacing, USA: Heinmann, 1992.
- BURRIL, Alicia. Seeing Photochromics in a Whole New Light. Review of optometry. Vol. 136. No. 2. USA. 1999.

- CASTRO J.J., Jiménez J.R., Hita E., Ortiz C.(2009). "Inuence of interocular dieren- ces in the Strehl ratio on binocular summation". Ophthalmic Physiological Optics29(3):370-4.
- CASTRO J.J., Jiménez J.R., Ortiz C., Alarcon A. (2010). "Retinal-image quality and maximum disparity". Journal of Modern Optics. Vol.57, No.2, 20 January 2010, 103–106.
- CHOU, Ralph. Protección visual para la radiación ultravioleta: nuevas normas canadienses para anteojos de sol. Revista Franja Visual. Vol. 9 No. 35. Co- lombia. 1997.
- CONTACT LENS NEWS. Año 1 No. 2 Buenos Aires, Argentina: Noviembre 1998.
- COREN S. and Kaplan C.P., 1973, Patterns of ocular dominance. American jour- nal of optometry and Archives of the American Academy.
- COSTA, Orlando. Tópicos sobre Optica Oftálmica. Revista Franja Visual. Colom- bia: 1997.
- COTTER, Susan A. Prismas Ópticos. Madrid, España: Mosby, 1996.
- DAZA DE VALDES, B. Uso de los Antojos- Para todo género de Vistas, 2ª Edición, Romagraf Ed. España, 1972.
- DIAS – PEREIRA, Ney. El número ABBE. Revista Franja Visual Vol. 8 No. 34 Co- lombia. 1997.
- DIAS – PEREIRA, Ney. Optica Oftálmica Básica. Porto Alegre, Brasil: Nova Optica, 1995.
- DIAS- Pereira, Ney Optica Oftálmica Básica Editora Nova Optica,Porto Alegre, Brasil, 1995.
- DIAS-Pereira, Ney Seiscientas Dicas, Rio de Janeiro, Brasil 1.998.
- DISANTO SR. Photochromic lente tecnología. Eyecare refractivo para Oftalmó- logos. January/February 1998;11-12.
- DOWALIBY, M. Practical aspects of ophthalmic optics. Boston: Butterworth- Heinemann, 4.Ed. 2001.

- DROBE B., Et Al., Extent of single vision areas and determination of iso-perceived depth lines for symmetric refraction. In Vision Sciences and its applications, Vol.1, 1997 OSA Technical Digest Series, (Optical Society of America, Washington, D. C., 1996), p. 194-197.
- EDWARDS Keith y HEWELLYN R. Optometría, Barcelona Masson- Salvat/93.
- ESKRIDGE, J. Boyd y otros Clinical Procedures in Optometry, J.B. Lippincott Company. Philadelphia, 1992.
- ESSILOR International S.A. Essilor, Varilux, Varilux S Series, Nanoptix, 2013.
- FAUBERT, J. "Curvature detection at different orientations in the upper and lower visual hemifields", Technical digest of OSA, Visual science and its application, Santa Fe. 1998.
- FAUBERT J., Allard R. "Effect of visual distortion on postural balance in a full immersion stereoscopic environment". Proceedings of SPIE, 5291, 491-500, 2004.
- FLORES, Isabel. Lentes y Equipos: El poder del tratamiento Anti-reflejo. Revista 20/20 América Latina, Abril-Mayo. 1999.
- FLORIDO, M. Protección Solar. Suplemento Revista Gaceta Optica No. 282, España. 1995.
- FREEMAN, M y HULL, C. Optics. Boston: Butterworth-Heinemann, 11 Ed. 2003
- GAMAZO, O. Lentes Oftálmicos: adaptación perfecta. En: Franja Visual. 1999. 10 (47) 12-13.
- GAMAZO, O., Progresivos, Sola de Venezuela, Guía de adaptación, 1994.
- GAMAZO, O. La curva base en los lentes oftálmicos. Revista franja Visual. Vol. 9. No. 43. Colombia: 1998.
- GAMAZO, O., Normas, calidad y tolerancia de los lentes oftálmicos. Revista Franja Visual. Vol. 6 No. 25. Colombia: 1995.
- GIANNINI, M. Formas y Caras. Revista 20/20 América Latina Junio-Julio, 1999.
- GIL DEL RÍO, E. Optica Fisiológica. Barcelona, Toray. 1996.

- GONZALEZ, R. Lentes Progresivas. Revista Científica e Informativa del Colegio Nacional de Opticos de Chile, A.G. Año 10 No. 14. Chile 1999.
- GUILLOUX , C Varilux S Series™: SynchronEyes™, La revolución en el diseño, 2012.
- GUILLOUX C., Mousset S., Miege C., Varilux S Series, breaking the limits., in press, Stephens, 2006”.
- GUILLOUX, C Et al Varilux S 4DTM, personalización binocular basada en la determinación del ojo dominante. Essilor International, 2012.
- GUILLOUX,C and al. Importance of the ophthalmic progressive lens shape on the space perception”, EAOO-European Academy Dublin 2012
- GUILLOUX,C Et al Varilux S Series™: Nanoptix Technology™ La revolución tecnológica . Essilor International,2012.
- INDO INTERNATONAL S.A. Manual de lentes progresivas. España 1999.
- JALIE, M. Ophthalmic lenses & dispensing. Boston: Butterworth – Heinemann. 2000.
- KAWATA H, Dynamic asymmetries in convergence eye movements under natural viewing conditions. Jpn J Ophthalmol. Sep-Oct;45(5):437-44. 2001.
- KEENEY A, y HAGMAN R., Diccionario de Optica Oftálmica. Barcelona, España. Masson S.A. 1997.
- KEITH, E. y HEWELLYN, R, Optometría. Ed, Masson-Salvat, Barcelona, 1993.
- LABORATORIO OFTALMICO DE LA COSTA, Folletos informativos, 1994-98, Barranquilla, Colombia.
- LE GRAND La distorsion en optique lunetterie”, Annales d’optique oculaire, n°1, janvier. 1956.
- LEE, J. Take a Second Look at Polarized Lenses. Review of Optometry. USA, .April 1999.
- LEGGE,G. Adapted from “Binocular contrast summation. I.Detection and discrimination”. Vis. Res., vol 24, pp 373-383. 1984.

- MAITENAZ B., (US patent 3 687 528): "Optical modulation" and "Orthoscopy", 1970.
- MANSO, V. Avances en lentes fotocromáticos. Revista 20/20 América Latina Junio-Julio, 1999.
- MANSO, V. Lentes de sol: divertidos, funcionales y a la moda. Revista 20/20 América Latina Agosto-Septiembre, 1998
- MARTINEZ A. y MEDINA, M. Compendio actualizado teórico ilustrado de Mecánica Oftálmica. Tesis de Grado Facultad de Optometría .U. de La Salle Bogotá, 1.992.
- MILLODOT, M. Diccionario de Optometría. Madrid. Colegio Nacional de Opticos y Optometristas, 1990
- MINUCCI P.,Connors M. M.. Reaction time under three viewing conditions: Binocular, dominant eye, and nondominant eye. Journal of experimental psychology, 67, 268-275. of optometry, 50, 283-292. 1964.
- NOGUEIRA, CH. Los anteojos, estética, personalidad y salud. Revista Franja Visual, Vol. 6 No. 23, Colombia, 1995.
- OPTIPERSPECTIVA. Boletines del Departamento de Apoyo Profesional. Temas de Salud Visual, Optica Santa Lucia, Colombia, 2000.
- PEÑARENAS, A y PLATA, J. Educación Continuada en Optica Oftálmica. Revista Franja Visual. Vol. 9 No. 33-35, Colombia.1997.
- PERDOMO, Claudia. Fundamentos en lentes Oftálmicos. Facultad de Ciencias de la Salud. Programa de Optometría. Bogotá, D.C. 2009.
- PITTS, D. y KLEINSTEIN, R. Enviromental Vision, USA, 1999.
- PLATA L, José. Optica Oftálmica Aplicada. – Materiales y Diseños – Ed. Contacta. Bogotá, 2000.
- PORAC, C Dominant eye. Psychol Bull.;83(5): 880–97. 1976.
- PORAC, C., Sighting dominance and egocentric localization. Vision Res. 26(10):1709-13. 1986.

- POULAIN, G. Et. al. Role of Sighting Dominant Eye during Target saccades , Arvo annual meeting
- RIVERA, D. et. al. Tiempo de vida útil de la capa antirreflejo fabricada en la ciudad de Bogotá por 3 laboratorios –. 2012.
- ROTH H., Effects of monocular viewing and eye dominance on spatial attention. Brain, 125, 2023- 35. 2002.
- SALVAT, Editores S.A.. Diccionario Terminológico de Ciencias Médicas, España, 1974.
- SHNEOR, E. Eye dominance effects in conjunction search. Vision research, 48, 1592-02. 2008.
- SHNEOR, E. Eye dominance effects in feature search, Vision Research 46 4258–4269. 2006..
- TORRES, I. Descripción y Control del Diseño de los Lentes Progresivos. Revista Franja Visual. Vol. 10 No. 46, Colombia, 1999.
- TSCHUMI, I. Lentes Oftálmicos Asféricos- Características y Centrado. Revista Franja Visual, Vol. 6 No. 21, Colombia, 1995
- VARILUX CONFORT, Guía del usuario., Essilor Of América, inc. 1992
- WAKEFIELD, K. Bennetts ophthalmic prescription Works. Boston: Butterworth Heinemann, 4. Ed. 2000.

## Webgrafía

- [http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen2/ciencia3/076/htm/sec\\_10.htm](http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen2/ciencia3/076/htm/sec_10.htm)
- <http://blog.teveovintage.com/category/optyl/>
- <http://blog.teveovintage.com/category/optyl/>
- <http://www.bluepointenvironmental.com/indoor-air-quality-testing/>
- <http://espanol.glassesshop.com> -
- [http://en.wikipedia.org/wiki/Anti-reflective\\_coating](http://en.wikipedia.org/wiki/Anti-reflective_coating)

<http://es.oakley.com/elite/csix>

<http://es.oakley.com/elite/csix>

<http://es.wikipedia.org/wiki/Policarbonato>

<http://es.wikipedia.org/wiki/Policarbonato>

<http://franjapublicaciones.com/web/25/index.php/articulos/item/2193-radiación-uv-y-los-niños>

<http://histoptica.org/apuntes-de-optica/monturas-armaduras/materiales-poliamida/>

<http://histoptica.org/apuntes-de-optica/monturas-armaduras/materiales-poliamida/>

<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/phyopt/antiref.html>

[http://mileniooptica.com.ar/\\_EntendiendoFreeform.pdf](http://mileniooptica.com.ar/_EntendiendoFreeform.pdf)

<http://www.allaboutvision.com/lenses/coatings.htm>

[http://www.armandoptics.com/productos\\_monturas.html](http://www.armandoptics.com/productos_monturas.html)

[http://www.armandoptics.com/productos\\_monturas.html](http://www.armandoptics.com/productos_monturas.html)

[http://www.custom6.it/e/flash/tech\\_e.swf](http://www.custom6.it/e/flash/tech_e.swf)

[http://www.custom6.it/e/flash/tech\\_e.swf](http://www.custom6.it/e/flash/tech_e.swf)

<http://www.iltfuturex.com/#!xtreme/cr9b>

<http://www.lacasadeloptico.com/formacion/tecno1/tema8.pdf>

<http://www.leyboldoptics.com/optics/ophthalmics>

<http://www.madrimasd.org/informacionidi/noticias/noticia.asp?id=32445>

<http://www.madrimasd.org/informacionidi/noticias/noticia.asp?id=32445>

<http://www.megamex.com/span/monel-400-nickel-alloy.htm>

<http://www.megamex.com/span/monel-400-nickel-alloy.htm>

[http://www.opticaalemana.com.co/monturas\\_materiales.html](http://www.opticaalemana.com.co/monturas_materiales.html)

[http://www.opticaalemana.com.co/monturas\\_materiales.html](http://www.opticaalemana.com.co/monturas_materiales.html)

<http://www.satisloh.com>

<http://www.taringa.net/posts/info/10380298/Los-50-mejores-inventos-de-la-historia.html>

<http://www.taringa.net/posts/info/10380298/Los-50-mejores-inventos-de-la-historia.html>

<http://www.youtube.com/watch?v=aAkUFWknmSo&list=UUPdFIY4CZDVNdC539LiPIMA&index=15>

[www.dioptica.com](http://www.dioptica.com)

[www.drivewearlens.com](http://www.drivewearlens.com)

[www.indo.es](http://www.indo.es)

[www.nosepads.co.uk](http://www.nosepads.co.uk)

[www.nosepads.co.uk](http://www.nosepads.co.uk)

[www.nosepadsking.com](http://www.nosepadsking.com)

[www.nosepadsking.com](http://www.nosepadsking.com)

[www.opticaalemana.com](http://www.opticaalemana.com)

[www.opticas.com.co](http://www.opticas.com.co)

[www.opticas.com.co](http://www.opticas.com.co)

[www.optometriks.com](http://www.optometriks.com)

[www.totallyptical.com](http://www.totallyptical.com)



