

TEMA I

LENTES MULTIFOCALES I

- Introducción
- Bifocales en dos piezas
- Bifocales en una sola pieza
- Lentes trifocales
- Problemas de adaptación

PROGRAMA

1. Introducción
2. Lentes bifocales
 - 2.1. Bifocales en dos piezas
 - A – Tipo Franklin
 - B – cementados
 - 2.2. Bifocales en una sola pieza
 - 2.2.1. Bifocales tallados
 - Con línea de separación visible
 - Con línea de separación invisible
 - 2.2.2. Bifocales fusionadas
 - A – Fusión interna
 - B – Fusión externa
 - C – Con segmento redondo
 - D – Con segmento semipantoscópico
 - E – Con segmento semipantoscópico curvo
 - F – Con segmento rectangular
 - G – Con segmento centrado
3. Lentes trifocales

1 – Introducción

Desde un punto de vista óptico el ojo es un sistema de focal variable y por ello es posible ver de lejos y de cerca con la misma nitidez.

Un ojo emétrope en reposo enfoca sin esfuerzo sobre la retina las imágenes del infinito. Si el ojo fuese un sistema estático, al aplicar la ley de Gauss a objetos no situados en el infinito las imágenes se formarían en planos diferentes al de la retina.

La capacidad del ojo de cambiar su focal para enfocar nítidamente los objetos situados en distintos planos se llama acomodación. Este mecanismo de acomodación es debido, como sabemos, a la acción conjunta de varios elementos.

Modificaciones que ocurren en el ojo al mirar un objeto cercano:

- 1 – Contracción de la pupila en visión de cerca lo que reduce la acomodación necesaria al disminuir el círculo de confusión.
- 2 – El borde pupilar del iris se desplaza un poco hacia delante.
- 3 – La cara anterior del cristalino avanza.
- 4 – la cara posterior del cristalino no se desplaza o en todo caso lo hace un poco hacia atrás.
- 5 – El radio de curvatura de la cara anterior del cristalino disminuye.
- 6 – El radio de curvatura de la cara posterior disminuye un poco. (5+6) ⇒ El cristalino se “abomba”.
- 7 – Además hay un aumento del índice de refracción del cristalino por la acomodación (mecanismo “intracapsular”).

Se define la Amplitud de Acomodación como:

$$A_m = R - P$$

Donde R y P son la inversa de la distancia en metros del punto próximo y del punto remoto (para el emétrope R=0). El punto próximo es el punto más próximo al ojo en el que los objetos son vistos con nitidez.

A_m decrece regularmente con la edad (mayor edad ⇒ menos amplitud de acomodación, siguiendo la ley empírica entre 35 y 50 años siguiente:

$$A_m = 12,5 - 0,2 N \quad (N = \text{edad en años})$$

Cuando $A_m = 4$ dt se considera al sujeto presbita, este valor se alcanza en media entre los 40-45 años. Consideramos a un sujeto presbita cuando el punto próximo está más lejano que la distancia de trabajo (las personas mayores alejan el periódico para leer). Esto es debido principalmente a una esclerosis o endurecimiento de tejidos del cristalino que impiden que éste se abombe.

En conclusión hay personas que necesitan una adición de potencia para ver de cerca. La presbicia se corrige por medio de lentes convergentes que no permiten la visión de lejos o bien con lentes de focal múltiple que permiten simultáneamente la visión de lejos (VL), la visión de cerca (VC) y la visión a media distancia (en lugar de dos pares de gafas). Para el emétrope presbita, la solución más normal son unas gafas que le permitan la VC (o bifocales con VL=0 o medias lunas).

2. LENTES BIFOCALES. TIPOS

Estas lentes tienen la particularidad de tener dos correcciones distintas, una para visión lejana (VL) y otra para visión de cerca (VC), las dos partes de la lente no tienen la misma potencia, por lo que tienen dos focales imagen distintas. Existen dos tipos de bifocales: bifocales de dos piezas y bifocales de una sola pieza.

2.1. Bifocales de dos piezas

Estas lentes tienen sobre todo un interés histórico ya que fueron las primeras de doble focal. En la actualidad sólo las bifocales cementadas se utilizan para ciertas realizaciones especiales.

Existen dos tipos que son:

- a) lentes tipo Franklin o bifocal hendido
- b) bifocales cementados

a) Las bifocales tipo Franklin.-

Supusieron un concepto revolucionario para la época (1.785). Se trata de montar en cada aro de la montura (generalmente en esa época eran o redondos o rectangulares) dos medias lentes, la media lente superior servía para la VL y la inferior para la VC y es la presión del aro la que mantiene las dos medias lentes en su posición. Se puede obtener una mayor solidez del conjunto ajustando las dos mitades con un bisel, una ranura o un chaflán.

- Ventajas: Con este principio de bifocal es posible dar a la parte utilizada en VL y a la utilizada en VC la forma y el tamaño deseado siguiendo las necesidades del usuario.

Además es posible obtener una bifocal sin salto de imagen, (lo que ya veremos más adelante lo que significa).

- Inconvenientes:

- La línea de separación entre la VL y la VC es muy visible lo que molesta para pasar de una zona a la otra (pudiendo observarse efectos cromáticos).

- La diferencia de espesor de las partes en contacto es un lugar en el que se acumula la suciedad.

- El conjunto peca de falta de solidez.

- A la larga las lentes se descascarillan (aparecen lascas) en la superficie de contacto.

- Estas lentes además de ser inestéticas, ya que la línea de separación es excesivamente visible sólo pueden ser montadas en monturas metálicas con cierre de tornillo.

Para remediar esta falta de solidez se realizó este tipo de lentes pero cementado, es decir con algún tipo de cola para unir las dos mitades.

Para sujetos emétopes en VL se realizó (aunque cada vez se ven menos) lentes en forma de media luna, es decir que están preparadas para la VC; la VL se hace por encima de la lente.

b) Bifocales cementadas

La parte correspondiente a la VC se obtiene pegando (normalmente con bálsamo del Canadá que tiene un índice de refracción prácticamente igual al del vidrio crown) sobre la lente que corrige la VL una pequeña lente biconvexa adicional.

Las dos caras en contacto deben tener rigurosamente la misma curvatura pero de signo contrario. La aplicación también llamada **segmento o pastilla** está pegada generalmente en la cara posterior (cara ocular) de la lente. En las lentes astigmáticas está pegada en el lado esférico.

Ventajas: La pastilla puede tener formas muy diversas, en general y teniendo en cuenta las realizaciones actuales las más comunes son:

Inconvenientes:

- El pegado con bálsamo del Canadá es muy delicado y debe realizarse de manera que no queden burbujas lo que requiere una gran práctica.
- El bálsamo de Canadá reblandece a 50° lo que puede ocasionar desplazamientos de la pastilla (50° no es una temperatura exagerada).
- Con el tiempo el bálsamo amarillea y la pastilla termina por despegarse.
- La V.C. se hace a través de una lente biconvexa \Rightarrow aberraciones.

2.2.- Bifocales en una sola pieza

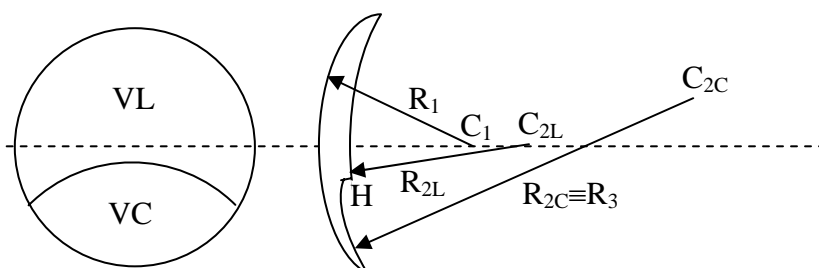
2.2.1.- Bifocales talladas.

A mediados del siglo XIX aparece la lente bifocal tallada. La zona para la VC está tallada en la misma lente destinada a la VL.

Entre estas se distinguen:

- las bifocales con línea de separación visible
- las bifocales con línea de separación invisible

a) **BIFOCALES TALLADAS CON LÍNEA DE SEPARACIÓN VISIBLE**



Tenemos: C_1 : centro de curvatura de la cara 1 (radio R_1)
 C_{2L} : centro de curvatura de la cara 2 VL (radio R_{2L})
 C_{2C} : centro de curvatura de la cara 2 VC (radio R_{2C})

Las dos caras esféricas tienen por potencias

$$P_1 = (n-1) / R_1 \quad ; \quad P_2 = (1-n) / R_2$$

Si consideramos la lente delgada su potencia de lejos es $P_L = P_1 + P_2$.
Supongamos que sobre la cara cóncava (también se puede hacer sobre la cara convexa), en la parte inferior se talla un segmento de radio $|R_3| > |R_2| \Rightarrow |P_3| < |P_2|$

$$\text{Y en nuestro ejemplo } \Rightarrow R_3 > R_2 \quad , \quad P_3 < P_2$$

Luego la potencia de esta lente a través de esta zona será más fuerte ya que tendremos

$$P_C = P_1 + P_3 \quad (P_C \equiv \text{potencia de la VC})$$

Ventajas e inconvenientes

- No hay salto de imagen. El salto de imagen es un desplazamiento vertical brusco de la imagen, cuando la línea de mirada pasa por la línea de separación. Este salto de imagen se debe a la juxtaposición, en la línea de separación, de dos potencias que dan en un mismo punto dos efectos prismáticos diferentes.

Con un reglaje conveniente de las herramientas se puede conseguir que los centros de curvatura C_{2L} y C_{2C} estén alineados con la línea de separación de las dos zonas. Esto permite suprimir totalmente el salto de imagen. Ya que un rayo que incida justo por encima de la línea de separación y que pase por C_2 no se desvía en el segundo dioptrio.

(En realidad para que no haya salto de imagen lo que se debe alinear es C_{2L} C_{2C} C_1 y H, pero entonces el centro óptico de lejos es molesto).

- La línea de separación es muy visible y además hay una acumulación de suciedad al haber un cambio de espesor.

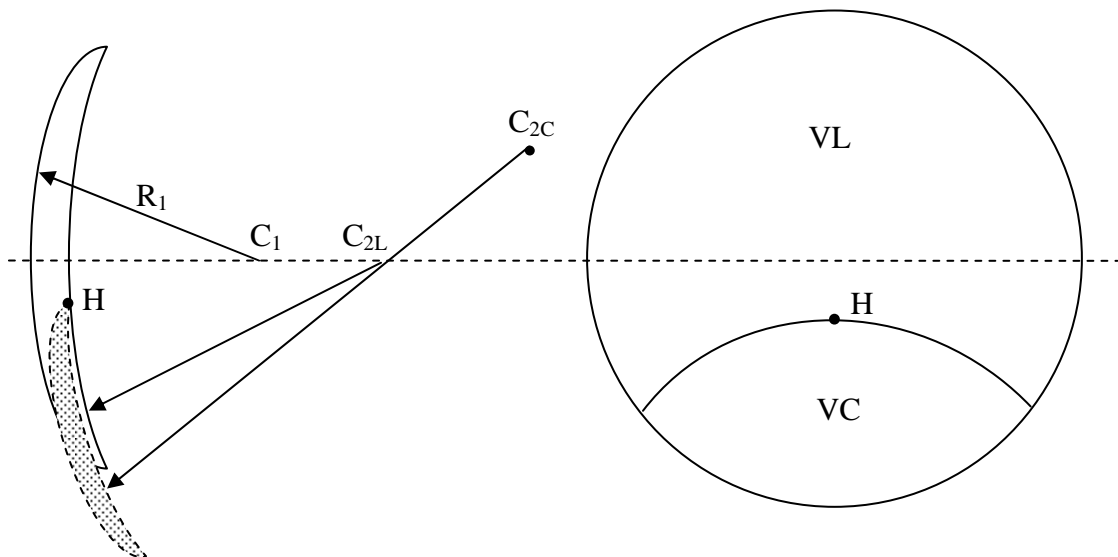
- Al mirar un objeto cercano las líneas de mirada convergen lo que recomienda descentrar nasalmente la zona de la VC de lado nasal, lo que no ocurre en este caso.

- Además esta realización exige lentes relativamente gruesas.

b) BIFOCALES TALLADAS CON LÍNEA DE SEPARACIÓN INVISIBLE

Estas bifocales son también de una sola pieza pero con la línea de separación mucho menos visible que los anteriores ya que esta línea es la intersección de dos esferas de radios R_{2L} y R_{2P} .

La condición para que esto ocurra es que los centros de curvatura de la cara cóncava (el de lejos y el de cerca) estén alineados con el centro geométrico de la circunferencia correspondiente a la VC de la cara bifocal.



La diferencia de potencia entre la zona de VL y la de VC se obtiene por una diferencia entre R_{2P} y R_{2L} de la cara bifocal. $R_{2P} > R_{2L}$ (de esta manera la potencia en la cara bifocal es menor en valor absoluto en la zona de cerca que en la de lejos).

Estéticamente la lente obtenida es mejor pero aparece un salto de imagen inevitable muy importante.

2.2.2.- Bifocales fusionadas

Estas lentes se obtienen fusionando sobre un vidrio crown ($n=1.523$) una pequeña lente adicional de índice diferente (más elevado).

Esta lente adicional antes era de vidrio flint (vidrio a base de plomo) de índice $n = 1.605$ a 1.700 según la adición pedida pero actualmente es de vidrio de bario ($n = 1.600$ a 1.720) ya que este es más duro que el flint (su dureza – resistencia al rayado- es prácticamente la misma que la del vidrio crown. Además el empleo de estos vidrios presenta la ventaja de disminuir el cromatismo ya que su coeficiente de dispersión es mucho menor que el del flint.

La fusión puede ser realizada gracias a que tanto el vidrio flint como el de bario reblandecen mucho antes que el crown. Si calentamos a unos $600-700^{\circ}\text{C}$ una lente flint

y una crown pegadas la una a la otra, la de flint reblandece mientras que la de crown permanece estable (la primera fusión de este tipo data de 1904).

La pastilla adicional puede fusionarse

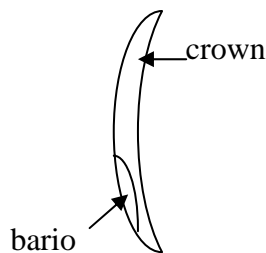
Por la cara convexa de la lente (fusión externa)

Por la cara cóncava de la lente (fusión interna)

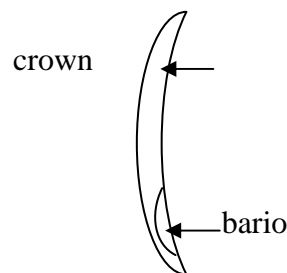
La fusión interna presenta dos ventajas

- Protección de la pastilla: si está situada en la cara cóncava de la lente crown, ésta se encuentra más protegida. (Esto es una ventaja relativa ya que si bien el crown es un poco más duro, si lo rayamos también afectará a la VL)

- Mejor visión de cerca: hemos visto que la forma de menisco es la que menos aberraciones presenta y si la fusión es interna la pastilla tiene forma de menisco. Sin embargo, si la fusión es externa la pastilla tiene forma biconvexa con los consiguientes problemas de aberraciones.



Fusión externa
(pastilla biconvexa)



Fusión interna
(pastilla de menisco)

De todas maneras esta afirmación debe hacerse con precaución ya que de todas formas para la VC como vamos a ver, lo que cuenta es el conjunto bario-crown. Además la fusión interna (o soldadura cóncava) es la solución técnicamente más difícil y la más costosa. Estas razones, sobre todo las dos últimas, hacen que la fusión externa sea, a pesar de todo, la más utilizada actualmente.

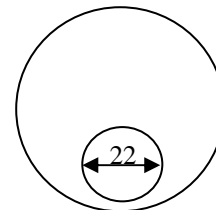
BIFOCALES CON SEGMENTO REDONDO

Estas bifocales están compuestas de dos elementos

- 1) La VL es de crown
- 2) Para la VC hay una pastilla redonda de bario

Ventajas:

- Lentes más estéticas que las bifocales talladas.

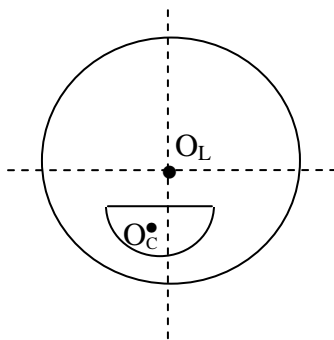


Inconvenientes:

- Salto de imagen importante.
- Cromatismo importante. Se atenúa bastante cuando se utiliza la pastilla de bario.

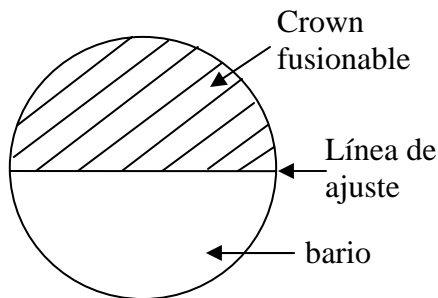
LENTE BIFOCAL CON SEGMENTO SEMIPANTOSCÓPICO RECTO.

Panto = por todas partes }
Scópico = mirar } amplio campo en VC



Aunque lo normal es que O_L esté 5 mm
Lado nasal manteniéndose todas las cotas.

Todo es exactamente igual que en el caso anterior pero ahora la pastilla está compuesta de:



a) Parte superior: Vidrio crown fusionable rigurosamente del mismo Índice de refracción que el crown empleado para la V.L. pero que su temperatura de fusión es más baja.

Actualmente no es indispensable utilizar crown fusionable ya que los vidrios de bario empleados tienen sus temperaturas de fusión próximas a las del crown normal.

b) Parte inferior de bario. La línea de ajuste del combinado debe ser perfectamente nítida y recta. Las superficies en contacto deben estar pulidas cuidadosamente.

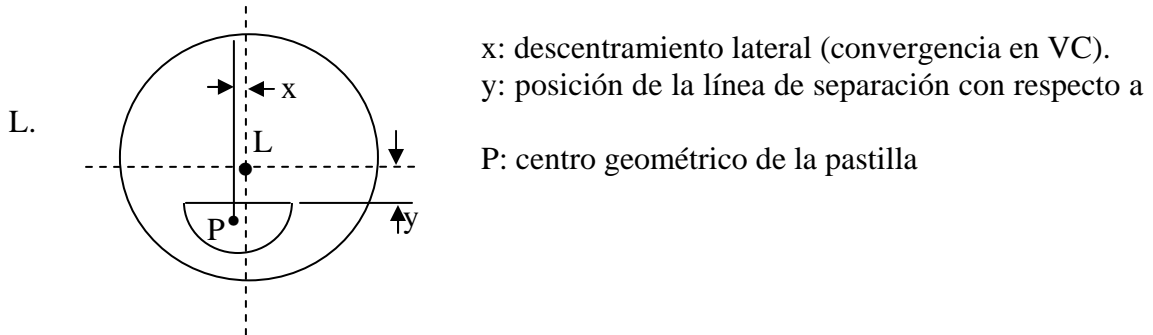
Ventajas e inconvenientes:

- Disminución del salto de imagen con respecto a las bifocales de segmento redondo gracias a la supresión de la parte superior de la pastilla.
- Disminución del cromatismo en la línea de separación.
- Las pastillas grandes dan un gran campo en VC

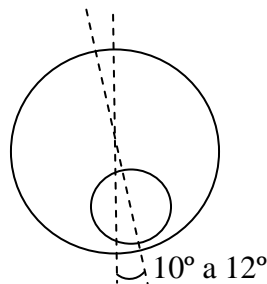
- Su principal inconveniente radica en la obligación de fabricar un combinado y su correcto posicionamiento.

El posicionamiento de la línea de separación de la pastilla con respecto al centro geométrico de la lente al igual que el descentramiento nasal de la pastilla deben ser precisos.

Por descentramiento lateral (nasal) entendemos el desplazamiento del centro P de la pastilla con respecto al centro geométrico L de la lente. Este descentramiento se hace para tener en cuenta la convergencia de los ejes visuales en VC

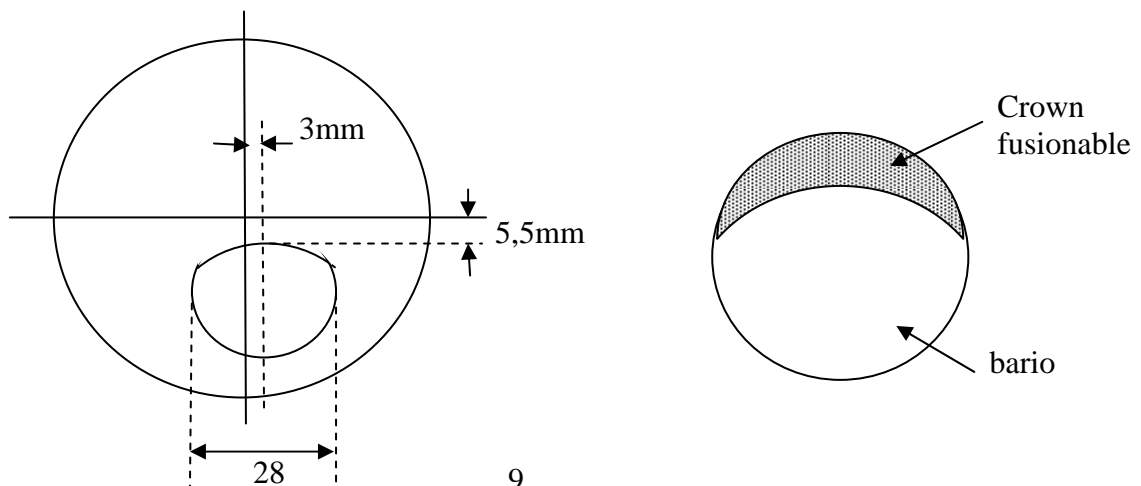


Para una lente bifocal de segmento redondo y potencia esférica es suficiente en el montaje con inclinar la pastilla de 10° a 12° en el eje vertical para tener en cuenta la convergencia.



LENTE BIFOCALES CON SEGMENTO SEMIPANTOSCÓPICO CURVO

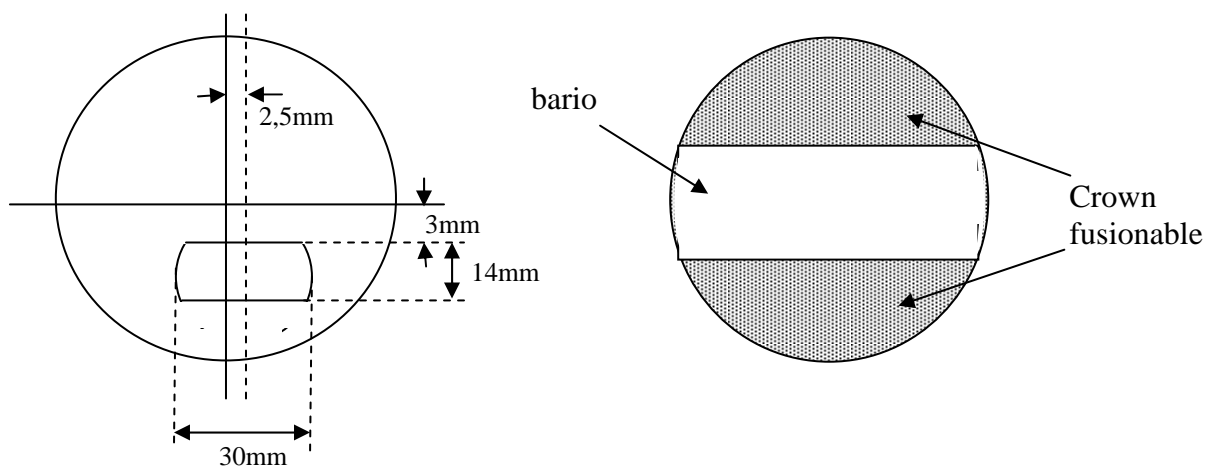
$\varnothing 65 / 75 \Rightarrow$ diámetro real 65 pero $65 + 2 \times 0_L = 75$ lo que equivale a un \varnothing efectivo de 75 mm.



Ventajas e inconvenientes

- Los segmentos son más grandes.
- El salto de imagen es menor que en las precedentes.
- Menor cromatismo a lo largo de la línea de separación gracias a la curvatura.

LENTES BIFOCALES CON SEGMENTO RECTANGULAR



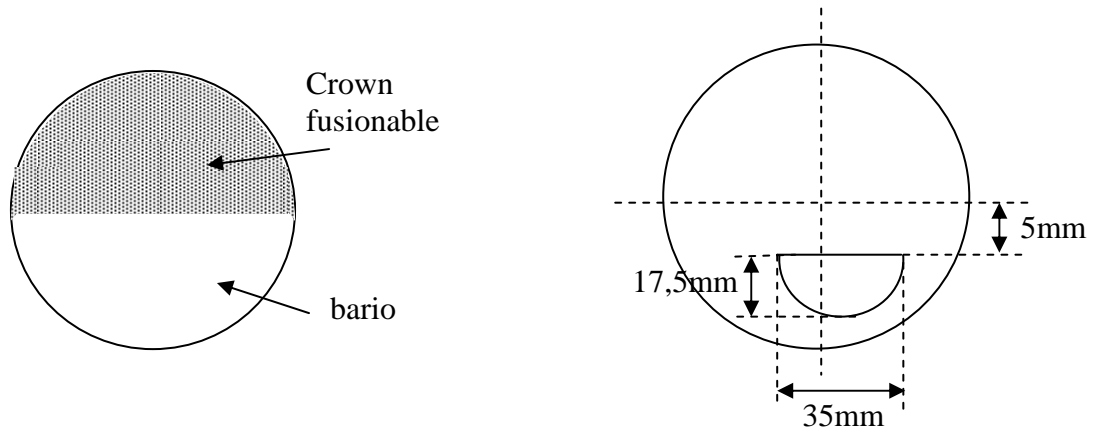
Todo es idéntico a los casos anteriores salvo la pastilla que está compuesta de tres partes (2 de crown fusionable y 1 de bario).

Ventajas e inconvenientes:

- Amplio campo en VC.
- Una vez montada esta bifocal deja una parte de VL por debajo de la VC.
- Los valores del salto de imagen son medios (ni buenos ni malos).
- Fabricación más complicada todavía.

LENTES BIFOCALES CON SEGMENTO CENTRADO

En este tipo de lente la pastilla se divide en dos partes iguales.



Ventajas e inconvenientes:

- No presentan salto de imagen
- Gran pastilla (amplio campo en VC)
- En general se considera poco estético

3.- LENTES TRIFOCALES

Estas lentes presentan la ventaja de tener 3 correcciones en la misma lente:

- visión de lejos
- visión a media distancia
- visión de cerca

Los elementos del combinado para obtener la pastilla tienen:

- 1 – zona de crown fusionable (2 en los rectangulares)
- 2 – zonas de bario de índices diferentes

La potencia de la visión a media distancia se obtiene con un vidrio de bario de índice inferior al del utilizado para la visión de cerca.

La fabricación de la trifocal es idéntica a la de las bifocales la soldadura se hace bien por el lado convexo o por el cóncavo. La depresión se calcula por el mismo método.

La adición para la visión a media distancia es un caso particular para cada sujeto, ya que es función de la acomodación restante y de la distancia a la que el usuario (de acuerdo con su profesión) desea ver nítidamente.

Generalmente esta adición es la mitad de la adición para la VC.