



Sumario

- **Efectos ópticos de un prisma**
- **Objeto binocular efectivo**
- **Neutralización óptica con prismas en visión binocular**



1. Efectos ópticos de un prisma¹

- Prisma oftálmico o delgado

- Ángulo apical $\alpha < 10$ deg
- Si $\varepsilon \rightarrow 0$; $\delta = (n-1)\alpha$

- Desviación angular

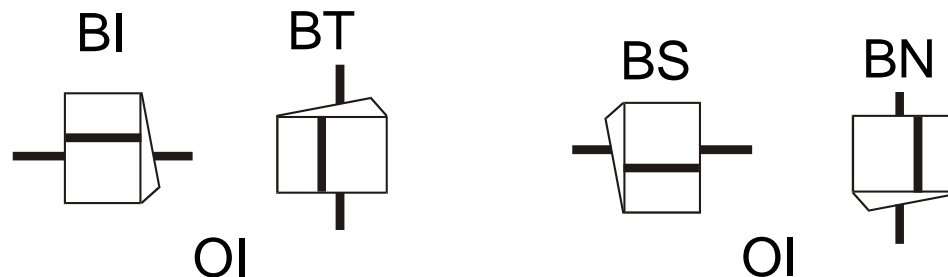
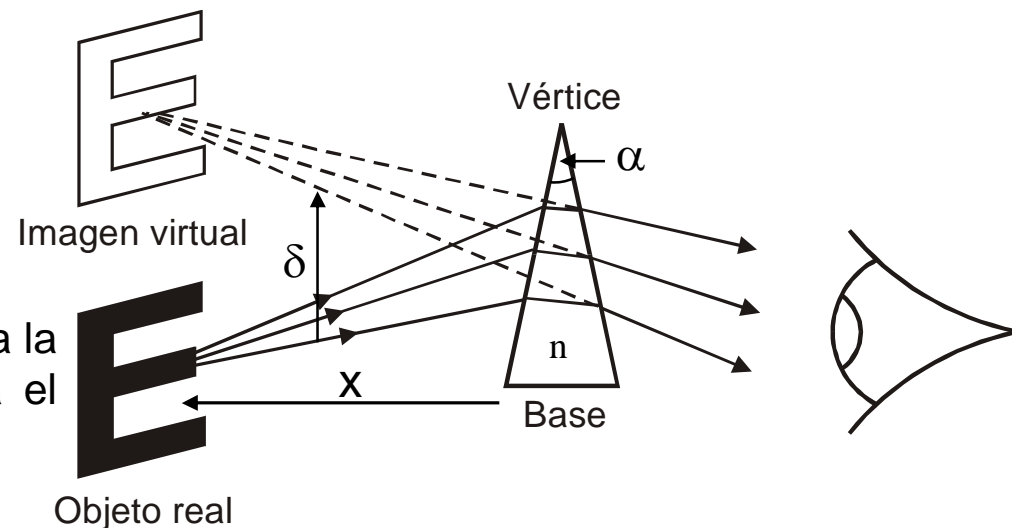
- Un objeto visto a través de un prisma la imagen observada se desvía hacia el vértice un potencia prismática (P_{Δ})

$$P_{\Delta} = -100 \frac{\delta}{x} [\Delta]$$

δ , x metros, Δ (dioptrías prismáticas)

- Criterio de signos

- $P_{\Delta} > 0$: BT, BI
- $P_{\Delta} < 0$: BN, BS



¹Fundamentos de visión Binocular. Pons A. Martínez-Verdú, FM. Universitat d'Alacant. 2004.



1. Efectos ópticos de un prisma

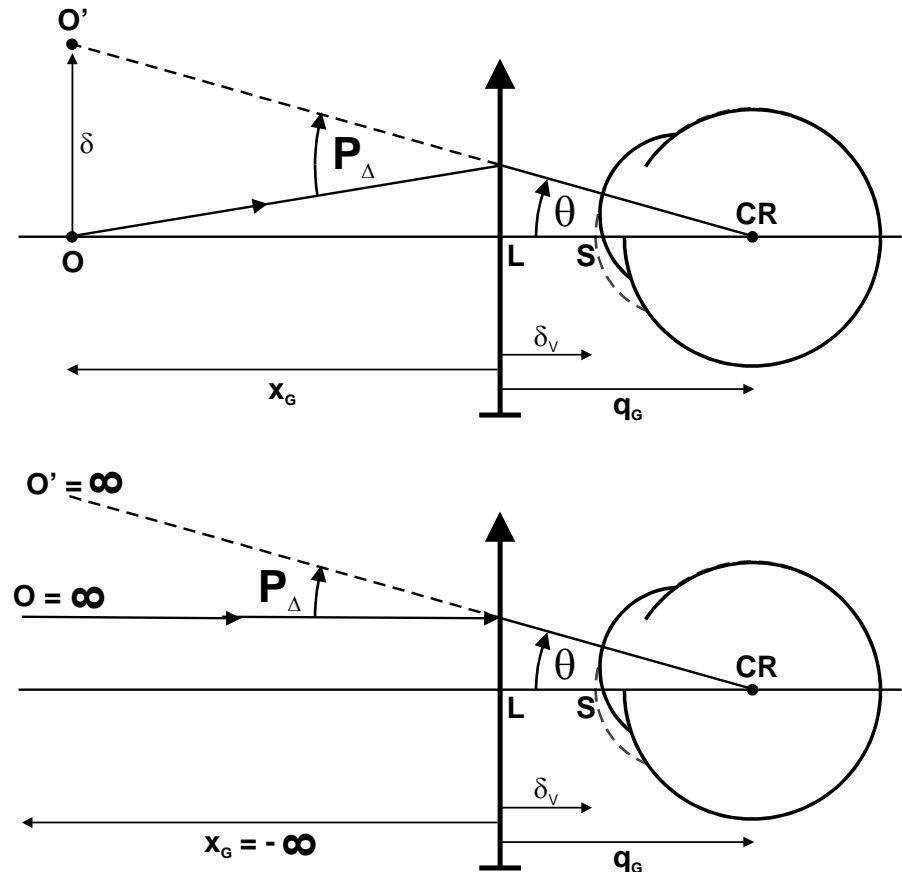
- **Potencia eficaz de un prisma ($P_{\Delta e}$)¹:** Se trata de la Rotación ocular (θ) provocada por ese prisma y no coincide con el ángulo de desviación del prisma (P_{Δ})

$$P_{\Delta} = \frac{\delta}{-x^G} \quad , \quad \theta = \frac{\delta}{-x^G + q^G}$$

$$\Rightarrow P_{\Delta e} \text{ (rad)} \equiv \theta = \frac{-x^G}{-x^G + q^G} P_{\Delta} = \frac{Q^G}{Q^G - X^G} P_{\Delta}$$

Para objetos cercanos $P_{\Delta e} < P_{\Delta}$

Para objetos lejanos $P_{\Delta e} = P_{\Delta}$



¹Fundamentos de visión Binocular. Pons A. Martínez-Verdú, FM. Universitat d'Alacant. 2004.



1. Efectos ópticos de un prisma

- **Ley de Prentice:** *“Toda lente descentrada actúa también como prisma”*

$$P_{\Delta}(\Delta) = c \cdot P_f'; \quad c \text{ (cm) y } P_f' \text{ (D)}$$

- Si $c < 0$ y $P_f' < 0$ ó $c > 0$ y $P_f' > 0 \rightarrow$ BT o BI
- Si $c > 0$ y $P_f' < 0$ ó $c < 0$ y $P_f' > 0 \rightarrow$ BN o BS
- El anisométrope compensado notará efectos prismáticos notables según la dirección de mirada (posición de lectura) debido a que lleva lentes con potencias oculares diferentes.



1. Efectos ópticos de un prisma

- Reservas o Vergencias fusionales horizontales y verticales
 - Límite o reserva de que dispone el sistema visual para mantener la visión haplópica o simple cuando se le anteponen prismas disociadores (producen diferente imagen retiniada derecha e izquierda).
 - Si colocamos por ejemplo un prisma de base temporal en cada ojo y no se antepone nada en el OI, el OD está obligado a realizar una levoducción para conseguir la fijación bifoveal y por tanto la visión haplópica.
 - Esta capacidad de levoducción del OD es limitada y habrá un momento en que no podrá compensar la desviación producida por el prisma y se verá en diplopía.
 - El prisma que consigue disociar los ojos se denomina **Prisma Diferencial**
 - La convergencia requerida con anteposición de prismas será:

$$C_{\text{final}} = C_{\text{inicial}} + 2P_{\Delta e}$$

- Por tanto también se cumple que las amplitudes de convergencia positiva y negativa vendrán dadas por:

$$ARC_{+} = 2P_{\Delta e} [BT]$$

$$ARC_{-} = -2P_{\Delta e} [BN]$$

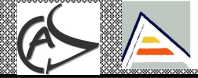


1. Efectos ópticos de un prisma

Reserva fusional ¹ (Δ)	Visión lejana (a 6 m)		Visión cercana (a 33 cm)	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
Negativa (BN)	7	10	16	18
Positiva (BT)	20	35	25	35
Vertical (BS o BI)	2	4	2	4

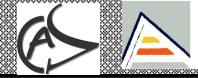
- Las reservas fusionales positivas son mayores que las negativas
- Las reservas fusionales verticales son muy pequeñas

¹Fundamentos de visión Binocular. Pons A. Martínez-Verdú, FM. Universitat d'Alacant. 2004.



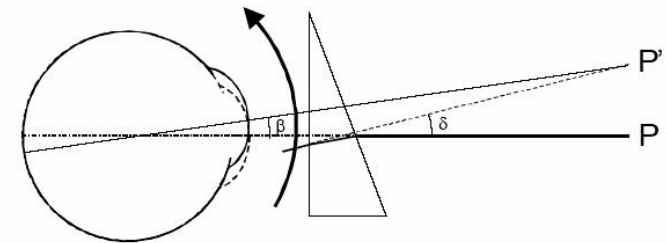
2. Objeto binocular efectivo con lentes

- Recordatorio: $X_G' = X_G + P_f'$; $\frac{y'_n}{y'_{sn}} = 1 + \delta_v R$
- Comportamiento monocular
 - Posición de la imagen intermedia
 - Si $R > 0 \rightarrow P_f' > 0 \Rightarrow$ la imagen se aleja ($|X'_G| \downarrow$)
 - si $R < 0 \rightarrow P_f' < 0 \Rightarrow$ la imagen se acerca ($|X'_G| \uparrow$)
 - Tamaño de la imagen intermedia
 - Si $R > 0 \rightarrow P_f' > 0 \Rightarrow$ más grande ($y'_n \uparrow$)
 - si $P_f' < 0 \Rightarrow$ más pequeña ($y'_n \downarrow$)



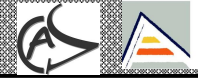
2. Objeto binocular efectivo

- Un sistema óptico antepuesto delante del ojo lo fuerza a girar para mantener la fijación bifoveal, puesto que el sistema óptico cambia la trayectoria de los rayos¹.



- Este giro adicional es debido a que el ojo no observa el objeto real sino la imagen intermedia proporcionada por las lentes o prismas.

¹Fundamentos de visión Binocular. Pons A. Martínez-Verdú, FM. Universitat d'Alacant. 2004.



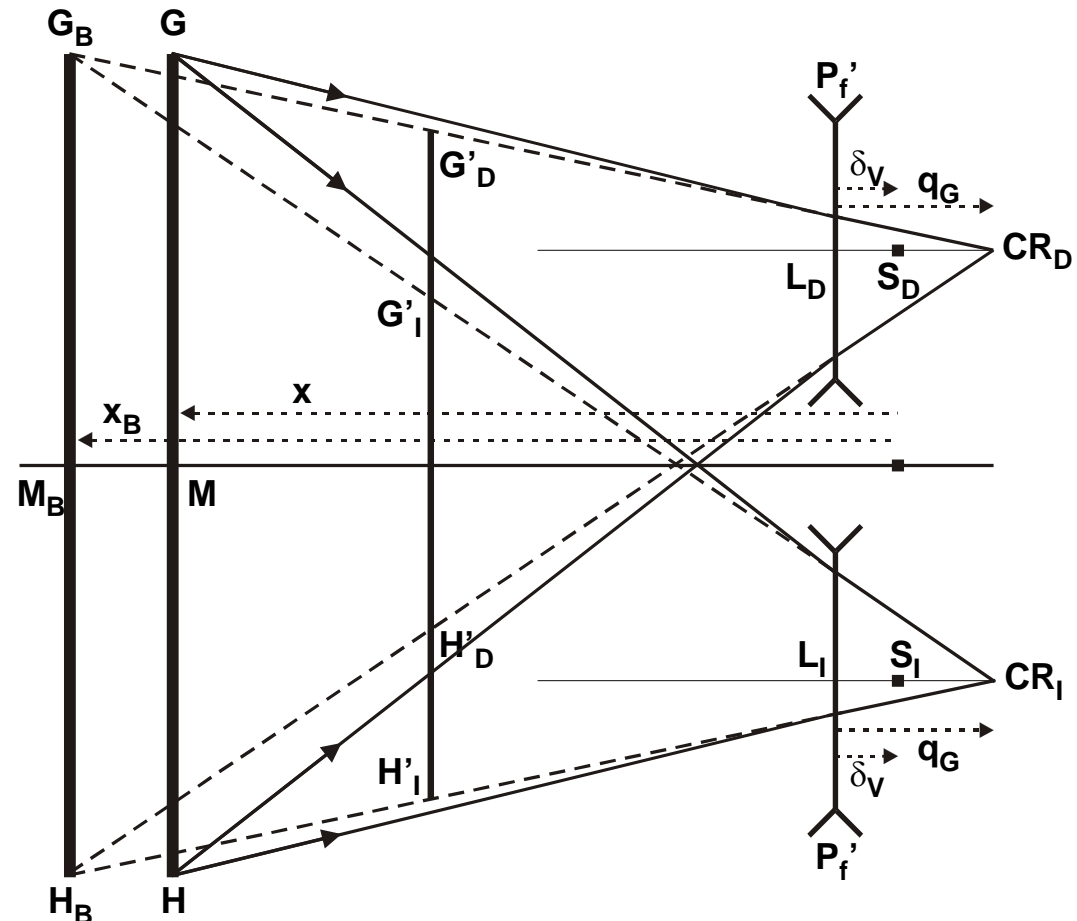
2. Objeto binocular efectivo

- Si situáramos un objeto en la posición correspondiente a la imagen intermedia, el ojo sin lentes o prismas realizaría la misma rotación que cuando lleva las lentes o prismas y observa el objeto a través de ellas.
- Si consideramos objetos bidimensionales y los dos ojos, se define el **Objeto binocular efectivo** como el **objeto hipotético** asociado al objeto real tal que requeriría en todos los puntos las mismas rotaciones oculares para la fijación binocular con los ojos libres (θ_{DB} y θ_{IB}) y por tanto la misma convergencia (C_B) que para el objeto real visualizado a través de lentes o prismas, cuya convergencia es C y sus rotaciones monoculares son θ_D y θ_I .



2. Objeto binocular efectivo con lentes

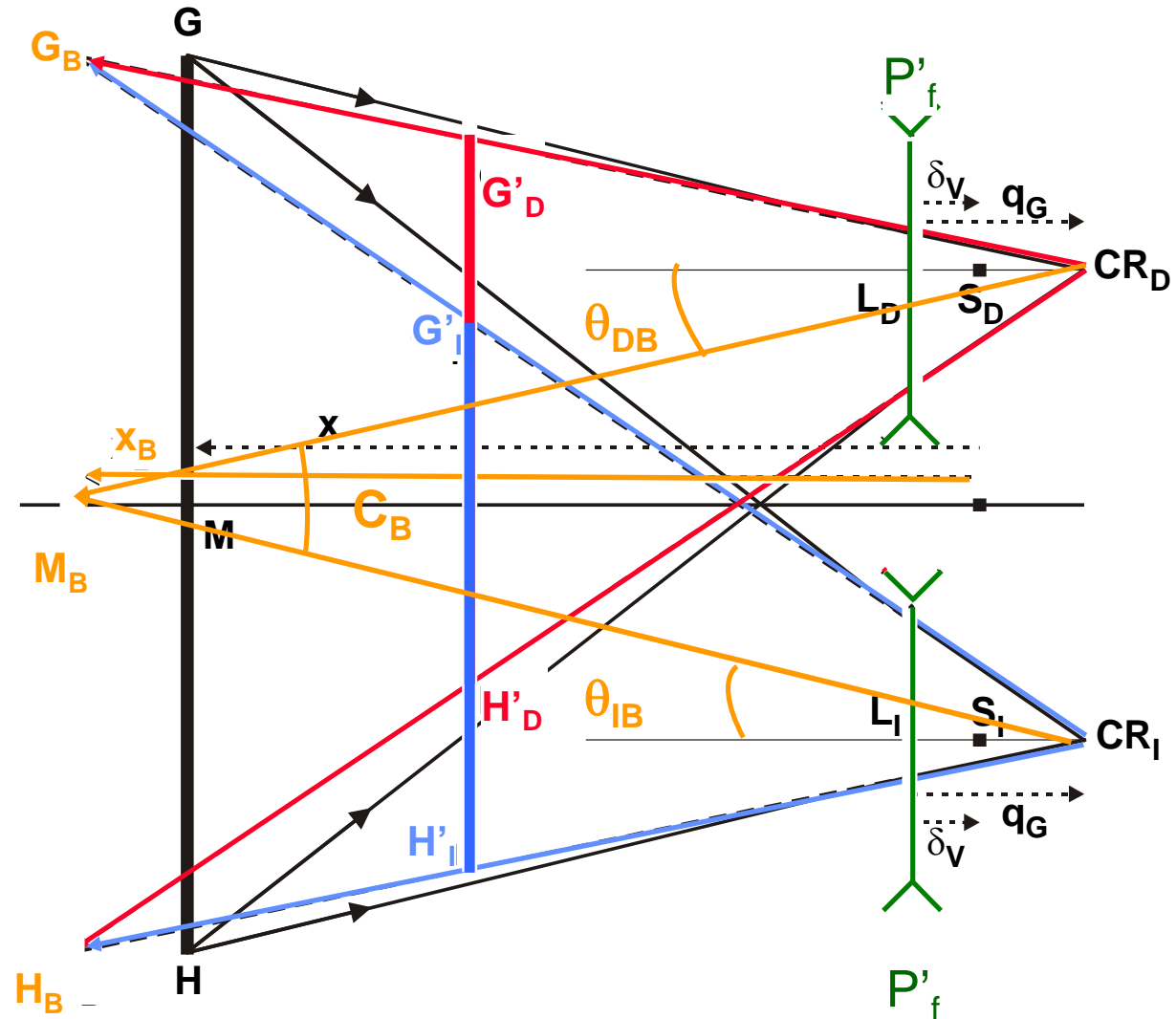
- Se observa binocularmente un segmento GH con lentes negativas centradas de la “misma potencia”
- “Monocularmente”, el plano intermedio está más cerca y las imágenes ($G'_I H'_I$ Y $G'_D H'_D$) son más pequeñas pero quedan a la misma distancia
- Proyectando las líneas de mirada de ambos ojos sobre cada extremo G y H de las dos imágenes monoculares, se obtiene G_B y H_B que tendría la misma convergencia simétrica en su punto medio M_B que el segmento real GH en su punto medio M a través de las lentes¹.



¹Fundamentos de visión Binocular. Pons A. Martínez-Verdú, FM. Universitat d'Alacant. 2004.



- La convergencia simétrica C_B que realizaría a un objeto sobre la línea media situado en x_B sería la misma que la que convergencia C que realiza el sujeto a través de las lentes al observar el punto medio M del objeto real
- En definitiva para lentes negativas centradas de igual potencia el objeto binocular efectivo es de igual tamaño que el objeto real pero se encuentra ligeramente más alejado.



Simulación creada por: Vicente J. Camps Sanchis. Universitat d'Alacant. 2011.



<https://vertice.cpd.ua.es/vertice/19207>



2. Objeto binocular efectivo con lentes

- Igualando las expresiones de convergencia sin lentes y **convergencia simétrica con lentes centradas** podemos obtener la posición x_B :

$$C_B = C(\text{a.m.}) = \frac{X_B Q}{X_B - Q} = \frac{X_G Q_G}{X_G + P'_f - Q_G} \Leftrightarrow x_B (\text{m}) = \frac{C - Q}{CQ} = x - x^G q^G P'_f$$

CONCLUSIONES

- Con lentes negativas centradas de igual potencia el objeto binocular efectivo se aleja y tiene el mismo tamaño que el objeto real (por eso se converge menos)
- Con lentes positivas de igual potencia el objeto binocular efectivo se acerca y tiene el mismo tamaño que el objeto real (por eso se converge más).

c (cm)	P'_f (D)	δ_v (mm)	C (Δ)	C(am)	$\Delta C/C_{sn}$ (%)
0	+2.5	12	25.77	4.027	6,11
+1	+2.5	12	30.56	4.776	25,84
-1	+2.5	12	20.98	3.278	-13,62
0	-2.5	12	22.97	3.588	-5,44
+1	-2.5	12	18.70	2.921	-23,03
-1	-2.5	12	27.24	4.256	12,14



2. Objeto binocular efectivo con lentes

- **Ejemplo:** calcula la posición del objeto binocular efectivo para $\delta_V = 0$ y $\delta_V = 12$ mm sabiendo: $P_{LN} = -2$ D, $x = -25$ cm, $q = 13.5$ mm.

SOLUCION

$$\delta_V = 0 \rightarrow x_B = -0,25675 \text{ m y } \delta_V = 12 \text{ mm} \rightarrow x_B = -0,262138 \text{ m}$$



2. Objeto binocular efectivo con lentes

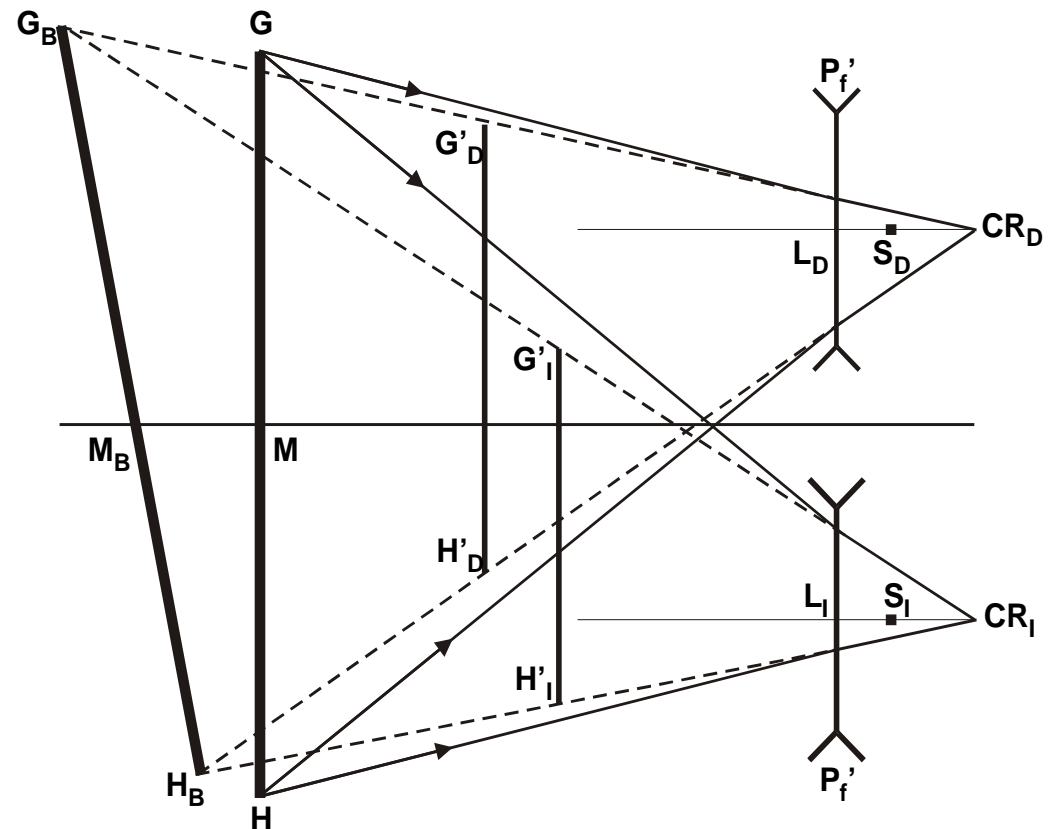
? **Cuestión:** calcula la posición del objeto binocular efectivo para $\delta_V = 0$ y $\delta_V = 12$ mm sabiendo: $P_{LN} = +2$ D, $x = -25$ cm, $q = 13.5$ mm.

SOLUCION



2. Objeto binocular efectivo con lentes

- ¿Qué pasa si tenemos lentes de diferentes potencias en cada ojo¹?
 - El objeto binocular efectivo asociado parecerá un plano inclinado puesto que las imágenes intermedias quedan a diferentes distancias y por tanto las proyecciones de cada punto también.
 - La inclinación será hacia el ojo que tenga una mayor potencia negativa, es decir el ojo más miope o menos hipermetrope.
 - Anisometropías → $(R_D \neq R_I) \rightarrow (P_f'_D \neq P_f'_I)$
 - + inclinación hacia P_f' más negativa (ojo más miope)
 - 8° por cada dioptría de diferencia

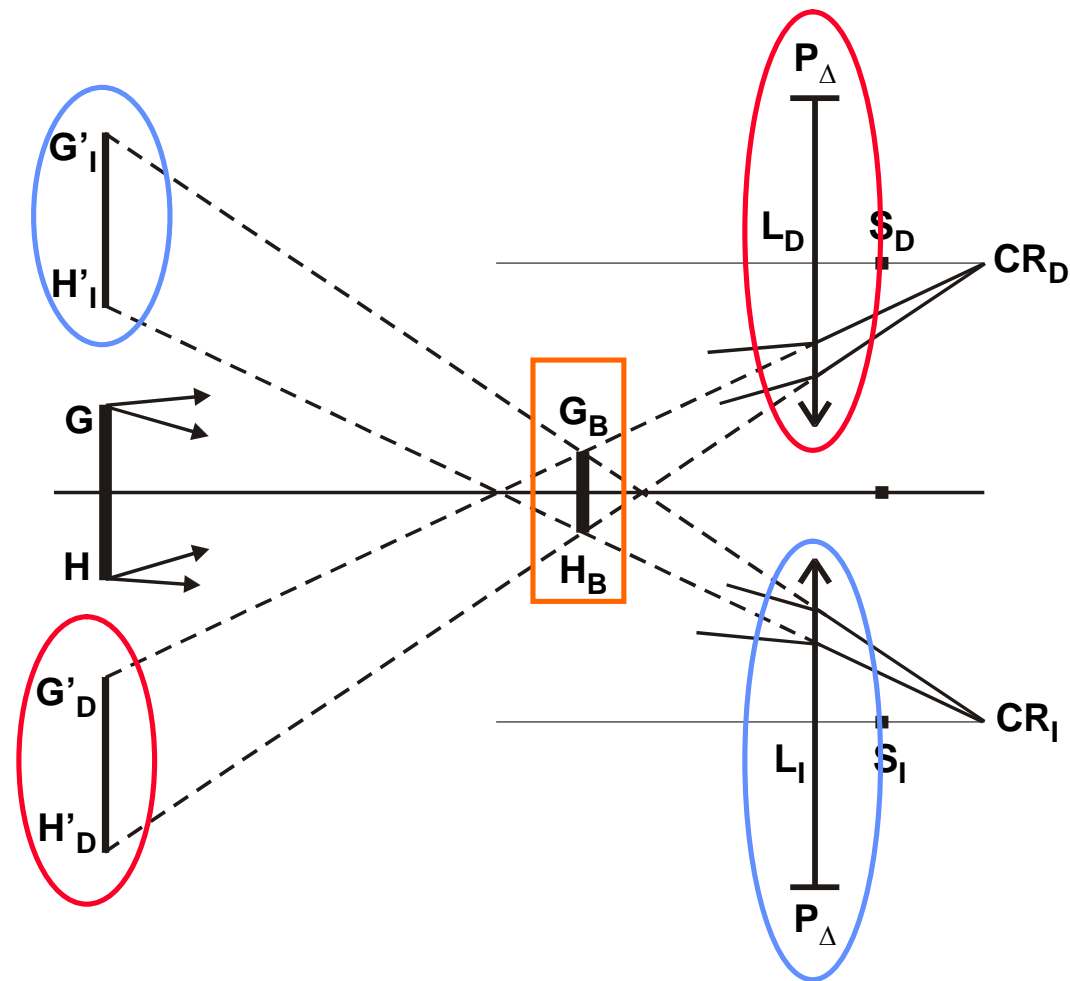


¹Fundamentos de visión Binocular. Pons A. Martínez-Verdú, FM. Universitat d'Alacant. 2004.



2. Objeto binocular efectivo con prismas¹

- Los prismas producen la imagen intermedia en el mismo plano que el objeto.
- Si los prismas son de base temporal, el objeto binocular efectivo queda más cerca y subtiende angularmente menos que el objeto real, lo cual da la impresión de que el objeto se ha reducido. Lo contrario ocurre con prismas base nasal
- Si los prismas tienen potencias diferentes, el objeto binocular efectivo se desplaza lateralmente hacia la línea de mirada del ojo que lleva el prisma de base nasal de mayor potencia o de base temporal de menor potencia



¹Fundamentos de visión Binocular. Pons A. Martínez-Verdú, FM. Universitat d'Alacant. 2004.



2. Objeto binocular efectivo con prismas

- Calculamos la posición del objeto binocular efectivo con prismas:

$$C_{\text{final}}(\text{am}) = \frac{X_B Q}{X_B - Q} = C_{\text{inicial}} + 2P_{\Delta e}$$

$$x_B(\text{m}) = \frac{x - 2x^G q P_{\Delta}}{1 - 2x^G P_{\Delta}}; P_{\Delta}(\text{am})$$

$$\text{ó } x_B = \frac{\text{dip}x - 2x^G q P_{\Delta}}{\text{dip} - 2x^G P_{\Delta}}; P_{\Delta}(\Delta) \text{ y dip}(\text{cm})$$



2. Objeto binocular efectivo con prismas

Ejemplo: Calcula la posición del objeto binocular efectivo con prismas a partir de los siguientes datos: $x = -25$ cm, $q = 13.5$ mm, $dip = 6.4$ cm, $\delta_V = 12$ mm, $P_{\Delta} = 10 \Delta$ (base temporal) y $P_{\Delta} = -10 \Delta$ (base nasal)

SOLUCION:

Base nasal $x_B = -1,0148$ m

Base temporal $x_B = -0,1376$ m

CONCLUSIÓN:

- Los prismas de base nasal hacen diverger
- Los prismas de base temporal hacen converger



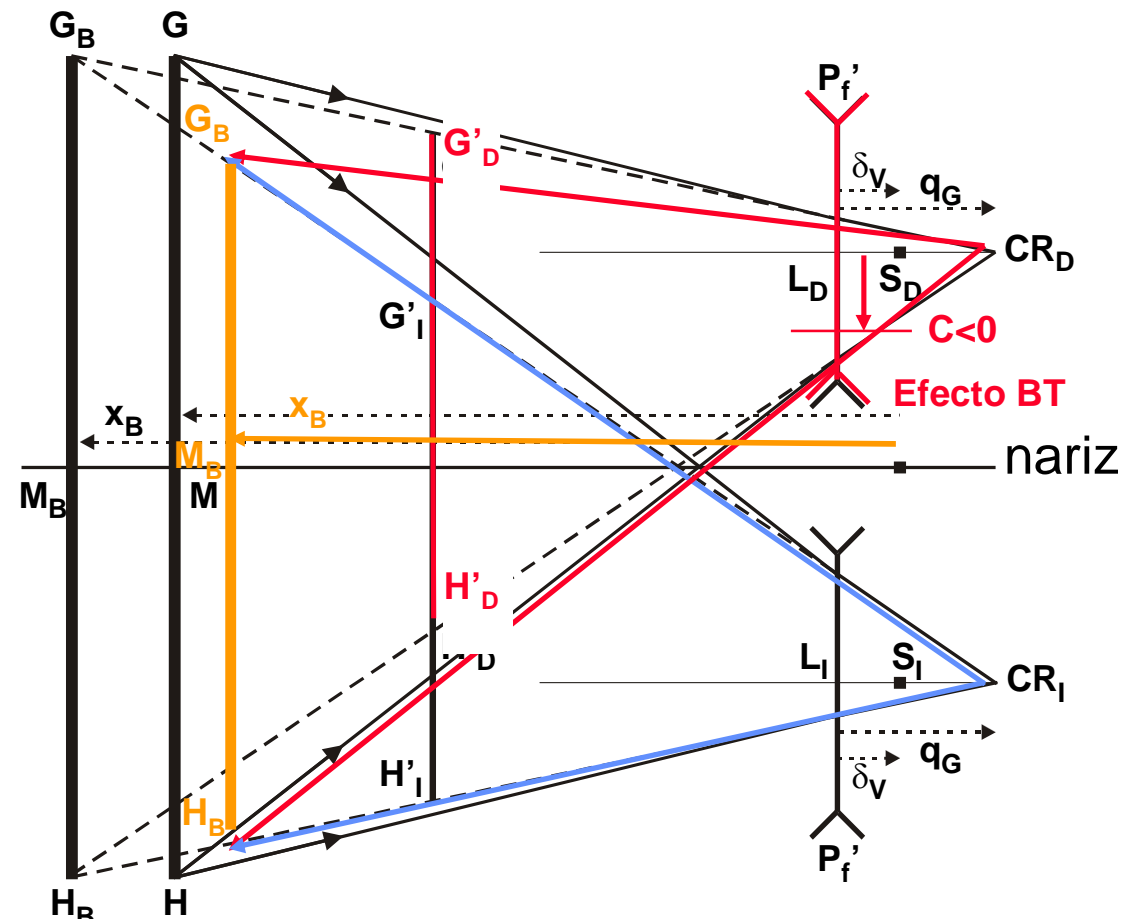
2. Objeto binocular efectivo con prismas

? Cuestión: Calcula la posición del objeto binocular efectivo con prismas a partir de los siguientes datos: $x = -25$ cm, $q = 13.5$ mm, $dip = 6.4$ cm, $\delta_v = 0$, $P_{\Delta} = 10 \Delta$ (base temporal) y $P_{\Delta} = -10 \Delta$ (base nasal). Utiliza las dos formas posibles.



2. Objeto binocular efectivo con lentes descentradas

- ¿Qué ocurre si el par de lentes se descentra horizontalmente¹?
 - Se producirá un desplazamiento lateral de las imágenes monoculares intermedias $G'_I H'_I$ y $G'_D H'_D$. (Actúa como prismas).
 - Si el descentrado produce un efecto prismático de base nasal, el objeto binocular efectivo se aleja y da la sensación de que aumenta el tamaño.
 - Si el descentrado provoca un efecto de base temporal, se acerca y da la sensación de que disminuye el tamaño.



Simulación creada por: Vicente J. Camps Sanchis. Universitat d'Alacant. 2011.



¹Fundamentos de visión Binocular. Pons A. Martínez-Verdú, FM. Universitat d'Alacant. 2004.

2. Objeto binocular efectivo: estereoscopios

Estereoscopio de Brewster-Holmes⁴

- Sistema óptico de lentes positivas **descentradas** temporalmente ($c > 0$) que producen un efecto prismático positivo o Base Temporal ($c \cdot Pf' > 0 \rightarrow BT$)
- Sirve para visualizar tridimensionalmente parejas estereoscópicas (escenas de un dibujo repetido dos veces bajo dos puntos de vista diferentes) que generan una disparidad objeto

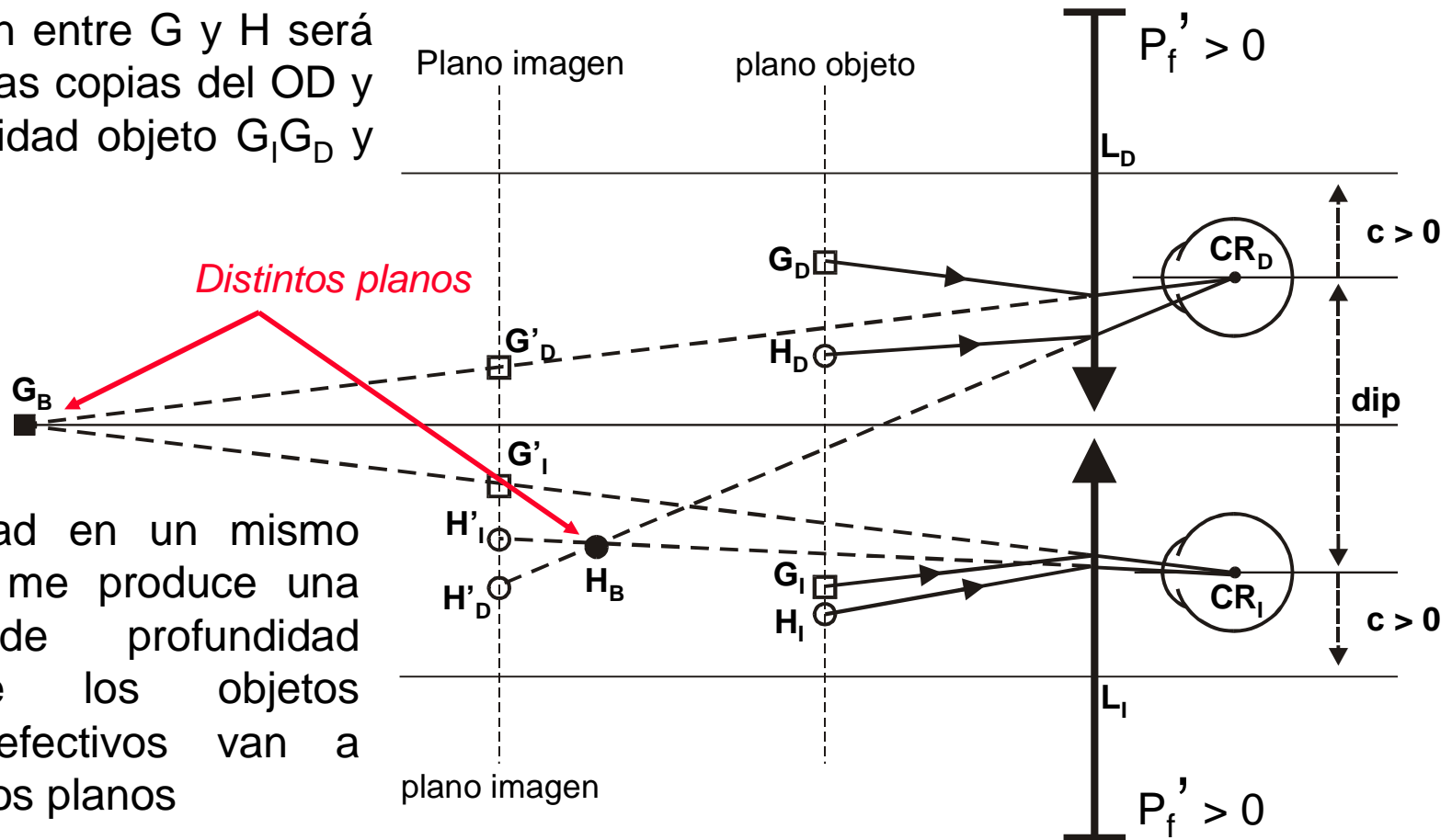


⁴<http://blog.saush.com/2011/07/>



2. Objeto binocular efectivo: estereoscopios

La separación entre G y H será diferente en las copias del OD y OI¹ → disparidad objeto $G_I G_D$ y $H_I H_D$



Una disparidad en un mismo plano objeto me produce una sensación de profundidad puesto que los objetos binoculares efectivos van a parar a distintos planos

¹Fundamentos de visión Binocular. Pons A. Martínez-Verdú, FM. Universitat d'Alacant. 2004.



3. Neutralización con prismas

- La desviación angular de la imagen intermedia del prisma neutralizador normalmente debe coincidir con la dirección de la anomalía Δ , (va a depender de la fijación y la correspondencia) de este modo el optometrista no notará ninguna desviación de mirada en el paciente, puesto que la imagen caerá en fovea

$$\Delta = P_{\Delta e} = \frac{Q_G}{Q_G - X_G} P_{\Delta}$$

Prisma (BN) < 0 para ExoF y ExoT

Prisma (BT) > 0 para EndoF y EndoT

Prisma (BI) > 0 para HiperF y HiperT

Prisma (BS) < 0 para HipoF y HipoT



3. Neutralización con prismas

Test de anomalías vergenciales



<http://eyeontechs.com/new/?p=168>