



GRADO EN ÓPTICA Y OPTOMETRÍA

TRABAJO FINAL DE GRADO

EFFECTOS PRISMÁTICOS EN CASOS DE ANISOMETROPÍA EN PACIENTES USUARIOS DE LENTES OFTÁLMICAS . LENTES MINERALS

NÚRIA ESTAPÉ MARTINEZ

JOSÉ LUIS ALVAREZ MUÑOZ

DEPARTAMENTO DE ÒPTICA Y OPTOMETRIA

FECHA DE LECTURA

10-01-18



GRADO EN ÓPTICA Y OPTOMETRÍA

El/la Sr./Sra. José Luis Álvarez Muñoz, como tutor/a y director/a del trabajo.

CERTIFICAN

Que el/la Sr./Sra. Núria Estapé Martínez ha realizado bajo su supervisión el trabajo “ Efecto prismático en casos de anisometropía en pacientes usuarios de lentes oftálmicas. Lentes minerales” recogido en esta memoria para optar al título de grado en Óptica y Optometría.

Y para que conste, firmo/firmamos este certificado.

Sr/Sra. José Luís Álvarez Muñoz
Tutor/a del trabajo

Sr/Sra José Luís Álvarez Muñoz
Director/a del trabajo

Terrassa, 10 de Enero de 2018.



GRADO EN ÓPTICA Y OPTOMETRÍA

EFFECTOS PRISMATICOS EN CASOS DE ANISOMETROPÍA EN PACIENTES USUARIOS DE LENTES OFTÁLMICAS . LENTS MINERALS

RESUMEN EN CASTELLANO

Objetivo:

Valorar los efectos prismáticos producidos en un paciente usuario de lentes oftálmicas y compararlos en diferentes anisometropías y en el caso de ametropía.

Metodología:

Hemos utilizado diferentes potencias tanto en lentes positivas como en lentes negativas y dos índices de refracción (1,52 y 1,81) para estas lentes minerales.

Inicialmente se ha realizado el cálculo teórico de la refracción de los rayos al atravesar las diferentes lentes. Para ello se ha utilizado el programa óptico Bream4. Posteriormente, se calcula el efecto prismático que produce en el sistema visual dicha desviación. Utilizamos una hoja de Excel para agilizar los cálculos y tratar los datos obtenidos posteriormente.

Mediante esta hoja de cálculo Excel hallamos el efecto prismático que produce la desviación de dicho rayo.

Resultados:

Los cálculos revelan que el efecto prismático producido es distinto según la anisometropía del paciente, la altura en la cual del punto de fijación y la ametropía del ojo.

Conclusión:

Después de analizar gráficas obtenidas, se puede considerar que las anisometropías en pacientes con hipermetropía son mayores y más sintomáticas que en pacientes con miopía.



GRADO EN ÓPTICA Y OPTOMETRÍA

EFFECTOS PRISMATICOS EN CASOS DE ANISOMETROPÍA EN PACIENTES USUARIOS DE LENTES OFTÁLMICAS . LENTES MINERALS

RESUMEN EN CATALÀ

Objectiu:

Valorar els efectes prismàtics produïts en un pacient usuari de lents oftàlmiques i comparar-los en diferents anisometropies i en el cas d'ametropia.

Metodologia:

Hem utilitzat diferents potències tant en lents positives com en lents negatives i dos índexs de refracció (1,52 i 1,81) per aquestes lents minerals.

Inicialment s'ha realitzat el càlcul teòric de la refracció dels raigs en travessar les diferents lents. Per a això s'ha utilitzat el programa òptic Bream4.

Posteriorment, es calcula l'efecte prismàtic que produeix en el sistema visual aquesta desviació. Utilitzarem un full d'Excel per agilitzar els càlculs i tractar les dades obtingudes posteriorment.

Mitjançant aquesta fulla de càlcul d'Excel hem trobat l'efecte prismàtic que produeix la desviació d'aquest raig.

Resultat:

Els càlculs revelen que l'efecte prismàtic produït es diferent segons l'anisometropia del pacient, l'alçada del punt de fixació i l'anisometropia de l'ull.

Conclusió:

Després d'analitzar les gràfiques obtingudes, es pot considerar que les anisometropies en pacients amb hipermetropia, són majors i més significatives que en pacients amb miopia.



GRADO EN ÓPTICA Y OPTOMETRÍA

EFFECTOS PRISMATICOS EN CASOS DE ANISOMETROPÍA EN PACIENTES USUARIOS DE LENTES OFTÁLMICAS . LENTS MINERALS

RESUMEN EN INGLÉS

Objective:

To assess the prismatic effects produced in a patient using ophthalmic lenses and compare them in different anisometropias and in the case of ametropia.

Methodology:

We have used different powers in both positive and negative lenses and two refractive indexes (1.52 and 1.81) for these mineral lenses.

Initially, the theoretical calculation of the refraction of the rays has been carried out when crossing the different lenses. For this, the Bream4 optical program has been used.

Subsequently, the prismatic effect produced in the visual system is calculated. We use an Excel spreadsheet to speed up the calculations and process the data obtained later.

Through this Excel spreadsheet we find the prismatic effect produced by the deviation of said beam.

Results:

The calculations reveal that the prismatic effect produced is different depending on the anisometrop of the patient, the height at which the fixation point and the ametropia of the eye.

Conclusion:

After analyzing the obtained graphs, it can be considered that anisometropias in patients with hyperopia are greater and more symptomatic than in patients with myopia.



ÍNDICE

Resumen en castellano.....	3
Resumen en catalán	4
Resumen en Inglés	5
1. Introducción	7
2. El ojo	8
2.1 Ojo Emétrope	8
2.2 Ojo amétrope	8
2.2.1 La miopía	8
2.2.2 La hipermetropía	9
2.2.3 El Astigmatismo y la presbicia	10
2.3 Anisometropía	10
2.4 Binocularidad	10
2.5 Lentes y efectos prismáticos	12
3. Programa informático bream 4	13
4. Programa Excel	17
5. Resultados	24
6. Conclusiones	29
7. Bibliografía	30

1. INTRODUCCIÓN

Este trabajo trata de comparar el efecto prismático que se produce binocularmente en los siguientes casos: ametropía y anisometropía de 2 y 4 dioptrías –miopía e hipermetropía - trabajando con lentes de dos índices de refracción diferentes (1,52 y 1,81), para así de este modo, poder hacer una comparativa.

Para ello hemos usado un programa óptico llamado Bream4 el cual simula un sistema óptico formado por una pantalla puesta a 350mm del centro de rotación del ojo, el ojo teórico en si y diferentes lentes que iremos anteponiendo al ojo teórico. La distancia entre la pantalla y la lente dependerá de la potencia que ésta tenga y de su índice de refracción ya que de ellos dependerá el espesor de centro de la lente. La distancia de fijación del objeto también variará ya que se ha escogido un rango que va de 0 – posición primaria de mirada (PPM) – y 300, que sería el punto más lejano de fijación; estos cambios en la fijación saltos se harán en pasos de 20mm.

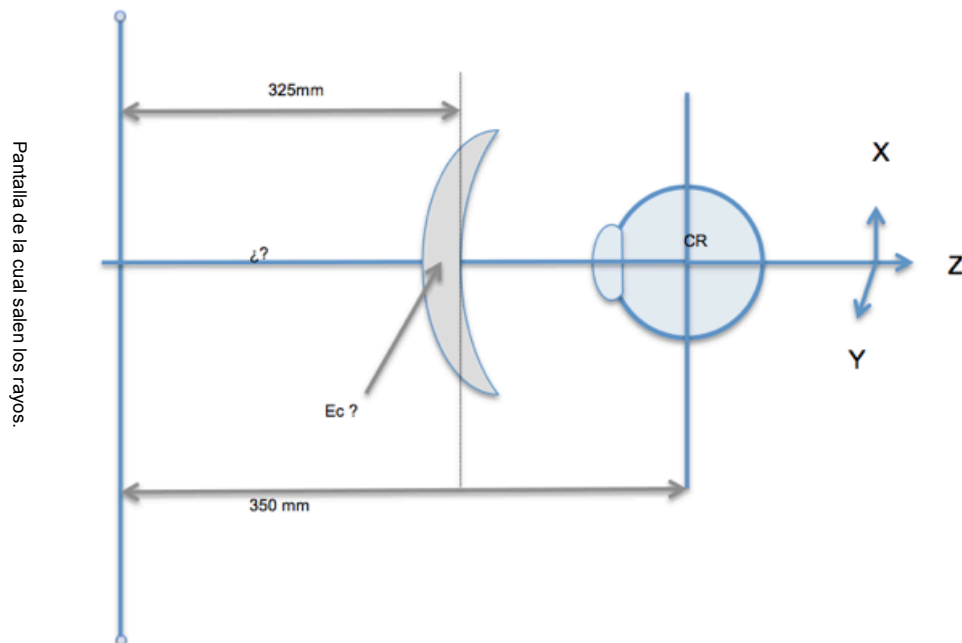


Figura 1, esquema del montaje

De esta manera y después de haber trabajado con una hoja de cálculo de Excel podremos encontrar los efectos prismáticos en los casos que se han nombrado anteriormente.

2. EL OJO

En el siguiente apartado se hace una breve descripción de un ojo emétrope y las ametropías más relevantes.

2.1 Ojo Emétrope

En primer lugar definimos qué es un ojo emétrope, que es la condición oftalmológica ideal. En este caso el ojo, sin necesidad de acomodar y sin necesidad de corrección óptica, logra converger por refracción los rayos lumínicos con origen en el infinito formando su círculo de menor difusión justamente encima de la retina, es decir, el ojo transmite por el nervio óptico al cerebro una imagen nítida para una visión correcta.

En esta situación ideal, el ojo posee 60D de poder dióptrico total, aproximadamente 43D de las cuales corresponden al dioptrio fijo de la córnea. Para que se de esta situación, el ojo debe tener una longitud axial de 23,89mm y la córnea una curvatura en su cara anterior de 7,8mm (modelo de ojo teórico de Gullstrand-Emsley). Además el sistema acomodativo debe estar relajado. La variación de uno de estos tres factores provocará un cambio en el poder dióptrico total del ojo y, por lo tanto, la aparición de una ametropía.

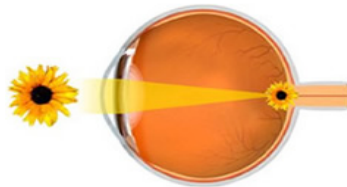


Figura 2, ojo emétrope

2.2 Ojo amétrope

Las ametropías engloban las situaciones en las que, por un mal funcionamiento óptico, el ojo no puede proporcionar una imagen nítida y precisa, ocasionando así una disminución de la agudeza visual. Principalmente los defectos de refracción son, miopía, hipermetropía, astigmatismo y presbicia.

2.2.1 La miopía

La miopía es, la ametropía más conocida ya que es la que está experimentando mayor aumento de su prevalencia en los últimos tiempos. El globo ocular es demasiado largo, y esto ocasiona que los rayos de luz se enfoquen en un punto situado delante de la retina en lugar de hacerlo en la misma retina – miopía axial. Esta situación también se puede dar cuando se tiene una longitud axial normal (de 22 a 25mm) pero la curvatura corneal es alta o la capacidad de refracción del cristalino aumenta, como cuando se desarrolla una catarata – miopía refractiva. Estas tres situaciones provocan que el ojo tenga más de 60D de poder dióptrico total.

Esto provoca borrosidad en visión lejana, que aumenta a medida que lo hace la miopía ya que el círculo de confusión sobre la retina será cada vez mayor. En visión próxima, las miopías bajas tendrán buena calidad visual ya que el punto de enfoque del ojo se situará de manera natural alrededor de la distancia de trabajo y no será necesario realizar tanto esfuerzo acomodativo, estando el punto próximo – punto a partir del cual un objeto no se ve nítidamente ni siquiera acomodando – más cerca de lo habitual. No ocurre lo mismo con las miopías elevadas, en que el punto de enfoque se encuentra más cerca que la distancia de trabajo cómoda habitual (por ej., un miope de -6D tendrá el punto remoto a 16cm).

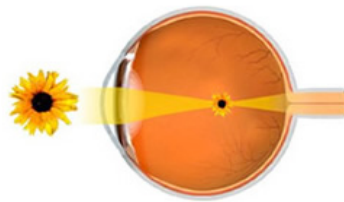


Figura 3, ojo miope

2.2.2 La hipermetropía

La hipermetropía es exactamente lo contrario a la miopía: el globo ocular es más corto de lo normal y los rayos de luz se enfocan en un punto detrás de la retina en lugar de hacerlo en la retina – hipermetropía axial. También se puede deber a una curvatura más plana de la córnea – hipermetropía refractiva – que provoca igualmente una deficiencia en el poder dióptrico total del ojo (por debajo de las 60D totales).

Esta falta de poder dióptrico se puede suplir gracias a la acomodación mientras la amplitud acomodativa es suficiente, tanto en visión lejana como en VP. Cuando la amplitud acomodativa no puede cubrir la hipermetropía, se ve borroso. Esta situación se da especialmente en VP, momento en que a la hipermetropía se le suma la demanda acomodativa para enfocar objetos cercanos.

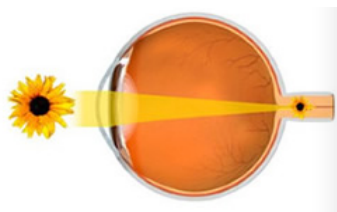


Figura 4, ojo hipermetrope

2.2.3 El Astigmatismo y la presbicia

El astigmatismo es la diferencia de poder dióptrico en los dos meridianos principales del ojo. Esto provoca una visión con una deformación de las imágenes más o menos acusada en función de la cantidad de ametropía y una menor claridad de los contornos de los objetos.

La presbicia es la condición en la que el ojo, con el transcurso del tiempo, pierde la capacidad de enfocar la luz directamente sobre la retina debido a la esclerosis del cristalino, provocando incapacidad de enfocar los objetos cercanos. Debido a esta disminución en la amplitud de acomodación, el punto próximo del ojo va alejándose hasta que éste se encuentra por delante de la distancia de trabajo cómoda.

2.3 Anisometropía.

La anisometropía es la condición en la cual el estado refractivo de un ojo es diferente al otro, se considera clínicamente significativa una diferencia igual o mayor a 1 dioptría. Esta diferencia de refracción afecta el tamaño y la forma de la imagen retiniana.

La anisometropía puede clasificarse de acuerdo a su magnitud en leve, si la diferencia es hasta 2 dioptrías, elevada de 2 a 6 dioptrías y muy elevada mayor de 6 dioptrías.

2.4 Binocularidad

La binocularidad es la capacidad visual para que los dos ojos trabajen simultáneamente de una manera precisa y coordinada, proporcionando una visión confortable. Esto se consigue cuando los ojos tienen habilidades similares para poder trabajar como si fueran uno solo. La visión binocular es la integración de la sensación producida por los estímulos luminosos cuando llegan a cada ojo en una percepción única, siendo la visión estereoscópica o en tres dimensiones su máxima expresión.

Para que se produzca la visión binocular es necesario que inicialmente las imágenes – de tamaño, forma, color y nitidez similares – se proyecten sobre puntos sensorialmente correspondientes en las retinas. Posteriormente se efectuará el procesado neural de las imágenes.

De esta manera, cualquier situación que provoque una diferencia de tamaño, forma, color o nitidez en las imágenes retinianas o un desplazamiento de las mismas sobre la retina puede comprometer la visión binocular. Ejemplos de ello serían la anisometropía (tamaño), el astigmatismo elevado (forma), una discromatopsia monocular (color) o un efecto prismático con las gafas intolerable para el sistema de vergencias de la persona (imágenes incidentes sobre puntos no correspondientes de la retina).

En este trabajo nos centraremos en las anisometropías y los efectos prismáticos presentes en la corrección óptica mediante lentes oftálmicas.

Como hemos comentado, la visión binocular se encuentra afectada en mayor o menor grado dependiendo de la magnitud de las anisometropías: en casos de anisometropías leves se puede obtener buena fusión y estereopsis fina ya que el tamaño de las imágenes será similar y el posterior procesado neural lo podrá tolerar y codificar; si es elevada se puede presentar fusión periférica con supresión central y baja o nula estereopsis, no existiendo en este último caso la visión binocular.

Una lente con cualquier potencia dióptrica puede causar una variación de los rayos que incurren en ella. Esta desviación viene determinada por la unidad “ dioptría prismática”. En el centro óptico (CO), que es el punto o espacio de la lente donde los rayos provenientes del infinito no se desvían, no habrá efecto prismático para el observador.

Si el observador sitúa su pupila sobre cualquier otro punto de la lente, estará bajo los efectos del efecto prismático:

Si lo hace de manera monocular, el ojo realizará un movimiento de aducción – movimiento acercándose el plano medio de la cabeza por un efecto prismático de base temporal – o de abducción – movimiento alejándose del plano medio de la cabeza por un efecto prismático de base nasal.

Si lo hace de manera binocular, entrará en juego el sistema de vergencias de la persona de manera que un efecto prismático de base temporal provocará convergencia en el sistema visual y será necesaria la convergencia relativa negativa para contrarrestarla; un efecto prismático de base nasal provocará divergencia en el sistema visual y será necesaria la convergencia relativa positiva para contrarrestarla.



Figura 5, movimientos oculares.

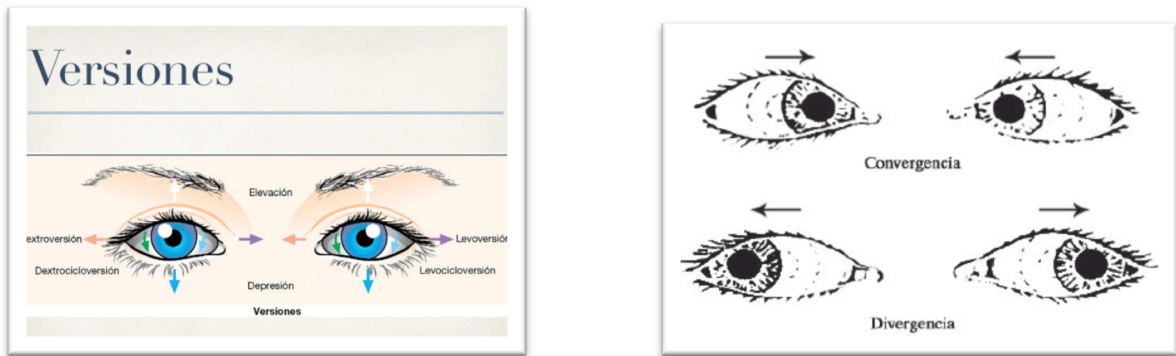


Figura 6. Movimientos de versiones , converger y divergir

2.5 LENTES Y EFECTOS PRISMÁTICOS

Como hemos explicado anteriormente, la no coincidencia entre la posición de las pupilas y los centros ópticos de las lentes (CO) creará cierto efecto prismático. Éste se puede calcular mediante la ley de Prentice ($\Delta = d(\text{cm}) \cdot P$)

Las lentes divergentes se pueden considerar una asociación de prismas unidos por sus aristas en el centro óptico de la lente. En las lentes convergentes, estos prismas se unen por sus bases en dicho punto (figura 7).

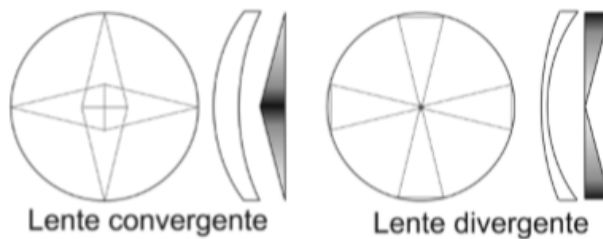


Figura 7, Esquema de los efectos prismáticos creados en lentes convergentes y divergentes.

La dirección y el sentido del efecto prismático se indican según el sistema TABO, en el que los valores angulares siempre se consideran crecientes y en sentido anti horario y comprendidos entre 0 y 180°.

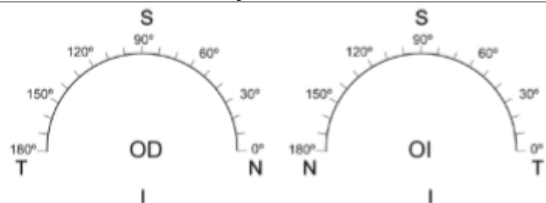


Figura 8, Sistema TABO

Como se puede deducir de la anterior figura, una lente que provoque un efecto prismático de base temporal en el OD (base a nuestra izquierda), provocará un efecto prismático de base nasal en el OI. Es por ello que para identificar el sentido de la base del efecto prismático siempre nos referiremos a ellas indicando el ojo del que se trata.

En este trabajo se valora la afectación binocular del efecto prismático inducido por lentes de diferentes graduaciones de manera que es necesario calcular el desequilibrio prismático entre ambos ojos. Para ello se calcula el efecto prismático inducido en cada ojo y luego se suman (si éstos son cardinalmente opuestos) o se restan (si son cardinalmente coincidentes). De esta manera, para conocer el desequilibrio prismático es importante considerar la magnitud, la dirección y el sentido de los efectos monoculares.

Cardinalment COINCIDENTS (resten)		Cardinalment OPOSADES (sumen)	
UD	UE	UD	UE
BN	BT	BT	BT
BS	BS	BN	BN
BI	BI	BS	BI

Figura 9, cuadro resumen para el cálculo del desequilibrio prismático.

Según la normativa UNE-EN ISO 21987 sobre "lentes oftálmicas montadas", la tolerancia de centrado o de desequilibrio prismático para lentes monofocales y multifocales que incorporen prismas inferiores a 2 dioptrías prismáticas es de 0'67 en el desequilibrio prismático relativo a la distancia de centrado prescrita en el eje horizontal y de 0'50 dioptrías prismáticas en el eje vertical.

La tolerancia de un usuario de gafas a un desequilibrio prismático dado dependerá de sus reservas de vergencias fusionales (positivas o negativas) y de la distancia de trabajo del usuario de manera que la tolerancia según la práctica clínica es muy variable. De esta manera, para la visión binocular de algunos usuarios un desequilibrio prismático "dentro de normativa" puede ser intolerable.

3. PROGRAMA INFORMÁTICO BREEM 4

Antes de usar el programa Bream4, se han calculado mediante Excel los valores de curvatura de las lentes que se iban a usar. Para obtener estos valores (incógnita), es necesario conocer las siguientes características de la lente:

Índice de refracción del aire (n_{aire}) y de la lente (n_{lente}), espesor de centro de la lente (e_c) y las potencias P_1 , P_2 , PVP y P_{N1} , que obtenemos mediante cálculo con las siguientes fórmulas:

$$P_1 = \frac{n-1}{r_1} \cdot 1000$$

$$P_2 = \frac{1-n}{r_1} \cdot 1000$$

$$P_{vp} = P_{N1} + P_2 \quad P_{N1} = \frac{P_1}{1 - \frac{ec}{n} \cdot P_1}$$

Podemos obtener los radios de la lente y, con la inversa de estos, finalmente obtenemos los valores de curvatura de la lente.

$$\text{Curv}_1 = 1/r_1$$

$$\text{Curv}_2 = 1/r_2$$

Con el programa informático Bream4 hemos tenido que simular un sistema óptico formado por unas gafas. Para la simulación de las dos lentes de las gafas hemos tenido que diseñar un sistema óptico en el que se definieran los grupos de superficies. La composición de cada grupo está formada por las distintas opciones que un determinado rayo tiene para atravesar un determinado nivel del sistema óptico.

Bream4 es un programa secuencial en el que los rayos se van refractando en las superficies, que hemos definido secuencialmente por niveles, así pues si un rayo no supera un nivel concreto, ya no contemplamos la posibilidad que llegue a refractarse o reflejarse en la superficie del siguiente nivel, no obstante en un sistema óptico real si pudiéramos hacerlo.

Usando el Bream4, primero abrimos un archivo con formato óptico OPT, en este, se tiene que indicar el índice de refracción que tenemos justo antes de la superficie, también tenemos que poner las coordenadas X, Y y Z de la misma, así como su curvatura. En la línea inmediatamente posterior tiene que aparecer de índice de refracción del medio posterior a la superficie.

3 surfaces Index	Z	Lent X	Prova.OPT X	Y	Group Pitch	Curv	Shape	Type	Form	Diam
1	319.9			0		0.008951		L		60
1.81	325			0		0.000495		L		60
1	350			0				F	S	100

Figura 9, archivo OPT, programa Bream4

Los rayos salen de un plano situado a 350 mm de la línea base, que contiene el centro de rotación del ojo. La altura a la cual salen los rayos es X0 y oscila de 0 a 300mm en saltos de 20 mm y las coordenadas Y0 de 19 rayos.

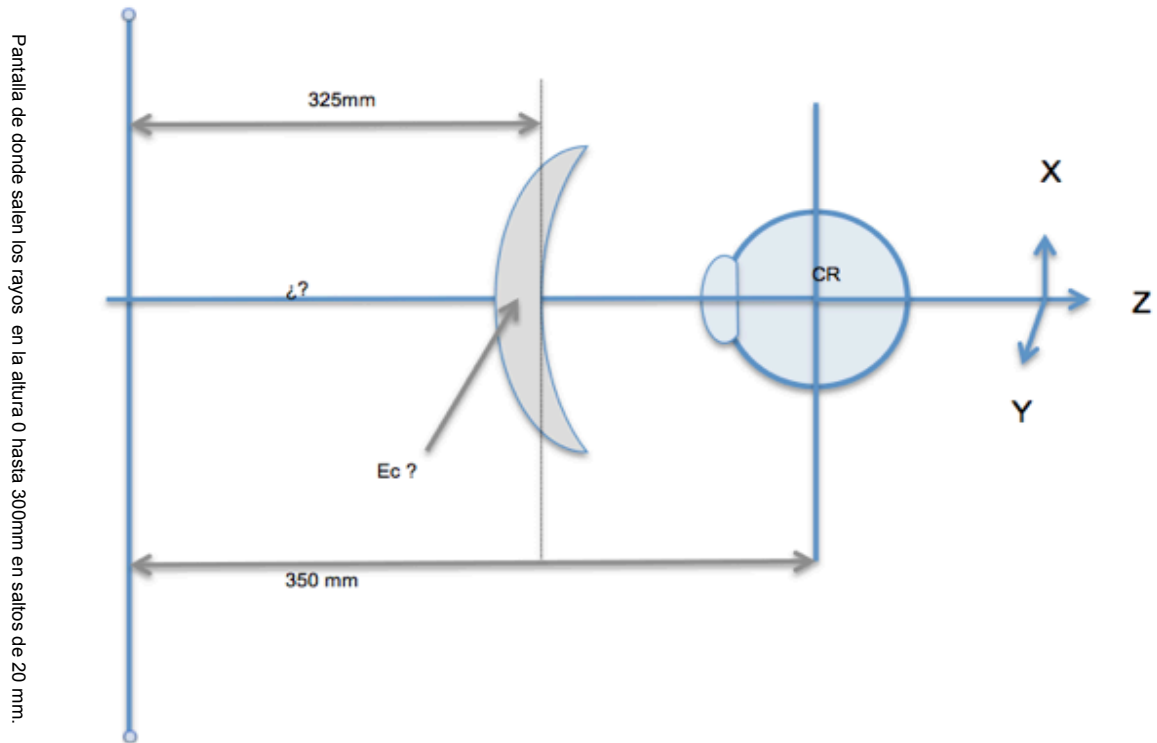


Figura 10. Esquema del montaje

Una vez creado el archivo OPT, abrimos un archivo que simula un rayo (RAY), introduciendo los valores de las coordenadas X_0 , y esto generara un archivo para cada valor de X_0 (de 0mm a 300mm, como anteriormente se ha comentado en pasos de 20mm), por cada potencia de lente e índice de refracción, ya que Y_0 siempre será de 0 a 360mm en pasos de 20 mm también, lo que hará que entren 19 rayos.

Para cada uno de los valores de X_0 , se tiene que conseguir que la X_{final} y la Y_{final} den un valor de 0,000 o muy próximo a este, para asegurarnos que el rayo a entrado correctamente al centro óptico. Como se muestra en la figura 11. El valor indicado en U_{final} nos muestra la inclinación con la que el rayo llega a la última superficie, y el valor de V_{final} , nos muestra la inclinación horizontal con la que llega el rayo a la ultima superficie.

19 rays Z0	X0	Lent Y0	Prova U0	100.RAY U0	V0	@	Zgoal	Xgoal	Ygoal	Ugoal	Vgoal	Zfinal	Xfinal	Yfinal	Ufinal	Vfinal	Notes
100	0	0	-0.2763097	0.000000?	b 350	:	0	0	0	:	:	350.000:	0.001:	0.000:-0.25756:	0.00000:OK	3	:
100	20	0	-0.2758937	-0.055179?	b 350	:	0	0	0	:	:	350.000:	0.001:	0.000:-0.25716:-0.05143:	OK	3	:
100	40	0	-0.2746577	-0.109863?	b 350	:	0	0	0	:	:	350.000:	0.001:	0.000:-0.25598:-0.10239:	OK	3	:
100	60	0	-0.2726327	-0.163579?	b 350	:	0	0	0	:	:	350.000:	0.001:	0.001:-0.25404:-0.15242:	OK	3	:
100	80	0	-0.2698717	-0.215897?	b 350	:	0	0	0	:	:	350.000:	0.001:	0.001:-0.25140:-0.20112:	OK	3	:
100	100	0	-0.2664417	-0.266441?	b 350	:	0	0	0	:	:	350.000:	0.001:	0.001:-0.24813:-0.24813:	OK	3	:
100	120	0	-0.2624207	-0.314905?	b 350	:	0	0	0	:	:	350.000:	0.001:	0.001:-0.24429:-0.29315:	OK	3	:
100	140	0	-0.2578957	-0.361053?	b 350	:	0	0	0	:	:	350.000:	0.001:	0.001:-0.23999:-0.33598:	OK	3	:
100	160	0	-0.2529527	-0.404723?	b 350	:	0	0	0	:	:	350.000:	0.001:	0.002:-0.23529:-0.37646:	OK	3	:
100	180	0	-0.2476787	-0.445820?	b 350	:	0	0	0	:	:	350.000:	0.001:	0.002:-0.23029:-0.41451:	OK	3	:
100	200	0	-0.2421557	-0.484311?	b 350	:	0	0	0	:	:	350.000:	0.001:	0.002:-0.22506:-0.45011:	OK	3	:
100	220	0	-0.2364607	-0.520212?	b 350	:	0	0	0	:	:	350.000:	0.001:	0.002:-0.21967:-0.48328:	OK	3	:
100	240	0	-0.2306597	-0.553581?	b 350	:	0	0	0	:	:	350.000:	0.001:	0.002:-0.21420:-0.51409:	OK	3	:
100	260	0	-0.2248127	-0.584511?	b 350	:	0	0	0	:	:	350.000:	0.001:	0.002:-0.20870:-0.54262:	OK	3	:
100	280	0	-0.2189697	-0.613113?	b 350	:	0	0	0	:	:	350.000:	0.001:	0.002:-0.20321:-0.56899:	OK	3	:
100	300	0	-0.2131727	-0.639516?	b 350	:	0	0	0	:	:	350.000:	0.001:	0.002:-0.19778:-0.59333:	OK	3	:
100	320	0	-0.2074567	-0.663858?	b 350	:	0	0	0	:	:	350.000:	0.000:	0.002:-0.19243:-0.61577:	OK	3	:
100	340	0	-0.2018477	-0.686280?	b 350	:	0	0	0	:	:	350.000:	0.000:	0.002:-0.18719:-0.63645:	OK	3	:
100	360	0	-0.1963677	-0.706921?	b 350	:	0	0	0	:	:	350.000:	0.000:	0.002:-0.18208:-0.65550:	OK	3	:

Figura 11, archivo RAY del programa Bream4

En la figura 12, se pueden ver los rayos entrando por el centro óptico de la lente y llegando cada uno de ellos al centro de rotación del ojo. Esto sería un caso ideal.

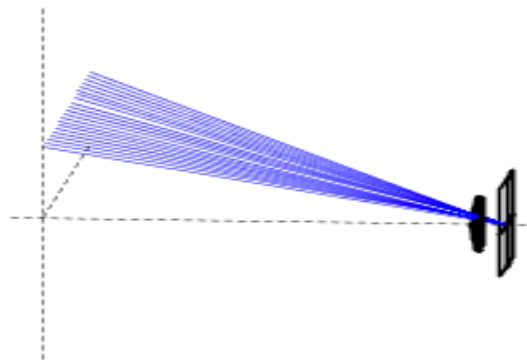


Figura 12. Marcha de rayos pasando por el centro óptico

Dependiendo de la potencia de la lente, la altura a la fijamos el objeto y el índice de refracción de la lente, puede suceder como observamos en la figura 13 una situación no tan idílica, al tratarse de una hipermetropía alta y una altura de fijación máxima.

En esta imagen vemos que los rayos no pasan por el centro óptico de la lente y por tanto no llegan al centro de rotación del ojo. Creando así una supresión de la imagen.

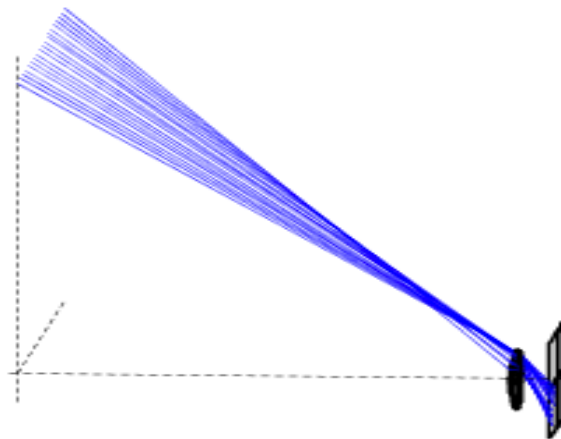


Figura 13. Marcha de rayos no pasando por el centro óptico.

Una vez hechos y obtenidos todos los cálculos con el programa Bream4, procedemos a realizar un Excel con el que obtendremos los efectos prismáticos que se pueden producir en caso de ametropía, anisometropía de 2 dioptrías y anisometropía de 4 dioptrías.

4. Programa Excel

En la columna α_v nos indica el grado de supraducción o infraducción que tiene que hacer un ojo determinado para fijar cada uno de los puntos del cuadrante como el que hemos estado trabajando.

La columna α_H nos indica el grado de abducción o adducción que tienen que hacer un ojo determinado para enfocar exactamente todos estos puntos .

El criterio que usamos para los valores es el siguiente: un valores del ángulo vertical negativo nos indica que tiene una inclinación inferior y el ojo tiene que hacer una supraducción (el ojo hace una inclinación hacia arriba), podemos observar los valores en la figura 14.

En $X_0 = 0$ no tenemos ni infraducción ni supraducción por ese motivo el valor de α_v es 0, puesto que el ojo ni sube ni baja.

Hemos fijado como tolerancia máxima 0,100 para X_{final} y para Y_{final} , de tal manera que todo los valores que superen este límite no los daremos por buenos.



Excel spreadsheet table with columns B-AA and rows for X0 values (0, 20, 40) and Y0 values (0 to 360). It contains optical data for a lens, including Xfinal, Yfinal, Ufinal, Vfinal, and various sine/cosine values.

Figura 14, hoja de Excel de una lente para el ojo izquierdo para X0=0, X0= 20 y X0=40mm.

Con el Bream4 hemos trabajado con el cuadrante superior Izquierdo desde el punto de vista del paciente, como es simétrico es hacia arriba y a la derecha y se desdobra para repetirse, no hace falta trabajar los otros valores ya que daría los mismos valores pero con el signo cambiado.

En conclusión, como todos los valores están en la parte superior izquierda esto implica hacer una supraducción. Estos valores son dioptrías prismáticas.

Los valores angulares horizontales quieren decir que si el ángulo es negativo el rayo viene de la izquierda, y quiere decir que el ojo tiene que girar hacia la izquierda para fijarse en el punto de fijación. Es importante remarcar que para el ojo derecho el giro hacia la izquierda significa una adducción y para el ojo izquierdo una abducción.

Hemos introducido los valores a la lente del ojo izquierdo y a la lente del ojo derecho a todas las alturas de X0, una hoja de calculo para cada uno de los casos, (recordamos que hemos trabajado sin anisometropía, con anisometropía de 2 dioptrías y con anisometropía de 4 dioptrías), y para el índice de refracción 1,52 y el 1,81 al tratarse de lentes minerales.

De esta forma el programa Excel nos ha calculado la inclinación que tiene que hacer el ojo cuando los rayos van atravesando la lente con la que estamos trabajando. Se ha seguido el mismo procedimiento para el ojo contrario.

Aunque estemos trabajando sin anisometropía, se crea un efecto prismático debido a que un ojo está desplazado más hacia la derecha y el otro mas hacia la izquierda y por lo tanto, un rayo tendrá más inclinación en un ojo que en el otro.

También hay una diferencia vertical porque como los rayos no caen exactamente en el mismo punto de la lente se produce un efecto prismático.

El efecto prismático vertical, cuando no hay anisometropía será muy bajo y perfectamente asumible, pero a medida que vaya aumentando la anisometropía no será tan asumible para el sistema visual ya que las reservas de vergencias no lo podrán compensar.

-Los casos sin anisometropía que hemos utilizamos son :

- Dos lentes de +7D,
- Dos lentes de +5D,
- Dos lentes de +3D,
- Dos lentes de +1D
- Dos lentes de -7D,
- Dos lentes de -5D,
- Dos lentes de -3D,
- Dos lentes de -1D

Estos casos, tal como anteriormente se ha comentado con lentes minerales y con índice de refracción 1,52 y 1,81.

-En los casos de tener una anisometropía de 2 dioptrías, han sido:

- -para un ojo una lente de +7D y para el otro ojo una lente de +5D.
- -para un ojo una lente de +5D y para el otro ojo una lente de +3D.
- -para un ojo una lente de +3D y para el otro ojo una lente de +1D.
- -para un ojo una lente de +1D y para el otro ojo una lente de -1D.
- -para un ojo una lente de -1D y para el otro ojo una lente de -3D.
- -para un ojo una lente de -3D y para el otro ojo una lente de -5D.
- -para un ojo una lente de -5D y para el otro ojo una lente de -7D.

También para los dos índices de refracción y mismo material.

-En los caso de anisometropía de 4 dioptrías, hemos trabajado con:

- -para un ojo una lente de +7D y para el otro ojo una lente de +3D.
- -para un ojo una lente de +5D y para el otro ojo una lente de +1D.
- -para un ojo una lente de +3D y para el otro ojo una lente de -1D.
- -para un ojo una lente de +1D y para el otro ojo una lente de -3D.
- -para un ojo una lente de -1D y para el otro ojo una lente de -5D.
- -para un ojo una lente de -3D y para el otro ojo una lente de -7D.

Con el índice de refracción 1,52 y 1,81, para lente mineral.

Una vez introducida toda esta información en las pestañas correspondientes se puede observar el efecto prismático vertical y horizontal que produce dependiendo del caso en el que estemos trabajando, tanto para el ojo izquierdo como para el ojo derecho, como vemos en el ejemplo de la figura 15 y 16, en este caso se muestra el efecto prismático del ojo izquierdo.

		EFECTOS PRISMÁTICOS DE LA LENTE DE L'UVE																																					
Efecte prismàtic vertical Δ <i>Δ</i> _v (Δ)	X0 (mm)	Y0 (mm) [dià]																																					
		300	280	260	240	220	200	180	160	140	120	100	80	60	40	20	0	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	220	240	260	280	300	320	340	360				
	300	330	310	290	270	250	230	210	190	170	150	130	110	90	70	50	30	10	-10	-30	-50	-70	-90	-110	-130	-150	-170	-190	-210	-230	-250	-270	-290	-310	-330				
	280																																						
	260																																						
	240																																						
	220																																						
	200																																						
	180																																						
	160																																						
	140																																						
	120																																						
	100																																						
	80																																						
	60																																						
	40																																						
	20																																						
	0																																						
	-20																																						
	-40																																						
	-60																																						
	-80																																						
	-100																																						
	-120																																						
	-140																																						
	-160																																						
	-180																																						
	-200																																						
	-220																																						
	-240																																						
	-260																																						
	-280																																						
	-300																																						
	330	310	290	270	250	230	210	190	170	150	130	110	90	70	50	30	10	-10	-30	-50	-70	-90	-110	-130	-150	-170	-190	-210	-230	-250	-270	-290	-310	-330					

Figura 15. Efecto prismático vertical de la lente del ojo izquierdo

Efecto prismático horizontal Jm (Ψ)	Y0 (mm) [UE]																																						
	Y0 (mm) [pila mij del cap]																																						
	300	280	260	240	220	200	180	160	140	120	100	80	60	40	20	0	-20	-40	-60	-80	-100	-120	-140	-160	-180	-200	-220	-240	-260	-280	-300	-320	-340	-360					
300																																					300		
280																																						280	
260																																						260	
240																																						240	
220																																						220	
200																																						200	
180																																						180	
160																																						160	
140																																						140	
120																																						120	
100																																						100	
80																																						80	
60																																						60	
40																																						40	
20																																						20	
0																																						0	
-20																																						-20	
-40																																							-40
-60																																							-60
-80																																							-80
-100																																							-100
-120																																							-120
-140																																							-140
-160																																							-160
-180																																							-180
-200																																							-200
-220																																							-220
-240																																							-240
-260																																							-260
-280																																							-280
-300																																							-300

Moviment ocular
Positiu (+) Ψ_{BT} ADOCCO (menor abducció o major adducció)
Negatiu (-) Ψ_{BN} ABOCCO (major abducció o menor adducció)

Figura 16. Efecto prismático vertical de la lente del ojo izquierdo

El efecto prismático resulta al restar la inclinación del ángulo vertical y del ángulo horizontal del ojo Izquierdo menos la inclinación cuando el ojo no tiene lente.

Definimos efecto prismático como la inclinación del ojo cuando lleva la lente menos la inclinación del ojo cuando no lleva la lente.

Todos los cálculos se han realizado cogiendo el plano medio de los dos ojos, o sea 30 mm.

También a través de los datos introducidos en el Excel hemos podido observar los valores de los movimientos binoculares inducidos por la neutralización del ojo (figura 17), todos estos valores numéricos también los encontramos representados con unas graficas (figura 18) de donde acabamos sacando toda la información de todo el trabajo realizado y las conclusiones del mismo.



Table with columns for 'VEGÈNCIES VERTICALS (h)', 'VEGÈNCIES (h)', and 'VERSIONS (h)'. Each section contains a grid of data points for various 'X0 (mm)' values (300, 280, 260, 240, 220, 200, 180, 160, 140, 120, 100, 80, 60, 40, 20, 0, -20, -40, -60, -80, -100, -120, -140, -160, -180, -200, -220, -240, -260, -280, -300, -320, -340, -360) and 'Y0 (mm) (pla mig del cap)' values (300, 280, 260, 240, 220, 200, 180, 160, 140, 120, 100, 80, 60, 40, 20, 0, -20, -40, -60, -80, -100, -120, -140, -160, -180, -200, -220, -240, -260, -280, -300, -320, -340, -360). The data points are numerical values representing vertical movements.

Figura 17. representacion de los movimientos oculares inducidos por la neutralización.

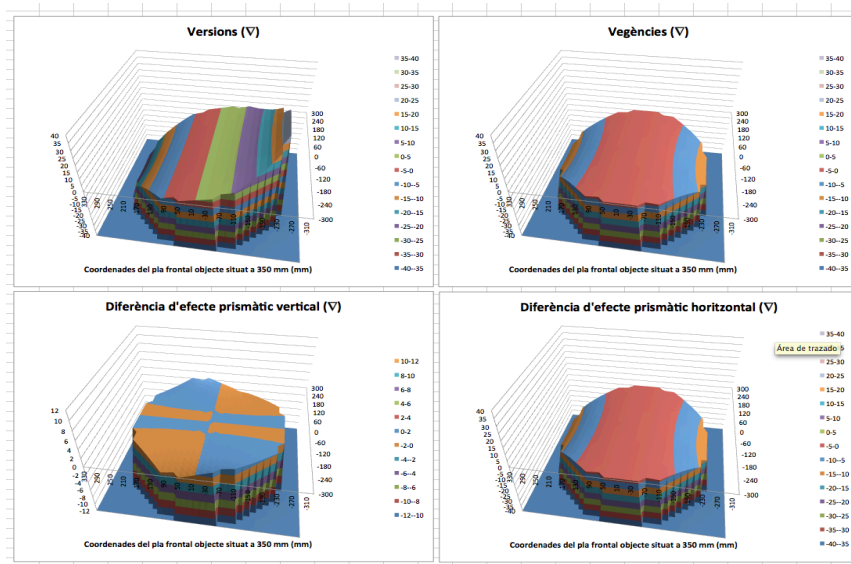


Figura 18. Ejemplo de la representació gràfica de los resultados.

Para la interpretación de estas graficas, en el caso de la grafica de vergencias y la de efecto prismático horizontal es exactamente el mismo grafico, debido a que los dos ojos giran en la misma dirección la misma cantidad de grados, entonces si los dos ojos giran la misma cantidad esto no causará ninguna diferencia prismática entre un ojo y el otro.

Fijándonos en la grafica de diferencia de efecto prismático vertical, la barra de la derecha que oscila entre 300 y -300 representa el plano frontal es decir la dimensión vertical, la barra horizontal que oscila de 330 a -310 representa la dimensión horizontal y la barra de la izquierda la cual oscila entre 12 y -12, es la diferencia de efecto prismático vertical, según el color que presente nos indicará la diferencia prismática en la que oscila el caso en cuestión.

En la grafica de las versiones cuanto más periférico es el estímulo, más cantidad de versión hay y además más versión se produce en este mismo sentido. Respecto al 0, un valor muy positivo querrá decir que hay una dextroversión.

Las versiones no nos dan problemas de binocularidad, en cambio con las vergencias si. Si esta haciendo convergencia el valor será negativo y si está divergiendo el valor será positivo.

5. RESULTADOS

Empezamos comentando los resultado obtenidos en los casos de no tener Anisometropías. Se hace una comparativa entre los dos índices de refracción 1,52 y 1,81 y comentamos los resultados.

Recordar que el grafico de las versiones quiere decir que los dos ojos giran en la misma dirección la misma cantidad de grados, entonces si los dos ojos giran la misma cantidad esto no causará ninguna diferencia de efecto prismático entre un ojo y el otro.

En el caso de una lente -1 en ambos casos se observa que las graficas son prácticamente igual, vemos en las versiones a la izquierda de la imagen se ve un aumento, siendo más grandes las versiones y más positivas como muestran las figuras 19 y 20.

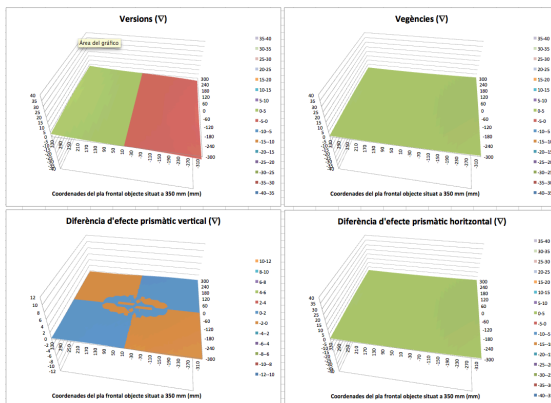


Figura 19. Sin anisometropía de -1D (1,81)

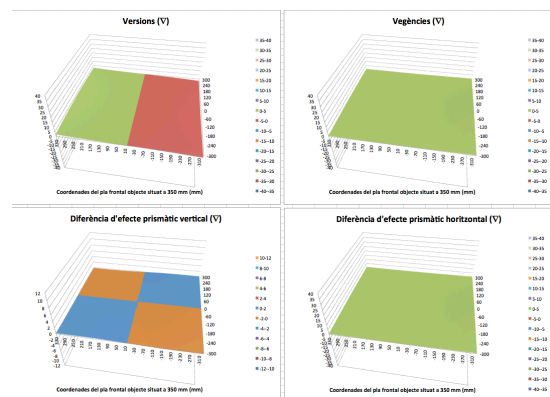


Figura 20. Sin anisometropía de -1D (1,52)

Para el caso de no tener anisometropía de -3 D, igual que en el caso anterior vemos que el resultado de las graficas son casi exactos, tanto las vergencias como las versiones, en este caso en las versiones se observa que hacia la izquierda hay un leve aumento, siendo más grandes y más positivas, en cambio hacia la izquierda son más pequeñas y por lo tanto más negativas.

Esto quiere decir que cuanto más periférico es el estímulo, más cantidad de versión hay.

Continuamos con un caso sin anisometropía de -5D, en este caso tampoco encontramos diferencia notable entre los dos índices de refracción, sucede lo mismo que en el caso anterior de -3D, aunque en las versiones quizás el aumento es un poco mayor.

Sin anisometropía de -7D, para este caso al tratarse de una lente negativa tampoco encontramos diferencia entre los dos casos con diferentes índices al ser una potencia más alta, aunque en esta potencia si vemos que la diferencia de efecto prismático horizontal a la periferia las dioptrías prismáticas se ven levemente aumentadas llegando a 5-10 dioptrías prismáticas. Aunque las versiones tal como hemos comentado no suponen un problema de binocularidad hay un aumento en el lado izquierdo llegando a 20-25 dioptrías prismáticas.

Pasamos a los casos de no anisometropías con lentes positivas, concretamente +1D para ambos ojos, en este caso, si observamos entre los dos índices una diferencia siendo el índice mas bajo el que muestra un resultado entre -5 y 0 dioptrías prismáticas a todas las distancias mientras que el índice más alto vemos una diferencia de efecto prismático mayor hacia la derecha llegando a entre 5 y 10 DP.

En el caso de +3D, curiosamente no hay una diferencias destacables entre estos dos índices obteniendo unos resultados con un valor bajo en la parte central de las vergencias y un pequeño incremento en la periferia.

El siguiente caso de +5D, vemos en los dos casos de índice diferentes que hay un menor valor en la parte central y hacia la periferia aumenta hasta oscilar entre -15 y -10 dioptrías prismáticas. En la grafica de las versiones vemos como van siendo mayores hacia la derecha y más pequeñas hacia la izquierda. Confirmamos que cuando el estímulo es más periférico más cantidad de versión hay.

Para el caso de +7D, no hay casi diferencia con el caso anterior de +5D, no se aprecia prácticamente cambios en los resultados de estos dos casos y tampoco comparándolo con los dos índices.

CASOS DE ANISOMETROPIA DE 2 DIOPTRIAS.

Para el caso de un ojo miope de -3D y el otro ojo miope de -5D, encontramos unas graficas de vergencias muy similares entre los dos índices, pero es necesario mencionar que en la de índice 1,81, hay más predominancia de 0 a 5 dioptrías prismáticas. En las versiones también en el índice de 1,81, vemos que las dioptrías prismáticas van de entre -15 y -10 a la derecha y de 15 a 20 hacia la izquierda. Tal como muestra los gráfico.

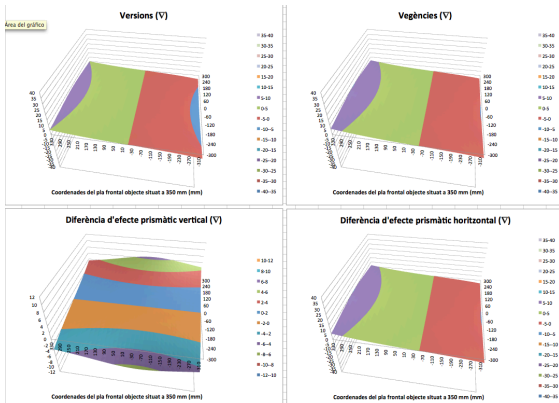


Figura 21. Anisometropia de 2D. Caso de -3 y -5 con índice 1,52

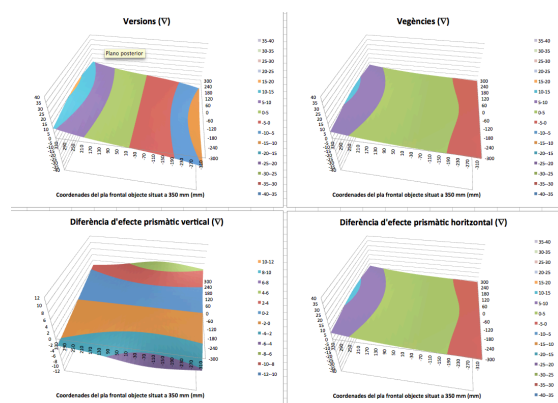


Figura 22. Anisometropia de 2D. Caso de -3 y -5 con índice 1,81.

Caso de OI -5D y OD -7D, no hay una diferencia notable entre los dos índices de refracción para este caso, en los dos índices los resultados son muy parecidos.

En el caso de +1D y -1D, vemos que con un índice de 1,52 en vergencias no tenemos cambios de dioptrías prismáticas estas están entre 0 y 5, en el caso del índice 1,81 vemos como hacia la izquierda aumentan las dioptrías prismáticas respecto el lado derecho. En las versiones también vemos cambios, en este último índice, menos el extremo izquierdo todo esta entre 0 y 5 dioptrías, mientras que con el índice 1,52, la parte derecha vemos bajan un poco las dioptrías prismáticos.

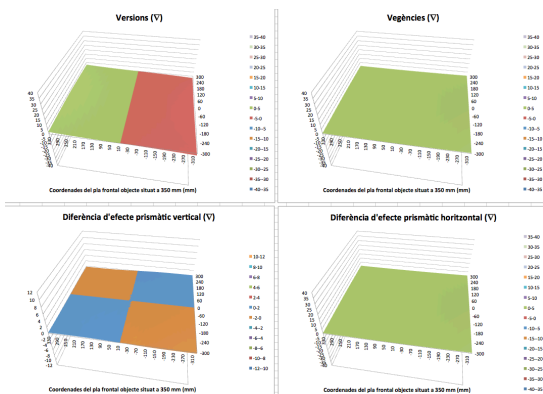


Figura 23. Anisometropia de 2D; Caso de +1 y -1 con índice 1,81.

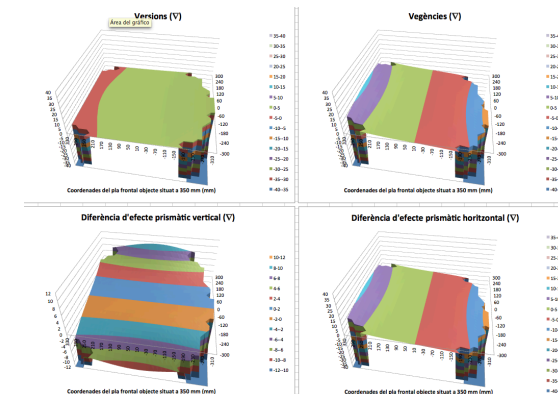


Figura 24. Anisometropia de 2D; Caso de +1 y -1 con índice 1,52

Para +3D en OI y +1D en OD, en este caso , para los dos índices obtenemos en la grafica de vergencias unos resultados de dioptrías prismáticas prácticamente iguales que van de 5 a -5 en la parte central viéndose aumentadas en la parte izquierda.

Para esta anisometropía de +5 y +3, en las versiones los dos índices nos da un resultado muy parecido, para las vergencias, con un índice menor, en el centro estamos entre -5 y 0 DP, en el lado izquierdo aumenta hasta entre 5 y 10 y en el derecho hay una bajada hasta llegar a -25 y -20 en el punto mas extremos y con el índice mayor el centro y el lado izquierdo se mantiene en -5 y 0 y la parte derecha es prácticamente igual que el índice 1,52.

Para acabar con este tipo de anisometropías de 2D, el caso de +7 y +5, en este caso tanto las versiones como las vergencias hay una similitud muy importante dándonos los mismos resultados prácticamente. En las versiones vemos como van siendo mas grandes hacia la derecha y mas negativas hacia la izquierda. En las vergencias el bajo valor de la parte central se ve reducida hacia la periferia con unos valores que van entre -30 y -25.

CASOS DE ANISOMETROPIAS DE 4 DIOPTRIAS

Cas de -1D en el ojo izquierdo y -5D en el ojo derecho. La diferencia de efecto prismático son muy similares en los dos índices, va entre 15-20 en el extremos izquierdo , con unos valores centrales similares estando entre 0 y -5, la parte periférica derecha encontramos valores entre -10 y menos 5.

Para una anisometropía de -3 y -7, entre los dos índices no se encuentra diferencia notoria, pero se observa que el la parte central estas dioptrías casi son 0 dioptrías prismáticas y a la derecha este valor disminuye entre -5 y 0 alcanzando algún punto puy extremos de entre -10 y -5. Sin embargo hacia la izquierda hay un aumento y llega a esta entre 15 y 20 en un punto periférico.

Para la anisometropía de +1 y -3, en el caso de un índice más bajo, (1,52), mejoramos bastante las dioptrías prismáticas. De las vergencias y de la diferencia del efecto prismático horizontal, estas mayoritariamente están entre 0-5 y -5-0 en casi toda su extensión, en cambio para un índice mas alto, en la parte central encontramos los mismos valores que hemos comentado con el índice 1,52 pero hacia la periferia estos llegan a estar entre 15 y 20 y entre -20 y -15.

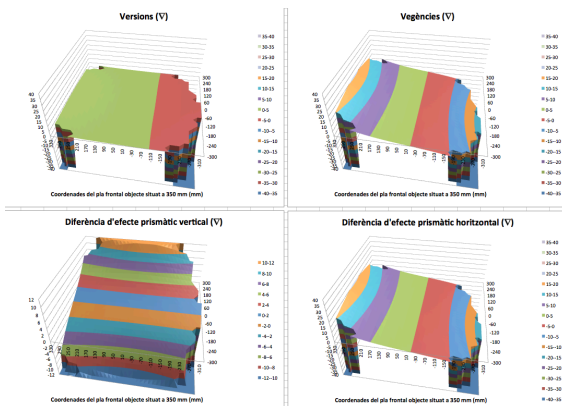


Figura 25. Anisometropia de 4D. Caso +1-3, índice 1,52

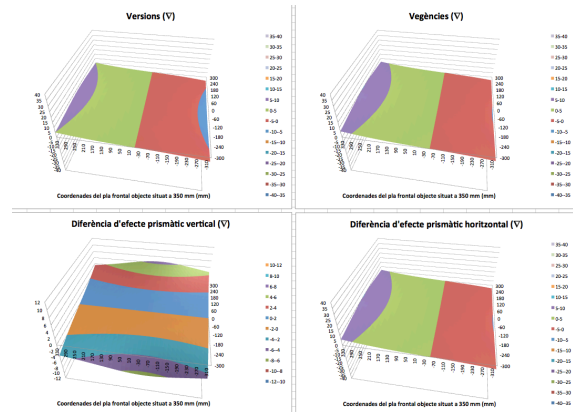


Figura 26. Anisometropia de 4D. Caso +1-3, índice 1,81.

Caso en el que el ojo izquierdo +5D y en el ojo derecho +1, en este caso los dos índices nos muestran una similitud casi estricta, hacia la parte izquierda los valores de las dioptrías prismáticas alcanzan entre 20 y 25 dioptrías prismáticas, aunque en el centro el valor es 0 a 5 y de -5 a 0.

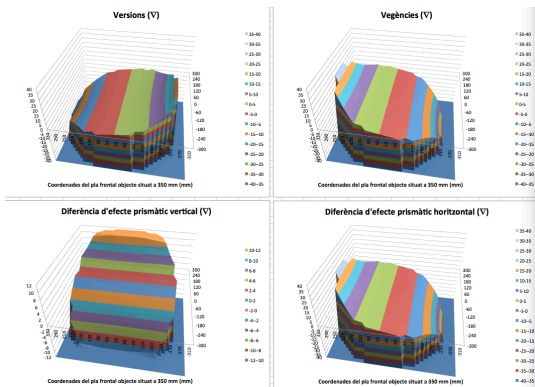


Figura 27. Anisometropia de 4D, lente +5 y +1 para un índice 1,52

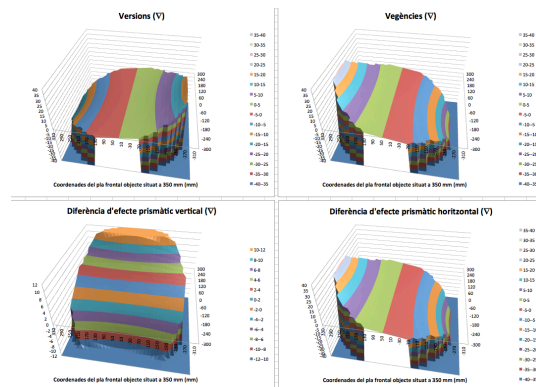


Figura 28. Anisometropia de 4D, lente de +5 y +1 para un índice 1,81

CONCLUSIONES:

Tras la obtención de todos nuestros resultados, llegamos a la conclusión que una lente con un índice mayor no influye en el efecto prismático, ni produce una mejor visión, sino que es simplemente un aspecto estético en la mayoría de los casos. Cosa que realmente nos ha sorprendido puesto que creíamos obtener unos resultados bastante diferentes, siendo a mayor índice menores efectos prismáticos y mayor campo de visión, estas conclusiones las hemos alcanzado tras valorar los resultados con los de mi compañera que ha estado trabajando con los mismos casos pero con un material orgánico. La similitud general en lentes orgánicas y lentes minerales de los resultados obtenidos ha sido espectacular.

En el caso de las lentes negativas, hemos podido comprobar que aún existiendo anisometropía generalmente los valores de los efectos prismáticos se ven reducidos respecto los casos en los que actúan las lentes positivas.

La tolerancia de un usuario de gafas a un desequilibrio prismático dado dependerá de sus reservas de vergencias fusionales y de la distancia de trabajo del usuario de manera que la tolerancia según la práctica clínica es muy variable. De esta manera, para la visión binocular de algunos usuarios un desequilibrio prismático "dentro de normativa" puede ser intolerable.

Según la normativa UNE-EN ISO 21987 sobre "lentes oftálmicas montadas", la tolerancia de centrado o de desequilibrio prismático para lentes monofocales y multifocales que incorporen prismas inferiores a 2 dioptrías prismáticas es de 0'67 en el desequilibrio prismático relativo a la distancia de centrado prescrita en el eje horizontal y de 0'50 dioptrías prismáticas en el eje vertical.

En el caso de anisometropías elevadas, sería interesante plantearse el uso de lentes de contacto, aunque no a sido el propósito de nuestro trabajo, con ellas, podríamos obtener los siguientes beneficios:

- 1.- No obtendríamos ningún efecto prismático ya que la zona óptica siempre estaría centrada en la pupila.
- 2.- Minimizaríamos la aniseiconía puesto que con la lente de contacto se igualan los tamaños de las imágenes retinianas.

BIBLIOGRAFIA

- Amos JF. Diagnosis and management in vision care. Butterworth-Heinemann, 1987
- Milder B, Rubin ML. The fine art of prescribing glasses. (2nd edition), Triad Publishing company, 1991.
- Brookman KE. Refractive management of ametropía. Butterworth-Heinemann, 1996.
- Werner DL, Press LJ. Clinical pearls in refractive care. Butterworth-Heinemann, 2002.
- Grosvenor T. Flom MC. Refractive anomalies. Research and clinical applications. Butterworth-Heinemann, 1991.
- Manual de prácticas de óptica oftálmica/Eloy A. Villegas Ruiz, Antonio Benito Galindo.- Murcia: servicio de Publicaciones, Universidad, 1999
- Tecnología óptica. Lentes oftálmicas, diseño y adaptación. (ediciones UPC)1996.
- Tecnología para ópticos. Heiner Bohn, (Warendorf)
- <http://grupovisionlaserdechihuahua.com/miopia/>
- <http://moonnegra.blogspot.com.es/2013/06/>
- <http://oftalmo2012.blogspot.com.es/2012/07/vision-binocular.html>
- <http://pedriatico1.blogspot.com.es/2016/06/pediatrico.html>
- <https://www.informacionopticas.com/emetropia-proceso-de-emetropizacion>
- www.icqo.org/es/tratamientos/oftalmopediatria/ametropia
- webs.ucm.es/info/clinopto/Tiposdedefectosrefractivos.htm
- <http://www.allaboutvision.com/resources/glossary.htm>

