



**TRABAJO DE FIN DE GRADO
GRADO EN ÓPTICA Y OPTOMETRÍA**

**INFLUENCIA DE LA ANISECONÍA EN LAS
VERGENCIAS FUSIONALES EN VISIÓN
PRÓXIMA**

AUTORA

Noelia Lasheras Pericas

DIRECTORES

Jorge Ares García

Miguel Ángel Rebolledo Sanz

Facultad de ciencias – Universidad de Zaragoza
Curso Académico 2016-2017



Universidad
Zaragoza

 **CIENCIAS**
ZARAGOZA

RESUMEN

La hipótesis de la que ha partido este estudio ha sido si la aniseiconía afecta a las vergencias fusionales horizontales.

Para comprobar esta hipótesis se ha medido las reservas de vergencia fusional horizontal positiva y negativa que tienen cada sujeto y el porcentaje de aniseiconía positivo y negativo máximo tolerado para cada uno de ellos.

Se ha estudiado como varían las reservas de vergencias horizontales positivas y negativas al condicionarlas al porcentaje de aniseiconía máximo tolerado para cada uno de ellos. Para ello, se ha vuelto a medir las reservas de vergencia fusional horizontal positiva y negativo, esta vez con el porcentaje de aniseiconía positivo y negativo máximo tolerado para cada sujeto añadido.

En los resultados del estudio se ha encontrado que las vergencias se ven disminuidas cuando operan con aniseiconía inducida respecto a las que tiene el sujeto en condiciones normales.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	4
1.1. Vergencias	4
1.2. Aniseiconía	4
1.3. Binocularidad	6
1.4. Procesamiento visual	7
2. HIPOTESIS	8
3. OBJETIVOS	8
4. MATERIAL Y METODOS	9
4.1. Sujetos en estudio	9
4.2. Material para el experimento	9
4.3. Test preliminares	10
4.4. Medida de la aniseiconía máxima tolerada	13
4.5. Medida de las vergencias fusionales horizontales	14
4.6. Análisis de datos	15
5. RESULTADOS	16
5.1. Análisis de la aniseiconía máxima tolerada	16
5.2. Variación de las vergencias fusionales horizontales	17
5.3. Análisis comparativo	19
6. DISCUSIÓN	19
7. CONCLUSIONES	22
8. BIBLIOGRAFÍA	23
9. ANEXO	25

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente las necesidades visuales que conllevan las nuevas tecnologías exigen que el sistema visual actúe de manera precisa. La calidad visual, por tanto, se estima en tanto en cuanto cubra las capacidades necesarias para realizar un cierto trabajo y continuarlo el tiempo suficiente sin agotar el sistema visual.

Para ser capaces de obtener una imagen nítida y poder darle un valor y un sentido a lo que se ve, la vía visual debe trabajar correctamente. Para ello, si existe un problema de refracción debe estar corregido, no deben existir patologías que afecten a los medios oculares, los ojos deben estar perfectamente alineados y el sistema nervioso central debe trasmisir correctamente el estímulo.

El estudio de la influencia de la aniseiconía en las vergencias fusionales en visión próxima se realiza para contestar la siguiente pregunta ¿Tener un grado de aniseiconía considerado tolerable por el individuo merma las capacidades vergenciales, llegando a provocar problemas en la visión binocular? ¿Puede llegar a impedirnos una función visual adecuada a las necesidades de la vida actual?

Por ello, comenzaremos revisando algunos conceptos en torno a las vergencias, la aniseiconía, la binocularidad y el proceso visual.

1.1. Vergencias

La vergencia fusional es un reflejo optomotor que mantiene la visión binocular única gracias a un movimiento coordinado y disyuntivo,¹ permitiendo que las imágenes similares sean proyectadas en las áreas retinianas correspondientes de cada ojo.

Se inicia por disparidad en la imagen retiniana bitemporal.² Permite conseguir la correspondencia retiniana sin modificar el estado acomodativo.¹

Hay que tener en cuenta que las vergencias fusionales tienen unos valores de reservas que dependen de la capacidad motora y sensorial, dada por los músculos oculomotores y por la capacidad del córtex visual para evitar la diplopía. Cuando estas reservas tienen unos valores que no soportan las exigencias visuales hablamos de un sistema vergencial ineficaz que provocará la alteración de la visión binocular.³ De ahí la importancia de estudiar si anomalías binoculares como la aniseiconía modifican las reservas.

Como las reservas fusionales verticales suelen ser pequeñas⁴, analizaremos la influencia sobre las vergencias fusionales horizontales positivas y negativas mediante disparidad producida por desplazamiento de una imagen respecto a otra, cada una de las imágenes se corresponde con cada uno de los ojos del sujeto.

1.2. Aniseiconía

La aniseiconía es una condición binocular en la que hay una diferencia relativa en los tamaños de las imágenes oculares percibidas por los dos ojos.⁵

Altera la visión binocular, dando lugar a problemas de fusión y estereópsis entre otros.⁶

El tamaño percibido de la imagen retiniana depende de la combinación de potencia de la córnea, cristalino y longitud axial, de la distribución de los elementos receptivos retinianos y del proceso fisiológico y cortical que están implicados en la visión.⁷

Puede ser global (diferencia de tamaño igual en todas las direcciones) o meridional (cambia con la dirección del segmento que se observa).⁸

La aniseiconía (A) se obtiene a partir del cociente entre el aumento relativo (AR) del ojo derecho (OD) y del ojo izquierdo (OI) y se expresa en %.

$$A = \frac{AR_{OD}}{AR_{OI}}$$

$$A(%) = (A - 1) \times 100$$

Si A (%) es positivo representa que la imagen más grande es percibida con el ojo derecho y si A (%) fuera negativa la imagen de mayor tamaño sería percibida por el ojo izquierdo.⁹

Las estimaciones sobre la prevalencia están claramente influenciadas por la sensibilidad de las pruebas utilizadas para su diagnóstico, así como los criterios sobre el nivel que es considerado clínicamente significativo.¹⁰

Tomando como referencia el estudio de Bannon y Triller¹¹ consideramos que es clínicamente significativa cuando esa diferencia de tamaño entre imágenes (generalmente $\geq 0.75\%$) cursa con sintomatología o se acompaña del fenómeno de supresión cortical.

Los síntomas más frecuentes son astenopia ocular y dolor de cabeza (67 %), fotofobia (27%), dificultad en la lectura (23%), náuseas (15%), nerviosismo (11%), mareos y fatiga general (7%).¹¹

Estos síntomas no se correlacionan con el grado de aniseiconía y existen grandes variaciones de unos sujetos a otros.¹⁰

Si se piensa en el término imagen percibida se pueden encontrar todas sus posibles causas ya que la formación de la imagen en retina depende de los sistemas dióptricos del ojo, de la distribución de los elementos receptivos retinianos y del proceso fisiológico y cortical que está implicado en el fenómeno visual.¹⁰

Etiológicamente nos encontramos con tres tipos de aniseiconía:¹⁰

- La aniseiconía fisiológica se produce como resultado de las diferentes distancias que hay de un objeto a cada ojo cuando este objeto no se encuentra en la línea media de mirada. En visión próxima la distancia es lo suficientemente corta como para notar una diferencia relativa de tamaño de un objeto que esté más cerca de un ojo que de otro.
- La aniseiconía óptica es una diferencia en el tamaño de la imagen retiniana provocada por anisometropía.

La aniseiconía óptica puede ser refractiva, por diferencia de potencia de los dioptrios óptico del ojo, o axial, por diferencia de longitud del globo ocular.

Además de estas aniseiconía anisométrica por causas naturales también tenemos la aniseiconía óptica causada por las correcciones.¹²

- La aniseiconía neurológica, o esencial, que puede ser por dos causas: debida a la diferencia de densidad de fotorreceptores entre las dos retinas o por diferencias en las vías visuales, la información no llega a la misma escala, se

produce un aumento relativo de una de las imágenes. se produce en la transmisión de la imagen retiniana al córtex visual.

La mayoría de la aniseiconía sintomática corresponde a la aniseiconía anisometrópica.¹² La anisometropía puede no dar sintomatología debido al componente de plasticidad cortical que se tiene en la edad joven, también puede ser debido a que esta diferencia refractiva o axial sea compensada por otras partes del globo ocular (por ejemplo con un diferente espaciado de los fotorreceptores), ya que el cuerpo humano tiende a compensar los defectos.¹³

La diferencia de longitud axial de los dos ojos origina problemas importantes de aniseiconía, mientras que las diferencias refractivas existentes entre ambos ojos ocasionan problemas aniseicónicos más leves.¹²

La corrección óptica de la aniseiconía es posible (aunque de un modo complejo),¹⁴ aunque en general no se proceda a corregir ya que los síntomas asociados con la aniseiconía son comunes a muchos problemas binoculares o refractivos, esto provoca que la aniseiconía no sea valorada como causa posible de estos síntomas. Otro problema a la hora de corregir la aniseiconía que pudiera afectar a un paciente es que para su medida se necesita de unos instrumentos específicos, que normalmente no se encuentran en las ópticas.^{15,16,17}

1.3. Binocularidad

Se define como visión binocular la capacidad de fusionar dos imágenes retinianas, por integración cortical de las imágenes.¹⁸

La visión binocular completa se obtiene si se cumplen estas tres condiciones: Percepción simultánea, fusión y visión estereoscópica.

El primer paso es el solapamiento de los campos visuales monoculares, lo que permite la percepción simultánea. Para que se produzca la fusión motora los ojos deben moverse de forma coordinada, así las imágenes se forman sobre áreas simétricas y conjugadas de ambas retinas. La fusión sensorial se obtiene si la información procedente de las dos retinas se transmite a regiones asociadas del córtex visual. Esto permite que el córtex visual sea capaz de conjugar las dos imágenes, obteniendo así una imagen haplópica que permite percibir estereoscópicamente.¹⁹

La visión binocular es el resultado del proceso retino-cortico-geniculado por el cual se elabora una sensación visual como respuesta a una sensación eléctrica de un punto o área retiniana.¹⁸

Para ello se necesitan imágenes nítidas, de tamaño y forma simétrica y el uso coordinado del aparato oculomotor, capaz de lograr la superposición de ambas imágenes manteniendo los ejes visuales alineados de forma constante. La aniseiconía, por tanto, es un problema óptico o neuronal que impide el correcto funcionamiento de la visión binocular.²⁰

Cuando no se es capaz de fusionar las dos imágenes correspondientes a ambos ojos se obtiene una visión diplópica. La diplopía da una percepción simultánea del mismo objeto en distintas posiciones, por estimulación de puntos retinianos no correspondientes.²⁰

1.4. Procesamiento visual

El sistema visual principal o vía retino-genículo-cortical comprende desde la retina hasta el córtex visual primario.

La vía óptica está formada por tres neuronas: la célula bipolar, que recibe el impulso eléctrico del elemento receptor (el cono o el bastoncillo), la segunda neurona que es la célula ganglionar que se encarga de llevar el impulso recibido de la primera neurona hasta el tálamo óptico (los axones de la célula ganglionar recorren la retina hasta la papila, sigue luego por el nervio óptico, atraviesa el quiasma y continúa por la cintilla óptica hasta terminar en el cuerpo geniculado lateral, que es parte del tálamo), dónde se encuentra la tercera neurona, el impulso es llevado por ésta hasta la corteza occipital.²¹(Ver Imagen 1)

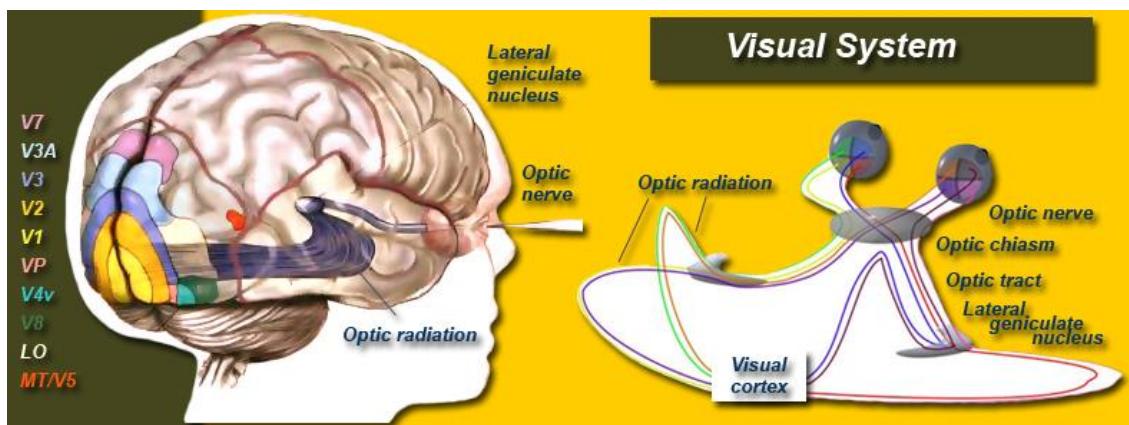


Imagen 1. Recorrido que sigue la Vía Visual.²²

La mayor parte de los axones procedentes de las células retinianas siguen esta vía, pero aproximadamente un 10% de estas fibras abandonan esta vía antes de llegar al cuerpo geniculado dirigiéndose hacia otros destinos, mediante vías extrageniculadas.²³

Ya que en este trabajo se habla de vergencias, que como se ha explicado antes son los movimientos coordinados y opuestos de los ojos, se va a hablar del sistema que se encarga de estos movimientos.

El área pretectal recibe fibras procedentes de la corteza frontal óculo-motora (área de fijación voluntaria) a través del tracto frontotectal. Asimismo desde los colículos superiores y el área pretectal las fibras se dirigen hacia los núcleos de los nervios oculomotores.²⁴

Los músculos extraoculares, encargados de controlar los movimientos del ojo, están inervados por tres pares craneales cuyos núcleos están interconectados a través del fascículo longitudinal medial.²⁴ (Ver Imagen 2)

Los movimientos oculares conjugados están coordinados por diferentes núcleos motores situados en el tronco del encéfalo. Los movimientos horizontales de mirada se procesan en el núcleo de la formación reticular pontina paramediana (FRPP), mientras que los movimientos verticales de los ojos se programan en el núcleo intersticial rostral del fascículo longitudinal medial (irFLM).²⁵

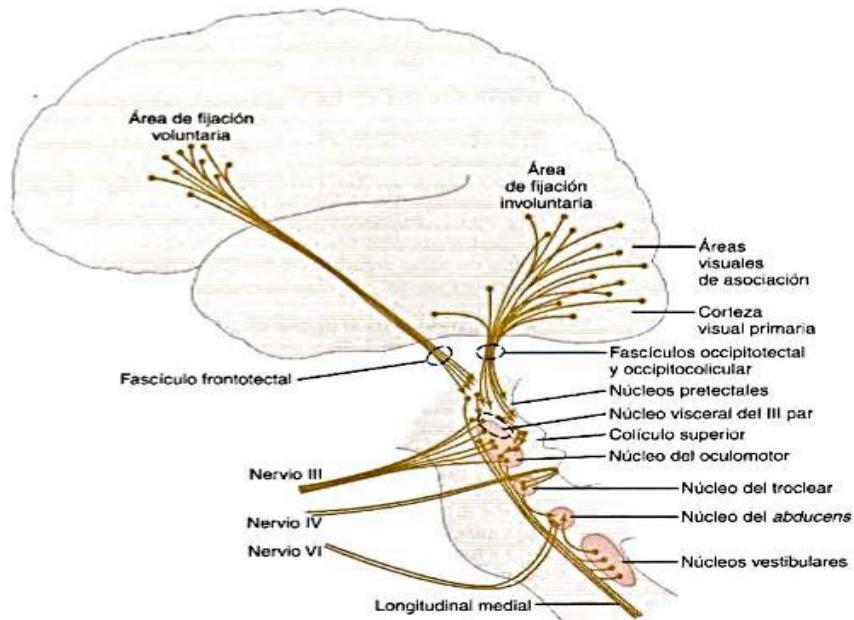


Imagen 2: Vías nerviosas para el control de los movimientos conjugados de los ojos.²⁶

2. HIPÓTESIS

Las vergencias fusionales mantienen los ejes visuales alineados para que la imagen se proyecte en los dos ojos en puntos retinianos correspondientes, lo que permite una imagen haplópica.

Si se fuerza el sistema vergencial (por ejemplo cuando hay heteroforias) entran en juego las reservas fusionales que permiten mantener, con esfuerzo, los ejes visuales pasando por el punto de fijación.

Si se fuerza el sistema de reserva vergencial añadiendo un componente de aniseiconía, debería ser necesario mayor esfuerzo para evitar la diplopía, lo que da origen a nuestra hipótesis: Las reservas de vergencia fusionales disminuyen en presencia de aniseiconía.

3. OBJETIVOS

Partiendo de la hipótesis se han planteado dos objetivos generales, que se dividen a su vez en objetivos específicos:

- Estudio de la aniseiconía máxima tolerada.
 - Medir la aniseiconía inicial del sujeto.
 - Inducir aniseiconía adicional negativa y positiva hasta el máximo tolerable.
- Estudio del cambio de reservas de vergencias horizontales positivas y negativas al introducir aniseiconía.
 - Medir las reservas de vergencias positivas y negativas que tiene el sujeto.
 - Medir las reservas de vergencias horizontales positivas y negativas condicionadas por el porcentaje de aniseiconía máximo tolerable.
 - Estudiar los cambios generados en las reservas vergenciales originados por la aniseiconía.

- Crear una tasa que permita prever el ritmo con el que varían las vergencias fusionales en función de la aniseiconía.

4. MATERIAL Y MÉTODOS

4.1. Sujetos en estudio

La muestra está formada por 31 sujetos, 9 varones y 22 mujeres, la media de edad es de 25,5 años, de ellos 15 llevaban lentes de contacto, 13 eran emétropes y 3 se habían sometido a cirugía refractiva (LASIK).

Para citar al sujeto de estudio debía tener una edad comprendida entre los 20 y 35 años para evitar problemas relacionados con la presbicia.

Como requerimiento se instó a los sujetos con ametropía a que llevasen Lc debido a la incomodidad que supone llevar dos gafas y que puede llevar a pérdidas de atención, así como generar aniseiconía dinámica, la cual no queremos que influya en los resultados de los valores de aniseiconía estática que se están midiendo.

Se establecieron como criterios para la participación en este estudio:

- Disponer de buena agudeza visual en ambos ojos, la AV mínima permitida era de 0.8 y la diferencia entre las agudezas de los ojos no debía ser más de una línea, de esta manera se asegura que no hubiera ambliopía.
- La prueba de motilidad no debía de mostrar pérdidas de seguimiento ni de fijación.
- Debía conseguir percepción simultánea.
- Tener una disparidad de fijación no mayor a 10 min arc como indicativo de que el sistema binocular actúa de forma razonable para hacer la prueba.
- La estereopsis no debía ser peor a 70 sec arc.
- Capacidad para diverger o converger mayor a 3Δ .

4.2. Material para el experimento

El material utilizado para el test preliminar y para el experimento está conformado por:

- Un metro estándar, para medir la distancia entre el sujeto y el instrumento de prueba.
- Carta con un optotipo que permita una AV de 1.0 a 40 cm.
- Test de Titmus. Test de Círculos Gradual. Gafas polarizadas estándar.
- Bolígrafo-linterna.
- Programa Aniseikonia Inspector TM versión 3 de Optical Diagnostics.²⁷ Se basa en un método de comparación directa, éste método implica la creación de un estado haploscópico por medio de filtros de color rojo-verde en el que cada ojo ve la imagen de los objetos de color rojo o verde, según su filtro, que se presentan en pantalla. Gafas anáglifo estándar, con el filtro verde en el ojo derecho y el filtro rojo en el ojo izquierdo.
- OptoTab Office Polar de Smarthings4Vision.²⁸ Con pantalla de visualización de 23" 1520x180 pixels (LGD 2342P). Este instrumento nos da la posibilidad de producir diferencia de imágenes en cada ojo gracias a la polarización; en la pantalla se crean dos imágenes polarizadas una se verá con el ojo derecho y la otra con el ojo izquierdo. Este módulo especialmente adaptado para este experimento permitirá el tamaño de las imágenes o desplazarlas entre sí. El

sujeto deberá portar Gafas con polarización circular especialmente diseñadas para la visualización de contenidos en esta pantalla.

Este experimento cuenta de dos partes, cada una de duración 20-25 minutos.

En la primera parte se realiza los test preliminares con el material que se ha descrito anteriormente y la medida de la aniseiconía inicial mediante el software de Aniseikonia Inspector.

En la segunda parte se mide la aniseiconía máxima tolerable, las vergencias fusionales horizontales sin aniseiconía y las vergencias fusionales horizontales con aniseiconía máxima tolerables mediante el programa OptoTab Office.

La secuencia temporal de series de medidas sobre cada sujeto es:

1. Primera parte, test preliminares: primero se obtuvo la AV, se continuó evaluando la motilidad, seguido por la comprobación de existencia de percepción simultánea, medida de la disparidad de fijación, medida de la estereopsis y tres medidas de aniseiconía inicial para cada una de las cuatro direcciones que evalúa el software Aniseikonia Inspector.
2. Segunda parte, experimento: medida de las vergencias fusionales horizontales negativa y positiva iniciales de cada sujeto, aniseiconía negativa máxima tolerada, vergencias fusionales negativa y positiva con el porcentaje de aniseiconía negativa máxima tolerada, aniseiconía positiva máxima tolerada, vergencias fusionales horizontales negativa y positiva con el porcentaje de aniseiconía positiva máxima tolerada. Cada serie de medidas se hizo tres veces.

Al realizar el protocolo del estudio se citó a dos sujetos para someterles todas las pruebas ideadas. Esto sirvió para decidir el número de pruebas que se realizaban en un tiempo razonable.

4.3. Test preliminares

Previamente al comienzo de la medida de las vergencias fusionales, se meditaron una serie de pruebas para determinar si el sujeto era apto para el estudio. Con ellas se valoraron las capacidades visuales de los sujetos que influyen de manera directa o indirecta en las vergencias o en la aniseiconía tolerada.

Medir la AV es imprescindible, ya que se debe asegurar una imagen nítida en visión próxima. La motilidad se evaluó para saber si había coordinación entre los centros motores. La percepción simultánea nos dice si el sujeto es capaz de ver con los dos ojos de manera simultánea. Se mide la foria disociada por si esta pudiera influir en el resultado de las vergencias. Y por último se comprueba si el sujeto es capaz de ver con estereopsis.

Medir la aniseiconía inicial tiene gran importancia ya que puede dar variabilidad a la aniseiconía tolerada en función de cuánta aniseiconía tuviera inicialmente el sujeto.

En todas las pruebas se le indicó al sujeto que sostuviera a 40 centímetros del ápex de los ojos el test o se colocara a esa distancia del aparato de la prueba en cuestión. La distancia era comprobada constantemente con el metro.

Agudeza visual: Carta de Optotipos

Se indicó al sujeto que leyera las últimas dos líneas de la carta de optotipos, en su posición de lectura habitual. (Ver imagen 3)

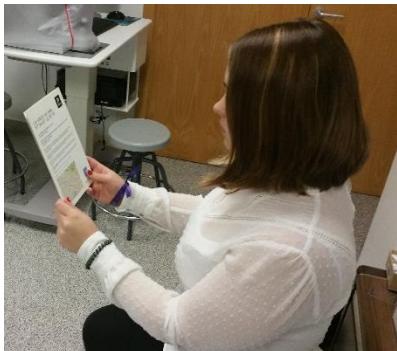


Imagen 3. Medida de la AV.

Motilidad: Objeto de seguimiento.

Se le pidió al sujeto que mantuviera la mirada sobre el bolígrafo-linterna mientras se inspeccionaban las 9 posiciones de mirada. (Ver imagen 4)



Imagen 4. Comprobación de la Motilidad

Percepción simultánea/Supresión: OptoTab + Gafas polarizadas.

Con las gafas polarizadas puestas se le indicó al sujeto que dijera qué estaba viendo. Debía ver una cruz dentro de un círculo en el caso de percepción simultánea. (Ver imagen 5)



Imagen 5. Comprobación de la Percepción simultánea.

Disparidad de fijación: OptoTab + Gafas polarizadas.

El programa mide la foria disociada mediante dos lapiceros que el sujeto debe hacer coincidir. Hay dos medidas, la primera mide la desviación que percibe el sujeto sin elemento disociante, se hace sin gafas polarizadas, y la segunda mide la foria disociada, se hace con las gafas polarizadas. En ambas condiciones se repite la medida tres veces y el software da una media de la foria disociada teniendo en cuenta la desviación que percibe el sujeto previamente. (Ver imagen 6)

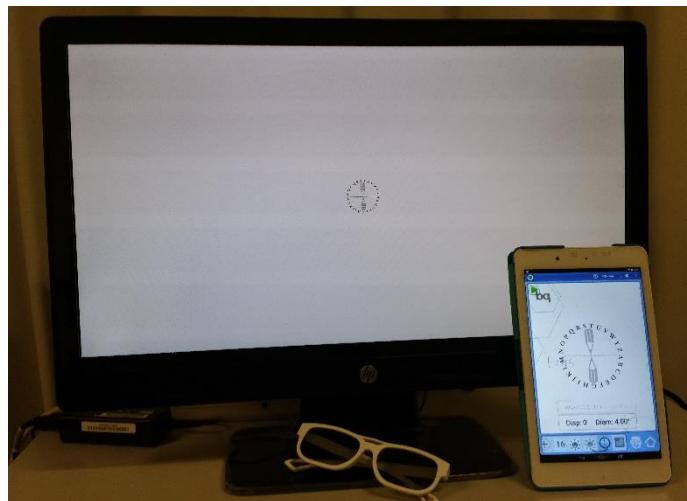


Imagen 6. Medida de la Foria disociada

Estereopsis: Test de Titmus + Gafas polarizadas

Con las gafas polarizadas puestas se le indicó al sujeto que diferenciara cuál de los círculos, derecha, centro o izquierda, tenía aspecto de “sobrevolar” el plano del test. El test consta de 10 niveles de estereópsis. (Ver imagen 7)

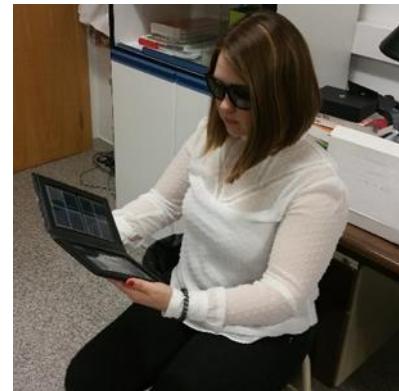


Imagen 7. Medida de la Esteriopsis

Aniseiconía inicial: Aniseikonia Inspector + Gafas rojo-verde

El programa de Aniseiconía proporciona la aniseiconía en las direcciones vertical, horizontal, y oblicua. Esta última dirección se divide, en diagonal a 45° y diagonal a 135° , denominándolas diagonal +, y diagonal – respectivamente.²⁹

Como preparación del test es necesario la calibración del programa, esta se realizó antes de comenzar el proceso de medidas. Dicha calibración se realiza para que el software pueda calcular el valor correcto de la aniseiconía para la distancia de observación.²⁹

Antes de la prueba para cada sujeto éste realizaba una prueba de disparidad de fijación, de esta manera el programa compensa esa desviación, ya que si el sujeto presenta disparidad de fijación causa una alineación asimétrica de los dos objetos visualizados, lo que conlleva una medida menos precisa.²⁹

La prueba de diagnóstico evalúa la aniseiconía en dirección vertical, horizontal, diagonal a 45° y diagonal a 135° , con un ángulo de campo de 8° y con una estrategia de prueba de 24 anáglifos en cada dirección, con un tiempo de 1 segundo (para evitar movimientos de mirada, que falsea el valor de la aniseiconía).²⁹ Se realizaron tres medidas de la aniseiconía para cada dirección.

Se le indica al sujeto que debe de mirar la pantalla a través de las gafas anáglifo, situándose en línea recta con la pantalla, mirando constantemente a la diana de fijación central durante las mediciones, (se hace hincapié en este paso ya que la tendencia es hacer barridos de mirada y el instrumento no tiene detección de movimientos de mirada). Tiene que seleccionar con las teclas de las flechas del teclado del ordenador qué imagen de las dos que se muestran es de mayor tamaño. Para indicar que las dos imágenes son iguales tiene que presionar E y si necesita repetir un par de imágenes que no ha podido discernir con claridad debe presionar la barra espaciadora.

Debe advertirse que las imágenes van a aparecer y desaparecer muy rápidamente y que debe estar atento y concentrado.²⁷ (Ver imagen 8)

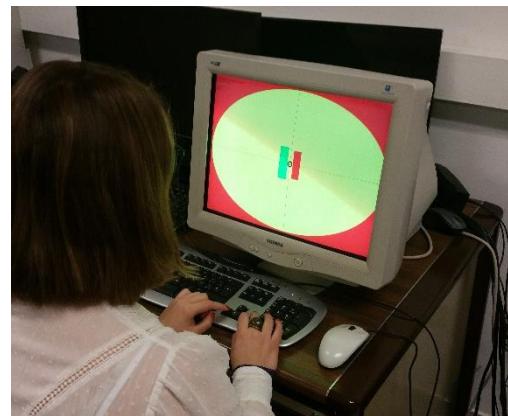


Imagen 8. Medida de la Aniseiconía Inicial que tiene el sujeto.

4.4. Medida de aniseiconía máxima tolerada

Con las gafas polarizadas puestas se colocó al sujeto a una distancia de 40 centímetros desde el ápex corneal hasta la pantalla, a una altura adecuada que permitiera una observación óptima de las imágenes polarizadas.

Se configuró la prueba de manera que la distancia fuese de 40 centímetros, el tamaño angular de la imagen fuera de 4.09 grados y se midiera en pasos de aniseiconía y vergencia de 1.64 Δ.

Se utilizó como imagen una silueta negra de un gato sobre un fondo blanco perteneciente a la familia de optotipos HBM4Children de OptoTab. Para aniseiconía negativa la imagen de mayor tamaño está en el ojo derecho y para aniseiconía positiva la imagen de mayor tamaño está en el ojo izquierdo.²⁸

Se comienza con una aniseiconía nula, manteniendo la vergencia horizontal propia requerida por la distancia a la que se ha situado la pantalla. Es imprescindible explicar al sujeto como proceder ya que será el mismo quien utilice la Tablet. (Ver imagen 9)

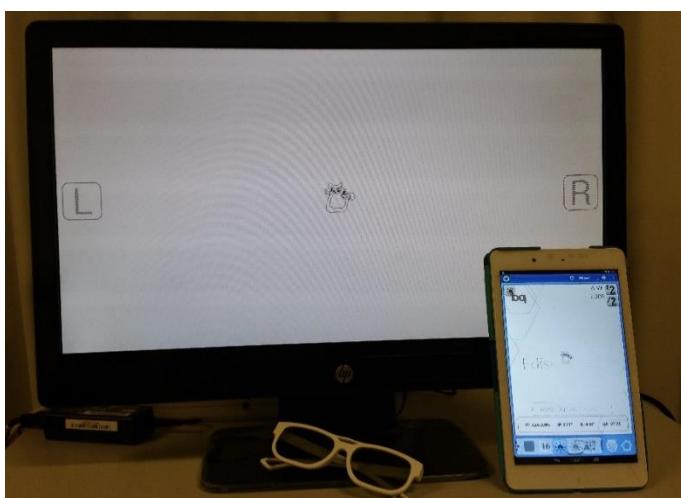


Imagen 9. Medida de la aniseconía máxima tolerada por el sujeto.

Partiendo de una aniseiconía nula el paciente debe ir añadiendo pasos de aniseiconía hasta que perciba que la imagen se desdoba completamente o que parte de ella se ve doble, debido a la rivalidad retiniana inducida.

Una vez llegado a este punto debe aumentar dos pasos más el grado de aniseiconía y a partir de ahí dar pasos en la dirección contraria, disminuyendo la aniseiconía hasta que vuelva a verse una imagen haplópica para encontrar la aniseiconía que le es tolerable al sujeto.

Esto se hace tanto para aniseiconía negativa como para positiva y se repiten las medidas tres veces. Siendo la media de estas el valor de la aniseiconía negativa y positiva máxima tolerada.

4.5. Medida de las vergencias fusionales horizontales

Para la medida de las vergencias fusionales horizontales sin y con aniseiconía añadida se utilizan las mismas condiciones de medida y se configura el programa de la misma manera.

La inducción de vergencia fusional no se lleva a cabo mediante prismas sino mediante desplazamiento de las imágenes mostradas en la pantalla para cada ojo del sujeto.

Es imprescindible explicar al sujeto como proceder ya que será el mismo quien utilice la tablet. (Ver imagen 10)

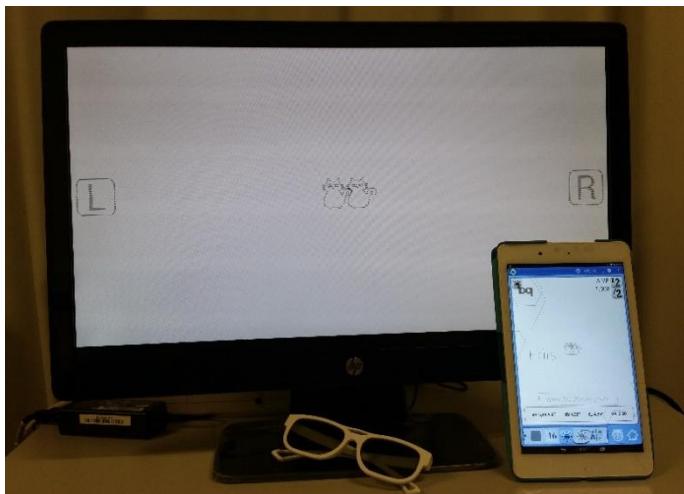


Imagen 10. Medida de las VFH en VP.

Partiendo de una aniseiconía nula, base nasal 0Δ cuando midamos las vergencias fusionales horizontales negativas o base temporal 0Δ cuando midamos las vergencias fusionales horizontales positivas (se comienza midiendo la divergencia ya que la convergencia provoca efectos que pueden modificar las capacidades de la divergencia) se deben dar pasos aumentando el efecto prismático de la base que se esté midiendo hasta que la imagen se desdoble completamente o parte de ella se vea doble. Hay que indicar que avise si ve que la imagen se mueve hacia un lado (ya que en ese caso estaría suprimiendo con un ojo) y si ve la imagen borrosa (podría ser que previamente a ver un imagen diplópica, viera una imagen borrosa, al dejar de actuar las vergencias fusionales y que se mantuviese la fusión gracias a la acomodación).

Para medir las vergencias fusionales con el componente de aniseiconía tolerable añadido se procederá de la misma forma pero partiendo de una aniseiconía igual al porcentaje de aniseiconía máximo tolerable. (Ver imagen 11)

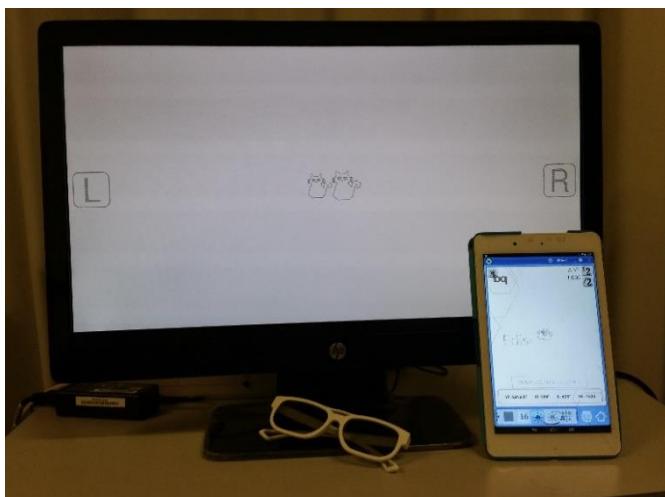


Imagen 11. Medida de las VFH en VP con % A máx. tolerado.

El tamaño horizontal de la pantalla impone un límite máximo de vergencia fusional medible de 38,01 Δ, esto en nuestras medidas no nos supuso ningún problema ya que ninguno de los sujetos consiguió un valor tan alto.

4.6. Análisis de datos

Los valores resultantes de todas las series de medidas, han sido recogidos en una hoja de cálculo de Excel para analizarlos posteriormente mediante el programa R-Commander.

Tanto para el análisis de datos de aniseiconía como para el de vergencias fusionales se ha obtenido la media de todas las series de medidas y su desviación estándar.

Se ha comparado la aniseiconía máxima tolerada por el sujeto con la aniseiconía máxima tolerada corregida, es decir, teniendo en cuenta la aniseiconía inicial que tiene el sujeto.

Las vergencias fusionales horizontales iniciales serán comparadas con las vergencias horizontales fusionales con aniseiconía máxima tolerada para cada sujeto.

El análisis descriptivo consta de gráficas de barras que proporcionan una idea visual de los valores medios y de las desviaciones estándar de las tres medidas recogidas en todas las series.

Se han creado dos tasas, $T = VF_{CA} - VF_{SA}/A$ y $T' = VF_{CA} - VF_{SA}/Ac$, para evaluar si la variación de las vergencias tiene una correspondencia respecto al porcentaje de aniseiconía máxima tolerado, lo que permitiría prever el ritmo con el que las vergencias fusionales varían con el porcentaje de aniseiconía máxima tolerado. Dónde VF_{CA} son las vergencias fusionales con aniseiconía, VF_{SA} son las vergencias fusionales sin aniseiconía y Ac es la aniseiconía corregida.

Estas tasas se han calculado usando la aniseiconía máxima tolerada y, por otro lado, la aniseiconía máxima tolerada corregida, es decir, teniendo en cuenta la que tenía el sujeto inicialmente. Se avalúan tanto para vergencias negativas como positivas y con aniseiconía negativa y positiva.

Para realizar el análisis comparativo el test de Shapiro-Wilk dice si se puede utilizar test paramétricos o si por lo contrario el estudio de contraste se debe realizar con test no paramétricos, basándose en si se tienen datos estadísticos normalizados.

Se ha realizado un test de contraste, test de Wilcoxon, para determinar si nuestra hipótesis tiene un porcentaje de fiabilidad que permita dar la hipótesis como plausible.

5. RESULTADOS

5.1. Análisis de la aniseiconía máxima tolerada

Se evaluó la aniseiconía negativa y positiva que los sujetos eran capaces de tolerar, se obtuvieron los siguientes resultados (Ver Anexo, Tabla 1):

Para aniseiconía negativa, el porcentaje máximo medio que eran capaces de tolerar era un 10.32%, con una desviación estándar de 5.40%, en un rango de valores que iba de [1.82 a 25.44].

Para aniseiconía positiva, el porcentaje máximo medio que eran capaces de tolerar era un 11.74%, con una desviación estándar de 6.98%, en un rango de valores que iba de [1.82 a 30.87].

La siguiente gráfica de barras permite una visualización de los datos obtenidos de forma más rápida. Se puede observar para cada sujeto (eje de abscisas) que cantidad aniseiconía máxima tolerada tiene (eje de ordenadas) y que valor de aniseiconía tolera teniendo en cuenta su aniseiconía inicial (Ver Anexo, tabla 2 y 3), así se puede observar la variación de la aniseiconía si se tiene en cuenta este dato. Así, se pueden ver para un mismo sujeto los diferentes valores obtenidos para aniseiconía negativa (roja), negativa-corregida, es decir teniendo en cuenta la aniseiconía inicial, (roja oscura), positiva (azul) y positiva-corregida (azul oscura).

La aniseiconía inicial se ha tomado teniendo en cuenta solo las direcciones horizontal y vertical, descartando las dos diagonales. Se ha tomado esta decisión ya que la aniseiconía medida es la estática, puesto que una de las condiciones previas a las medidas es que los sujetos no llevasen gafas, por tanto se elimina el factor de la aniseiconía dinámica, por lo que solo puede afectar la aniseiconía en estas dos direcciones, otra razón es que las direcciones diagonales son las que más problemas dieron para su medida, son los valores que están más sujetos a errores sistemáticos en la toma de medidas por la dificultad para saber qué tecla se tiene que presionar.

Esta gráfica (Ver Figura 1) muestra de una forma intuitiva que la aniseiconía positiva es, en general, mejor tolerada. También permite ver representadas las diferencias significativas entre la aniseiconía máxima tolerada para cada sujeto respecto a su propia aniseiconía corregida y las diferencias respecto a otros sujetos, así como detectar anomalías en los resultados obtenidos por alguno de los sujetos.

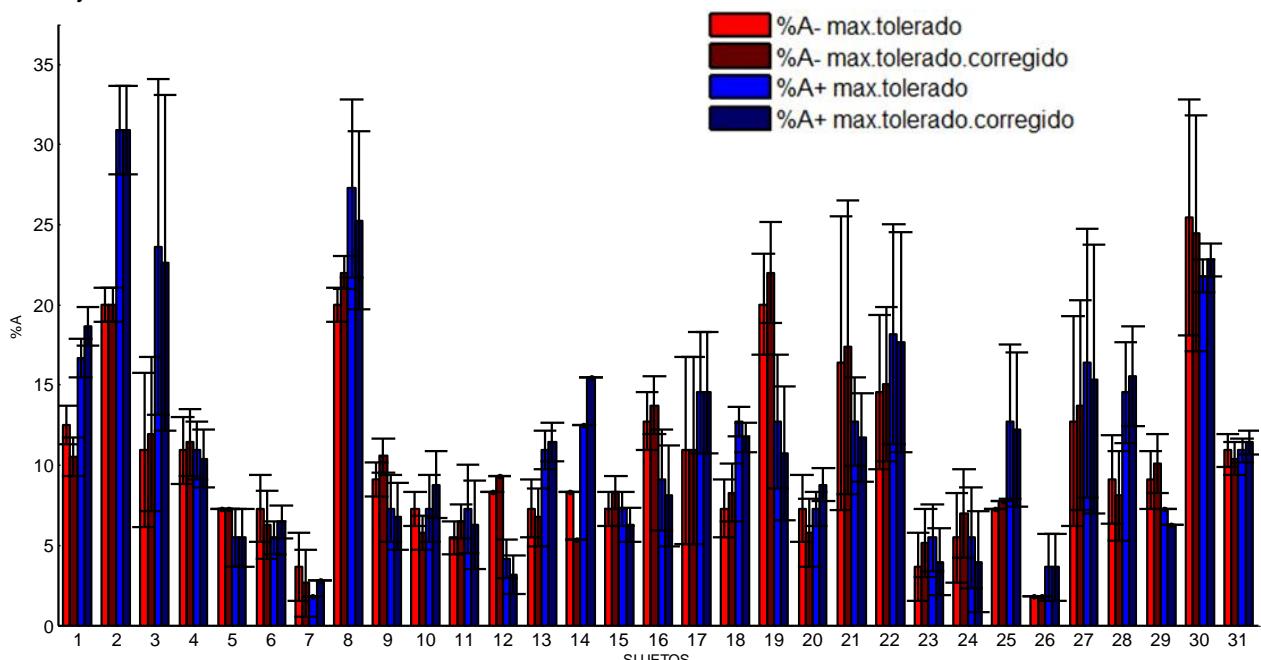


Figura 1. Gráfica: Variación de la aniseiconía.

Se comprueba que el porcentaje tolerado de ambas series de medidas no suele superar el 15% y que solo hay tres sujetos con tolerancia superiores. El dato que más destaca es para el sujeto 2, en el que el porcentaje tolerado máximo para aniseiconía negativa duplica al % máximo tolerado medio del resto de sujetos.

Se puede observar que el rango de tolerancia, tanto para aniseiconía negativa y positiva, para un mismo sujeto es parecido, a exclusión de cuatro personas que tienen una mayor variabilidad, coincidiendo estos cuatro personajes en que el porcentaje que le es tolerable es mayor del 15%. Los valores obtenidos de aniseiconía máxima tolerada teniendo en cuenta la aniseiconía inicial que tiene el sujeto no varían demasiado con los obtenidos sin tener en cuenta este valor.

5.2. Variación de las vergencias fusionales horizontales

Se obtuvieron datos de las medidas de las vergencias fusionales horizontales positivas y negativas. (Ver Anexo, tabla 4)

Para que pueda verse mejor la variación de las medidas se ha creado una tabla donde se recogen los datos de las medidas de las vergencias fusionales horizontales positivas y negativas y su valor medido con la aniseiconía máxima tolerable negativa y positiva (Ver Anexo, tabla 5)

Para permitir un análisis visual se han creado dos gráficas.

En la primera (Ver Figura 2) se representan los valores de vergencias fusionales horizontales negativas (rojo vivo), los valores de vergencias fusionales horizontales negativas con aniseiconía negativa máxima tolerada (rojo anaranjado) y con aniseiconía positiva máxima tolerada (rojo oscuro) (eje de ordenadas) para cada sujeto (eje de abscisas).

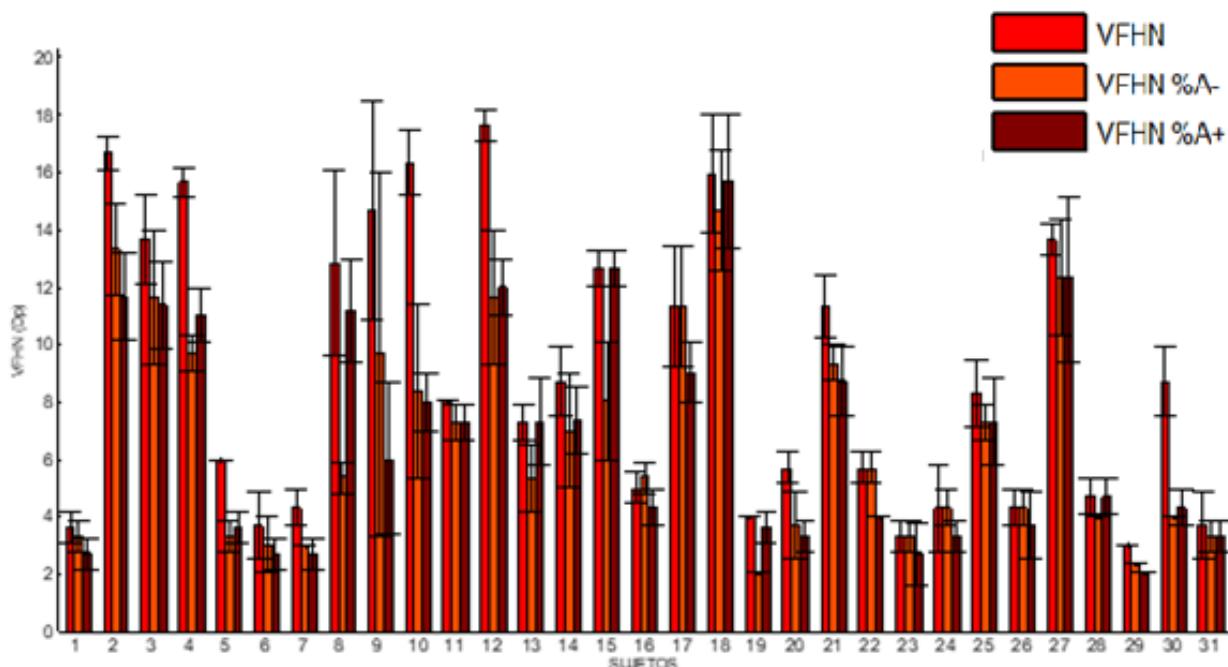


Figura 2. Gráfica: Valores VFHN.

Se puede comprobar que, en la inmensa mayoría de los sujetos, los valores de las vergencias fusionales disminuyen, siendo solo tres de ellos, en los que sus vergencias no se modifican, con un componente aniseiconía máxima tolerado. Se obtienen valores más o menos parecidos con aniseiconía negativa que con aniseiconía positiva a excepción de los sujetos 8, 9 y 15.

En la segunda (Ver Figura 3), se representan los valores de vergencias fusionales horizontales positivas (azul vivo), y los valores de vergencias fusionales horizontales positivas con aniseiconía

negativa máxima tolerada (azul turquesa) y con aniseiconía positiva máxima tolerada (azul oscuro) (eje de ordenadas) para cada sujeto (eje de abscisas).

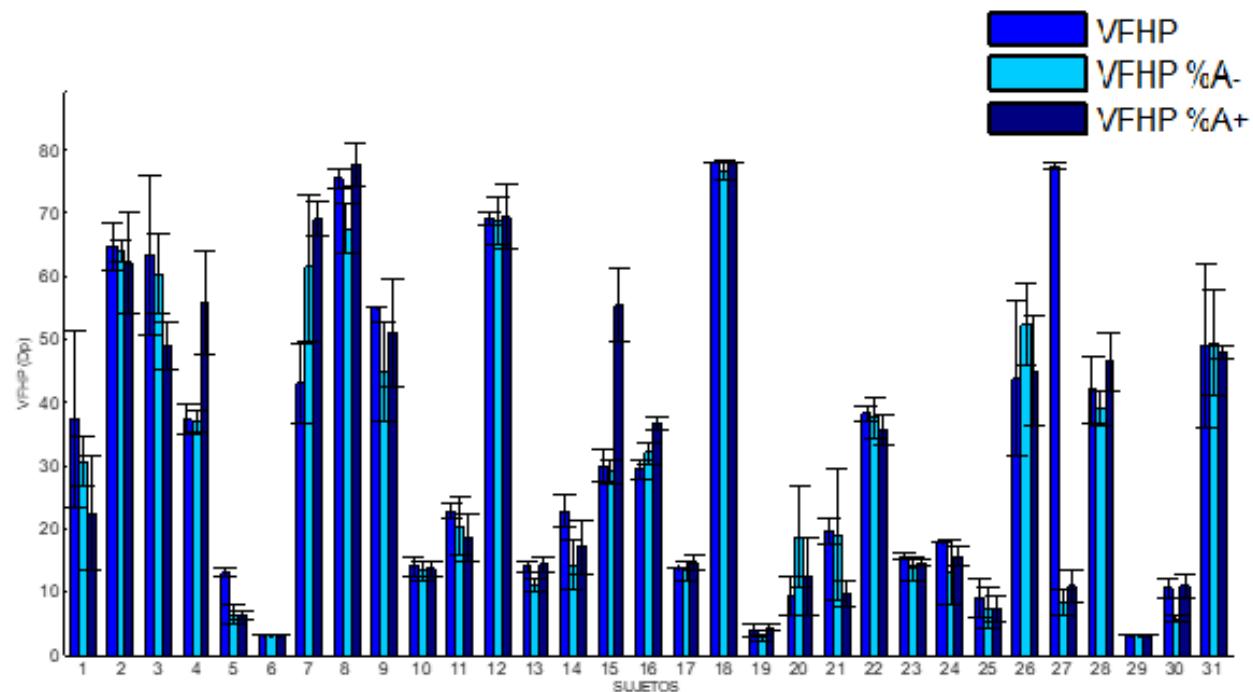


Figura 3. Gráfica: Valores VFHP.

En esta gráfica, al contrario que en la anterior, se puede observar que los valores de las vergencias fusionales disminuyen generalmente para aniseiconía negativa y para aniseiconía positiva, pero con mayor número de sujetos que no cumplen esta norma, sobre todo para aniseiconía negativa. Los sujetos 4 y 15 destacan ya que son los que más se puede ver que su vergencia fusional positiva aumenta con aniseiconía positiva. A excepción de estos dos sujetos los valores de vergencias son similares con aniseiconía negativa que con aniseiconía positiva. Prestando atención al sujeto 27 podemos ver una grave caída de sus reservas vergenciales positivas con su valor de aniseiconía positiva máxima tolerado, se puede prever que si a esta persona se le indujera un grado de aniseiconía en su vida diaria se verían afectadas seriamente sus capacidades fusionales.

Los valores de las tasas, calculados mediante las fórmulas que se han explicado en el apartado de “métodos de medida” con los datos que se han obtenido en el experimento (Ver Anexo, Tabla 6), son los siguientes:

Tabla 1. Valores de las tasas.

	VFHN	VFHP
A-	-0.23 ± 0.26	-0.07 ± 1.7
A-c	-0.23 ± 0.26	-0.15 ± 1.6
A+	-0.26 ± 0.37	0.37 ± 2.8
A+c	-0.27 ± 0.40	0.21 ± 2.1

Se puede observar las tasas para las VFHN tienen una media y una dispersión muy parecidas en las cuatro condiciones distintas de medida, no así para las VFHP, por tanto se aceptará la tasa para vergencias negativas pero no para vergencias positivas, dónde se han obtenido resultados no concordantes.

5.3. Análisis comparativo

Primero se va a comprobar la hipótesis de que las muestras tomadas sigan una función de distribución gaussiana, para ello se emplea un test de contraste no paramétrico, el test de Shapiro-Wilk. Si $p < 0.05$ tendremos que descartar esta hipótesis.

Al aplicar el test sobre la serie de vergencias fusionales negativas iniciales se obtiene un $p = 0.003598$, con aniseiconía negativa $p = 0.01326$ y positiva $p = 0.005834$.

Para la serie de vergencias fusionales positivas iniciales se obtiene $p = 0.0157$, con aniseiconía negativa $p = 0.007689$ y positiva $p = 0.002776$.

Por tanto, como en todos los casos $p < 0.05$ se utilizará el test de Wilcoxon para muestras pareadas, para comprobar la hipótesis que se baraja en este trabajo: las reservas de vergencias se ven afectadas en presencia de aniseiconía.

La tabla que a continuación se presenta (Ver Tabla 2), muestra los valores promedio de las vergencias horizontales positivas y negativas de los sujetos, así como el nuevo promedio de ambas tras ser evaluadas bajo las condiciones de aniseiconía negativa y positiva máxima tolerable.

Tabla 2. Valores promedios de las VFRH.

SIN ANISEICONIA		ANISEICONIA -	ANISEICONIA +
VFRH – (BN,exo,divergencia)	8.85 ± 4.85 [3.00,17.63]	6.64 ± 3.66 [2.05,14.66]	6.76 ± 3.85 [2.05,15.68]
VFRH + (BT,endo,convergencia)	33.07 ± 23.66 [3.00,77.98]	29.78 ± 22.96 [2.68,76.66]	31.53 ± 24.34 [3.00,78.00]

Comprobamos la hipótesis mediante el test de Wilcoxon se obtiene por un lado que $p\text{-value} = 6.246e-06$ para las vergencias fusionales horizontales negativas con aniseiconía negativa y $p\text{-value} = 2.002e-06$ para las vergencias fusionales horizontales negativas con aniseiconía positiva.

Por otro lado se obtiene que $p\text{-value} = 0.004442$ para las vergencias fusionales horizontales positivas con aniseiconía negativa y $p\text{-value} = 0.2311$ para las vergencias fusionales horizontales positivas con aniseiconía positiva cuando la hipótesis es >0 y $p\text{-value} = 0.7754$ para las vergencias fusionales horizontales positivas con aniseiconía positiva cuando la hipótesis es <0 . Para las tres primeras series de medidas $p < 0.05$, se rechaza la hipótesis nula, sin embargo, no se puede descartar la hipótesis nula para la última medida.

Por tanto, como conclusión se tiene que con una alta probabilidad puede ser aceptada la hipótesis alternativa en los tres primeros casos pero sin embargo no para el último, es decir, las reservas de vergencias fusionales negativas disminuyen en presencia del porcentaje de aniseiconía máximo tolerado tanto para aniseiconía negativa como positiva y también se puede utilizar esta afirmación para las vergencias fusionales positivas en presencia de aniseiconía negativa, pero no así con aniseiconía positiva, en donde en un alto porcentaje de sujetos se observa que las reservas de vergencias aumentan.

6. DISCUSIÓN

En este trabajo se ha querido comprobar si las vergencias fusionales se veían comprometidas en presencia de aniseiconía, para visión cercana.

Se ha seguido un protocolo muy riguroso debido a que un fallo en la distancia al test o estar colocado de manera que se vea afectada la percepción de la polarización de las pruebas podría llegar a influir

en los resultados. En la creación de dicho protocolo se procuró que la prueba no resultara pesada, para ello se hicieron dos fases de experimento, además entre cada serie de medidas se dejaba descansar. Se quería evitar así, que el cansancio afectara la capacidad de los músculos oculomotores o a las capacidades sensoriales individuales. La iluminación que se empleo fue la normalizada para habitaciones, para generar una situación lo más parecida a las condiciones normales en las que actúa el sistema binocular del sujeto normalmente.

La aniseiconía produce una imagen retiniana con diferente tamaño en cada uno de los dos ojos, que es lo que estamos produciendo al crear dos imágenes de distinto tamaño en la pantalla a la vez que se disocia cada imagen para cada ojo mediante la polarización.

Las vergencias mantienen la imagen haplópica cuando vamos aumentando la disparidad por desplazamiento horizontal.

Es razonable pensar, por tanto, que le será más fácil mantener la fijación si las dos imágenes se ven similares.

En la discusión se comenzará tratando la aniseiconía máxima tolerada, a continuación se valoraran los datos obtenidos de vergencias fusionales y se compararan los valores de las vergencias fusionales con los valores obtenidos al medirlos con el porcentaje de aniseiconía máxima tolerada, por último se evaluará la tasa que se ha creado en este trabajo para prever el ritmo de variación de las vergencias en relación con el porcentaje de aniseiconía añadido.

Tal como se observa en la medida de la máxima aniseiconía tolerada en todos los pacientes se obtienen valores mayores a 0,75% que es cuando según el estudio citado¹¹ apuntaba que los pacientes notaban sintomatología. El valor mínimo de aniseiconía tolerado en nuestros sujetos es de 1.82% es el valor mínimo de aniseiconía tolerado, llegando a 25,44% con aniseiconía negativa y 30.87% para positiva. Son valores muy alejados de lo esperado, sin embargo podría ser por dos razones, la primera que el detectar una imagen doble es algo subjetivo y la segunda podría ser que las medidas se realizaron en periodos de tiempo muy cortos para que pudiera generar sintomatología.

Cabe destacar además, que los valores propios de aniseiconía medidos en los pacientes también sobrepasaban el valor de 0.75% dado por el estudio,¹¹ llegando como valor máximo en uno de los sujetos al 2%. Sin embargo estos valores son concordantes con los estudiados en otras literaturas clínicas, que estipulan un 3% como valor máximo de aniseiconía sin sintomatología. Existe mucha variedad de opiniones respecto a este dato.¹⁰ La razón porque los sujetos no noten sintomatología pudiera ser porque la plasticidad neuronal hubiera solventado este defecto de diferencia de imágenes.

Comparando los valores normales con los valores de vergencias fusionales horizontales negativas ($8.85 \pm 4,85$) y positivas (33.07 ± 23.66) obtenidos, la media está dentro de los valores esperados y las dispersiones a pesar de parecer valores muy altos también están dentro de lo esperado.

Esta gran variabilidad de valores, con intervalos de [3.00,17.63] para las vergencias fusionales horizontales negativas y [3.00,77.98] para las positivas, puede ser debido a varios factores. Uno de los factores podría ser que las vergencias hasta ahora eran medidas mediante prismas, que provocan un movimiento de la imagen retiniana sobre la retina, y en este estudio se miden mediante un instrumento que polariza la imagen y crea una disparidad por desplazamiento. Los prismas deterioran la calidad de la imagen como consecuencia de la aberración cromática y geométrica, mientras que para las medidas tomadas mediante pantalla polarizada, la calidad de imagen permanece estable durante todo el rango de medida. Algunos sujetos pueden ser más sensibles a este deterioro de la imagen que otros y por ello dar valores tan difusos entre si y tan distintos en algunos casos a los valores esperados. También hay que tener en cuenta que este software permite

medir valores más altos de vergencias, los valores de la barra de prismas no llegan a 78 Δ y por tanto podría haber sujetos con capacidades vergenciales más altas que no hubieran sido posibles de medir.

Una de las limitaciones respecto a la metodología empleada es que se podría haber evaluado a todas las personas a principio del día para asegurar que el sistema vergencial de los sujetos no habría sufrido cambios unos respecto de otros debido a haber estado expuesto a distintos estímulos a las horas previas a la prueba.

Tabla 3. Valores normalizados de VFHN y VFHP.^{30,31}

	VFHN		VFHP	
	Media	DS	Media	DS
Morgan (1944)	X/7/4	X/3/2	9/19/10	4/8/4
Borish (1970)	X/7/4	-/2/1	9/19/10	4/4/10
Amigo (1974)	X/8/4	-/2/-	9/20/10	2/3/2
Sheedy & Saladin (1978)	X/8/5	-/3/3	15/28/20	7/10/11
Daum et al (1989)	X/8/5	-/2/2	15/29/17	9/19/13

Al comparar los rangos máximos de vergencia en condiciones normales y con aniseiconía se puede notar tan solo con las medias de los valores previos respecto a las medias de los valores condicionados que hay una disminución significativa en las reservas vergenciales negativas y positivas con aniseiconía negativa pero no para aniseiconía positiva. (Ver Anexo, Tabla 3).

Si nos basamos en los resultados del contraste apareado de las dos medidas mediante el Test de Wilcoxon obtenemos unos resultados que concuerdan con la primera impresión obtenida.

Se observa que para valores de vergencias fusionales horizontales positivas medidas con el porcentaje máximo tolerado de aniseiconía positiva es el que da una estadística que no nos permite aceptar la hipótesis de nuestro estudio. Si se presta atención a los los sujetos 4, 7 y 15 las reservas vergenciales positivas en presencia de aniseiconía positiva llegan a aumentar hasta 25 Δ llegando hasta casi duplicar el valor de la vergencia fusional horizontal positiva normal del sujeto.

Se han supuesto tres explicaciones plausibles ante este aumento de reservas de vergencia positiva en condiciones de aniseiconía positiva.

La primera es que influya en las capacidades para fusionar las imágenes que ojo es el dominante, en esta medida la imagen de mayor tamaño recae en el ojo izquierdo, si la dominancia sensorial es del ojo izquierdo, podría ser que de esta forma el sistema fusional le sea más fácil mantener una imagen haplópica. Pensando en esta causalidad, habría sido interesante la determinación del ojo dominante sensorial mediante una lente de +2.00 D para cada sujeto como parte de los test preliminares, ya que podría ser un condicionante para las capacidades vergenciales cuando hay dos imágenes retinianas diferentes. La segunda explicación sería que el centro neural motor para la divergencia es distinto al centro neural motor para la divergencia,²⁶ de hecho también nos encontramos con algunos sujetos que mejoran las vergencias positivas en presencia de aniseiconía negativa, pudiera ser pues que la imagen retiniana de mayor tamaño sobre el ojo izquierdo facilitara la discriminación de la disparidad en las imágenes y que ayudara a mantener la fusión motora. Por último, el incremento de las reservas de vergencia positiva ante aniseiconía positiva podría ser debido a que es la última medida realizada y los sujetos han tenido varias series anteriores para entrenar las vergencias. Atendiendo a estas dos últimas explicaciones, se observa que en la segunda serie de medidas, vergencias negativas con aniseiconía negativa, sí que se produce una disminución de las reservas respecto a los valores iniciales y en esta ocasión el sujeto también ha tenido una serie previa para entrenar. Estas hipótesis animan a realizar un nuevo estudio, partiendo como válida la hipótesis presente de que la aniseiconía afecta a las vergencias fusionales

horizontales en visión próxima, saber en qué condiciones afecta más la aniseiconía y hasta qué punto el entrenamiento puede mejorar las reservas vergenciales frente a un grado de aniseiconía. Se ha creado una tasa que permitiera prever la variación en las reservas vergenciales en base a la aniseiconía tolerada por cada individuo. Si se mide la aniseiconía máxima tolerada que tiene este sujeto se sabría cuánto se espera que le afecte a las vergencias fusionales y si llegaría a tolerarla o en cambio sus reservas serían insuficientes.

La tasa se ha calculado para la aniseiconía máxima tolerada y también en base a la aniseiconía máxima tolerada corregida, ya que pudiera ser que la variación tuviera una relación más marcada con la aniseiconía máxima tolerada si se tiene en cuenta la aniseiconía inicial del sujeto.

Los resultados nos permiten aceptar la tasa para VFHN. Por tanto, se ha obtenido una tasa genérica que permite anticiparse a la variación de las vergencias negativas para cualquier individuo. En dónde se puede decir que por cada 10Δ de aniseiconía la variación de las vergencias fusionales horizontales negativas que se espera es en torno a $2,5 \Delta$ en sentido decreciente.

7. CONCLUSIONES

En base a los datos obtenidos de aniseiconía tolerada, el valor de las reservas vergenciales horizontales y el estudio de la variación que se produce al inducir el porcentaje de aniseiconía máximo tolerado en las vergencias horizontales, además de la creación de una tasa que permita prever el ritmo con el que varían las vergencias fusionales en función de la aniseiconía, podemos dar por conseguidos los objetivos marcados en este trabajo.

La hipótesis en la que se centra este estudio nos planteaba responder la siguiente pregunta ¿hay influencia de la aniseiconía en las vergencias fusionales en visión próxima? Estadísticamente, en base a los datos obtenidos, se comprueba que la respuesta es afirmativa, excepto para vergencia positiva en condiciones de aniseiconía positiva añadida.

Esta excepción debería comprobarse si realmente es que las reservas de vergencias positivas mejoran en presencia de aniseiconía positiva a causa de un componente fisiológico o es debido al entrenamiento previo por ser la última medida realizada.

En el estudio que se ha realizado se ha tomado como muestra un número de 31 personas, una muestra suficiente para determinar que se ha hallado una respuesta muy uniforme. Bien es cierto que para concluir que la hipótesis planteada es totalmente aceptada por la comunidad científica, para su uso clínico, el estudio debería hacerse a un número mayor de sujetos implicando además una muestra estadísticamente significativa de la población.

A pesar de las limitaciones de este trabajo, los resultados nos alientan a que en el ámbito de la optometría debería comenzar a valorarse el porcentaje de aniseiconía presente como un condicionante si el sujeto dispone de unas reservas fusionales insuficientes, ya que un grado de aniseiconía que sintomatológicamente le parece tolerable al sujeto en condiciones normales, al forzar el sistema vergencial puede conllevar la aparición de visión doble y/u otras sintomatologías.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. Bibiana S; Helena Y. *Relación entre el sistema de acomodación, el sistema de vergencias y los problemas de lecto-escritura en los niños de segundo a cuarto de primaria de un colegio de Bogotá.* NOVA. 2007. vol.5. p.1-100. [Actualizado: 16/05/2007 Consulta: 20/06/2017] Disponible en: http://www.unicolmayor.edu.co/invest_nova/NOVA/NOVA7_57_64.pdf
2. Howard IP; Rogers BJ. *General introduction. Binocular vision and stereopsis. Oxford psychology series.* 1995. nº29. p.1-3.
3. Godwin O et al. *Vergence findings and horizontal vergence dysfunction among first year university students in Benin City, Nigeria.* US National Library of Medicine. National Institutes of Health. 2016. vol. 9. p. 258–263. [Actualizado: 10/03/2016 Consulta: 20/06/2017] Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5030321/>
4. Kim JK et al. *Response pattern asymmetry of binocular vision vertical fusion amplitudes in a normal population.* Binocul Vis Strabismus Q. 2008 vol.1. p.23-30.
5. Berens C, Bannon RE. *Aniseikonia. A present appraisal and some practical considerations.* Arch Ophthalmol 1963; vol.70. p.181-188
6. Sánchez E et al. *Pacientes con anisometropí y aniseiconía, prescripción y tratamiento.* Instituto de Baja Visión. Madrid. 2014. Optom2014. p.1-2.
7. Reading RW. *Binocular Vision Foundations and Applications.* Boston: Butterworth, 1983. p.219-249.
8. Rabin J. *On the relation between aniseikonia and axial anisometropia.* Optom Physiol Opt. 1983. vol.7. p.553-558.
9. Bills DR. *Binocular testing.* W. F. Long.1992. p.1-5.
10. Jiménez R. *Aniseiconía (I).* Gaceta Óptica. 2010. vol.393. p.10-14.
11. Triller W. *Aniseikonia-a clinical report covering a ten year period.* American Journal of Optometry, 1944. p.171-182.
12. Mendoza C. *Una forma de prescripción no instrumental en anisecoma y anisometropía.* Franja Visual 1992, vol.3. nº.8. p.33-35 [Actualizado: 02/10/2014 Consulta: 20/06/2017] Disponible en: <http://www.grupofranja.com/index.php/optometria/item/449-una-forma-de-prescripcion-no-instrumental-en-anisecoma-y-anisometropia>]
13. William B. *Patients with anisometropia and aniseikonia.* Borish Clinical Refraction, 2nd edition. Butterworth-Heinemann, 2006. p.1489-1504.
14. Jiménez R. *Aniseiconía (III).* Gaceta Óptica. 2010. vol.399. p.10-15.
15. Antona B et al. *Validity and repeatability of a new test for Aniseikonia.* Investigative Ophthalmology&Visual science, 2007. vol.48 nº1.
16. García MA; Peli, E. *Aniseikonia Tests: The role of Viewing Mode, Response Bias, and Size-Color Illusions.* Investigative Ophthalmology&Visual science, 2015. vol 4.nº 9.
17. de Wit GC. *Evaluation of a new direct-comparison aniseikonia test.* Binocul Vis Strabismus Q. 2003.vol.18. p.87–94.
18. Lázaro MM et al. *Anomalías de la visión y rendimiento escolar en Educación Primaria. Un estudio piloto en la población granadina.* Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado. Universidad de Zaragoza. vol. 27. nº. 1.2013. p.101-119
19. de Landaluce O. *Desarrollo de la visión monocular y binocular.* Editorial Ciencias Médicas. 2016. p.13-15.
20. Vergara C. *Factores clínicos asociados a diplopía binocular en adultos.* Revista Salud, Sexualidad y Sociedad. 2009. vol.3. [Actualizado 2009 Consulta: 20/06/2017] Disponible en: <http://www.inppares.org/revistasss/Revista%20VII%202009/9-%20Diplopia.pdf>
21. Clement F. *Oftalmología.* Medicina 2000. 2nd edición. Ediciones Madrid. 1994. cap. 23. p. 341.

22. Imagen 1. *Brain Anatomy: Visual System*. Brain Maps. The Stanford Center for image systems engineering. [Actualizado: 2014 Consulta: 20/06/2017] Disponible en: <http://www.brain-maps.com/visual-fields.html>
23. Clifton MD et al. *Anatomía y fisiología del sistema nervioso*. Neurociencia básica. 2^aedición. Madrid: editorial medica panamericana; 1997. p.273-315
24. David H; Torsten W. *Brain Mechanisms of Visión*. Scientific American. 1979.
25. Schünke M et al. *Prometheus: texto y atlas de anatomía*. Tomo 3. Cabeza y Neuroanatomía. 2nd edición mejorada y ampliada ed. Madrid: Editorial Médica Panamericana; Tomo 3. 2010. p.422-453
26. Imagen 2. Clifton Guyton MD et al. *Tratado de Fisiología Médica*. 12^a edición. Barcelona: Elsevier; 2011.
27. de Wit, GC. *Optical Diagnostics. The Netherlands*; 2012. [Actualizado: 18/02/2012 Consulta: 20/06/2017] Disponible en: http://www.opticaldiagnostics.com/products/ai/ai_manual.pdf
28. *SmarThings4Vision*. [Disponible en: <https://www.smarthings4vision.es/productos/optotab-office/>]
29. Kehler LA. *Evaluation of the Aniseikonia Inspector Version 3 in school-aged children*. Optometry and vision science: official publication of the American Academy of Optometry. 2014. vol.5. p.528-532.
- 30 Tabla 3: Daum KM et al. *Vergence amplitude*. Clinical procedures in optometry. Lippincot, Philadelphia. 1991. p.91-98.
31. Tabla 3: Palomo A et al. *Normal values of distance heterophoria and fusional vergence ranges and effects of age*. Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol. 2006. p.244-284.

9. ANEXO

Tabla 1: Medida de la aniseiconía máxima tolerable negativa (con las tres medidas realizadas) y positiva (con las tres medidas realizadas) para cada sujeto.

Sujeto	1º medida A -	1º medida A -	1º medida A -	Media A -	1º medida A +	1º medida A +	1º medida A +	Media A +
1	12,49	14,58	12,49	12,49	16,65	18,73	16,65	16,65
2	19,99	19,99	21,8	19,99	27,24	32,68	30,87	30,87
3	5,45	12,72	14,54	10,9	36,31	18,16	18,16	23,61
4	12,72	12,72	9,08	10,9	12,71	10,9	9,08	10,9
5	7,27	7,27	7,27	7,27	5,45	7,27	3,63	5,45
6	9,08	9,08	5,45	7,27	12,71	10,9	12,71	5,45
7	5,47	1,82	1,82	3,63	1,82	1,82	1,82	1,82
8	21,8	19,99	19,99	19,99	32,68	29,05	21,79	27,24
9	9,08	9,08	7,27	9,08	10,9	7,27	7,27	7,27
10	7,27	7,27	9,08	7,27	7,27	10,9	7,27	7,27
11	7,27	5,45	5,45	5,45	10,9	5,45	7,27	7,27
12	8,33	8,33	8,33	8,33	4,16	6,25	4,16	4,16
13	9,08	5,46	7,27	7,27	4,16	6,25	4,16	10,9
14	8,33	8,33	8,33	8,33	12,49	12,49	12,49	12,49
15	7,27	9,08	7,27	7,27	9,08	7,27	7,27	7,27
16	14,54	10,9	12,72	12,72	5,45	10,9	10,9	9,08
17	18,17	7,27	9,08	10,9	19,98	12,71	14,53	14,53
18	9,08	5,45	7,27	7,27	12,1	10,9	12,71	12,71
19	21,8	21,8	16,35	19,99	18,16	10,9	10,9	12,71
20	9,08	5,45	9,08	7,27	7,27	9,08	7,27	7,27
21	25,44	18,17	7,27	16,35	14,53	12,71	9,08	12,71
22	19,99	12,72	10,9	14,54	25,42	14,53	12,71	18,16
23	3,63	7,27	3,63	3,63	7,27	3,63	7,27	5,45
24	7,27	5,45	1,82	5,45	7,27	1,82	7,27	5,45
25	7,27	7,27	7,27	7,27	18,16	9,08	10,9	12,71
26	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	5,45	1,82	3,63
27	19,99	7,27	10,9	12,72	27,27	12,71	12,71	16,35
28	12,72	9,08	7,27	9,08	16,35	16,35	10,9	14,53
29	10,9	9,08	7,27	9,08	7,27	7,27	7,27	7,27
30	34,53	21,8	21,8	25,44	23,61	21,79	21,79	21,79
31	12,72	10,9	10,9	10,9	12,17	10,9	10,9	10,9

Tabla 2: Valores, obtenidos en test preliminares, de aniseiconía inicial en las cuatro direcciones de medida y la media de estos valores, estimada como aniseiconía global.

Sujeto	A.VERTICAL	A.HORIZONTAL	A.DIAGONAL+	A.DIAGONAL-	PROMEDIO A.V Y A.H
1	2	2	0	0	2
2	1	-1	2	2	0
3	1	-2	3	2	-1
4	0	-1	0	-1	-0,5
5	1	-1	-1	-3	0
6	1	1	0	0	1
7	2	-1	-1	1	1
8	1	-3	1	1	-2
9	0	-1	-1	-1	-0,5
10	0	3	2	0	1,5
11	0	-2	-1	-4	-1
12	-1	-1	0	4	-1
13	1	0	-3	-3	0,5
14	4	2	0	1	3
15	-1	-1	1	-6	-1
16	-1	-1	0	-2	-1
17	0	0	1	-3	0
18	0	-2	-1	-3	-1
19	1	-3	0	4	-2
20	1	2	0	-2	1,5
21	2	-3	0	0	-1
22	0	-1	0	1	-0,5
23	-1	-2	0	-3	-1,5
24	0	-3	1	-6	-1,5
25	-1	0	0	-2	-0,5
26	0	0	0	1	0
27	0	-2	0	-2	-1
28	4	-3	-1	-1	1
29	1	-2	-1	-1	-1
30	2	-1	-2	0	1
31	1	0	2	0	0,5

Tabla 3: Valores de aniseiconía negativos y positivos máximos tolerados para cada sujeto y los valores de estos datos teniendo en cuenta el valor de aniseiconía inicial de cada sujeto.

Sujeto	% A - tolerado	A - CORREGIDA	% A + tolerado	A + CORREGIDA
1	12,49	10,49	16,65	18,65
2	19,99	19,99	30,87	30,87
3	10,9	11,9	23,61	22,61
4	10,9	11,4	10,9	10,4
5	7,27	7,27	5,45	5,45
6	7,27	6,27	5,45	6,45
7	3,63	2,63	1,82	2,82
8	19,99	21,99	27,24	25,24
9	9,08	10,58	7,27	6,77
10	7,27	5,77	7,27	8,77
11	5,45	6,45	7,27	6,27
12	8,33	9,33	4,16	3,16
13	7,27	6,75	10,9	11,4
14	8,33	5,33	12,49	15,49
15	7,27	8,27	7,27	6,27
16	12,72	13,72	9,08	8,08
17	10,9	10,9	14,53	14,53
18	7,27	8,27	12,71	11,71
19	19,99	21,99	12,71	10,71
20	7,27	5,77	7,27	8,77
21	16,35	17,35	12,71	11,71
22	14,54	15,04	18,16	17,66
23	3,63	5,13	5,45	3,95
24	5,45	6,95	5,45	3,95
25	7,27	7,77	12,71	12,21
26	1,82	1,82	3,63	3,63
27	12,72	13,72	16,35	15,35
28	9,08	8,08	14,53	15,53
29	9,08	10,08	7,27	6,27
30	25,44	24,44	21,79	22,79
31	10,9	10,4	10,9	11,4

Tabla 4: Medida de las vergencias fusionales horizontales negativas (con las tres medidas realizadas) y positivas (con las tres medidas realizadas) para cada sujeto.

Sujeto	1º medida VFHN	2º medida VFHN	3º medida VFHN	Media VFHN	1º medida VFHP	2º medida VFHP	3º medida VFHP	Media VFHP
1	3,95	3	3,95	3,63	22	41,04	48,99	37,34
2	15,96	17,02	17,02	16,66	63,03	61,96	68,99	64,66
3	11,94	15,02	13,96	13,64	68,99	71,99	48,99	63,32
4	15,96	15,96	15,02	15,65	40	36,95	35,02	37,32
5	5,99	5,99	5,99	5,99	13,02	13,02	13,96	13,1
6	5,04	3	3	3,68	3	3	3	3
7	3,95	5,04	3,95	4,31	37,96	50,05	41,04	43,02
8	9,52	13,02	15,96	12,83	74,04	74,99	77	75,34
9	19	13	11,94	14,65	55,04	55,04	55,04	55,04
10	17,02	15,02	17,02	16,35	13,02	15,96	13,02	14
11	8,03	8,03	8,03	8,03	23,94	22	22	22,65
12	17,94	17,94	17,02	17,63	70,03	68,99	68,01	69,01
13	6,94	6,94	8,03	7,3	13,96	13,02	15,02	14
14	8,03	8,03	10,06	8,7	20,05	24,97	23,04	22,69
15	11,94	13,02	13,02	12,66	31,02	27,01	32	30,01
16	5,04	5,99	5,99	4,99	28,02	31,02	29,02	29,35
17	11,94	13,02	8,98	11,31	13,96	13,96	13,96	13,96
18	13,96	17,94	15,02	15,94	77,98	77,98	77,98	77,98
19	3,95	3,95	3,95	3,95	5,04	3	3,95	3,99
20	5,99	5,99	5,04	5,67	5,99	10,06	11,94	9,33
21	11,94	11,94	10,06	11,31	22	19	17,94	19,65
22	5,04	5,99	5,99	5,67	38,95	38,95	36,95	38,28
23	3	3	3,95	3,32	15,96	15,02	15,96	15,65
24	5,99	3,95	3	4,31	17,97	17,97	17,97	17,97
25	8,98	8,98	6,94	8,3	11,94	8,98	5,99	8,97
26	3,95	3,95	5,04	4,31	54,04	31,02	50,05	43,7
27	13,96	13,96	13,02	13,64	77	77,98	77	77,32
28	3,95	5,04	5,04	4,68	48,03	40	38,02	42,01
29	3	3	3	3	3	3	3	3
30	8,03	10,06	8,03	8,7	11	11,94	8,98	10,64
31	3	5,04	3	3,68	36	48,99	61,96	48,98

Tabla 5: Vergencias fusionales horizontales negativas iniciales, sus valores con el porcentaje de aniseiconía negativo y positivo máximo tolerado y vergencias fusionales horizontales positivas iniciales, sus valores con el porcentajes de aniseiconía negativo y positivo máximo tolerado.

Sujeto	VFHN	VFHN % A - tolerado	VFHN % A + tolerado	VFHP	VFHP % A - tolerado	VFHP % A + tolerado
1	3,63	3,31	2,68	37,34	30,66	22,36
2	16,66	13,32	11,67	64,66	64,01	62
3	13,64	11,67	11,36	63,32	60,35	49,01
4	15,65	9,7	11	37,32	37,02	55,67
5	5,99	3,32	3,63	13,1	6,35	6,3
6	3,68	3	2,68	3	3	3
7	4,31	3	2,68	43,02	61,36	69
8	12,83	5,36	11,18	75,34	67,45	77,67
9	14,65	9,66	5,99	55,04	45,03	50,99
10	16,35	8,34	7,98	14	13,32	13,68
11	8,03	7,3	7,3	22,65	20,33	18,67
12	17,63	11,67	11,99	69,01	68,66	69,32
13	7,3	5,31	7,3	14	11	14,35
14	8,7	6,99	7,35	22,69	14,25	16,99
15	12,66	8,02	12,66	30,01	29,01	55,33
16	4,99	5,36	4,31	29,35	32	36,67
17	11,31	11,31	9,02	13,96	13,33	14,62
18	15,94	14,66	15,68	77,98	76,66	78
19	3,95	2,05	3,63	3,99	2,68	4,31
20	5,67	3,68	3,32	9,33	18,64	12,31
21	11,31	9,34	8,7	19,65	19,02	9,65
22	5,67	5,67	3,95	38,28	37,64	35,66
23	3,32	3,32	2,68	15,65	13,64	14,66
24	4,31	4,31	3,31	17,97	13,04	15,63
25	8,3	7,3	7,3	8,97	7,34	7,35
26	4,31	4,31	3,71	43,7	52,34	44,99
27	13,64	12,34	12,3	77,32	8,34	10,99
28	4,68	3,95	4,68	42,01	39,01	46,37
29	3	2,37	2,05	3	3	3
30	8,7	3,95	4,31	10,64	5,67	10,95
31	3,68	3,32	3,32	48,98	49,32	47,99

Tabla 6: Datos obtenidos a partir de las fórmulas utilizadas para creación de las tasas.

Sujetos	VNAN-VN/AN	VNAP-VN/AP	VPAN-VP/AN	VPAP-VP/AP	VNAN-VN/ANC	VNAP-VN/APC	VPAN-VP/ANC	VPAP-VP/APC
1	-0,025	-0,057	-0,534	-0,899	-0,022	-0,050	-0,461	-0,803
2	-0,167	-0,161	-0,032	-0,086	-0,167	-0,161	-0,032	-0,086
3	-0,180	-0,096	-0,272	-0,606	-0,198	-0,100	-0,3	-0,632
4	-0,545	-0,426	-0,0275	1,683	-0,572	-0,447	-0,028	1,764
5	-0,367	-0,433	-0,928	-1,247	-0,367	-0,433	-0,928	-1,247
6	-0,093	-0,183	0	0	-0,082	-0,155	0	0
7	-0,360	-0,895	5,052	14,27	-0,282	-0,578	3,961	9,212
8	-0,373	-0,060	-0,394	0,085	-0,415	-0,065	-0,438	0,092
9	-0,549	-1,191	-1,102	-0,557	-0,581	-1,279	-1,166	-0,598
10	-1,101	-1,151	-0,093	-0,044	-0,913	-0,954	-0,077	-0,036
11	-0,133	-0,100	-0,425	-0,547	-0,164	-0,116	-0,521	-0,634
12	-0,715	-1,355	-0,042	0,074	-0,813	-1,784	-0,0477	0,098
13	-0,273	0	-0,412	0,032	-0,256	0	-0,386	0,030
14	-0,205	-0,108	-1,013	-0,456	-0,150	-0,087	-0,744	-0,367
15	-0,638	0	-0,137	3,482	-0,740	0	-0,159	4,038
16	0,0290	-0,074	0,208	0,806	0,031	-0,084	0,226	0,905
17	0	-0,157	-0,057	0,045	0	-0,157	-0,057	0,045
18	-0,176	-0,020	-0,181	0,001	-0,204	-0,022	-0,210	0,001
19	-0,095	-0,025	-0,065	0,025	-0,105	-0,029	-0,072	0,029
20	-0,273	-0,323	1,280	0,409	-0,226	-0,267	1,061	0,339
21	-0,120	-0,205	-0,038	-0,786	-0,128	-0,222	-0,041	-0,853
22	0	-0,094	-0,044	-0,144	0	-0,097	-0,045	-0,148
23	0	-0,117	-0,553	-0,181	0	-0,162	-0,943	-0,250
24	0	-0,183	-0,904	-0,429	0	-0,253	-1,248	-0,592
25	-0,137	-0,078	-0,224	-0,127	-0,147	-0,081	-0,240	-0,132
26	0	-0,165	4,747	0,355	0	-0,165	4,747	0,355
27	-0,102	-0,081	-5,422	-4,056	-0,110	-0,087	-5,885	-4,321
28	-0,080	0	-0,330	0,300	-0,072	0	-0,297	0,280
29	-0,069	-0,130	0	0	-0,077	-0,151	0	0
30	-0,186	-0,201	-0,195	0,014	-0,179	-0,192	-0,187	0,013
31	-0,033	-0,033	0,031	-0,090	-0,031	-0,031	0,029	-0,086