

Valoración de la visión estereoscópica con Test Lang I y Lang II en espectadores de películas 3D en el IMAX de Madrid

Autores: Diana Morán Tirador
Laura Valladares Fernández
Oscar Vallo Mirás

Directora: Marisol García Rubio

Madrid
Octubre 2010

1. INTRODUCCIÓN

¿Cuánta gente se ha percatado que tiene problemas binoculares gracias a las películas 3D? ¿Y cuánta gente ignora tener estos problemas?

La visión binocular es muy importante en nuestra vida diaria ya que nos permite el cálculo de distancias, ver en profundidad y ver de una forma sorprendente, como dice Susan Barry, una neurobióloga que de pequeña tuvo estrabismo y tras ser operada sus ojos quedaron alineados pero no veía el mundo en tres dimensiones. No lo supo hasta más adelante y decidió trabajar, mediante la Terapia Visual, la visión binocular. Un día cuando se dio cuenta, estaba viendo en tres dimensiones y quedó maravillada de cómo cambiaba todo su mundo; el volante de su coche “flotaba”, “las esquinas de los rascacielos se le aproximaban como si fueran la proa de los barcos...” Pues toda su experiencia la narra en su libro “Fixing my Gaze.”

Para el estudio hemos ido hasta el IMAX para averiguar cuánta gente es capaz o no de ver en 3D y ver cuánta gente cree tener visión binocular cuando no es así. Se ha llevado a cabo midiendo la estereopsis mediante los Test de LANG I y II.

Tras la proyección de la película “Alicia en el País de las Maravillas” de Tim Burton, se han hecho unas breves preguntas para saber si tuvieron algún síntoma al ver la película y luego se les ha pasado los test para medir su estereopsis.

Hoy en día, las películas en 3D han alcanzado un gran apogeo dentro de nuestra sociedad. Esto nos ha llevado a plantear la posibilidad de valorar el número de espectadores que acude a este tipo de películas ignorando tener problemas binoculares.

Existen estudios que revelan que el visionado de las películas en 3D puede provocar dolor de cabeza, sobretodo si ya de antemano existe un problema visual. Michael Rosemberg (Profesor de oftalmología de la universidad de Feinberg de Chicago) ha investigado sobre este tema y expone que *“Hay mucha gente que sufre problemas leves en la visión, como por ejemplo pequeños desequilibrios musculares, que en circunstancias normales, el cerebro maneja con naturalidad”*. Al ver las películas en 3D se hace un mayor esfuerzo mental con lo cual esto es con lo que el estudio justifica los posibles dolores de cabeza. La doctora Deborah Friedman, profesora de Oftalmología y Neurología de la Universidad del Centro Médico Rochester de Nueva York dice ante esto y afirma que *“Esta problemática ocurre gracias a que cada ojo ve cosas desde un ángulo levemente diferente, es por eso que al mirar imágenes 3D es procesada por el cerebro, y este crea una sensación de profundidad”* con lo cual *“La ilusión de que ves en tres dimensiones en el cine no está calibrada exactamente de la misma forma que lo están tus ojos y tu cerebro. Si tus ojos no están muy bien estarás lanzando un gran esfuerzo que tu cerebro tiene que procesar”* de esta manera esa disparidad que se produce entre las imágenes es la que causa los ya mencionados dolores de cabeza.

Los expertos dicen que no existen estudios que evalúen la frecuencia de dolores de cabeza tras ver una película en 3D, pero Rick Heineman, portavoz de RealD, proveedor de equipos de 3D para los cines, dijo que las cefaleas y las náuseas eran las razones principales por las cuales la tecnología nunca había despegado.

2. TEMÁTICA DE APROXIMACIÓN

2.1. VISIÓN BINOCULAR

La visión binocular es la capacidad de procesar corticalmente la información que llega simultáneamente desde ambos ojos y poder apreciar una sola imagen y poder localizarla en el espacio. La localización depende del área retiniana que estimule. Cada área retiniana localiza **siempre** en la misma dirección los objetos que logren estimularla.

En un ojo, los objetos que estimulan la retina nasal, son objetos que están en el campo temporal y los objetos que están en el campo nasal estimulan la retina temporal.

En la retina, la FÓVEA es la que tiene la dirección visual principal y las otras áreas de retina localizan con relación a esta.

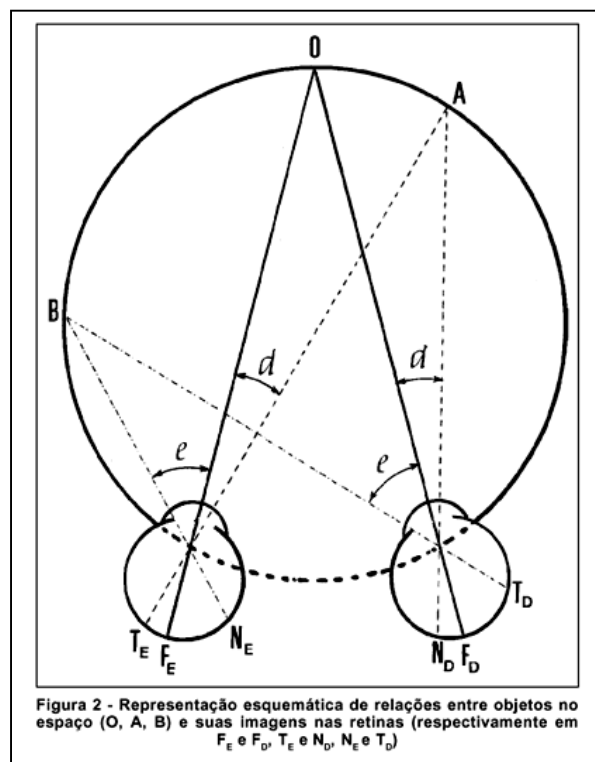
Cuando un objeto periférico llama nuestra atención, lo percibimos y localizamos en el espacio y luego realizamos un movimiento para que ese objeto sea fijado por la fovea. A esto podemos llamarlo valor motor y la fovea tiene un valor motor cero y las otras áreas de retina tiene un valor motor determinado, que será mayor cuanto más periférica sea el área retiniana estimulada.

Para que haya FUSIÓN, es decir, que las dos imágenes que provienen de los ojos sean vistas como una sola, es necesario que haya una correspondencia retiniana, esto quiere decir que el objeto tiene que estimular a parejas de puntos, uno en cada retina, que tengan una igual dirección visual e igual valor motor. Cuando no se produce fusión, esto es, cuando un objeto estimula puntos no correspondientes, aparecerán la diplopia o la confusión, que serán definidas más adelante.

Estas ideas dieron lugar a ciertos avances en la visión binocular, como es el concepto de HORÓPTERO. El horóptero es el lugar geométrico de espacio (en el plano horizontal de mirada) que contiene a los puntos objetos cuyas

imágenes se forman en puntos correspondientes de las retinas, dado un punto de fijación.

Se especificó que los puntos vistos como únicos deberían situarse sobre un círculo que pasa por dicho punto y los centros ópticos de ambos ojos. A este círculo se le llamo *Círculo de Vieth-Müller y horóptero matemático*. Matemáticamente los puntos de este horóptero tienen disparidad cero y las imágenes retinianas de cualquier punto se sitúan a igual distancia de la fovea.



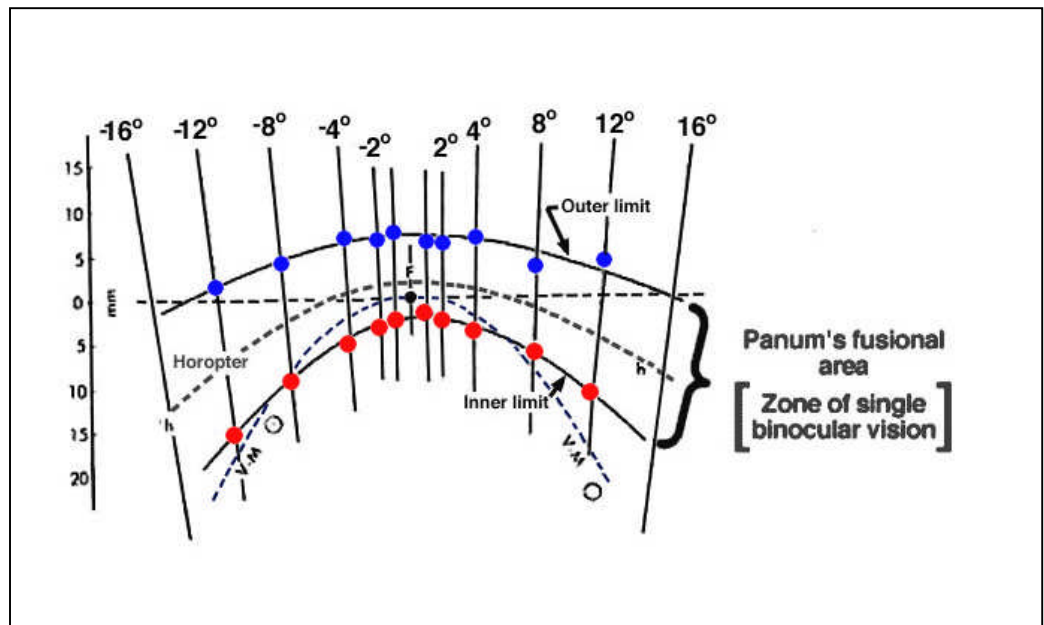
<http://www.scielo.br>

En la figura anterior se muestra la representación esquemática de la relación entre objetos en el espacio (O, A, B) y sus imágenes en las retinas.

En un principio se creía que los puntos situados fuera del Horóptero eran vistos dobles, pero más adelante se propuso que para cualquier punto de la retina existe una pequeña superficie de puntos sobre ésta, cuya estimulación conduce a la fusión de ambos estímulos monoculares. Por lo que la visión binocular única no está limitada al Horóptero sino a una región por delante y

por detrás de él; esta región recibe el nombre de **ÁREA DE FUSIÓN DE PANUM**. Y más allá de los límites de esta área, los objetos los veremos dobles, y a esto es a lo que se llama **DIPLOPIA FISIOLÓGICA**. La cual puede ser:

- **CRUZADA o HETERÓNIMA**: para objetos que están entre el sujeto y el Horóptero, de manera que el ojo derecho ve el objeto a la izquierda y el ojo izquierdo lo ve a la derecha.
- **DESCRUZADA u HOMÓNIMA**: para objetos que están más allá del Horóptero, de manera que el ojo derecho ve la imagen a la derecha y el ojo izquierdo la ve a la izquierda.



<http://webvision.med.utah.edu/KallDepth.html>

En la imagen superior observamos el Área de fusión de Panum, zona delimitada por los puntos rojos (límite interior) y los puntos azules (límite exterior). Y por el medio pasa el Horóptero, siendo la curva discontinua.

Mas la percepción de una sola imagen no depende sólo del Horóptero, del Área de fusión de Panum y de la correspondencia retiniana, sino del SISTEMA VISUAL, por el que debe pasar toda la información visual hasta llegar al cerebro. El Sistema Visual está formado por:

El QUIASMA ÓPTICO está situado entre los nervios ópticos y las cintillas ópticas que se origina por la decusación de las fibras nasales de ambos ojos. Está formado por los axones de las células ganglionares dispuestos de tal forma que las fibras temporales siguen una trayectoria homolateral, mientras que las fibras nasales sufren una decusación o cruce siguiendo una trayectoria heterolateral. Aquí se forma la 1ª fase de estereopsis.

La información sigue viajando por las CINTILLAS ÓPTICAS, que se extienden desde Quiasma hasta el Cuerpo Geniculado Lateral. Por ellas viaja la información de las fibras homotemporales de un ojo y las fibras heteronasales del otro ojo.

El CUERPO GENICULADO LATERAL está formado por 6 capas de sustancia gris y blanca. Aporta tinte emocional a la información visual, hace relevo de la información entre retina y la corteza visual y se produce la 2ª fase de estereopsis (Hipótesis de Bishop).

Del Cuerpo Geniculado Lateral la información sigue viajando por las RADIACIONES ÓPTICAS, que es la vía de conexión entre el CGL y la Corteza Visual. Están formadas fundamentalmente por axones del CGL. Su función es el transporte de información hasta la CORTEZA VISUAL, lugar donde la información se hace consciente y donde se produce la 3ª fase de esteropsis.

2.2. ESTEREOPSIS

En la literatura de todo lo que concierne a la optometría nos encontramos con numerosas definiciones de lo que es la estereopsis, algunas de ellas se exponen a continuación. Podríamos definirla como una especialización de la visión binocular, que gracias a diversos factores como la fusión sensorial y la disparidad retiniana, permite, siempre que esté en condiciones óptimas, que veamos en profundidad y calcular las distancias.

Enciclopedias de Internet definen este término como “el proceso dentro de la percepción visual que lleva a la sensación de profundidad a partir de dos proyecciones ligeramente diferentes del mundo físico en las retinas de los ojos.”

Estas proyecciones son conocidas mediante los términos de: disparidad horizontal, disparidad retiniana o disparidad binocular.

Otras definiciones exponen que la estereopsis es la llamada “visión tridimensional” la cual es consecuencia de una buena fusión sensorial.

Una tercera que dice que la estereopsis es la “capacidad de usar los ojos simultáneamente para apreciar el espacio tridimensional, lo cual permitiría calcular la profundidad y las distancias.”

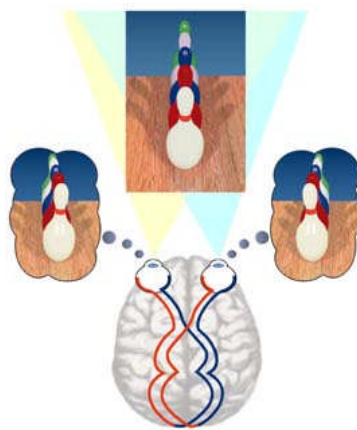
Dentro de la definición de estereopsis es importante aclarar brevemente otro concepto que está ligado a la medición de la estereopsis, el de la agudeza estereoscópica que es definida como el “umbral de discriminación de profundidad expresado angularmente” (en segundos de arco) o “mínima disparidad binocular que da lugar a sensación de profundidad”. Clínicamente se considera que una agudeza estereoscópica es normal cuando ronda sobre el valor de 40 segundos de arco. Posteriormente vamos a desarrollar algunos de los test que se emplean para cuantificar este valor.

¿Cómo se produce la estereopsis?

Al enfocar sobre un objeto ambos ojos, se produce una pequeña disparidad entre las imágenes que van a la retina y son las que hacen que se produzca la estereopsis.

Esta pequeña disparidad hace que nos preguntemos cómo va a ser posible que se produzca la fusión, si es necesario para que ésta se lleve a cabo que las imágenes retinianas sean superponibles e iguales.

La respuesta a esto es que cuando los dos ojos enfocan a un mismo objeto, los ejes visuales convergen en el mismo punto, de esta manera perciben la misma parte del entorno. No obstante los ojos están en diferente parte del espacio (6-7 cm separados) con lo cual las imágenes son un poco diferentes. El ojo izquierdo ve la imagen un poco desde la izquierda y el derecho un poco desde la derecha. La perspectiva con la que ven el objeto es “algo” diferente. Esta diferencia no es suficiente para impedir al cerebro que fusione esas dos imágenes y ver una única imagen centrada. A continuación se ilustra esta explicación (Fig.1) con un dibujo para su mejor comprensión.



(<http://ocularis.es/blog/?p=54>)

Fig.1: descripción de cómo percibe cada ojo la imagen y el resultado de la fusión de la imagen por el cerebro y la sensación de relieve.

El verdadero papel que tiene esta pequeña diferencia de imágenes es la de que nos da la sensación de relieve de esa imagen central.

Cabe destacar que esta disparidad retiniana de la que estamos hablando es menor cuando nos referimos a distancias lejanas, con lo cual la estereopsis a estas distancias no será demasiado apreciable. No obstante, nuestra vida diaria se desenvuelve la mayor parte del tiempo en distancias medias-cercanas por tanto la estereopsis cobra gran importancia.

Aplicaciones de la estereopsis

Redundando acerca del fundamento de la estereopsis el cual expresa que siempre que los ojos ofrezcan imágenes con una ligera diferencia de tamaño y un poco separadas se producirá este fenómeno, podremos simular ésta a partir de dos imágenes planas separadas mínimamente.

Debido a todo esto podremos aplicarlo al estudio y medida de la estereopsis (mediante test optométricos) que permitirá ver el estado de la visión binocular, determinar supresiones, ambliopías. Se podrá obtener imágenes estereoscópicas interesantes en ciertas profesiones (topografía,...) y también se puede aplicar al mundo del ocio, concretamente en el cine, creando la sensación de la “tercera dimensión”.

Incluso en la vida diaria hay numerosas situaciones que nos pasan desapercibidas, en las que la estereopsis es muy importante. Por ejemplo, al echar agua desde una jarra a un vaso, coger algo al vuelo, calcular distancias como puede ser en el momento de hacer un adelantamiento en coche o en moto,... Todas estas acciones tan cotidianas se podrían ver alteradas al carecer de estereopsis

Test para medir la estereopsis

Hay numerosos test que nos permiten el analizar la estereopsis. Algunos de ellos son los que se exponen a continuación.

TEST TITMUS

Es un vectógrafo polarizado (Fig. 2), el cual ha de ser mirado con gafas polarizadas a una distancia de 40 centímetros y con buena iluminación.

Este test esta dividido en tres pruebas:

- a) mosca
- b) círculos
- c) animales

a) La mosca: estudia la estereopsis de forma grosera (3000 segundos de arco). Se le pide al paciente que señale donde están las alas de la mosca. Si la estereopsis está bien, las alas de la mosca tendrían que sobresalir de la lámina y el paciente las percibiría flotando.

b) Animales: consta de tres filas (A, B, C) que tendrán 5 animales cada una. El paciente tendrá que decir cual es el único animal que sobresale. Esta parte del test mide la percepción mas fina en niños (400-100 segundos de arco)

c) Los círculos: se dividen en 9 grupos de 4 círculos cada uno. Al paciente se le dice que mire cada grupo y en éste se verá un solo círculo que sobresale, el cual tendrá que señalar. Esta prueba estudia la percepción profunda más fina (800-40 segundos de arco)



(<http://www.promocionoptometrica.com/Seccion.aspx?IDSeccionArticulo=47&OrdenSeccion=038>)

Fig 2: Test Titmus. En la derecha vemos el test de la mosca. En la izquierda arriba vemos el test de los círculos y en la izquierda abajo vemos el test de los animales.

TEST LANG

Este test ha sido diseñado para facilitar el análisis de la estereopsis en niños de corta edad, ya que no necesita artificios disociantes para ver en profundidad pero también vale para los demás pacientes. Lo único necesario es ponerlo a 40 centímetros delante del paciente.

Este test combina dos elementos, los puntos al azar y las rejillas cilíndricas. Los puntos al azar (puntos de Julesz) hacen que por un ojo solo, no podamos ver ninguna imagen, pero sí empleando los dos ojos. Debajo de las rejillas cilíndricas se insertan unas tiras de dibujos, una que será vista por el ojo derecho y la otra por el ojo izquierdo.

Hay dos tipos de láminas en este test: la Lang I (Fig.3) y la Lang II (Fig.4). La primera es la encargada de medir la estereopsis mas gruesa, la otra, los puntos que la componen son muchos más finos con lo cual se encargará de determinar la estereopsis fina.

En el test I la cuantificación de la estereopsis se divide de la siguiente manera:

Coche: 550".

Estrella: 600".

Gato: 1200".



(<http://www.promocionoptometrica.com/Seccion.aspx?IDSeccionArticulo=47&OrdenSeccion=038>)

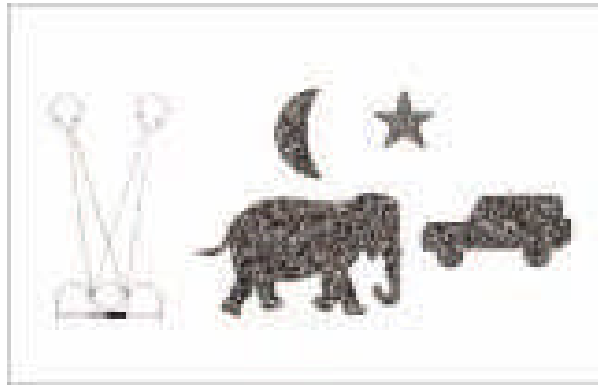
Fig. 3: Test de Lang I. Vemos en la figura el gato, la estrella y el coche.

En el test II la cuantificación de la estereopsis es:

Luna: 200".

Coche: 400".

Elefante: 600".



(<http://www.promocionoptometrica.com/Seccion.aspx?IDSeccionArticulo=47&OrdenSeccion=038>)

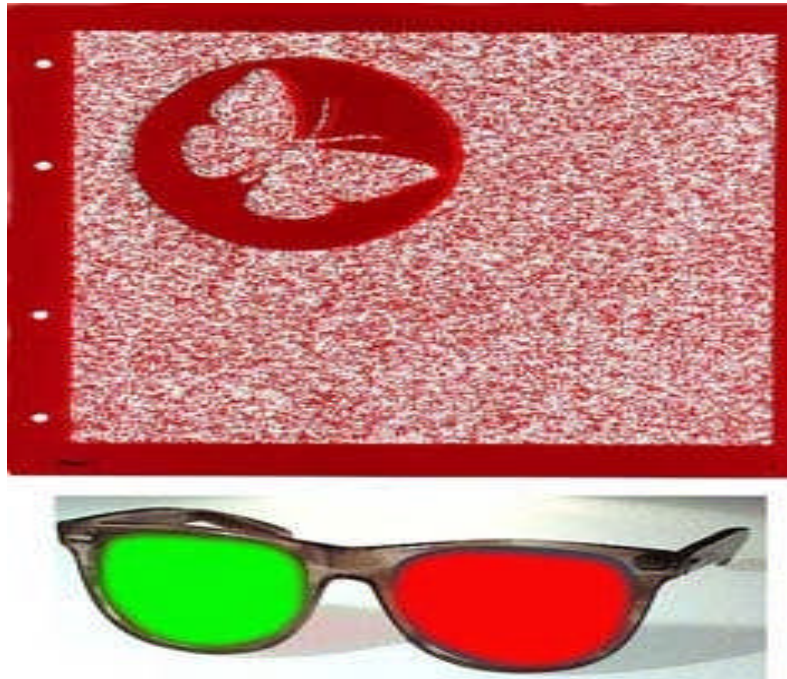
Fig. 4: Test de Lang II. Vemos la luna, el elefante, la estrella y el coche.

La estrella en este caso es visible por todos los pacientes de manera monocular o binocular y tiene una disparidad de 200”.

TNO

Este test esta constituido por 7 láminas en las cuales se esconden diferentes figuras (cuadrados, triángulos,...) creados por puntos al azar. En estas figuras escondidas el paciente, que ha de llevar gafas rojo/verde puestas y su refracción habitual, tendrá que decir si las ve o no y en que disposición se encuentran. El test (Fig. 5) se ha de situar a 40 centímetros. Las disparidades de los discos van de los 15 a los 480 segundos de arco.

Las tres primeras láminas nos indican si hay o no alteración de estereopsis y la cuarta se encarga de controlar la supresión y las otras tres últimas, cuantifican la estereopsis del paciente.



(<http://www.promocionoptometrica.com/Seccion.aspx?IDSeccionArticulo=47&OrdenSeccion=038>)

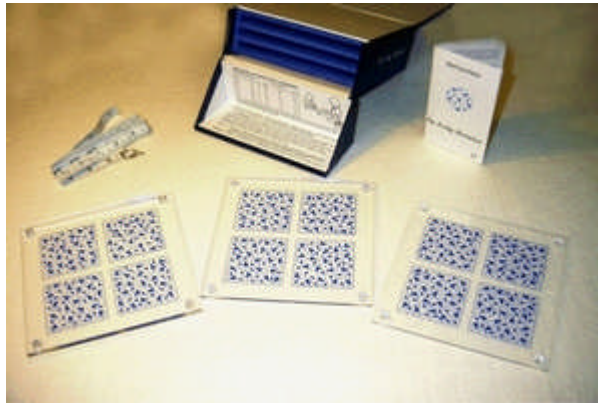
Fig.5: primera lámina del test TNO. En ella vera una mariposa a simple vista y otra con las gafas rojo/verde si es que tiene estereopsis.

TEST FRISBY

Este test está constituido por tres láminas plásticas (Fig. 6) que tienen diferentes espesores (6 mm, 3 mm y 1'5 mm). En función del espesor de la lámina se creará una disparidad que va desde los 15 a los 340 segundos de arco.

Cada lámina está dividida en cuatro cuadros pero solo uno contiene una figura oculta, que es un círculo impreso por la parte posterior de la lámina. Por el otro lado de la lámina se imprime la parte uniforme. Si el paciente tiene visión en estereopsis verá donde se encuentra el círculo escondido.

Para este test no es necesario emplear ningún artificio disociante como las gafas rojo/verde o gafas polarizadas.



(<http://www.promocionoptometrica.com/Seccion.aspx?IDSeccionArticulo=47&OrdenSeccion=038>)

Fig. 6: Test de Frisby. En la fotografía se ven las tres láminas plásticas que componen dicho test.

TEST RANDOT

En este test (Fig. 7) está incluida una parte para analizar la estereopsis en adultos, que consta de 6 cuadrados en los cuales se esconden, en cada uno de ellos, una figura geométrica la cual tendrá que ser identificada por el paciente que situará el test a 40 centímetros con las respectivas gafas polarizadas.

Otra parte en la que hay nueve grupos con tres círculos cada uno, y en la que en cada grupo sobresaldrá un círculo que tendrá que ser señalado por el paciente.

Por último el test se compone también de tres filas con cinco animales cada una. Con las gafas polarizadas se tendrá que identificar el único animal que sobresale de la lámina.



(<http://www.promocionoptometrica.com/Seccion.aspx?IDSeccionArticulo=47&OrdenSeccion=038>)

Fig. 7: Test de Randot. En la imagen a la derecha se observan los ocho cuadrados en los que se esconde la figura geométrica a identificar por el paciente. A la izquierda se observa en la parte de arriba los nueve grupos con tres círculos y abajo a la izquierda las tres filas con los cinco animales cada una.

TEST RANDOT DOT E

Test diseñado para medir la estereopsis a los niños. Se compone de dos láminas una de las cuales contiene una 'E' y la otra no tiene nada. El optometrista ha de comenzar la prueba poniéndole al paciente las gafas polarizadas y a la distancia de 50 centímetros pasar el test. Hay que hacerlo en diferentes distancias alejadas de la ya indicada. Se considera que la estereopsis es normal en cuanto vea la 'E' a la distancia de un metro.

TEST DE ESTEREOPSIS EN VISION LEJANA

Este test nos determinará si existe estereopsis en visión lejana (no la cuantifica). Medirá la estereopsis en visión lejana y está incluido en algunos proyectores.

Consta de un punto central y cuatro líneas (dos superiores y dos inferiores). Es necesaria la utilización de gafas polarizadas.

Al paciente se le pide que diga lo que ve. Las posibles respuestas que puede dar se ilustran en la figura 8.

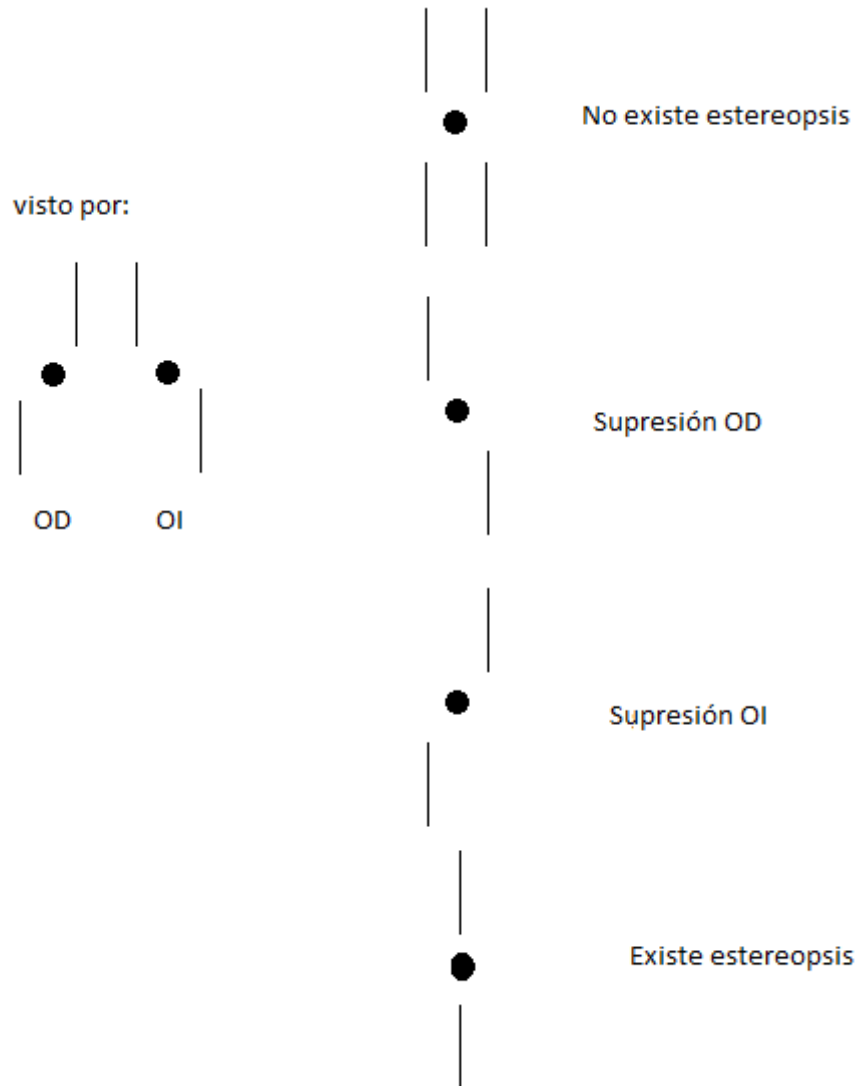


Fig.8: A la izquierda se muestra lo que ve cada ojo del test y a la derecha las respuestas esperadas en el test de estereopsis en visión lejana.

2.3 ALTERACIONES QUE REDUCEN LA ESTEREOPSIS

AMBLIOPÍA

Es la condición en la que la mejor AV corregida es menor a 20/20, en ausencia de algunas patologías y estructuras anómalas obvias, pero acompañada de una o más de las siguientes condiciones ocurridas antes de los seis años de edad:

- Anisometropía
- Estrabismo constante unilateral
- Isometropía significativa
- Astigmatismo uni o bilateral
- Degradación de la imagen

Por tanto, esta disminución de AV restringe las habilidades del individuo para recoger, procesar, analizar y responder a la información visual. Se trata de un ojo con problemas de aprendizaje.

ESTRABISMO

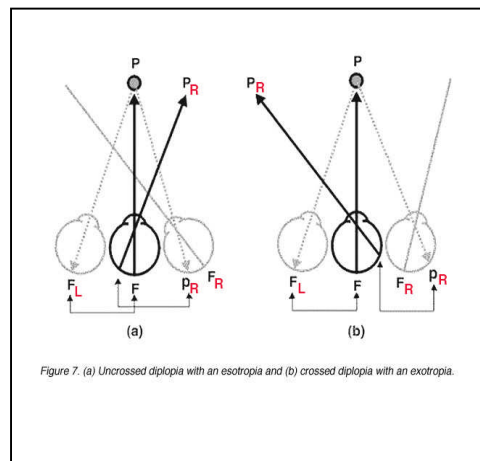
Condición en la cual los ejes visuales de ambos ojos no se cruzan en el mismo punto, si no que tienen diferentes direcciones, es decir, uno de los ojos está desviado mientras que el otro fija hacia el objeto deseado.

Si el estrabismo ocurre antes de los 3 años de edad, la visión binocular no se habrá establecido firmemente, así que el sistema visual se podrá adaptar a la desviación sin que el paciente presente síntomas. En cambio, si el estrabismo se adquiere siendo adulto, el paciente sí que sufre los síntomas, que son:

- DIPLOPIA: el paciente refiere ver doble un mismo objeto, esto se debe a que el objeto al que mira el paciente cae sobre la

fóvea del ojo no desviado y en un área periférica del ojo desviado, es decir, esa imagen cae en áreas no correspondientes de retina.

- CONFUSIÓN: el paciente refiere ver dos objetos superpuestos y esto se debe a que aunque se esté fijando en un objeto con su ojo no desviado, la fóvea del ojo desviado también recibe la imagen de otro objeto por la correspondencia que hay entre ambos ojos.



http://webvision.med.utah.edu/space_perception.html

En la figura anterior observamos una diplopia en el caso de una endotropia (a) y en el caso de una exotropia (b).

CORRESPONDENCIA RETINIANA ANÓMALA

Es una adaptación sensorial del ojo desviado para evitar la diplopia o la confusión. Y ocurre cuando las dos fóveas no forman un par de puntos correspondientes, sino que esta correspondencia se hace o tiene tendencia a hacerse entre la fóvea fijadora y un punto retiniano excéntrico del ojo desviado. Es como un intento de volver a crear una visión binocular, a pesar

de las condiciones motrices anormales. No obstante, jamás se llegará a crear una visión binocular normal.

Esta adaptación se adquiere bajo condiciones binoculares, es decir, en cuanto se tape el ojo fijador, el ojo desviado comienza a fijar como un ojo normal y cada receptor asume su función normal.

SUPRESIÓN

Es una adaptación sensorial del ojo desviado para evitar la diplopia o la confusión. Es la inhibición de estímulos que hayan excitado las retinas en condiciones binoculares, por lo que en monocular, la supresión desaparece. Ocurre como si la imagen recibida por el ojo desviado no llegase al cerebro y así es como si no la viera.

OTRAS CAUSAS

Déficits de AV por errores refractivos significativos u opacidad de medios (como por ejemplo, Cataratas); neuropatías ópticas y también aquellas que afecten al área del córtex visual.

2.4 IMAX 3D

La palabra IMAX viene del inglés *Image Maximum*, que significa “Máxima Imagen”. Es un sistema de proyección de cine que tiene la capacidad de proyectar representaciones de mayor tamaño y definición. La sala de proyección IMAX Madrid (Fig.1) combina, en un mismo edificio, 2 pantallas gigantes y 3 sistemas de proyección diferentes, tiene una capacidad para 438 personas y su diseño, en forma de anfiteatro romano y con un ángulo de inclinación de 45°, permite la visión perfecta desde cualquier butaca. El sonido es tres veces superior al usado en las grandes cadenas de cine. Cada espectador disfruta de 27.000 vatios de potencia con 16 amplificadores y 44 altavoces. Seis potentes altavoces posicionados estratégicamente detrás de la pantalla consiguen un efecto envolvente y una calidad de sonido homogénea.



<http://www.uhu.es/cine.educacion/cineyeducacion/3D.htm>

Fig.1: Sala IMAX

2.4.1. SISTEMAS DE PROYECCIÓN

Existen tres tipos de sistemas de proyección:

2.4.1.1. SISTEMA IMAX

En este sistema, las películas son proyectadas en gigantescas pantallas planas rectangulares de 21m de altura (como un edificio de siete plantas) y 600m² de superficie (equivalente a tres pistas de tenis). Es la pantalla plana más grande del mundo. Podemos obtener imágenes de extraordinaria calidad y gran definición.

2.4.1.2. SISTEMA OMNIMAX

El diseño de este sistema consta de una pantalla semiesférica de dimensiones colosales: 900 m² de superficie y 30 metros de diámetro.

La película se proyecta a través de un objetivo gran angular (ojo de pez) que cubre un ángulo de campo lateral de 180° y vertical de 125°.

El espectador se encuentra rodeado por la pantalla y tiene la sensación de total inmersión en la película.

El procedimiento se basa en la proyección alternativa (en vez de simultánea como en la proyección con luz polarizada) de las imágenes correspondientes a cada ojo, mediante un proyector doble especialmente diseñado, y la visualización mediante gafas con obturadores electrónicos de cristal líquido (LCS o Liquid Crystal Shutters) (Fig.2). El obturador de los proyectores y de cada ocular de cristal líquido se abre y cierra, o sea, es transparente u opaco 48 veces por segundo, con lo cual no se aprecia parpadeo en las imágenes.



<http://www.red3i.es/stereoweb/imax.htm>

Fig.2: Gafas OMNIMAX

Se puede girar la cabeza para observar en distintas direcciones sin que se pierda el efecto tridimensional. La sincronización de las imágenes con las gafas se realiza mediante señales de rayos infrarrojos.

2.4.1.3. SISTEMA IMAX 3D

IMAX 3D es la versión estereoscópica del sistema IMAX de película de 70 mm/15 perforaciones y desfile horizontal para pantalla gigante. En este sistema se emplean dos películas de 65 mm simultáneas, una para cada ojo. A su vez, se utilizan dos métodos de filmación: con dos cámaras estándar simultáneas o con una cámara especialmente diseñada.

En el primer método, dado el gran tamaño de las cámaras, para situarlas de forma que la separación entre objetivos no sea excesiva y similar a la separación interocular humana, se disponen una sobre otra, a 90° entre sí, y de forma que la superior, orientada hacia el suelo, toma la imagen reflejada en un espejo de 50% de reflexión y 50% de transmisión, a 45° entre ellas. La inferior toma la imagen a través del espejo. Este montaje permite una separación de objetivos variable, pero no permite lentes gran angular para un amplio campo de visión. La cámara especial IMAX 3D dispone de dos objetivos separados unos 70 mm; y permite el uso de objetivos de diferentes longitudes focales, incluso con un gran angular de 25 mm. (ojo de pez). Para obtener los

fotogramas estereoscópicos, en las dos películas desfilando horizontalmente, se emplean espejos internos de alta precisión.

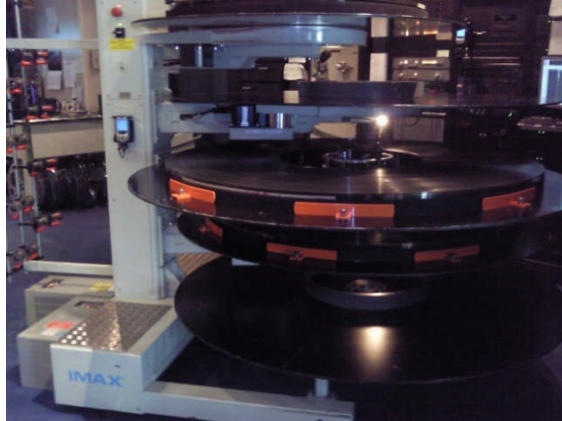


Fig.3 : Rollo de película

La tecnología IMAX utiliza el formato comercial de película más grande en la historia del cine: 15 perforaciones por 70mm. Un rollo de película IMAX (Fig.3), de 45 minutos de duración, tiene un peso de 140 kg y una longitud de 4.680 metros. Por este motivo, a diferencia de los proyectores tradicionales donde se proyecta verticalmente la película, IMAX lo hace con una técnica llamada Rolling Loop de manera horizontal. El personal está equipado con un montacargas y un sistema de platos especialmente diseñados para facilitar el transporte de dichas cintas.

La firma IMAX desarrolló inicialmente el sistema IMAX 3D con lentes polarizadas para sus cines de pantalla plana. Dada la resolución y la excelente iluminación en la proyección, los problemas habituales de la proyección en 3D se han reducido considerablemente. Además se han rediseñado las gafas con ventanas de mayor tamaño (Fig.4), adecuadas a las grandes pantallas, y se utilizan filtros polarizantes de mayor eficacia.



<http://www.red3i.es/stereoweb/imax.htm>

Fig.4: Gafas IMAX 3D

2.4.2. TIPOS DE LENTES:

Para poder ver una película en 3D se necesita además de la cinta y el proyector, unos lentes especiales.

2.4.2.1. GAFAS 3D PASIVAS

2.4.2.1.1. LENTES ANÁGLIFAS



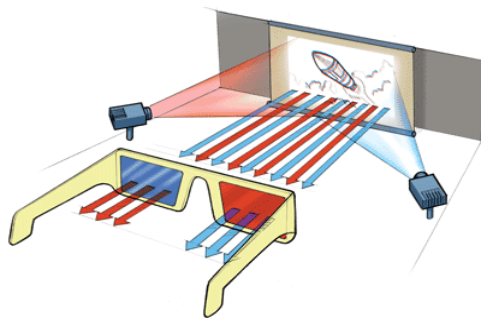
<http://3dmagazine.com/sistemas-de-gafas-3d-en-salas-de-cine/>

Fig.5: Gafas anáglifas

Las gafas 3D pasivas típicas son las que tienen lentes anaglíficas (Fig.5), que utilizan dos lentes de colores diferentes (generalmente rojo y azul) para filtrar las imágenes de una película 3D (Fig.6). Las imágenes para ver en relieve con el sistema anáglifo están compuestas por dos capas de color, que se colocan con una ligera desviación la una respecto a la otra, para crear el efecto de profundidad. Al mirar a través de las lentes se crea la imagen, pues

cada ojo ve un color y el cerebro une las imágenes en una sola. Cuando se mira sin ellas, se ve una imagen doble en color azul y rojo. Las gafas en un principio eran de cartón con papel de celofán de dos colores, pero la imagen no era demasiado nítida.

Presenta el problema de la alteración de los colores, pérdida de luminosidad y cansancio visual después de un uso prolongado. Normalmente se sitúa el filtro rojo en el ojo izquierdo, y el azul en el ojo derecho.



<http://www.uhu.es/cine.educacion/cineyeducacion/3D.htm>

Fig.6: Proyección de los rayos de luz con lentes anáglifas.

2.4.2.1.2. LENTES POLARIZADAS

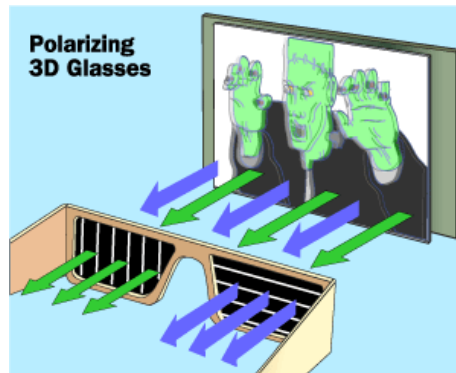


<http://www.uhu.es/cine.educacion/cineyeducacion/3D.htm>

Fig.7: Gafas polarizadas

En la década de los 90 del siglo XX, se comenzó a utilizar una técnica en la que el filtro de cada ojo está polarizado, por lo que deja pasar solamente una luz específica para cada ojo, creando la misma ilusión sin necesidad del uso de dos proyectores y sin el molesto dolor de cabeza que provocaban las

lentes anáglifas. El método Polaroid se basa en la propiedad que tienen algunas sustancias de refractar los rayos luminosos, por lo que el relieve y el color se pueden percibir al mismo tiempo. Las gafas polarizadas (Fig.7) emplean unas lentes que filtran las ondas de luz y las proyectan a ciertos ángulos. (Fig.8) Este sistema era muy costoso



<http://www.uhu.es/cine.educacion/cineyeducacion/3D.htm>

Fig.8: Proyección de los rayos de luz con lentes polarizadas.

Existen dos tipos de polarización: lineal y circular.

2.4.2.1.2.a. Polarización lineal es la utilizada por el IMAX, que ya explicaremos posteriormente.

2.4.2.1.2.b. Polarización circular

Para ver contenidos en 3D con este tipo de gafas (Fig.9), es necesario disponer de un proyector especial, que usa un dispositivo de rotación. A día de hoy, no se ha implantado en ningún cine de España. Para estos sistemas también es necesaria una pantalla silver screen, porque mucha de la luminosidad del proyector se pierde en el proceso de polarización, y esta pantalla ayuda a que llegue a la retina el 35.54% de la luz emitida por el proyector, y en caso de no usarse este tipo de pantallas, sólo llegaría el 15.5%.



<http://www.uhu.es/cine.educacion/cineyeducacion/3D.htm>

Fig.9: Gafas de polarización circular

Las gafas de polarización lineal no permiten movimientos de cabeza para ver en 3D, las de polarización circular sí. Escoger el tipo de polarización es todo un dilema, ya que cada sistema tiene sus ventajas e inconvenientes.

2.4.2.1.3. WAVELENGTH

Es una tecnología que supone una evolución sobre el sistema anáglifo, ya que conserva el color de una forma excelente, mediante el filtrado de varias longitudes de onda en las tres componentes del color. No es un sistema activo, ya que las gafas (Fig.10) no tienen elementos activos (ni pantalla LCD, ni sensor de infrarrojos, ni baterías). Los cristales de estas gafas son de mucha más calidad que los de las gafas polarizadas, y por supuesto, con mucha más calidad que las gafas anáglifas. Estas gafas son también caras y necesitan de un proceso de recogida e higienización tras cada sesión.



<http://3dmagazine.com/sistemas-de-gafas-3d-en-salas-de-cine/>

Fig.10: Gafas con tecnología wavelength

2.4.2.2. GAFAS 3D ACTIVAS O LCD

Las gafas se conectan a la pantalla mediante un conector de señal sincronizado estereoscópico y un receptor de señales infrarrojas. El proyector va indicando a los lentes (con obturadores de cristal líquido LCD) cuándo debe oscurecerse, para que cada ojo reciba la información en sucesiones tan rápidas que son imperceptibles, dando una experiencia mucho más real. Se proyectan dos películas a la vez, una para cada ojo, con fotogramas intercalados. Cuando en la pantalla se proyecta la imagen correspondiente al ojo derecho, las gafas oscurecen el cristal frente al ojo izquierdo, y viceversa. Si la frecuencia de proyección es suficientemente elevada, el mecanismo ojo-cerebro no detecta parpadeos de ninguna clase y la sensación 3D es muy convincente.

Las gafas activas son más caras que las demás y requieren de un proceso de recogida e higienización tras cada sesión; son frágiles y sus baterías tienen una vida limitada.

3. MATERIAL Y MÉTODO

Se ha llevado a cabo un estudio prospectivo, observacional y analítico de un total de 150 personas, todos ellos espectadores de películas en 3D y de los cuales 82 eran hombres y 68 mujeres con edades comprendidas entre los 4 y 81 años de edad (hombres de los 4 a los 61 y mujeres de los 6 a los 81). La edad total entre hombres y mujeres era de 28'75 años (media de edad en los hombres es de 25'6 y en las mujeres de 24'45 años).

Para la realización del estudio hemos seguido el mismo protocolo de actuación para todos los espectadores. En primer lugar, una encuesta con una serie de preguntas que a continuación se mostrarán y luego utilizamos los test de Lang 1 y 2 para evaluar la estereopsis.

La encuesta consta de tres preguntas

La primera pregunta: ¿En algún momento de la película se mareó o le dolió la cabeza?

- Al inicio de la película
- A mitad de la película
- Al final de la película
- No

La segunda pregunta: ¿Se tuvo que quitar las gafas durante la película?

- Al inicio de la película
- A mitad de la película
- Al final de la película
- No

La tercera pregunta: ¿Vio en 3D durante toda la película? Sí No

Una vez hechas las tres preguntas comenzamos con la muestra de los test. Primero les dimos el test de Lang 2 que evalúa la estereopsis fina, más difícil de ver. El paciente nos tenía que decir lo que veía y nosotros tomábamos nota de hasta dónde podía distinguir. En el hipotético caso de que esta lámina no la vieran les pasábamos el test de Lang I. En este test la estereopsis es más gruesa, sería más fácil de reconocer los objetos. En estos dos test no se utiliza ningún tipo de gafas polarizadas.

También de la misma manera apuntábamos hasta donde podían ver. Si no veían nada considerábamos que no tenía estereopsis.

Nuestro estudio ha sido realizado en el IMAX 3D de Madrid en la que las ventajas aportadas por los sistemas que emplea para el cine en relieve, la increíble definición de la imagen y la desaparición de la ventana estéreo, que tiene cubierto completamente el campo visual del espectador, le proporciona a éste una visión mucho más amplia que en el 3D convencional, lo que permite acercarle virtualmente objetos de grandes dimensiones.

Las películas son proyectadas en gigantescas pantallas que se extienden incluso más allá de la visión periférica del ser humano, dando la impresión de que uno está en el centro de la acción. La cámara (Fig.1), de diseño especial, puede registrar imágenes con mucho mayor detalle que cualquier otra.



Fig.1: cámara IMAX 3D

Los proyectores IMAX son los más avanzados, modernos y precisos. La clave para su extraordinario funcionamiento y fiabilidad es el movimiento de la cinta, conocido como "Bucle Rodante" (Rolling Loop), el cual produce las imágenes más grandes, más claras y más estables del mundo. El Bucle Rodante avanza la película horizontalmente con un movimiento suave y ondulante. Durante la proyección, cada fotografía de la película es colocada sobre unas clavijas fijas que sujetan firmemente la película contra la pared posterior de la lente con un sistema de vacío. El resultado es una imagen y una estabilidad de foco muy por encima de los estándares de proyección tradicionales, lo cual produce una gran claridad. La lámpara que ilumina toda la pantalla y está dentro del proyector, tiene una potencia de 15.000 vatios (normalmente las hogareñas tienen 100 vatios). Por encima de estas lentes (Fig.3) están los filtros que ajustan el ángulo del 3D (45 % de inclinación).



Fig. 2: Proyector, visto desde atrás, que se eleva hasta el centro de la sala para el visionado de la película



Fig. 3: Objetivos de la cámara a través de los que se proyecta la película. Cada objetivo está diseñado para proyectar, con una angulación determinada, la imagen del ojo derecho y el ojo izquierdo

El tipo de gafas empleadas en el IMAX 3D son las polarizadas. El uso de filtros polarizantes obliga a utilizar pantallas planas cubiertas de una pintura metalizada especial para mantener la polarización de la luz. Existen dos tipos de polarización: lineal y circular.

Polarización lineal

Normalmente este sistema de gafas se usa en salas que exhiben el contenido con dos proyectores separados, cada uno con un filtro polarizador orientado a 135° y 45° respectivamente. El desgaste desigual de las lámparas lleva a problemas de visionado 3D. Una ligera rotación de la cabeza del espectador hace perder el efecto 3D.

Este tipo de gafas son las que se utilizan en el IMAX 3D (Fig. 4), pasando por un proceso de esterilización tras cada sesión.



(Fig. 4: gafas de polarización lineal del IMAX 3D)

Polarización circular

Para ver contenidos en 3D con este tipo de gafas, es necesario disponer de un proyector con un adaptador Z-Screen de Real D o la solución de la empresa coreana MasterImage, que usa un dispositivo de rotación. A día de hoy, no se ha implantado en ningún cine de España. Para estos sistemas también es necesaria una pantalla silver screen de índice de ganancia 2.2 a 2.4, porque mucha de la luminosidad del proyector se pierde en el proceso de polarización, y la pantalla silver ayuda a que llegue a la retina el 35.54% de la luz emitida por el proyector, y en caso de no usarse este tipo de pantallas, sólo llegaría el 15.5%.



Fig.5: Gafas de polarización circular

IMAX actualmente sólo usa gafas de polarización lineal, aunque también usó en el pasado gafas activas en el formato IMAX Sólido.

Las gafas de polarización lineal no permiten movimientos laterales de la cabeza para ver el 3D, las de polarización circular sí lo permiten.

Escoger el tipo de 3D es todo un dilema, ya que cada sistema tiene sus ventajas e inconvenientes.

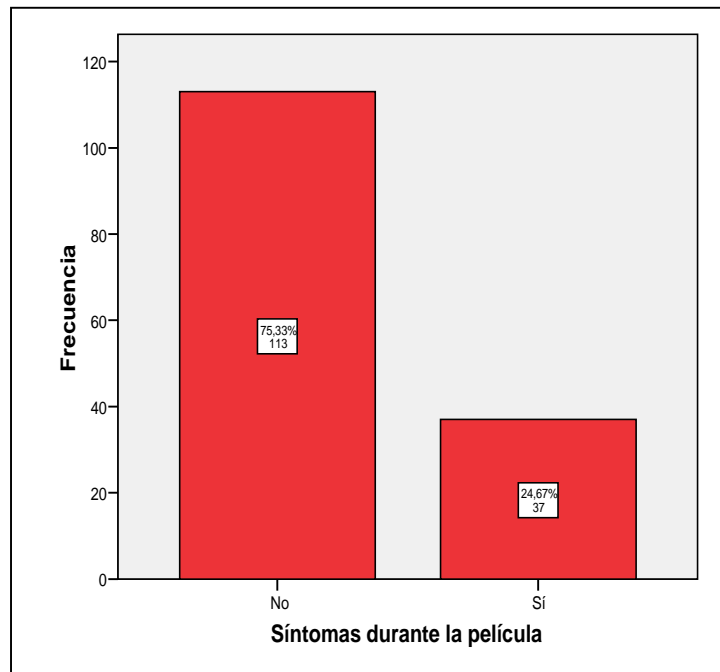
4. RESULTADOS

Para valorar el número de espectadores que ignora tener problemas binoculares hemos utilizado el programa informático SPSS. Hemos tenido en cuenta los síntomas, cuándo los tuvieron, si se quitaron las gafas y cuándo, si vieron en 3D y lo que veían en los test LANG I y LANG II.

A continuación presentamos los resultados obtenidos:

Síntomas durante la película

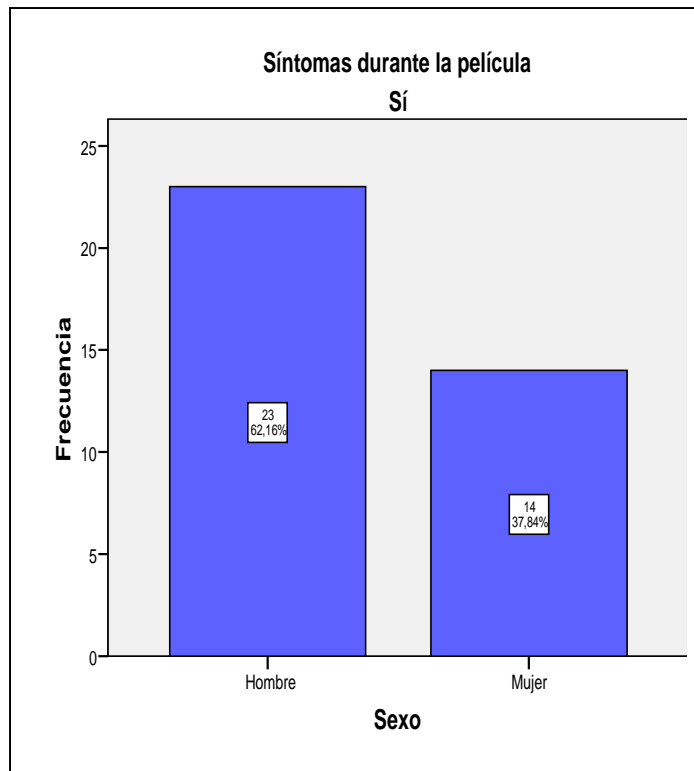
	Espectadores	Porcentaje
Válidos No	113	75,3
Sí	37	24,7
Total	150	100,0



De los 150 espectadores de la muestra, el 75,3% no tuvo síntomas y el 24,7% sí.

Sexo y síntomas

		Espectadores	Porcentaje
Válidos	Hombre	23	62,2
	Mujer	14	37,8
	Total	37	100,0

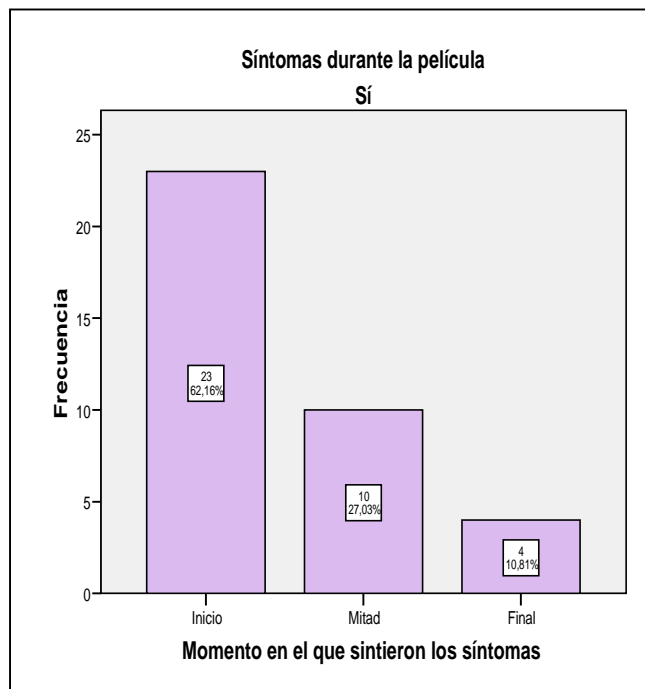


De 150 personas, 37 presentaron síntomas, que equivale al 24,7% de la muestra.

De las 37 personas con síntomas, el 62,2% eran hombres y el 37,8 % mujeres.

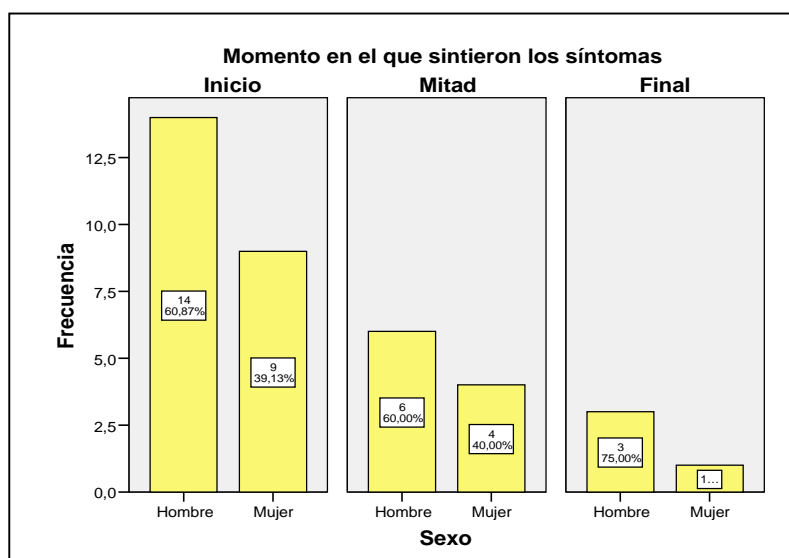
Momento en el que sintieron los síntomas

		Frecuencia	Porcentaje
Válidos	Inicio	23	62,2
	Mitad	10	27,0
	Final	4	10,8
	Total	37	100,0



De las 37 personas que presentaron síntomas, el 62.2% los presenta al inicio de la película, el 27% a la mitad y el 10.8% al final de la misma.

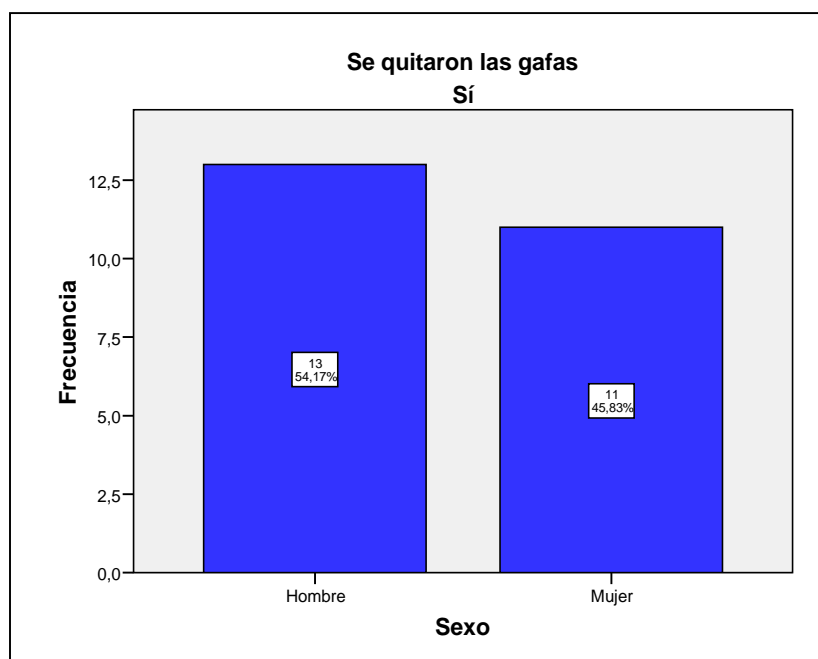
Momento en el que sintieron los síntomas según el sexo

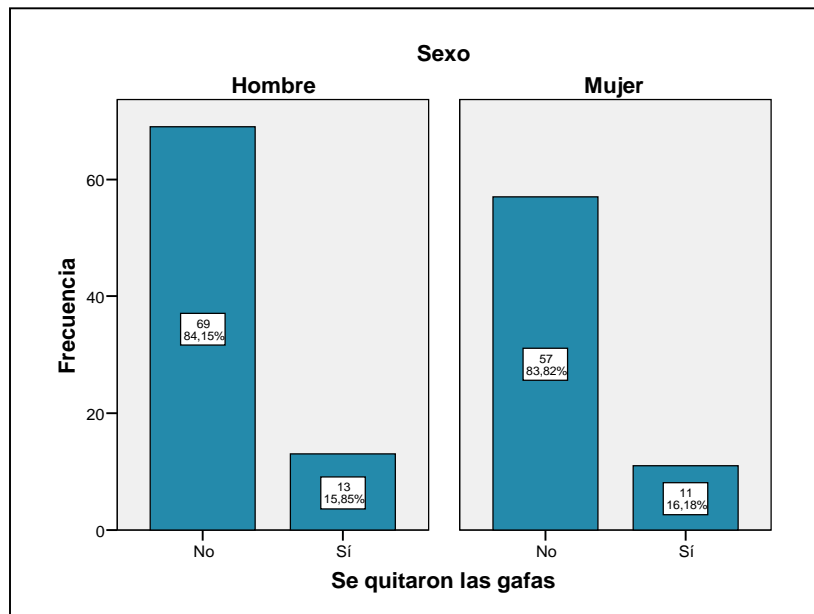


El 60,9% que padecieron síntomas al inicio de la película son hombres, mientras que el 39,1% corresponde a mujeres. A mitad de la película el 60% son hombres, mientras que el 40% son mujeres. A final de la película el 75% son hombres y el 25% mujeres.

Se quitaron las gafas

		Frecuencia	Porcentaje
Válidos	No	126	84,0
	Sí	24	16,0
	Total	150	100,0



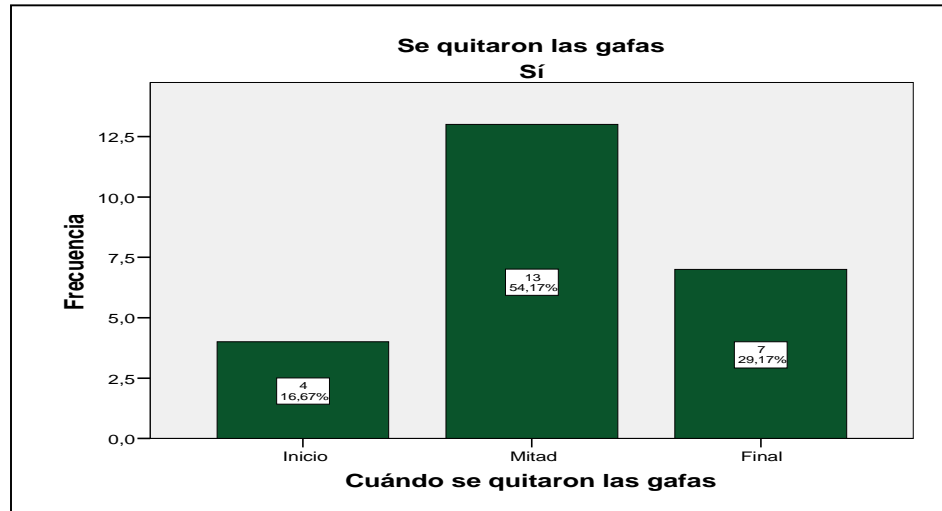


De las 150 personas de la muestra 24 se quitaron las gafas (16%), de los cuales 13 son hombres (54,2%) y 11 mujeres (45,8%)

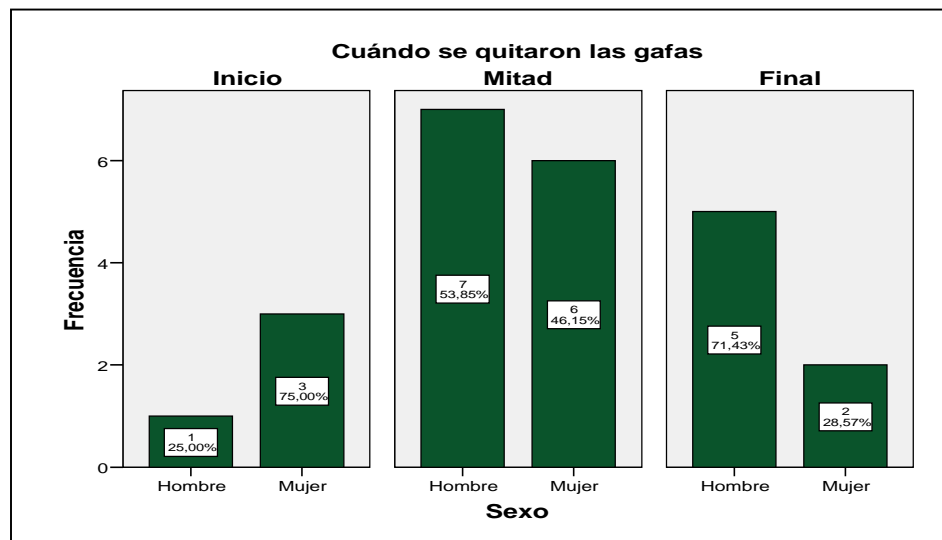
Dicho de otra manera el 15,8% de los hombres y el 16,2% de las mujeres se quitaron las gafas.

Cuándo se quitaron las gafas

		Frecuencia	Porcentaje
Válidos	Inicio	4	16,7
	Mitad	13	54,2
	Final	7	29,2
	Total	24	100,0



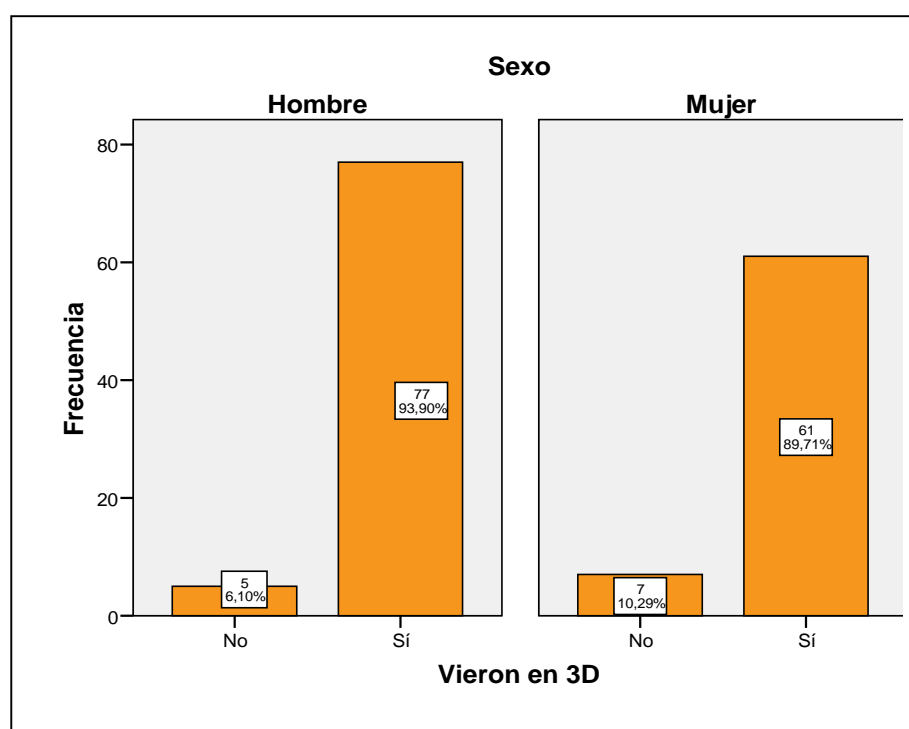
De las 24 personas que se quitaron las gafas el 16,7% lo hizo al inicio de la película, el 54,1% a la mitad y el 29,2% al final.



De los que se quitaron las gafas al inicio el 25% eran hombres y el 75% mujeres. A mitad el 53,8% eran hombres y 46,2% mujeres. Y al final de la película el 71,4% eran hombres y el 28,6% eran mujeres.

Vieron en 3D

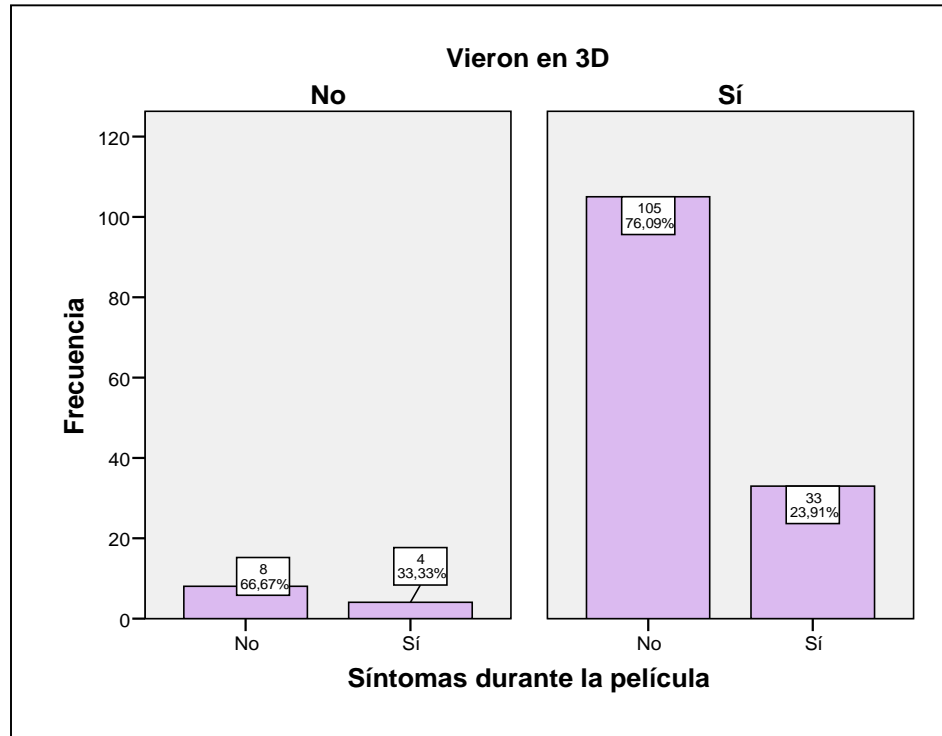
		Frecuencia	Porcentaje
Válidos	No	12	8,0
	Sí	138	92,0
	Total	150	100,0



De las 150 personas de la muestra 12 personas (8%) no vieron la película en 3D.

El 6,1% de los hombres y el 10,3% de las mujeres no pudieron ver en 3D.

Relación entre los síntomas y ver en 3D

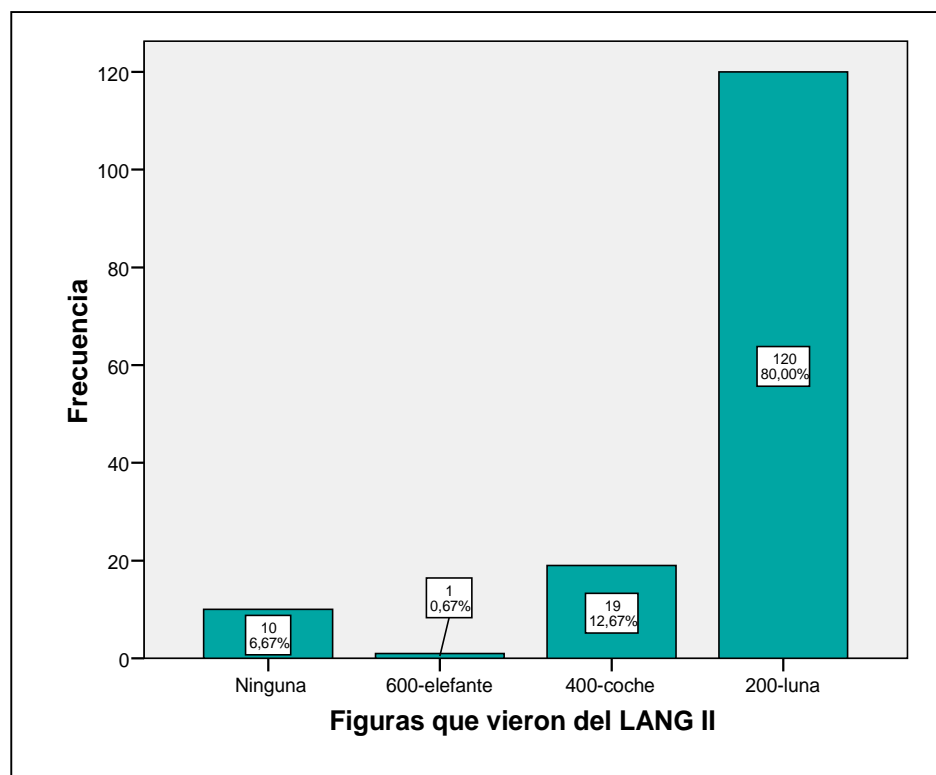


De las 150 personas, el 2,7% refirió no ver en 3D y padecieron síntomas.

Resultados del test LANG II

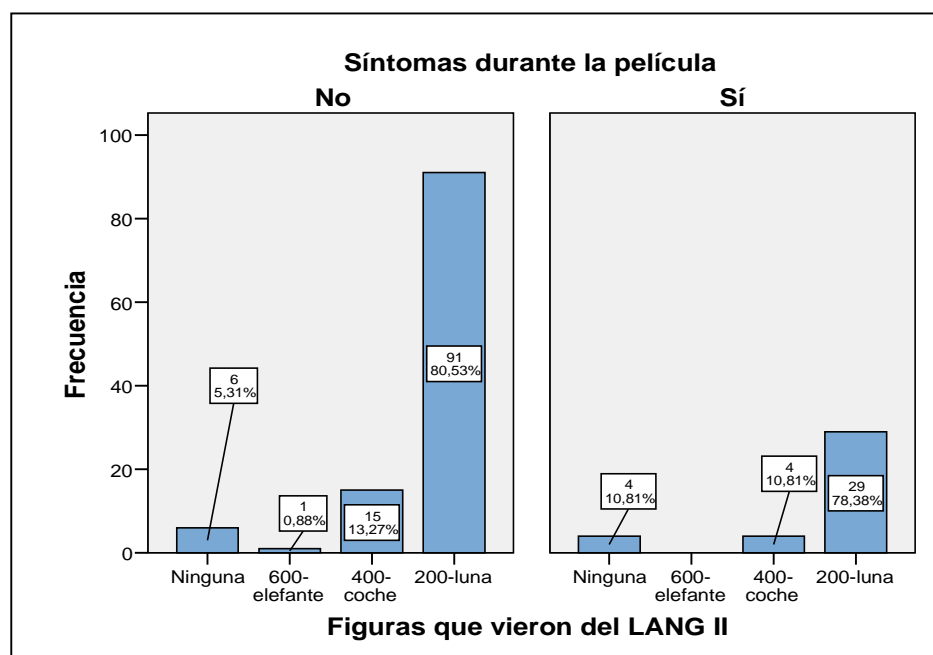
Figuras que vieron del LANG II

	Frecuencia	Porcentaje
Figuras Ninguna	10	6,7
600-elefante	1	,7
400-coche	19	12,7
200-luna	120	80,0
Total	150	100,0



De las 150 personas de la muestra, el 6,7% no pasó el test, el 13,3% no pasaron el test correctamente y el 80% pasó le test correctamente.

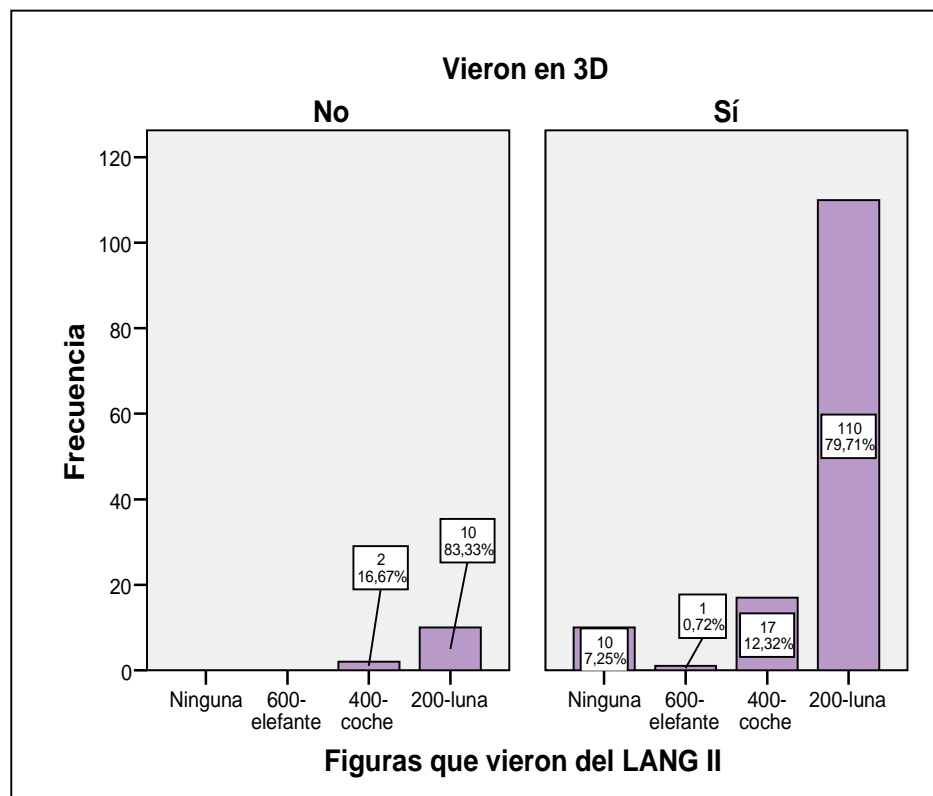
Relación entre los síntomas y los resultados del test LANG II



De las 37 personas que refirieron tener síntomas, el 21,6% no pasó correctamente el test.

El 19,5% de las personas que refirieron no tener síntomas, no pasaron el test correctamente.

Relación entre los resultados del LANG II y ver en 3D



De las 150 personas de la muestra, 12 personas refirieron no ver en 3D y sólo 2 tuvo dificultades al ver el test.

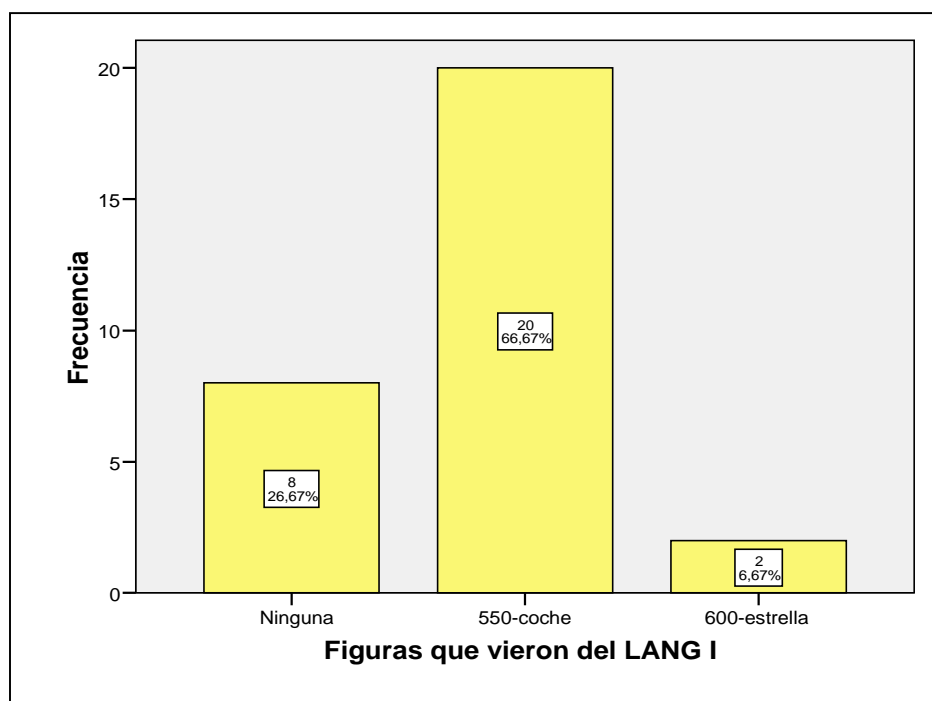
De las 138 que refirió ver en 3D, el 20,3% no vio el test correctamente.

Resultados del test LANG I

Este test solamente se le pasaba a las personas de la muestra que no pasaron correctamente el test LANG II (20% de la muestra que corresponde a 30 personas).

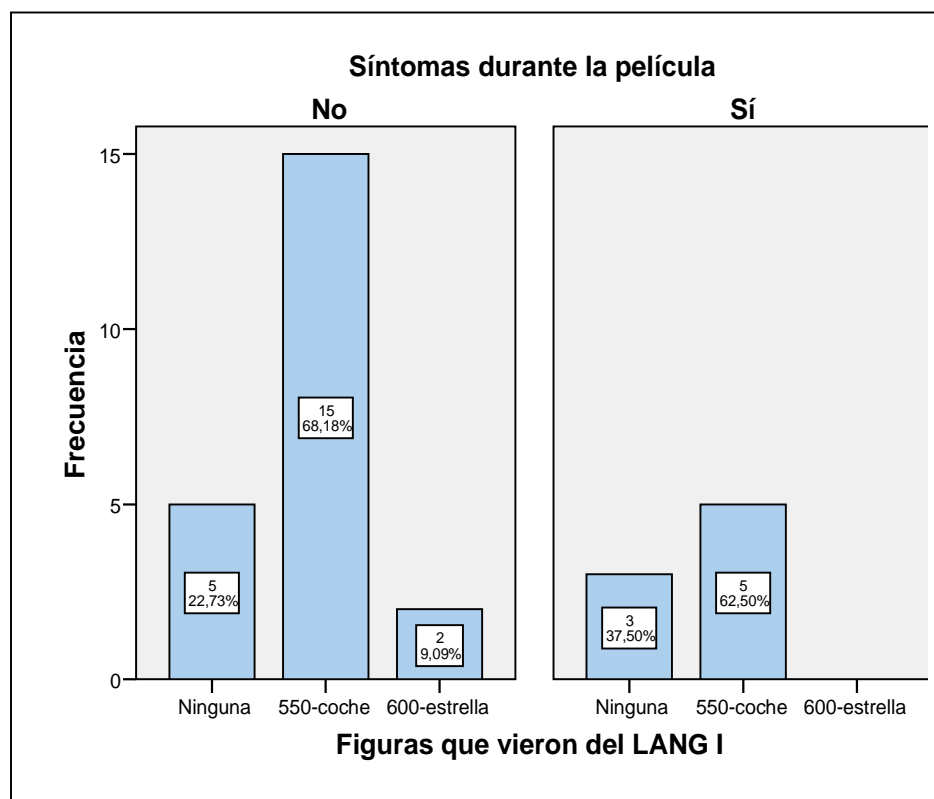
Figuras que vieron del LANG I

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje de la muestra total
Figuras	Ninguna	8	5,3	26,7
	550-coche	20	13,3	66,7
	600-estrella	2	1,3	6,7
Total		30	20,0	



De los 30 espectadores que tuvieron que hacer el test de LANG I, el 26,7% no vio ninguna figura; el 66,7% vio todas las figuras y el 6,7% vio dos figuras.

Relación entre síntomas y los resultados del test LANG I

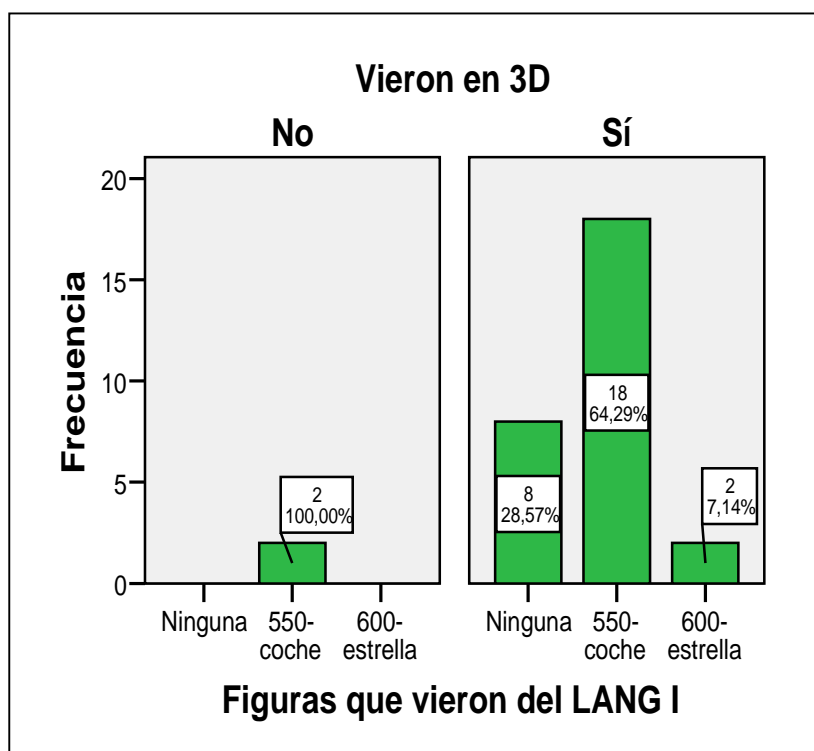


De las 30 personas que tuvieron que hacer el test LANG I, 8 refirieron tener síntomas y de estas, el 37,5% no pasó el test correctamente.

De las personas que no refirieron tener síntomas, el 31,9% no pasó el test correctamente.

En ambos casos, estas personas no tienen esteropsis.

Relación entre los resultados del LANG I y ver en 3D



De las 30 personas que pasaron el test LANG I y refirieron ver en 3D, el 35,7% no pasó correctamente el test, por tanto, no tienen estereopsis.

5. CONCLUSIONES

Una vez analizados los datos obtenidos llegamos a las siguientes conclusiones:

Un 24,7% de la muestra manifestaron síntomas

Un 8% de la muestra refirieron no ver en 3D la película

Un 20% de la muestra falló el test LANG II; este porcentaje de espectadores no tienen estereopsis fina.

Un 6,6% de la muestra falló el test LANG I, por lo que no tienen ningún tipo de estereopsis.

Un 18,67% de la muestra refirió ver en 3D y falló el test LANG II, no poseen estereopsis fina.

Un 28,6% refirió ver en 3D y falló el test LANG I, por lo tanto no tienen estereopsis.

Un 91,7% de las 12 personas que refirieron no ver en 3D si que pasaron el test LANG II

Un 2% de la muestra falló los dos test y manifestó síntomas

También llegamos a la conclusión de que los hombres manifiestan más síntomas que las mujeres. Existe una tendencia decreciente de los síntomas sufridos por los espectadores a lo largo de la película. El momento en el que la mayoría de los espectadores manifiestan los síntomas, que es al inicio, no coincide con el momento en el que la mayoría se quitan las gafas, en la mitad de la película.

6. DISCUSIÓN

A partir de las conclusiones de nuestro estudio hemos llegado a los siguientes temas a debatir:

Se necesita un test para medir la estereopsis en visión lejana que aporte mayor fiabilidad, ya que los test que hemos utilizado son centrales, es decir, para verlos se usan las foveas de ambos ojos; en cambio, al ver una película en el cine también se utiliza la visión periférica.

La pregunta ¿se quitaron las gafas en algún momento? pensamos que no es significativa, debido a que la mayoría de las personas se las quitaban por simple curiosidad.

El hecho de que la mayoría de los espectadores mostraran síntomas al inicio de la película puede ser por el rápido movimiento de las imágenes.

La respuesta a la pregunta ¿ha visto en 3D? es subjetiva y difícil de responder, porque muchas personas sí que refieren haber visto la película en tres dimensiones, cuando en realidad nunca han visto en 3D y lo confunden con la visión en perspectiva.

Ver en 3D manifestando síntomas puede deberse a que la visión binocular esté inestable. Estas personas tienen que realizar un esfuerzo para poder ver la película en tres dimensiones, lo que les causa síntomas a lo largo de la película. Los test de LANG los ven correctamente.

Ver en 3D la película pero fallar los test de LANG puede ser por el hecho de que la estereopsis de la película es más gruesa que la de los test que hemos empleado. Además, para ver la película se emplea la visión periférica y para ver los test empleamos la visión central, como ya se ha comentado anteriormente.

No ver en 3D y no presentar síntomas puede ser por supresión o porque guñen un ojo, ven la película con un solo ojo para evitar molestias.

Las personas que refirieron no ver en 3D y sin embargo sí pasaron el test LANG II, es posible que se deba a un problema de aprendizaje para ver imágenes artificiales en 3D. Es precipitado sacar esta conclusión de una muestra tan pequeña, pero especialistas en tecnologías 3D, como los videojuegos, comentan que hay personas que requieren un proceso de aprendizaje para poder ver estas imágenes virtuales en 3D, ya que se necesita concentración.

Hemos encontrado otros estudios que también obtienen que un 5-8% de la población no aprecia el efecto tridimensional.

Este estudio se va a seguir desarrollando con el diseño de un test para visión lejana fácil de usar, con la colaboración de la Fundación Visión COI y el Instituto de Federópticos.

7. AGRADECIMIENTOS

A Bea, Toni y Marisol, directores de nuestro proyecto de investigación, por ayudarnos y aconsejarnos acerca de cómo dirigirlo.

A Pilar Plou por calmar nuestros momentos de nervios y tener fe en nosotros.

Al IMAX por facilitarnos sus instalaciones para la realización del proyecto.

A Cristina Brasero, directora de comunicación de IMAX, que aceptó nuestra idea de realizar este estudio.

A Santiago Ala, jefe de la cabina de proyección, por explicarnos todos los preparativos antes de que se proyecte la película.

A todos nuestros compañeros por ayudarnos en nuestro trabajo y por darnos muy buenos momentos a lo largo de este intenso año.

A María José por ayudarnos en nuestros difíciles momentos.

A todos nuestros profesores por transmitirnos sus conocimientos.

8.BIBLIOGRAFÍA

Trabajo X Master COI “La fatiga en el deportista y la estereopsis”

Autores: Gustavo Real Gavilanes y Santiago Real Segarra (Junio 1999)

Páginas de la 23-33

OPTOMETRÍA. Autores: Keith Edwards, Richard Llewellyn. Editorial MASSON-SALVAT. (1993)

Apuntes de la escuela de Óptica y Optometría de la facultad de Santiago de Compostela.

Apuntes del Master de Optometría Clínica y Terapia Visual Comportamental. Bases Neurológicas.

“ Tratamiento Clínico de la Visión Binocular. Disfunciones Heterofóricas, Acomodativas y Oculomotoras.”

Autores: Mitchell Scheiman, Bruce Wick. Editorial CIAGAMI, SL. Madrid (1996)

“Binocular Vision Anomalies Investigation and Treatment”

Autores: David Pickwell. Editorial Butterworths, 2ª edición (1989)

<http://es.wikipedia.org/wiki/Estereopsis>

<http://ocularis.es/blog/?p=54>

http://www.itftennis.com/shared/medialibrary/pdf/original/IO_23876_original.PDF

http://www.precision-vision.com/index.cfm/product/255_7/randot-stereo-test.cfm

<http://www.promocionoptometrica.com/Seccion.aspx?IDSeccionArticulo=47&OrdenSeccion=038>

<http://www.uv.es/ponsa/docencia/ASVB3.pdf>

<http://opticasvisorama.com/moodle/>

<http://www.imaxmadrid.com/imax.html>

<http://webvision.med.utah.edu/imageswv/Space7.jpg>

<http://www.scielo.br/img/revistas/abo/v67n1/a32fig02.gif>

<http://webvision.med.utah.edu/imageswv/KallDepth7.jpg>

http://3.bp.blogspot.com/_1gwOSx5I-3E/SjvYPUyUK5I/AAAAAAAAAHg/m79ZvwA9tAU/s320/via+visual.jpg

<http://www.imaxmadrid.com/imax.html>

<http://www.uhu.es/cine.educacion/cineyeducacion/3D.htm>

<http://www.imax.com>

<http://www.red3i.es/stereoweb/imax.htm>

Estudios:

<http://www.salud.com/salud-en-general/peliculas-3d-pueden-provocar-malestar-a-personas-con-problemas-vision.asp>

<http://www.alimentosnaturales.blogspot.com/2010/01/peliculas-en-3d-producen-cefalea.html>

<http://www.noticiasmedicas.es/medicina/noticias/1550/1/Las-peliculas-en-3D-Un-problema-o-una-ayuda/Page1.html>

http://spanish.china.org.cn/science/txt/2010-01/12/content_19218568.htm

<http://informe21.com/peliculas-3d/algunos-peliculas-3d-son-dolor-cabeza>

<http://www.europapress.es/chance/elbuenvivir/noticia-peliculas-3d-pueden-provocar-dolor-cabeza-20100112132728.html>

<http://globbos.com/2010/01/peliculas-3d-son-factor-principal-para-el-dolor-de-cabeza/>

<http://zonaforo.meristation.com/foros/viewtopic.php?t=1596420&start=15&sid=b424edf7de26a82d05a62356bd6b4dd4>

<http://opticasvisorama.com/moodle/>