



---

**Universidad de Valladolid**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

# **Grado en Óptica y Optometría**

MEMORIA TRABAJO FIN DE GRADO TUTELADO

Influencia de la localización de la fuente deslumbrante en la medida de la sensibilidad al contraste con el optotipo Pelli-Robson (IOBA-HAXEM)

Presentado por: Marcos Sanz Velasco

Tutelado por: Miguel José Maldonado López

Alfredo Holgueras López

Tipo de TFG: Investigación

En Valladolid, a 25 de mayo de 2017

Sanz M.

Influencia de la localización de la fuente deslumbrante en la medida de la sensibilidad al contraste con el optotipo Pelli-Robson (IOBA-HAXEM).

## **Resumen:**

En este estudio se trató de comprobar si la localización de una fuente deslumbrante influye en la medida de la sensibilidad al contraste mediante el optotipo Pelli-Robson para averiguar si la localización de la fuente deslumbrante es un factor que pueda originar cambios en la medida de la función visual.

Para ello se seleccionaron 50 pacientes a los que se les midió su sensibilidad al contraste ante dos intensidades de fuentes deslumbrantes (halógeno y xenón) situada a izquierda y a derecha del optotipo Pelli-Robson en dos visitas a un simulador de iluminación de deslumbramiento en condiciones mesópicas (IOBA-HAXEM). Se realizaron además una serie de medidas descriptivas durante las visitas para completar la información como el tiempo de recobro y el grado de molestia frente a la luz deslumbrante medido mediante escala de Boer.

Se realizó un análisis estadístico de las variables principales y descriptivas.

Se obtuvieron unos resultados clínicamente no relevantes en todas las variables principales y estadísticamente no relevantes en tres de las cuatro variables principales, lo que indica que no se puede determinar mediante el método seguido que exista influencia de la posición lateral de la fuente deslumbrante en la medida de la sensibilidad al contraste con el optotipo Pelli-Robson.

Sanz M.

Influencia de la localización de la fuente deslumbrante en la medida de la sensibilidad al contraste con el optotipo Pelli-Robson (IOBA-HAXEM).

## ÍNDICE

Abreviaturas utilizadas.....	4
1 INTRODUCCIÓN.....	5
1.1 Conducción e iluminación.....	5
1.2 Adaptación retiniana a las condiciones lumínicas ambientales.....	6
1.3 Deslumbramientos. Definición y tipos.....	7
1.4 Sensibilidad al contraste. Definición y medida.....	7
2 JUSTIFICACIÓN.....	8
3 HIPÓTESIS Y OBJETIVO.....	9
3.1 Hipótesis.....	9
3.2 Objetivo.....	9
4 PACIENTES, MATERIAL Y MÉTODO.....	10
4.1 Participantes.....	10
4.2 Procedimiento experimental.....	10
4.3 Análisis estadístico.....	14
5 RESULTADOS.....	15
6 DISCUSIÓN.....	18
7 CONCLUSIÓN.....	20
.	
8 BIBLIOGRAFÍA.....	21
Anexo: hoja de recogida de datos.....	23

Sanz M.

Influencia de la localización de la fuente deslumbrante en la medida de la sensibilidad al contraste con el optotipo Pelli-Robson (IOBA-HAXEM).

### **Abreviaturas utilizadas:**

AV: Agudeza visual

AV<sub>bin</sub>: Agudeza visual binocular

AV<sub>cc</sub>: Agudeza visual con corrección

AV<sub>OD</sub>: Agudeza visual de ojo derecho

AV<sub>OI</sub>: Agudeza visual de ojo izquierdo

B: Escala de Boer

DGT: Dirección General de Tráfico

EE<sub>OD</sub>: Equivalente esférico de ojo derecho

EE<sub>OI</sub>: Equivalente esférico de ojo izquierdo

ETDRS: Early Treatment Diabetic Retinopathy Study

Ha De: Halógeno derecha

Ha Iz: Halógeno izquierda

IBM: International Business Machine

IOBA: Instituto Universitario de Oftalmobiología Aplicada

LogSC: Logaritmo de sensibilidad al contraste

LogMAR: Logaritmo de mínimo ángulo de resolución

mm: milímetros

N: Tamaño muestral

nm: nanómetros

OD: Ojo derecho

OI: Ojo izquierdo

Rec: Tiempo de recobro

SC: Sensibilidad al contraste

SC mes: sensibilidad al contraste en condiciones mesópicas

SC fot : sensibilidad al contraste en condiciones fotópicas

SPSS: Statistical Package for the Social Sciences

UVa: Universidad de Valladolid

Xe De: Xenón a la derecha

Xe Iz: Xenón a la izquierda

∅ Pup fot OD: Diámetro pupilar en condiciones fotópicas en ojo izquierdo

∅ Pup fot OI: Diámetro pupilar en condiciones fotópicas en ojo izquierdo

∅ Pup mes OD: Diámetro pupilar en condiciones mesópicas en ojo izquierdo

∅ Pup mes OI: Diámetro pupilar en condiciones mesópicas en ojo izquierdo

## **1 Introducción:**

### **1.1 Conducción e iluminación:**

En la actualidad, conducir es una actividad muy común. En 2015, año del último censo de conductores disponible de la Dirección General de Tráfico (DGT)<sup>1</sup>, 26.350.036 de las 46.557.008 personas residentes en España a 1 de enero de 2016<sup>2</sup> conducían. Si no tomamos en cuenta los aproximadamente 8.300.000 de españoles que no se encontraban en edad de conducir obtenemos que un 68,9% de los españoles era conductor en ese momento.

Durante la conducción, estamos sometidos a diferentes tipos de estímulos como las distintas luces ambientales con intensidades lumínicas variables que pueden llegar a producir deslumbramientos sobre el conductor tales como la luz del sol y las luces de los faros de los demás coches en circulación con los que nos cruzamos. Dos de los tipos de bombillas más utilizadas para los faros de los vehículos son la lámpara de halógeno y la lámpara de xenón:

- La lámpara de halógeno contiene un filamento con tungsteno que se evapora cuando se enciende la lámpara y se combina con el halógeno para formar un haluro gaseoso. Tras el funcionamiento de la lámpara, el haluro se deposita sobre el filamento y cuando la lámpara se vuelve a encender se repite el ciclo<sup>3</sup>.

- La lámpara de xenón es un foco de descarga de gas. La bombilla es alargada y contiene un gas en su interior, además de una serie de electrodos a los lados. Suele ser de vidrio<sup>4</sup>. Los electrones liberados por la diferencia de potencial de electrodos circulan a través del gas y producen emisiones ultravioletas que son transformadas en luz visible por el material fluorescente que recubre la cara interior de la bombilla<sup>5</sup>.

La lámpara de halógeno produce menos iluminación que la lámpara de xenón y tiene menor cantidad de su espectro dentro de las longitudes de onda corta, lo que empeora la visión periférica del conductor en comparación con la lámpara de xenón<sup>6</sup>.

Según la DGT<sup>7</sup> el 16% de los accidentes con víctimas en vías interurbanas se produjeron en situación nocturna sin iluminación. De los fallecidos en vías interurbanas, el 27% lo hicieron en noches sin iluminación,<sup>8</sup> siendo el tráfico nocturno menor que durante el día. El intervalo de horas entre las 20:00 y las 7:59 en vías interurbanas, que coincide de forma aproximada con la noche, constituye la franja horaria de mayor letalidad.

Sobre conducción e iluminación ya se han hecho algunas investigaciones, las cuales se han centrado más en pacientes con patologías, como estudios que comparan entre sí pacientes con diferentes lentes intraoculares<sup>9,10,11</sup> y comparación de pacientes a los que se les ha corregido el astigmatismo de diferentes formas<sup>12</sup>, todos ellos en simuladores de deslumbramiento.

Sanz M.

Influencia de la localización de la fuente deslumbrante en la medida de la sensibilidad al contraste con el optotipo Pelli-Robson (IOBA-HAXEM).

También hay estudios en pacientes sin patologías oculares como en los que se comprueban los efectos en la conducción ante una exposición prolongada de luces deslumbrantes<sup>13</sup> o del efecto de los deslumbramientos a la hora de elegir el margen de seguridad de tiempo para cruzar una intersección<sup>14</sup>. Ambos estudios realizados en simulador de conducción.

Hay más factores además de la luminosidad y el período del día que pueden influir en que un accidente de tráfico se produzca, tales como la antigüedad del vehículo, que el vehículo tenga las inspecciones técnicas en regla y que tenga un mantenimiento adecuado<sup>7</sup>.

## **1.2 Adaptación retiniana a las condiciones lumínicas ambientales:**

Cuando se pasa de iluminación fotópica a iluminación escotópica ocurre un proceso en la retina llamado "adaptación luz-oscuridad"<sup>15</sup>. En él, los conos y los bastones de la retina tratan de recuperar su sensibilidad propia de las condiciones fotópicas, aunque lo hacen a diferente velocidad<sup>15</sup>. Al comienzo de la adaptación, el umbral es mucho mayor en bastones que en conos en un estímulo con una longitud de onda de 420 nm. Esto es así porque son los conos los que se encargan de detectar los estímulos. Durante la adaptación a la oscuridad, llega un punto en el que los bastones son más sensibles a los estímulos que los conos. Esto ocurre aproximadamente a los 10 minutos de comenzar la adaptación a la oscuridad<sup>16</sup>. A medida que pasa el tiempo de adaptación a las condiciones mesópicas, la sensibilidad de los bastones será mayor que las de los conos.

En la adaptación de oscuridad a luz, la cual dura unos segundos<sup>17</sup>, bastones y conos actúan de forma diferente<sup>16</sup>: Los bastones tienen cuatro zonas en la curva de adaptación a la luz cuando se presenta un estímulo luminoso sobre una zona de adaptación de menor intensidad luminosa:

- La primera está limitada por las interconexiones entre neuronas.
- La segunda zona es aquella en la que el incremento del umbral es igual a la raíz cuadrada de la intensidad de fondo.
- En la tercera zona se sigue la ley de Weber, en la cual aumenta la intensidad del brillo de fondo de forma constante al incremento del umbral, obteniendo de esta forma la fracción de Weber, que es el incremento del umbral ( $\Delta I$ ) dividido entre la intensidad del brillo de fondo ( $I_B$ ) la cual nos da la constante, que es de 0,14 ( $\Delta I/I_B=0,14$ ).
- En la cuarta zona los bastones se encuentran saturados por la iluminación de fondo.

Los conos también siguen la ley de Weber, pero se adaptan mucho más rápido a la luz ya que son mucho más sensibles a ella que los bastones. Su constante de Weber tiene un valor de 0,015.

Sanz M.

Influencia de la localización de la fuente deslumbrante en la medida de la sensibilidad al contraste con el optotipo Pelli-Robson (IOBA-HAXEM).

### **1.3 Deslumbramientos. Definición y tipos:**

Un deslumbramiento es “una luz que no ayuda a la visión”, ya que es demasiado intensa o es variable dentro del campo visual. Los tipos de deslumbramientos que hay son los siguientes <sup>17</sup>:

- Deslumbramiento incapacitante: Consiste en una luminancia de velo que se forma en la retina, la cual reduce la sensibilidad al contraste. Es causada por la dispersión ocular <sup>18</sup>, la cual es un fenómeno de naturaleza óptica que produce un efecto similar a la difracción en todos los ojos, especialmente en los que tienen alguna opacidad de medios.

- Deslumbramiento incómodo: está causado por una iluminación demasiado intensa o variable. Causa molestia en cada persona de forma diferente, y se podría definir como un deslumbramiento psicológico.<sup>19</sup> Se debe a que las neuronas que transmiten la información visual se encuentran saturadas por la hiperexcitabilidad que produce el deslumbramiento sobre ellas.

- Deslumbramiento fulgurante: Ocurre cuando una luz de alta intensidad llega a toda la retina. Se produce en ambientes muy brillantes como en la nieve además de por proyectores y láseres.

- Deslumbramiento escotomático: Causa postimágenes y alteraciones transitorias de la visión por un excesivo blanqueamiento del fotorreceptores macular.

### **1.4 Sensibilidad al contraste. Definición y medida:**

La sensibilidad al contraste es la inversa de la mayor cantidad de contraste necesario para poder ver un objeto. Cuanto más contraste se necesite para ver un objeto menos sensibilidad al contraste se tendrá <sup>20</sup>.

Entre los diferentes métodos para evaluar la sensibilidad al contraste destacan los test de medida de la sensibilidad al contraste de letras <sup>21</sup>, el test CSV-1000 <sup>22</sup>, o los test de letras diseñados específicamente para la realización de la investigación <sup>23</sup>.

Sanz M.

Influencia de la localización de la fuente deslumbrante en la medida de la sensibilidad al contraste con el optotipo Pelli-Robson (IOBA-HAXEM).

## **2. Justificación:**

Viendo las cifras de siniestralidad extraídas del informe de la DGT que relaciona los accidentes con víctimas mortales y la iluminación ambiente parece un área de estudio interesante el analizar cómo afecta al sistema visual las luces deslumbrantes que nos podemos encontrar en condiciones mesópicas durante la conducción y con ello ayudar a esclarecer la influencia de las luces que pueden ser productoras de deslumbramientos como factor de riesgo de accidentes de tráfico o de impedimento de una conducción segura.

Sanz M.

Influencia de la localización de la fuente deslumbrante en la medida de la sensibilidad al contraste con el optotipo Pelli-Robson (IOBA-HAXEM).

### **3. Hipótesis y objetivo:**

#### **3.1 Hipótesis:**

Existen fuentes deslumbrantes que según la localización respecto a la línea de visión del conductor influyen de diferente manera en su sensibilidad al contraste, afectando con ello a su tiempo de reacción de diferente forma, lo cual puede influir en la medida obtenida con el test de sensibilidad al contraste Pelli-Robson según se sitúe la fuente deslumbrante a su derecha o izquierda.

#### **3.2 Objetivo:**

Con este estudio trataremos de dilucidar si en una situación de conducción con iluminación mesópica influye la localización en la que se encuentra una fuente deslumbrante en la sensibilidad al contraste del paciente.

Sanz M.

Influencia de la localización de la fuente deslumbrante en la medida de la sensibilidad al contraste con el optotipo Pelli-Robson (IOBA-HAXEM).

#### 4. Pacientes, material y método:

Este estudio fue aprobado por el Comité Ético de Investigación del Instituto Universitario de Oftalmobiología Aplicada (IOBA), de la Universidad de Valladolid (UVa), mediante la aceptación de la documentación presentada sobre el mismo.

##### 4.1 Participantes:

Como criterio de inclusión se estableció que los pacientes debían ser mayores de 18 años y como criterios de exclusión el que los pacientes estuvieran siguiendo algún tratamiento ocular, que tuvieran alguna enfermedad ocular conocida y/o que estuvieran intervenidos quirúrgicamente en alguno de los dos ojos.

En caso de no cumplir el criterio de inclusión o cumplir los de exclusión el paciente no podía participar en el estudio.

Los participantes debían acudir a las pruebas con su corrección habitual para lejos, ya fueran gafas o lentes de contacto.

##### 4.2 Procedimiento experimental:

A cada participante se le realizaron la siguiente serie de pruebas y medidas, diseñadas para cumplir con el objetivo de este estudio.

Se realizaron unas pruebas iniciales en gabinete para conocer la agudeza visual y el estado refractivo del paciente:

- Historia clínica: Una vez comprobada la mayoría de edad del paciente, se preguntó por patologías y cirugías oculares, además de interrogar sobre la toma de algún tratamiento ocular para ver si presentaban alguno de los criterios de exclusión.

- Medida de la agudeza visual con corrección ( $AV_{cc}$ ): Se utilizó un panel de optotipos Early Treatment Diabetic Retinopathy Study (ETDRS), adaptado para realizar las medidas a cuatro metros de distancia del paciente. Las medidas se realizaron con el gabinete a oscuras, con el panel de optotipos encendido. Se tomó la  $AV_{cc}$  primero en ojo derecho (OD), después en ojo izquierdo (OI) y por último la AV binocular. Se preguntó al paciente en cada medida por la última fila que era capaz de ver. Se anotó la AV del paciente en la escala de logaritmo de mínimo ángulo de resolución (LogMAR).



Fig.1a y 1b Panel de optotipos "Early Treatment Diabetic Retinopathy Study" (ETDRS) utilizado y situación de visión del mismo de los pacientes

Sanz M.

Influencia de la localización de la fuente deslumbrante en la medida de la sensibilidad al contraste con el optotipo Pelli-Robson (IOBA-HAXEM).

- Medida de la potencia en gafa mediante frontofocómetro: Se realiza en aquellos pacientes que traían gafa como corrección para hacer la prueba y conocer así de forma precisa su graduación actual.
- Refracción objetiva mediante autorrefractómetro: Se realizaron tres medidas de cada ojo obteniendo en cada una de ellas la refracción y la queratometría corneal del paciente. Se utilizó el autorrefractómetro KR8900 de Topcon.



Fig. 2a y 2b: Diferentes vistas del autorrefractómetro utilizado

Tras estas pruebas iniciales pasábamos al simulador IOBA-HAXEM, el cual simula condiciones mesópicas de conducción y consta de los siguientes componentes:

- Test de optotipos Pelli-Robson situado enfrente del paciente.
- Silla para que se siente el paciente durante la prueba, situada a un metro del test Pelli-Robson.
- Papel anti-reflejante con el que se forraron las paredes.
- Foco alto que simula la luz del coche propio, situado por encima del paciente detrás de la silla.
- Foco bajo que simula la luz de un coche que se acerca con dos intensidades de deslumbramiento (halógeno y xenón). El foco está situado enfrente del paciente.
- Cuadro de mandos del foco bajo.
- Pupilómetro de Colvard.



Fig.3a y 3b: Simulador de deslumbramiento IOBA-HAXEM y pupilómetro de Colvard

Sanz M.

Influencia de la localización de la fuente deslumbrante en la medida de la sensibilidad al contraste con el optotipo Pelli-Robson (IOBA-HAXEM).

Para que el simulador permita representar las condiciones mesópicas de conducción nocturna de una forma fiable era necesario que los pacientes tuvieran un período de adaptación a la oscuridad de diez minutos en la sala en la que se encuentra el simulador, ya que al entrar en ella, se producía un estado de ceguera temporal.

Durante este período de adaptación la luz, el foco alto permanecía encendido para simular las condiciones mesópicas de conducción. En este período de tiempo se explicaba al paciente el procedimiento a seguir durante la prueba de la siguiente manera:

*Lo que tenemos aquí es un simulador de conducción que imita las condiciones de luz en una noche sin iluminación externa. La luz del foco que tiene encima simula la luz del coche propio y la luz del foco que tiene enfrente simula la luz de un coche que se va acercando de frente. Voy a comprobar cómo influye en su sensibilidad al contraste la luz deslumbrante del coche que se va acercando. Para ello utilizaré el test de sensibilidad al contraste Pelli-Robson que tiene dado la vuelta con el fin de que no memorice las letras que contiene. En él, todas las letras que hay son del mismo tamaño y van disminuyendo de intensidad de tres en tres de izquierda a derecha y de arriba abajo. El primer triplete de letras es totalmente negro, y tendrá un contraste del 100% sobre el fondo blanco del test. Los siguientes tripletes de letras se irán haciendo más grises hasta que llegue un momento en el que le parecerá que ya no hay letras debido a que el contraste será prácticamente cero.*

*Lo primero que tendrá que hacer cuando pasen los diez minutos de adaptación a la oscuridad será buscar en el test de sensibilidad al contraste Pelli-Robson el triplete de letras de menor contraste que sea capaz de ver. A partir de ahora a este triplete le llamaremos triplete basal. Después le medirá el diámetro de sus pupilas mediante el pupilómetro de Colvard y podremos comenzar con las luces deslumbrantes. Al accionar estas luces, van aumentando durante cinco segundos, hasta que se apagan automáticamente. Le avisaré con una cuenta de tres para que sepa el momento en que la active. Tendrá que estar fijándose en el triplete basal y no mirar nunca a la luz directamente. Cuando encienda el foco, tendrá que tratar de ver el triplete basal. Si no puede, tendrá que buscar el triplete anterior al triplete basal, es decir, un triplete de mayor contraste. Si tampoco le ve, tendrá que seguir buscando hasta que dé con el triplete de mayor contraste más próximo a su triplete basal que sea capaz de ver haciendo frente al deslumbramiento. El orden de búsqueda a partir de su triplete basal es de derecha a izquierda y de abajo a arriba. En el momento que lo vea me ha de decir las letras que lo forman. Cuando se apague la luz buscará el triplete basal y me dirá las letras que contiene en el momento en que lo vea para que yo pueda medir su tiempo de recobro ante el deslumbramiento. Tras ello, habrá dos minutos entre cada luz deslumbrante (halógeno/xenón) en los que aprovecharemos para que me valore de forma subjetiva la molestia frente al deslumbramiento en el momento que más le haya incomodado el mismo. Esta sensación la evaluaremos mediante la escala de Boer, que es una escala que va del 1 al 9 siendo 1 insoportable y 9 inapreciable, con una serie de valores intermedios<sup>17</sup>. Ningún*

Sanz M.

Influencia de la localización de la fuente deslumbrante en la medida de la sensibilidad al contraste con el optotipo Pelli-Robson (IOBA-HAXEM).

*valor es incorrecto, será el número que considere oportuno en función de sus propias sensaciones.*

*Repetiremos los pasos desde que enciendo el foco deslumbrante con diferentes intensidades y con el foco a izquierda y derecha del test de letras.*

*Tras ello, encenderé la luz de la sala y me tendrá que decir el triplete de letras de menor contraste que vea. Le volveré a medir el diámetro de las pupilas mediante el pupilómetro de Colvard con la luz encendida y con ello habremos terminado.*



Fig. 4a y 4b: Diferencia de intensidad de luz halógena (izquierda) y luz xenón (derecha)

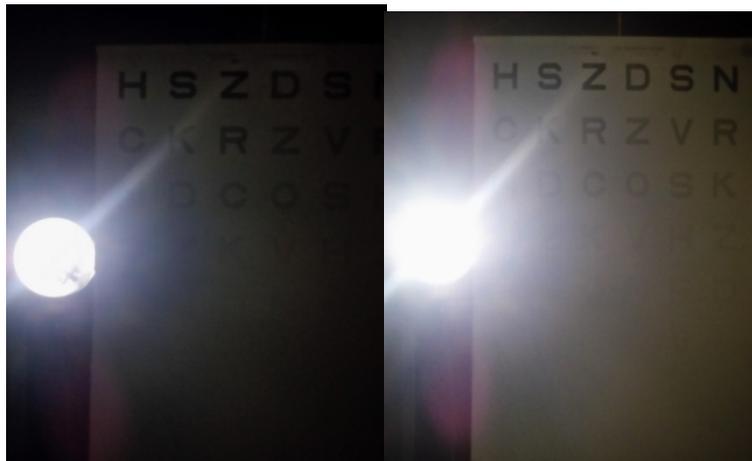


Fig. 5a y 5b: Situación de visión del paciente al encender el foco deslumbrante: halógeno (izquierda) y xenón (derecha)

El orden de encendido de las fuentes deslumbrantes y la posición del foco deslumbrante fue aleatorio mediante una tabla previamente establecida.

Un triplete de letras se considera como visto si el paciente es capaz de leer dos de las tres letras que lo componen.

Todos los valores obtenidos fueron anotados en una hoja de recogida de datos para la construcción de una base de datos y su posterior análisis estadístico.

Sanz M.

Influencia de la localización de la fuente deslumbrante en la medida de la sensibilidad al contraste con el optotipo Pelli-Robson (IOBA-HAXEM).

### 4.3 Análisis estadístico:

Se procedió a analizar los resultados del estudio mediante el programa informático Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) de la empresa International Business Machine (IBM). Todas las variables analizadas fueron numéricas.

Los análisis realizados fueron los siguientes:

- Un análisis descriptivo obteniendo la media, la desviación estándar y los valores máximo y mínimo, comparando cada variable en la primera visita y en la segunda del paciente en una tabla, de las siguientes variables:

- AV (de ojo derecho, ojo izquierdo y binocular).
- EE de cada ojo obtenido mediante autorrefractómetro.
- SC en condiciones mesópicas y fotópicas.
- $\emptyset$  Pup fot y  $\emptyset$  Pup mes en OD y OI en mm.
- Rec y B.

- Un análisis en el que se enfrentan los resultados que más interesan para cumplir el objetivo del trabajo:

- SC en halógeno a izquierda y derecha del test Pelli-Robson desde el punto de vista del observador en la primera visita del paciente.
- SC en xenón a izquierda y derecha del test Pelli-Robson desde el punto de vista del observador en la primera visita del paciente.
- SC en halógeno a izquierda y derecha del test Pelli-Robson desde el punto de vista del observador en la segunda visita del paciente.
- SC en xenón a izquierda y derecha del test Pelli-Robson desde el punto de vista del observador en la segunda visita del paciente.

Se calculó la media y la desviación estándar de cada variable así como de las diferencias entre ellas. Se realizó un análisis de la prueba T para muestras pareadas, obteniendo así un p-valor, además de calcular el intervalo de confianza para la diferencia al 95%.

Por último se calcularon los límites de concordancia superior e inferior a partir de la media y la desviación estándar mediante las siguientes fórmulas:

$$\begin{aligned}\text{Límite inferior} &= \text{Media} - (\text{desviación estándar} * 1,96) \\ \text{Límite superior} &= (\text{Desviación estándar} * 1,96) + \text{media}\end{aligned}$$

Se creó también un diagrama de dispersión simple con la media (eje X) y la diferencia (eje Y) como variable para ver la relación entre ambos.

Sanz M.

Influencia de la localización de la fuente deslumbrante en la medida de la sensibilidad al contraste con el optotipo Pelli-Robson (IOBA-HAXEM).

## 5. Resultados:

Mediante el análisis estadístico descrito en el apartado 4.3 se obtuvieron los resultados indicados a continuación. La media de edad de los participantes fue de 31,54 años  $\pm$  16,1374327 DS.

	Primeravista				Segundavista			
	Med	DS	Min	Max	Med	DS	Min	Max
AV <sub>OD</sub>	0,01	0,14	-0,20	0,50	0,01	0,13	-0,20	0,42
AV <sub>OI</sub>	-0,05	0,12	-0,20	0,42	-0,06	0,11	-0,20	0,44
AV <sub>bin</sub>	-0,06	0,10	-0,30	0,20	-0,07	0,09	-0,28	0,10
EE <sub>OD</sub>	-1,6	3,04	-10,75	4,50	-1,60	3,09	-10,75	4,50
EE <sub>OI</sub>	-1,36	2,83	-7,75	4,25	-1,38	2,83	-7,75	4,25
Ø Pup mes OD	5,92	0,98	4,00	8,50	6,00	0,99	4,00	9,00
Ø Pup mes OI	5,87	1,01	4,00	8,50	6,04	0,97	4,00	9,00
Ø Pup fot OD	3,80	0,80	2,00	5,00	3,78	0,85	2,00	6,00
Ø Pup fot OI	3,76	0,86	2,00	5,00	3,78	0,86	2,00	6,00
SC mes	1,07	0,11	0,75	1,20	1,11	0,12	0,75	1,35
SC fot	1,63	0,07	1,35	1,80	1,63	0,07	1,35	1,80
Ha De (Rec)	3,10	2,29	0,00	11,40	3,44	2,13	0,00	11,70
Ha De (B)	5,88	1,61	3	9	5,70	1,16	3	9
Ha Iz (Rec)	2,97	2,38	0,00	11,94	2,91	1,86	0,00	7,73
Ha Iz (B)	6,10	1,42	3	9	6,08	1,24	3	9
Xe De (Rec)	3,82	2,55	0,00	11,88	3,59	1,99	0,00	10,59
Xe De (B)	5,00	1,53	2	8	5,08	1,32	3	8
Xe Iz (Rec)	3,23	2,23	0,00	12,08	2,87	1,75	0,00	7,84
Xe Iz (B)	5,24	1,51	3	9	5,22	1,43	3	8

**Tabla 1:** Representación de los datos obtenidos de las variables descriptivas donde **AV<sub>OD</sub>** indica agudeza visual en ojo derecho, **AV<sub>OI</sub>** indica agudeza visual en ojo izquierdo, **AV<sub>bin</sub>** indica agudeza visual binocular, **EE<sub>OD</sub>** indica equivalente esférico de ojo derecho, **EE<sub>OI</sub>** indica equivalente esférico de ojo izquierdo, **Ø Pup mes OD** indica diámetro pupilar en condiciones mesópicas de ojo derecho, **Ø Pup mes OI** indica diámetro pupilar en condiciones mesópicas de ojo izquierdo, **Ø Pup fot OD** indica diámetro pupilar en condiciones fotópicas de ojo derecho, **Ø Pup fot OI** indica diámetro pupilar en condiciones fotópicas de ojo izquierdo, **SC mes** indica sensibilidad al contraste en condiciones mesópicas, **SC fot** indica sensibilidad al contraste en condiciones fotópicas, **Ha De** indica que la medida es con halógeno y a la derecha, **Ha Iz** con halógeno y a la izquierda, **Xe De** con xenón a la derecha, **Xe Iz** con xenón y a la izquierda, **Rec** es el tiempo de recobro, **B** es la medida del grado de molestia de la luz deslumbrante mediante escala de Boer, **Med** la media, **DS** la desviación estándar, **Min** el valor mínimo y **Máx** el valor máximo.

	N	Med	DS	p	Inferior	Superior	LI	LS
Halógeno visita uno	50	-0,054	0,154	<b>0,017</b>	-0,098	-0,010	-0,355	0,247

**Tabla 2:** Datos obtenidos a partir de la diferencia de las medidas obtenidas con el foco deslumbrante en **halógeno en la visita uno** a derecha e izquierda del test Pelli-Robson.

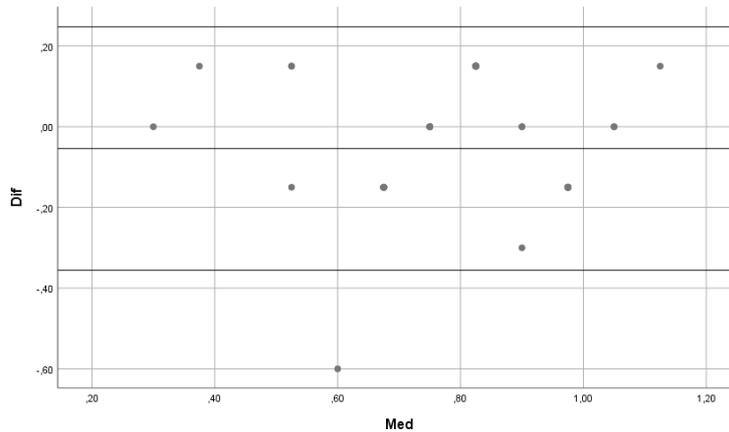
**N** indica el número de participantes del estudio, **Med** la media de la diferencia, **DS** la desviación estándar de la diferencia, **p** es el valor p de la muestra con un valor de la prueba de cero, **inferior** y **superior** son los intervalos de confianza inferior y superior de la diferencia al 95% y **LI** y **LS** son los límites inferior y superior de la diferencia.

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre izquierda y derecha en esta variable. Se observó mayor pérdida de tripletes de letras en la medida de la SC estando el foco a la derecha del Pelli-Robson.

Se consideró clínicamente relevante una diferencia igual o superior a 0,3 logSC desde la media a cada uno de los dos límites, lo cual no se cumple en este caso.

Sanz M.

Influencia de la localización de la fuente deslumbrante en la medida de la sensibilidad al contraste con el optotipo Pelli-Robson (IOBA-HAXEM).



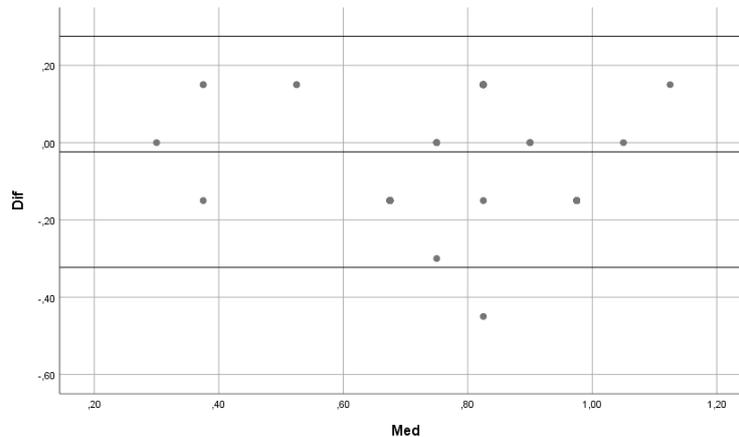
**Gráfico 1:** Diagrama de dispersión simple de la diferencia de las medidas obtenidas con el foco deslumbrante en halógeno en la visita uno a derecha e izquierda del test Pelli-Robson. La variable X (Med) corresponde a la media y la variable Y (Dif) a la diferencia.

	N	Med	DS	p	Inferior	Superior	LI	LS
<b>Xenón visita uno</b>	50	-0,024	0,156	0,272	-0,067	-0,019	-0,323	0,275

**Tabla 3:** Datos obtenidos a partir de la diferencia de las medidas obtenidas con el foco deslumbrante en xenón en la visita uno a derecha e izquierda del test Pelli-Robson.

**N** indica el número de participantes del estudio, **Med** la media de la diferencia, **DS** la desviación estándar de la diferencia, **p** es el valor p de la muestra con un valor de la prueba de cero, **inferior** y **superior** son los intervalos de confianza inferior y superior de la diferencia al 95% y **LI** y **LS** son los límites inferior y superior de la diferencia.

No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre izquierda y derecha en esta variable. Se consideró clínicamente relevante una diferencia igual o superior a 0,3 logSC desde la media a cada uno de los dos límites, lo cual no se cumple en este caso.



**Gráfico 2:** Diagrama de dispersión simple de la diferencia de las medidas obtenidas con el foco deslumbrante en xenón en la visita uno a derecha e izquierda del test Pelli-Robson. La variable X (Med) corresponde a la media y la variable Y (Dif) a la diferencia.

	N	Med	DS	p	Inferior	Superior	LI	LS
<b>Halógeno visita dos</b>	50	-0,015	0,149	0,481	-0,057	-0,027	-0,307	0,277

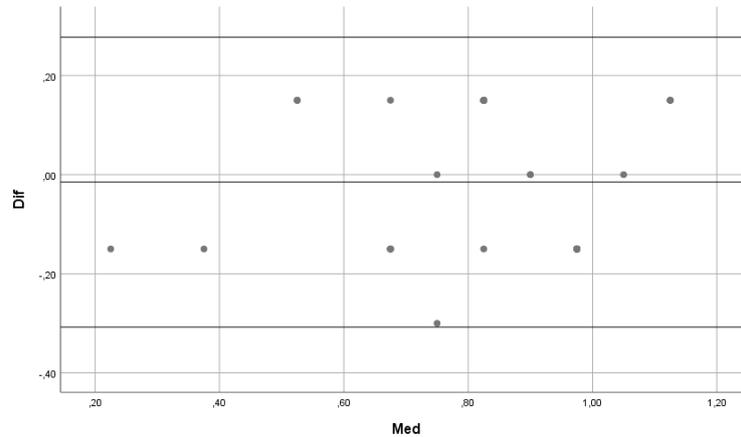
**Tabla 4:** Datos obtenidos a partir de la diferencia de las medidas obtenidas con el foco deslumbrante en halógeno en la visita dos a derecha e izquierda del test Pelli-Robson.

**N** indica el número de participantes del estudio, **Med** la media de la diferencia, **DS** la desviación estándar de la diferencia, **p** es el valor p de la muestra con un valor de la prueba de cero, **inferior** y **superior** son los intervalos de confianza inferior y superior de la diferencia al 95% y **LI** y **LS** son los límites inferior y superior de la diferencia.

No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre izquierda y derecha en esta variable. Se consideró clínicamente relevante una diferencia igual o superior a 0,3 logSC desde la media a cada uno de los dos límites, lo cual no se cumple en este caso.

Sanz M.

Influencia de la localización de la fuente deslumbrante en la medida de la sensibilidad al contraste con el optotipo Pelli-Robson (IOBA-HAXEM).



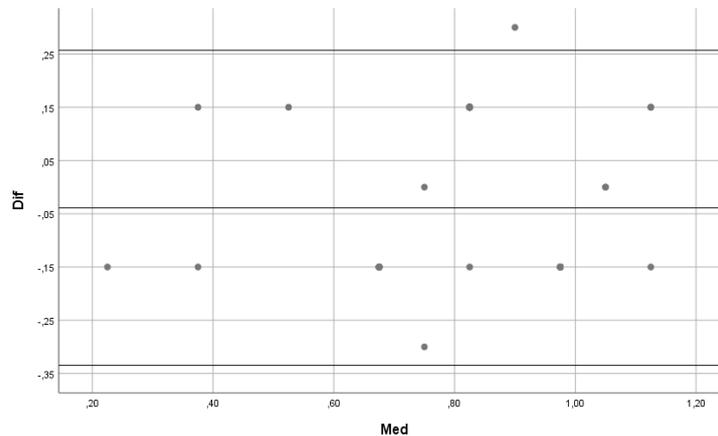
**Gráfico 3:** Diagrama de dispersión simple de la diferencia de las medidas obtenidas con el foco deslumbrante en **halógeno en la visita dos** a derecha e izquierda del test Pelli-Robson. La variable X (Med) corresponde a la media y la variable Y (Dif) a la diferencia.

	N	Med	DS	p	Inferior	Superior	LI	LS
<b>Xenón visita dos</b>	50	-0,039	0,151	0,074	-0,082	0,039	-0,335	0,257

**Tabla 5:** Datos obtenidos a partir de la diferencia de las medidas obtenidas con el foco deslumbrante en **xenón en la visita dos** a derecha e izquierda del test Pelli-Robson.

**N** indica el número de participantes del estudio, **Med** la media de la diferencia, **DS** la desviación estándar de la diferencia, **p** es el valor p de la muestra con un valor de la prueba de cero, **inferior** y **superior** son los intervalos de confianza inferior y superior de la diferencia al 95% y **LI** y **LS** son los límites inferior y superior de la diferencia.

No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre izquierda y derecha en esta variable. Se consideró clínicamente relevante una diferencia igual o superior a 0,3 logSC desde la media a cada uno de los dos límites, lo cual no se cumple en este caso.



**Gráfico 4:** Diagrama de dispersión simple de la diferencia de las medidas obtenidas con el foco deslumbrante en **xenón en la visita dos** a derecha e izquierda del test Pelli-Robson.

La variable X (Med) corresponde a la media y la variable Y (Dif) a las diferencias.

## 6. Discusión:

Los resultados obtenidos en las variables analizadas nos llevan a comprobar si son estadísticamente significativos, clínicamente relevantes o ambas cosas.

- En cuanto a las diferencias estadísticamente significativas de la medida de la sensibilidad al contraste a izquierda y a derecha del test Pelli-Robson, se considera estadísticamente significativo el que el valor  $p$  de la variable sea menor de 0,05. En las variables xenón en la visita uno, halógeno en la visita dos y xenón en la visita dos el valor  $p$  no es menor de 0,05 y por lo tanto no son estadísticamente significativas. En la variable halógeno en visita uno el valor  $p$  sí es menor de 0,05 y por lo tanto es la única diferencia entre dos medidas estadísticamente significativa, quizá porque es una variable en la que se observaba en la base de datos una gran variabilidad de resultados en la diferencia en cada uno de los pacientes. En el resto de variables en la base de datos se observaba un patrón de diferencias más uniforme. Consideramos que la variable halógeno en visita dos no ha resultado estadísticamente significativa por efecto de aprendizaje de los pacientes al haber realizado ya una visita al simulador.

- En cuanto a su significación clínica, se consideró a priori por parte de los investigadores como clínicamente relevante el que hubiera una diferencia de dos tripletes de letras por encima y por debajo de la media (un valor de 0,3 en escala logSC) en la medida de la sensibilidad al contraste con la luz deslumbrante (halógeno o xenón) a la izquierda o a la derecha del Pelli-Robson.

Los resultados obtenidos en el estudio no son clínicamente relevantes puesto que en todas las variables la diferencia es de aproximadamente dos tripletes entre la media y cada uno de los límites (un valor de 0,3 en logSC aproximadamente en ambos casos). Como ya hemos dicho, la diferencia clínicamente relevante sería de 0,3 entre la media y cada límite. Como en ninguno de los resultados se alcanza ese límite podemos considerar que los resultados son clínicamente no relevantes.

En lo que al método seguido para llegar a estos resultados, consideramos que es adecuado porque los resultados obtenidos son similares en las cuatro variables estudiadas en cuanto a relevancia clínica en todas las variables y en cuanto a significación estadística en tres de las cuatro variables, además de haber tenido un tamaño muestral adecuado de cincuenta pacientes. También consideramos necesaria la evaluación de la afectación de los deslumbramientos a partir de la medida de la SC en lugar de la AV porque nos permite una medida más completa de la función visual que la AV, ya que permite explorar situaciones de visión más reales que el estado de contraste de 100% existente en la medida de la AV, el cual no se podrá encontrar nunca en una situación de conducción en condiciones mesópicas.

Consideramos que dentro del método seguido hay algunas mejoras que se pueden realizar para aumentar la fiabilidad del mismo, como evitar tener que cambiar el foco deslumbrante de posición para realizar las medidas a derecha o a izquierda del test de Pelli-Robson, quedando la duda de esta forma de si

Sanz M.

Influencia de la localización de la fuente deslumbrante en la medida de la sensibilidad al contraste con el optotipo Pelli-Robson (IOBA-HAXEM).

siempre se han hecho las medidas en posiciones exactas o con el foco deslumbrante en el mismo ángulo de giro aunque estuviera en parte solucionado quedando siempre el foco pegado al test de Pelli-Robson y estando siempre a la misma altura tanto el test como el foco deslumbrante.

En cuanto a estudios similares realizados en pacientes sin patologías oculares en simuladores de deslumbramiento, T.A. Ranney et al <sup>13</sup> estudiaron la influencia del deslumbramiento para detectar objetos durante o tras el deslumbramiento en un simulador de conducción de camión durante largos períodos de tiempo y R. Gray y D. Regan <sup>14</sup> estudiaron la influencia del deslumbramiento en el margen de seguridad en un simulador de conducción dando vueltas a una intersección en el que previamente se había medido la sensibilidad al contraste con y sin deslumbramiento de los participantes. Comparando nuestro estudio con los resultados obtenidos en ambos, aunque no se centren en la dirección por la que incide la fuente deslumbrante al conductor ya que se encontraron cambios de tiempo en la detección de objetivos y en los márgenes de seguridad durante la conducción respectivamente debido a deslumbramientos, se puede establecer que es un factor digno de estudio el cómo afectan las luces deslumbrantes en cortos períodos de tiempo durante la conducción y que realmente es un factor que disminuye la sensibilidad al contraste del conductor, al permitir tiempos de reacción menores ante riesgo de accidente.

Sanz M.

Influencia de la localización de la fuente deslumbrante en la medida de la sensibilidad al contraste con el optotipo Pelli-Robson (IOBA-HAXEM).

## **7. Conclusión:**

Parece que la localización de la fuente deslumbrante no influye de manera clínicamente relevante en la medida de la sensibilidad al contraste efectuada con el test Pelli-Robson.

Sanz M.

Influencia de la localización de la fuente deslumbrante en la medida de la sensibilidad al contraste con el optotipo Pelli-Robson (IOBA-HAXEM).

## 8. Bibliografía:

1. DGT. Censo de conductores - 2015 - Anuario. <http://www.dgt.es/es/seguridad-vial/estadisticas-e-indicadores/censo-conductores/tablas-estadisticas/> (23 de abril de 2017)
2. INE. Población (españoles/extranjeros) por edad (año a año) y sexo. <http://www.ine.es/dynt3/inebase/index.htm?type=pcaxis&file=pcaxis&path=%2Ft20%2Fe245%2Fp04%2F%2Fa2016> (23 de abril de 2017)
3. Westlund A , Audesse E, Palmer L, Huston L. (1974) Tungsten-halogen lamp. U.S. Patent No 3829729. Manchester, Marblehead, Salem (todos en Massachusetts); Derry (New Hampshire) : U.S. Patent and Trademark Office.
4. Pennybacker M. (1948). Gas discharge lamp. U.S. Patent No 2440832. Westport (Connecticut): U.S. Patent and Trademark Office.
5. Centro de transferencia de energía de la Universidad Politécnica de Cataluña (CITCEA-UPC). Lámpara de descarga. Conceptos. <http://recursos.citcea.upc.edu/llum/lamparas/ldesc1.html> (15 de abril de 2017)
6. Bullough, J, Fu Z, Van Derlofske J. Discomfort and Disability Glare from Halogen and HID Headlamp Systems. En SAE 2002 World Congress. Detroit (Michigan), 2002.
7. DGT. Las principales cifras de la siniestralidad vial. España 2015. <http://www.dgt.es/es/seguridad-vial/estadisticas-e-indicadores/publicaciones/principales-cifras-siniestralidad/index.shtml> (7 de febrero de 2017)
8. DGT. Precaución si conduce de noche. [http://revista.dgt.es/es/noticias/nacional/2016/07JULIO/0708-Consejos-Conduccion-Segura-de-Noche.shtml#.WNFao\\_nhDIU](http://revista.dgt.es/es/noticias/nacional/2016/07JULIO/0708-Consejos-Conduccion-Segura-de-Noche.shtml#.WNFao_nhDIU) (21 de marzo de 2017)
9. Gray R, Perkins SA, Suryakumar R, Neuman B, Maxwell WA. Reduced effect of glare disability on driving performance in patients with blue light-filtering intraocular lenses. J Cataract Refract Surg. 2011;1:38-44.
10. Gray R, Hill W, Neuman B, Houtman D, Potvin R. Effects of a blue light-filtering intraocular lens on driving safety in glare conditions. J Cataract Refract Surg. 2012;5:816-22.
11. Featherstone KA, Bloomfield JR, Lang AJ, Miller-Meeks MJ, Woodworth G, Steinert RF. Driving simulation study: bilateral array multifocal versus bilateral AMO monofocal intraocular lenses. J Cataract Refract Surg. 1999;9 :1254-1262.
12. Schallhorn S, Tanzer D, Sanders DR, Sanders M, Brown M, Kaupp SE. Night driving simulation in a randomized prospective comparison of Visian toric implantable collamer lens and conventional PRK for moderate to high myopic astigmatism. J Refract Surg. 2010;5:321-326.
13. Ranney TA, Simmons LA, Masaloni AJ. Prolonged exposure to glare and driving time: effects on performance in a driving simulator. Accid Anal Prev. 1999; 6:601-610.
14. Gray R, Regan D. Glare susceptibility test results correlate with temporal safety margin when executing turns across approaching vehicles in simulated low-sun conditions. Ophthalmic Physiol Opt. 2007; 5:440-450.
15. Schwartz S. The duplex retina. En: Schwartz S. Visual Perception. A Clinical Orientation; New York (USA): Mc Graw Hill; 2010: Pag: 37-47.
16. Zele AJ , Cao D. Vision under mesopic and scotopic illumination. Frontiers in Psychology. 2014; 5: 1594.
17. Mainster MA, Turner PL. Glare's Causes, Consequences, and Clinical Challenges After a Century of Ophthalmic Study. AJO. 2012:587-593.
18. Piñero DP, Ortiz D, Alio JL. Ocular scattering. Optom Vis Sci. 2010; 87: 682-696.
19. Bargary G, Furlan M, Raynham PJ, Barbur JL, Smith AT. Cortical hyperexcitability and sensitivity to discomfort glare. Neuropsychologia. 2015;69:194-200.

Sanz M.

Influencia de la localización de la fuente deslumbrante en la medida de la sensibilidad al contraste con el optotipo Pelli-Robson (IOBA-HAXEM).

20. Martín R, Vecilla G. Sensibilidad al contraste. En: Martín R, Vecilla G. Manual de Optometría. Madrid: Editorial Médica Panamericana. 2010: Pag. 28.

21. Gray R, Regan D. Glare susceptibility test results correlate with temporal safety margin when executing turns across approaching vehicles in simulated low-sun conditions. *Ophthalmic Physiol Opt.* 2007; 5:440-450.

22. Issolio L, Colombo E. La función de sensibilidad al contraste en ojos normales. *ANALES AFA.* 1997; 8: 64-67.

23. Gutiérrez MJ, Aparicio JA, Menéndez JA, Matesanz BM, Arranz I, Vizmanos JG, González VR, Mar S. Invariancia de la sensibilidad al contraste frente a cambios en la luminancia de entorno. *Opt. Pura Apl.* 2008; 41: 1-7.

24. Pelli DG, Robson JG, Wilkins AJ. The design of a new letter chart for measuring contrast sensitivity. *Clin. Vision Sci.* 1988; 2: 187-199.

Sanz M.

Influencia de la localización de la fuente deslumbrante en la medida de la sensibilidad al contraste con el optotipo Pelli-Robson (IOBA-HAXEM).

## Anexo: hoja de recogida de datos

Hoja de recogida de datos							
Número de paciente:				Fecha:			
Número de visita:				Fecha de nacimiento:			
Anamnesis: enfermedad ocular conocida, tratamiento sistémico, intervención ocular quirúrgica...							
Refracción actual							Autorefractómetro
	Esf	Cil	Eje	Ad	AV	AVbino	(pegar)
OD							
OI							
Ø pupilar escotópico							
OD							
OI							
SC deslumbramiento							
<i>Basal</i>				<i>Halógeno</i>		<i>Xenon</i>	
				Derecha	Izquierda	Derecha	Izquierda
Tiempo de recobro							
<i>Halógeno</i>				<i>Xenon</i>			
				Derecha	Izquierda	Derecha	Izquierda
Escala deBoer							
<i>Halógeno</i>				<i>Xenon</i>			
				Derecha	Izquierda	Derecha	Izquierda
				1. Insoportable	2.	3. Molesto	4.
				5. Aceptable	6.	7. Leve	8.
				9. Inapreciable			
0.00 HSZ DSN 0.15							
0.30 CKR ZVN 0.45							
0.60 NDC OSK 0.75							
0.90 OZK VHZ 1.05							
1.20 NHO RND 1.35							
1.50 VRC OVH 1.65							
1.80 CDS NDC 1.95							
2.10 KVZ OHR 2.25							
Ø pupilar fotópico							
OD							
OI							
SC fotópica							