



## **MÀSTER UNIVERSITARI EN OPTOMETRIA I CIÈNCIES DE LA VISIÓ**

### **TREBALL FINAL DE MÀSTER**

---

# **VALORACIÓN DE LA RECUPERACIÓN DE LA VISIÓN ANTE EL DESLUMBRAMIENTO PROVOCADO POR EL DESLUMBRÓMETRO INOPSA**

**INMACULADA SÁNCHEZ CONTRERAS**

**EULALIA SÁNCHEZ HERRERO / AURORA TORRENTS GÓMEZ  
DEPARTAMENTO DE ÓPTICA Y OPTOMETRÍA**

**28/10/2020**



## MÀSTER UNIVERSITARI EN OPTOMETRIA I CIÈNCIES DE LA VISIÓ

### AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero mostrar mi agradecimiento a mis dos directoras, Eulalia Sánchez y Aurora Torrents, por haberme brindado la oportunidad de realizar este trabajo. Gracias por ayudarme y guiarme durante el proceso con paciencia y dedicación.

Le agradezco sobre todo al que ha sido mi compañero de vida durante este Máster, gracias Antonio por el apoyo, por darme fuerzas cuando las pierdo y verme capaz de todo. Gracias también a mi fiel amiga Arya, por recordarme lo simple y bonita que es la vida.

Por último, agradezco como no a mi familia por el apoyo incondicional y ser resguardo cuando todo se oscurece.



## MÀSTER UNIVERSITARI EN OPTOMETRIA I CIÈNCIES DE LA VISIÓ

# VALORACIÓN DE LA RECUPERACIÓN DE LA VISIÓN ANTE EL DESLUMBRAMIENTO PROVOCADO POR EL DESLUMBRÓMETRO INOPSA

### RESUMEN

El objetivo del presente estudio ha sido realizar un montaje experimental para medir el deslumbramiento incapacitante de forma sencilla. Para ello, se ha medido el tiempo de recuperación de la visión al deslumbramiento provocado por el deslumbrómetro Inopsa. También se midió el tiempo de recuperación con un filtro terapéutico para comparar ambos resultados y comprobar si este ayudaba a una recuperación más rápida. Se incluyeron en el estudio un total de 15 observadores adultos sanos, sin patologías oculares, ni cirugías refractivas ni corneales previas. Los resultados mostraron que las medidas del tiempo con y sin filtro no seguían una distribución normal y que además el filtro no ayudaba a tener una recuperación más rápida. Se concluyó que la metodología llevada a cabo y el deslumbrómetro utilizado no eran los adecuados para una prueba de deslumbramiento. Esto ha ayudado a realizar mejoras en el montaje experimental para futuros trabajos.

**Palabras clave:** deslumbramiento, tiempo de recuperación, filtro.



## MÀSTER UNIVERSITARI EN OPTOMETRIA I CIÈNCIES DE LA VISIÓ

# VALORACIÓ DE LA RECUPERACIÓ DE LA VISIÓ DAVANT EL ENLLUERNAMENT PROVOCAT PEL DESLUMBRÓMETRO INOPSA

### RESUM

L'objectiu d'aquest estudi ha estat realitzar un muntatge experimental per mesurar l'enlluernament incapacitant de forma senzilla. Per a això, s'ha mesurat el temps de recuperació de la visió a l'enlluernament provocat per l'enlluernòmetre Inopsa. També es va mesurar el temps de recuperació amb un filtre terapèutic per comparar els dos resultats i comprovar si aquest ajudava a una recuperació més ràpida. Es van incloure en l'estudi un total de 15 observadors adults sans, sense patologies oculars, ni cirurgies refractives ni corneals prèvies. Els resultats van mostrar que les mesures de el temps amb i sense filtre no seguien una distribució normal i que a més el filtre no ajudava a tenir una recuperació més ràpida. Es va concloure que la metodologia duta a terme i l'enlluernòmetre utilitzat no eren els adequats per a prova d'enlluernament. Això ha ajudat a realitzar millores en el muntatge experimental per a futurs treballs.

**Paraules clau:** enlluernament, temps de recuperació, filtre.



## MÀSTER UNIVERSITARI EN OPTOMETRIA I CIÈNCIES DE LA VISIÓ

# ASSESSMENT OF THE RECOVERY OF THE VISION OF THE GLARE CAUSED BY THE INOPSA GLARE METER

### ABSTRAC

The aim of this study has been to carry out an experimental setup to measure disabling glare in a simple way. For this, the recovery time of vision to glare caused by the Inopsa glare meter has been measured. Recovery time was also measured with a therapeutic filter to compare both results and check if it helped a faster recovery. A total of 15 healthy adult observers, without ocular pathologies, or previous refractive or corneal surgeries, were included in the study. The results showed that the time measurements with and without the filter did not follow a normal distribution and that the filter did not help to have a faster recovery. It was concluded that the methodology carried out and the glare meter used were not suitable for a glare test. This has helped make improvements to the experimental setup for future work.

**Key words:** glare, recovery time, filter.



## Sumario

1.	INTRODUCCIÓN.....	8
2.	OBJETIVO .....	9
3.	DESLUMBRAMIENTO_ESTADO DEL ARTE .....	9
3.1.	Utilidad.....	13
3.2.	Métodos de medida .....	14
3.2.1	Evaluación del deslumbramiento mediante una luz puntual.....	15
3.2.2	Brightness Acuity Tester (BAT).....	15
3.2.3	Unidades comerciales de prueba de funciones visuales combinadas.....	16
3.2.4	Medidor de luz parásita y C-Quant. ....	16
3.2.5	Berkeley glare test.....	17
3.2.6	EpiGlare tester.....	17
3.2.7	Borderline between Comfort and Discomfort (BCD).....	18
3.2.8	Eger macular stressometer.....	19
3.2.9	Sistema OraLux.....	20
3.2.10	Macular Degeneration Detection Device (MDD-2).....	21
3.3.	Tabla-resumen de los métodos de medida.....	22
4.	METODOLOGÍA .....	23
4.1.	Participantes .....	23
4.2.	Material .....	23
4.3.	Método.....	28
4.3.1.	Determinación del nivel visual del observador .....	30



4.3.2.	Selección del Filtro .....	31
4.3.3.	Test de Deslumbramiento (ENT) .....	31
4.3.4.	Encuesta sobre deslumbramiento .....	31
4.2.	Análisis estadístico.....	34
5.	RESULTADOS.....	34
6.	DISCUSIÓN.....	41
6.1.	Nuevas aportaciones.....	43
7.	CONCLUSIONES.....	44
8.	BIBLIOGRAFÍA.....	46
	ANEXOS.....	52
	Anexo I- Carta de presentación.....	52
	Anexo II- Consentimiento informado.....	53

## 1. INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas ha habido un claro incremento de la esperanza de vida. La visión es uno de los sentidos más afectados por el envejecimiento. A lo largo del tiempo el ojo sufre cambios estructurales y funcionales que pueden comprometer la adaptación del individuo al medio y su capacidad de respuesta a distintas situaciones.

Una de las consecuencias de estos cambios a nivel estructural provoca una mayor difusión intraocular de la luz, lo que conduce a problemas de deslumbramiento, que se define como el efecto de la pérdida de contraste de la imagen en la retina debida a la luz difundida intraocular.

Algunas personas, pese a tener buena agudeza visual, pueden tener problemas de deslumbramiento que les dificultan llevar a cabo ciertas tareas de la vida diaria como puede ser conducir. También se han registrado casos de problemas de deslumbramiento tras cirugía de cataratas y cirugía refractiva a pesar de haber conseguido buena visión. Además, se ha podido comprobar que una prueba de deslumbramiento puede detectar cambios sutiles en cataratas tempranas y, mediante el tiempo de recuperación de la visión a un deslumbramiento, se pueden identificar problemas maculares (1) (2).

Todo esto nos hace pensar que el deslumbramiento es una prueba importante de realizar en la práctica clínica. El inconveniente es que a lo largo de la historia han ido apareciendo diferentes instrumentos y medidas para evaluación del deslumbramiento (BAT, luz puntual, Berkeley glare tester...), no existiendo en la actualidad un sistema sencillo y fiable que aporte resultados válidos.

De esta idea surge el motivo principal de este estudio, donde se pretende llevar a cabo un montaje experimental que permita cuantificar de forma sencilla la recuperación de la visión al deslumbramiento. Además, también se pretende valorar el tiempo de recuperación al deslumbramiento mediante un filtro terapéutico y comparar nuestros resultados con estudios anteriores.

El trabajo se ha dividido en siete apartados. Un primer apartado que consta de una breve introducción sobre el trabajo, un segundo apartado donde se presentan los objetivos del estudio, un tercer apartado donde se expone el estado del arte y se explican las características del deslumbramiento, los tipos que hay, su utilidad y los métodos de evaluación existentes, un cuarto apartado destinado a la metodología con la que se ha llevado a cabo el estudio seguido de un apartado donde se explican los resultados obtenidos. Un sexto apartado destinado a la discusión, y por último un apartado de conclusiones.



## 2. OBJETIVO

El presente estudio tiene como objetivo realizar un montaje experimental que permita cuantificar de un modo sencillo el deslumbramiento incapacitante. Para ello, se utilizará el programa Movilab (apartado “deslumbramiento”) para cuantificar el tiempo de recuperación de la visión al deslumbramiento ante la exposición del sujeto a una luz provocada por un deslumbrómetro Inopsa. Además, se pretende valorar el tiempo de recuperación de la visión a través un filtro seleccionado por el observador y comprobar si existen diferencias estadísticamente significativas entre ambos tiempos, o si en su caso, el filtro ayuda a tener una recuperación más rápida.

Los participantes son observadores adultos sin patologías oculares ni cirugías refractivas ni corneales previas.

## 3. DESLUMBRAMIENTO\_ESTADO DEL ARTE

Las estructuras que forman el sistema óptico del ojo distan mucho de ser homogéneas, haciendo que la imagen formada sobre la retina no sea perfecta, incluso habiendo neutralizado las posibles ametropías del sujeto. Una parte de la luz que llega a la retina se difunde fuera de la imagen principal e interfiere en la formación de una imagen nítida. En el caso del ojo humano, las estructuras responsables de la difusión son, en primer lugar, el cristalino (con un porcentaje del 40 al 50% del total de la luz difundida dentro del ojo), seguido por la córnea y por la propia retina (25-30% de la luz difusa en el ojo) (3).

El deslumbramiento es la consecuencia inmediata de la difusión de la luz fuera de la imagen principal. Este deslumbramiento se puede definir como el efecto de la pérdida de contraste de la imagen en la retina debida a la luz difundida intraocular. Esta luz difusa se superpone sobre la imagen retiniana, lo que causa una pérdida de nitidez de los contornos, un incremento del nivel de luz de fondo y una disminución del contraste (4).

El deslumbramiento es causado típicamente por una luminancia ambiental demasiado intensa o variable en el campo visual dificultando la visión (5)(6).

Las personas mayores son más sensibles al deslumbramiento debido al propio envejecimiento del ojo. Esto es debido a que presentan una mayor opacidad de los medios oculares y por tanto mayor difusión intraocular y disminución de la sensibilidad al contraste. Estas personas aun teniendo buena agudeza visual en condiciones normales, pueden tener discapacidad visual en tareas cotidianas que impliquen cambios de luz, deslumbramiento y bajo contraste (4).

Stiles en 1929, diferenció por primera vez el deslumbramiento incapacitante del deslumbramiento molesto (5)(7). El deslumbramiento incapacitante también llamado reflejo fisiológico, es aquel que

perjudica a la visió i al rendiment visual (5). Sin embargo, el deslumbramiento molesto es de tipo psicológico y es aquel que provoca molestias pero no causa discapacidad visual (6).

A continuació se detallen més específicament cada un dels tipus de deslumbrament:

- Deslumbrament incapacitant

El deslumbrament incapacitant es causat per la dispersió intraocular de la llum (straylight) que produeix una lluminància de vel en les imatges retinianes, i de aquesta manera redueix el seu contrast (5)(6)(4)(8). La pèrdua de contrast és més significativa en ambients escotòpics que en ambients fotòpics ja que els bastons, necessiten majors diferències de contrast per a la detecció de detalls, que els conos (5).

Aquest deslumbrament es causat per partícules en els mitjans oculars que causen un pas de llum no uniforme. El cristal·lí és el principal responsable del deslumbrament incapacitant ja que, amb l'edat, augmenta el nombre de proteïnes agrupades en el seu nucli i la lent es torna menys transparent, augmentant així la difusió de la llum dins de l'ull. La lluminància de vel causada per la dispersió intraocular és un fenomen òptic que no depèn de la neurofisiologia (5) sinó que depèn de: 1) la lluminància que la font de deslumbrament produeix en l'observador i la distància angular entre aquesta font i l'ull de l'observador (5)(8) i 2) l'edat de l'observador i la pigmentació ocular (5)(8)(9). Degut a que el deslumbrament es causat per la llum incident a la retina, aquesta dispersió es pot denominar dispersió cap endavant, mentre que la dispersió posterior o cap enrere és aquella que és reflectada pels mitjans oculars i pot ser vista per un observador extern, permeténdonos per exemple fer una exploració dels mitjans oculars amb llàmpara de fenditura (4).

La teoria de la dispersió de la llum, es pot explicar mitjançant dos models teòrics:

1. Dispersió de la llum tipus Rayleigh: és la dispersió per partícules el seu mida és menor que la longitud d'ona de la llum dispersa. La dispersió de Rayleigh és més efectiva en longituds d'ona curtes que llargues, per la qual cosa la llum blava es dispersa més eficaçment que la llum vermella (4). En aquest tipus de dispersió, la llum cap endavant és igual que la llum cap enrere (4).
2. Dispersió de la llum tipus Mie: és la dispersió de partícules sense límit de mida, no depèn de la longitud d'ona i preferentment dispersa la llum cap endavant (5)(4). La dispersió dels mitjans oculars no depèn en gran mesura de la longitud d'ona i per la qual cosa és predominantment la dispersió tipus Mie. Aquesta consideració és important, ja que la dispersió cap enrere que podem observar en un pacient amb llàmpara de fenditura no té per què equivaler a la dispersió cap endavant que arriba a la retina (5)(4)(8).

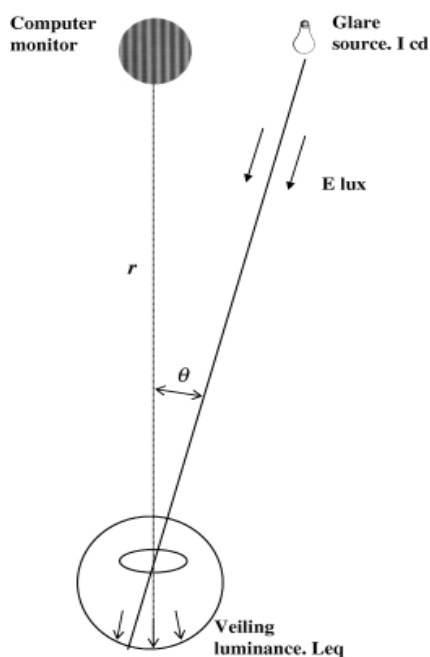
La luminancia de velo puede ser calculada por la formula clásica de Stiles-Holladay para excentricidades mayores a un grado.

$$L_v = \frac{10 E}{\theta^2} \quad (8)$$

*Fórmula 1: Fórmula de Stiles-Holladay para el cálculo de la luminancia de velo*

Donde  $L_v$  es la luminancia de velo equivalente, en  $\text{cd}/\text{m}^2$ ;  $E$  es la iluminancia incidente en el ojo por la fuente de deslumbramiento, en lux y  $\theta$  es el ángulo entre la línea de visión y la fuente de deslumbramiento, en grados (8). Esta ecuación se mantiene solo para valores de ángulo entre  $1^\circ$  y  $30^\circ$ . Para ángulos menores que  $1^\circ$ , es probable que los efectos neuronales estén presentes, pero más allá de  $1^\circ$ , es la óptica la que domina (8).

Por lo que cuanto menor sea la distancia angular entre la línea de visión y la fuente de deslumbramiento, mayor es la luminancia de velo (4).



*Ilustración 1: Luminancia de velo causada por la fuente de deslumbramiento (4).*

Vos. J.J en 2003, verificó esta ecuación según el rango de edad, nivel de pigmentación y la dispersión de los distintos medios oculares. Concluyendo que a partir de los 60 años el deslumbramiento incapacitante aumenta rápidamente, se duplica alrededor de los 70 años y se triplica alrededor de los 83 años (8).

- Deslumbramiento molesto

Este deslumbramiento produce incomodidad debido a una distribución inadecuada o a un rango de luminancias o contrastes extremos para una persona, lugar y tiempo en particular (10)(5). Este tipo de deslumbramiento es bastante común y no interfiere en el rendimiento visual.

La incomodidad por deslumbramiento depende de la capacidad de adaptación de un individuo a una luminancia y de las características de la fuente de luz. (5). Este deslumbramiento a menudo se cuantifica usando escalas subjetivas como el Índice De Boer que oscila entre 1 (imperceptible) y 9 (insoportable) (5)(11).

La mayoría de los estudios sobre el deslumbramiento molesto, se han centrado en las propiedades fotométricas de la fuente de deslumbramiento (12). Ha habido varios estudios destinados a vincular este deslumbramiento con índices fisiológicos (12)(13). Los primeros estudios se centraron en las fluctuaciones del tamaño de la pupila pero se encontró poca correlación el deslumbramiento molesto (12)(13). También se ha empleado técnicas electromiográficas (EMG) que examinaron la actividad muscular facial en condiciones de incomodidad y sugirieron que podrían usarse como una prueba objetiva para la incomodidad por deslumbramiento (12)(13). Bargary en 2015, se centró en esta última línea de investigación y concluyó que la sensibilidad al deslumbramiento molesto está determinada, en cierto grado, por la excitabilidad de las neuronas visuales (12).

Wolska (2014) realizó un estudio sobre la diferencia de molestia entre un grupo control (19-35años) y un grupo de mayores de 50 años. En ese estudio concluyeron que desde el punto de vista psicológico el deslumbramiento molesto fue mayor en el grupo control que en el grupo de mayores. Pero este último grupo, presentó mayor sensibilidad al deslumbramiento incapacitante y una menor eficiencia en el trabajo (10).

- Deslumbramiento escotomático o fotoestrés:

El deslumbramiento escotomático, es aquel que causa discapacidad visual cuando una persona se expone a una luz brillante y localizada. Puede confundirse con el deslumbramiento incapacitante ya que el fotoestrés también provoca discapacidad visual, pero la diferencia reside en que este último no estudia cuanto incapacita el deslumbramiento sino únicamente cuánto tarda en recuperarse la visión. El deslumbramiento se produce cuando los fotorreceptores, conos y bastones, se blanquean excesivamente (5). Este tipo de deslumbramiento reduce la sensibilidad retiniana y produce imágenes posteriores, que cambian de color conforme los fotorreceptores se regeneran. El tiempo de recuperación (PSRT siglas en inglés) a este deslumbramiento depende de los fotorreceptores retinianos y de la función del epitelio pigmentario (5). Este tiempo de recuperación al fotoestrés puede estar

influenciado por la edad, enfermedades retinianas como degeneración macular asociada a la edad (DMAE), retinopatía diabética (RD, enfermedades en el nervio óptico y el uso de drogas (14).

El blanqueamiento macular, se puede obtener de dos formas: exponiendo a la retina a una luz intensa pero en un tiempo muy breve, este método se llama blanqueamiento de flash fotográfico (photoflash). La otra forma es, exponiendo a la retina a una luz menos intensa pero con una duración de tiempo mayor. Esta forma se denomina blanqueamiento en equilibrio (equilibrium bleach) (15). Los conos se recuperan más rápido al deslumbramiento cuando son expuestos a breves flashes de luz intensa que después de una exposición larga a la luz (15).

- Deslumbramiento fulgurante.

Este tipo de deslumbramiento puede considerarse como una mezcla de los anteriores, ya que produce molestia, necesidad de entrecerrar los ojos y discapacidad visual, cuando en ambientes brillantes se difunde altas iluminancias a través de las áreas retinianas (5)(6). Si este deslumbramiento es momentáneo, se trata de deslumbramiento de adaptación (5)(4), mientras que si este deslumbramiento se prolonga, se denomina saturación (5)

### 3.1. Utilidad.

A lo largo de la historia, los estudios han demostrado que las pruebas de agudeza visual en pacientes con discapacidad visual no necesariamente predicen los problemas que pueden encontrarse en tareas de la vida diaria. Las personas pueden presentar dificultades en situaciones de luz cambiante, deslumbramiento o bajo contraste. Esto pese a tener una buena agudeza visual, puede impedir la realización de ciertas tareas en un momento determinado.

En la práctica clínica, la medida del deslumbramiento ha tomado especial interés en ámbitos relacionados con patologías oculares (cataratas, lentes intraoculares, DMAE,...), o en diseño de filtros que eviten el deslumbramiento en conductores.

Algunos pacientes que presentan una agudeza visual moderada antes de ser intervenidos (cataratas, cirugía refractiva), pueden no estar preparados para aceptar una buena agudeza visual post-operatorio si presentan deslumbramiento, destellos o perdido de la sensibilidad al contraste.

La relación entre cataratas y deslumbramiento se ha establecido desde los primeros momentos de la cirugía con LIO. La medida de deslumbramiento, permite detectar cambios sutiles en los medios oculares durante la catarata temprana. Neumann y col. (16) compararon la agudeza visual exterior e interior en pacientes con cataratas y encontraron que la prueba de deslumbramiento predijo de forma más certera la agudeza visual exterior que mediante la medición de agudeza visual en interiores. La cirugía refractiva

se ha relacionado también con problemas de neblina y deslumbramiento tanto en pacientes intervenidos con PRK como con LASIK (17)(18).

Por otra parte, el envejecimiento del sistema visual provoca efectos negativos en la conducción. Uno de los factores que influyen en la calidad de la visión de los conductores es el deslumbramiento proveniente de los faros de otros automóviles, de la luz natural o incluso de la radiación solar. Es por esto que el deslumbramiento es un peligro importante para una conducción segura. Los deslumbramientos generan una situación de incomodidad e incluso de incapacidad para percibir visualmente los estímulos. De ahí el hincapié que los profesionales de la salud deben hacer en la importancia de mantener unas buenas capacidades visuales para la conducción. En la práctica clínica, la medida del tiempo de recuperación al deslumbramiento es un parámetro valioso para determinar la capacidad de reacción del conductor al efecto de un deslumbramiento, y para cuantificar los efectos de la pérdida de visión que se produce, por ejemplo, durante la conducción nocturna. Por todo esto, destacar la importancia a la hora de obtener el permiso de circulación según dice la ley, se debería examinar el deslumbramiento, pero su medida se realiza, cuando se realiza, de forma muy aproximada e imprecisa (19).

A lo largo de la historia, han ido apareciendo diferentes métodos para el cálculo del tiempo de recuperación. Algunos de ellos enfocados en la función que tiene el pigmento macular como filtro de corte para disminuir ese tiempo de recuperación (20). También se han realizado estudios sobre filtros intraoculares amarillos para reducir el fotoestrés (21). Otros sin embargo, han estudiado como poder diagnosticar o predecir una maculopatía asociada a la edad (22).

### 3.2. Métodos de medida

En general, no existe una prueba ampliamente aceptada para evaluar el deslumbramiento en la práctica clínica. Esto se debe principalmente al componente subjetivo de cada paciente, los cuales experimentan reflejos en sus múltiples formas y circunstancias.

Se han realizado diferentes estudios a lo largo de la historia comparando diferentes métodos de evaluación y en general, existe debate y desacuerdo sobre la efectividad de las pruebas de deslumbramiento para medir la discapacidad en situaciones de la vida real (23). Se han desarrollado otros estudios donde se ha comparado las pruebas de deslumbramiento con los resultados obtenidos mediante un cuestionario sobre los síntomas, concluyendo que no eran buenos predictores de los síntomas de deslumbramiento (24)(25)(26).

Aunque la lista de pruebas de deslumbramiento es muy larga y cambia con regularidad, a continuación, se detallan algunos ejemplos de las pruebas más comunes utilizadas.

### 3.2.1 Evaluación del deslumbramiento mediante una luz puntual.

Se trata de la prueba más sencilla y accesible para medir el deslumbramiento incapacitante. El observador primeramente lee un test de visión (por ejemplo una carta de Pelli-Robson) sin fuente de deslumbramiento y seguidamente la vuelve a leer en presencia de una fuente de deslumbramiento, como una linterna o una luz puntual.

Se ha encontrado que este método de evaluación proporciona una prueba rápida de deslumbramiento (25), pero por otro lado, se ha encontrado que los resultados pueden estar afectados por la miosis de la pupila reduciendo eficazmente el deslumbramiento (27), por dificultades en la estandarización de la distancia de la fuente de deslumbramiento y la posible variabilidad de la fuente iluminada.

Por otra parte, el oftalmoscopio directo como prueba de recuperación al fotoestrés ha sido considerado una de las técnicas más fáciles y útiles de utilizar (28).

### 3.2.2. Brightness Acuity Tester (BAT)

Este dispositivo es de los más utilizados en la práctica clínica para evaluar el deslumbramiento incapacitante. Se trata de un instrumento de mano, y fácil de usar con una copa hemisférica iluminada por una bombilla en la parte superior (29). En el centro de esta copa hay una abertura de unos 12 mm, que es por donde el paciente observa el test una vez que ha cubierto el hemisferio de la copa con el ojo (29) (Ilustración 2). Los tests que normalmente se utilizan son cartas de AV de contraste variable o bajo contraste, así como cartas de Pelli-Robson.



*Ilustración 2: Prueba monocular con BAT de Mentor (29)*

Este dispositivo ha obtenido resultados variables en cuanto a su eficacia. Por un lado hay estudios que reportan buenos resultados sobre su correcta evaluación para predecir la agudeza visual exterior, siendo la prueba más rápida y simple de utilizar (29)(16). También se ha demostrado su sensibilidad para registrar el deslumbramiento en pacientes con cataratas, sometidos a una serie de pruebas y a un cuestionario sobre el efecto de la visión en la vida diaria (24).

Por otro lado, existen estudios que indican su débil eficacia como indicador de efectos de deslumbramiento en pacientes con cataratas tempranas (30). Se ha demostrado que el dispositivo es poco fiable debido a que induce miosis pupilar, afectando directamente al resultado de deslumbramiento (27). En otro estudio, Rubin (2001), evaluó la asociación de la discapacidad visual con la sensibilidad al deslumbramiento y con la dificultad autoinformada con tareas de la vida diaria en personas mayores de 65 años. Se encontró que esta asociación fue la más débil de todos los vínculos de la función visual (31).

Por tanto, a pesar de su fácil uso, a día hay dudas sobre su validez científica.

### 3.2.3. Unidades comerciales de prueba de funciones visuales combinadas.

Algunos instrumentos incorporan una fuente de deslumbramiento que permite evaluar el deslumbramiento incapacitante como parte de una prueba de rendimiento visual (32). Ninguno de ellos son considerados perfectos y todos están sujetos a beneficios y limitaciones (32).

El dispositivo Vistech MCT8000 (Vistech Consultants, Inc., Dayton, OH, EE. UU.) utiliza dianas de rejilla sinusoidales en diferentes frecuencias espaciales y una fuente de deslumbramiento (32). Una consola controla la luminancia y la posición de la fuente de deslumbramiento (4). En un estudio realizado por Neumann en 1988, encontró que este instrumento era difícil de entender por parte de los pacientes y tenía tiempos de prueba muy extensos (16). Otro estudio encontró que fue uno de los instrumentos con una repetibilidad de resultados más pobre (33).

En la actualidad, hay otras unidades similares disponibles, tales como Optech 6500 (Stereo Optical Company, Inc., Chicago, IL, EE. UU.) y Mesotest II (Oculus Optikgeräte, GmbH, Wetzlar, Alemania).

### 3.2.4. Medidor de luz parásita y C-Quant.

El Oculus Optikgeräte (Wetzlar-Dutenhofen, Alemania) no mide el deslumbramiento incapacitante sino que proporciona un índice de dispersión intraocular (32). Este dispositivo dirige una luz de dispersión hacia el ojo y permite comparar la luz dispersada resultante con una luz de referencia. El paciente controla la luz de referencia, que se adapta a la luz dispersada, lo que permite cuantificar la cantidad de luz dispersada por el ojo (4).

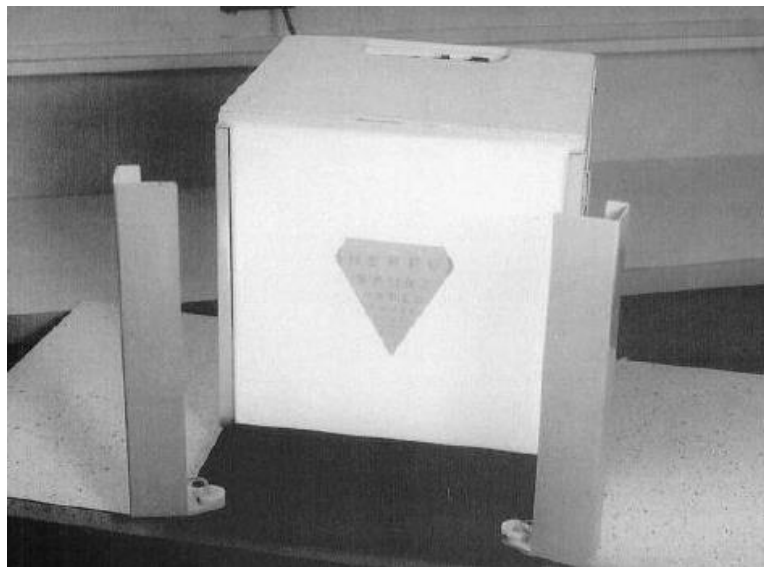
La unidad se ha actualizado recientemente al nuevo medidor de luz parásita computarizado, llamado C-Quant (Oculus Optikgeräte, GmbH, Wetzlar, Alemania) (4). Es controlado por ordenador, y realiza una medida del manto de luz generado sobre la imagen retiniana como consecuencia de la luz dispersada en el ojo al atravesar los medios oculares (34).



Un estudio demuestra una excelente evidencia de validez y confiabilidad en las pruebas clínicas donde se compara favorablemente con el medidor de luz no computarizado y Mesotest II (35).

### 3.2.5. Berkeley glare test.

Es un instrumento que evalúa el deslumbramiento incapacitante utilizando letras de bajo contraste y una fuente de deslumbramiento envolvente variable. El test tiene forma de triángulo invertido y se rodea de un fondo de plexiglás que sirve de fuente de deslumbramiento (36) (Ilustración 3). La prueba es fácil de administrar clínicamente, así como todos los niveles de luminancia, la geometría del deslumbramiento y las condiciones de visualización están bien controladas. El deslumbramiento incapacitante resultante es la diferencia en el resultado de agudeza visual de bajo contraste, en las condiciones de no deslumbramiento y alto deslumbramiento (36). A este resultado, se le denomina como el índice de deslumbramiento por discapacidad (DGI). Mediante el estudio, se encontró que la DGI está poco correlacionada con la agudeza visual de alto contraste (36).

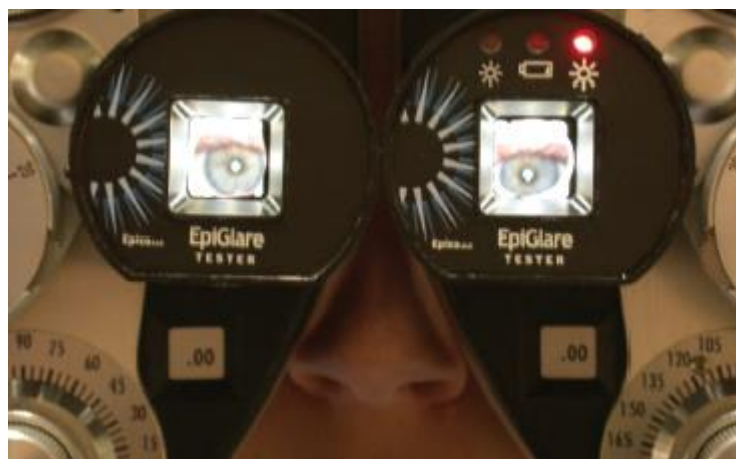


*Ilustración 3: Test de deslumbramiento Berkeley (36)*

Elliot y Bullimore en 1993, demostraron que la prueba proporciona resultados confiables y es útil para la detección y evaluación tanto de cambios sutiles en los medios oculares como de cambios en los medios oculares durante un tiempo prolongado (33).

### 3.2.6. EpiGlare tester.

Es un dispositivo muy reciente, diseñado para evaluar el deslumbramiento incapacitante. El dispositivo consta de una unidad de carcasa con dos oculares móviles, un diodo emisor de luz (LED) de una fuente puntual controlada y constante. Se conecta al foróptero y proporciona un ángulo de incidencia definido hacia el ojo (37) (Ilustración 4).



*Il·lustració 4: Test de deslumbrament EpiGlare Tester connectat a un foròpter (37)*

El dispositiu disposa de quatre fonts de llum distribuïdes uniformement al voltant de la obertura de visió per mantenir l'atenció del pacient a lo llarg d'una línia específica de eix visual per minimitzar la distracció dels participants. L'interior del dispositiu és negre per minimitzar els reflexos i controlar completament la font angular de deslumbrament (37). El deslumbrament incapacitant es evalua com la disminució en el nombre de lletres correctament identificades en presència de deslumbrament (37).

Aquest dispositiu va ser probat per Epitropoulos i col (2015), en un estudi realitzat a 40 pacients amb cataractes senils i 49 pacients sanos. Se tractà de comprovar, si aquest dispositiu era útil en la detecció de la disminució de la AV induïda per el deslumbrament i la seva validesa en la mesura de la discapacitat visual induïda per el reflex causat per una catarata. Un altre objectiu va ser determinar la correlació entre els canvis induïts per el deslumbrament en la AV amb la discapacitat funcional mesurada mitjançant un qüestionari. En aquest qüestionari, també se'ls preguntava si la font de deslumbrament simulava realment, la seva experiència conduïnt de nit (37). Els resultats van reportar que aquest dispositiu detecta amb precisió la discapacitat visual induïda per el deslumbrament i que reproduïa amb precisió la dificultat que experimenten amb la conducció nocturna. A més, els investigadors de l'estudi informaren que el dispositiu era fàcil d'usar i útil en la pràctica diària (37).

### 3.2.7. Borderline between Comfort and Discomfort (BCD).

És un dispositiu dissenyat per avaluar el deslumbrament molesto en tot el camp visual. Va ser presentat en un estudi realitzat per Kim, Han i Kim en 2009 (38). Els autors han proposat un índex de posició de les fonts de llum, que expressa el canvi de deslumbrament molesto

experimentado por un sujeto en relación al desplazamiento angular de una fuente de luz desde la línea principal de mirada (ilustración 5). Este índice de posición se calcula como el ratio entre la luminancia que presenta una fuente en una posición determinada cuando comienza a resultar molesta (deslumbra), respecto a la luminancia que presenta la misma fuente si se encuentra sobre la línea de mirada (38). Para obtener este parámetro, se pide a los participantes que ajusten la luminancia de una fuente de luz hasta el punto en que, si se aumentara un poco más, la fuente de luz les provocaría molestia (38). El valor de luminancia resultante es el BCD, que se determina por diferentes excentricidades.



*Ilustración 5: Medida del deslumbramiento molesto en las diferentes posiciones del campo visual (38)*

La novedad que aporta este trabajo es que, por primera vez, se ha medido el deslumbramiento en la totalidad del campo visual incluyendo el campo inferior antes no tenido en cuenta (38). Por este motivo, los mapas obtenidos del índice de posición pueden servir para definir el deslumbramiento que provoca una luz situada en cualquier lugar del campo visual. Además, pueden servir de base para calcular el deslumbramiento molesto durante la conducción.

### 3.2.8. Eger macular stressometer.

Este dispositivo mide el tiempo de recuperación de la visión al fotoestrés para la detección temprana de la degeneración macular asociada a la edad (DMAE) en la práctica clínica. Se trata de un flash fotográfico vinculado a un temporizador digital y a una gráfica de agudeza visual para visión cercana (ilustración 6) (39).

En un estudio piloto realizado por Schmitt y Grover (2003), se compararon los tiempos de recuperación de 92 pacientes con DMAE, cataratas, retinopatía diabética y glaucoma. Se encontró que no hubo diferencia significativa entre los tiempos de recuperación para las diferentes patologías y que por tanto este dispositivo no es sensible en la detección de DMAE (40). En otro estudio, Bartlett (2004) sí que

encontró tiempos de recuperación significativamente más largos en pacientes con DMAE en comparación con ojos normales (41).

Más recientemente, Wolffsohn y col (2006), evaluaron la repetibilidad de este dispositivo para un cohorte mayor (156 participantes) que incluía pacientes con DMAE exudativa y atrófica además de la correlación entre los problemas de deslumbramiento reportados subjetivamente y el tiempo de recuperación del fotoestrés (39). Los resultados fueron que no se encontró evidencia de que el tiempo de recuperación se viera afectado por la DMAE ya que el tiempo de recuperación fue similar a estudios previos realizados a pacientes sanos. Tampoco se encontró correlación entre el tiempo de recuperación y las dificultades subjetivas (39).



*Ilustración 6: The Eger macular stressometer (42)*

### 3.2.9. Sistema OraLux

El reciente trabajo de Rodríguez y col (2019), aporta un nuevo sistema llamado OraLux para evaluar el fotoestrés como indicador de diagnóstico del ojo envejecido (2).

El dispositivo OraLux es un fotoblanqueador personalizado, diseñado para blanquear eficazmente los fotorreceptores. La fuente de luz es un fluorescente difuso de espectro completo (22). El nivel de irradiancia retiniana de la fuente OraLux produce al menos un 84% de blanqueamiento de los conos después de una exposición al deslumbramiento de 90 segundos (22).

La novedad que aporta el trabajo de Rodríguez y col (2019), es que el fotoestrés medido mediante OraLux no se hace en condiciones normales en los que la recuperación de la visión se basa en la AV sino que en este estudio, la recuperación de la visión se basa en una mancha foveal parpadeante, presentada en una pantalla de ordenador con un fondo de luminancia mesópica. A diferencia de los métodos que utilizan la AV, este sistema es particularmente útil para evaluar el envejecimiento de la retina debido a su relativa insensibilidad con los defectos que pueda haber en los medios oculares. Este estudio comparó retinas de jóvenes sanos y pacientes en edad avanzada y se concluyó que la recuperación de la visión al

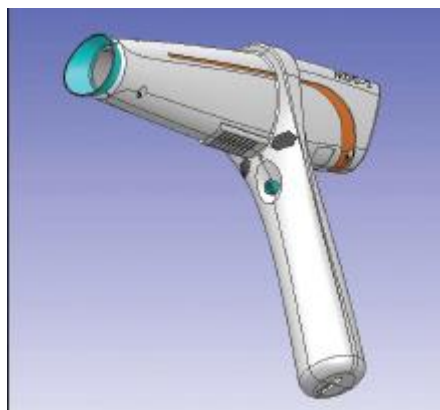
fotostrés bajo condiciones de parpadeo mesópico, es un fuerte diferenciador del envejecimiento de la función macular. Debido a la similitud entre el envejecimiento de la retina y los cambios producidos por la DMAE, sugiere que este método podría ser útil para su detección (2).

### 3.2.10. Macular Degeneration Detection Device (MDD-2).

El detector de degeneración macular MDD-2 (Icandy Digital, LLC, FL), es un novedoso dispositivo flash de recuperación del fotostrés. Se trata de un dispositivo relativamente simple, que comprende una fuente de luz de flash de xenón, un filtro infrarrojo y una lente de enfoque de +8.0 dioptrías. El objetivo se observa a través de una abertura de 12 mm dentro de un tubo (ilustración 7). El destello de 200 milisegundos de duración se genera gracias a la fuente de flash de xenón, montada dentro del tubo, dentro del campo visual del sujeto (43).

En su estudio, Newsome y Negreiro (2009) demostraron que este dispositivo es capaz de diferenciar ojos sanos, de aquellos con DMAE ya que el tiempo de recuperación se duplicó en la DMAE temprana. También es capaz de diferenciar entre DMAE temprana y tardía; en esta última el tiempo de recuperación se duplicó con respecto a la primera. Además, puede detectar la progresión tanto de DMAE como de maculopatía diabética en ausencia de otros signos clínicos de deterioro de AV y alteraciones en la rejilla de Amsler (44).

Unos años más tarde, Loughman y col (2013) demostraron que este dispositivo proporciona una medida reproducible en una población joven sana y que podría incluirse como medida de rutina en la práctica clínica (1). En 2014, de nuevo Loughman y otro grupo de investigadores, intentaron demostrar la repetibilidad del MDD-2 en sujetos diabéticos sanos y pacientes con retinopatía diabética no proliferativa y concluyeron que el MDD-2 no fue capaz de diferenciar entre ojos diabéticos sanos de aquellos con retinopatía no proliferativa (43)



*Ilustración 7: Macular Degeneration Detection Device (MDD-2) (45).*

### 3.3. Tabla-resumen de los métodos de medida.

Instrumento de medida	Deslumbramiento provocado	Tipo de medida	Luz/foco que utiliza	Comercialización/ precio	Normalización/ validez
<b>Luz puntual</b>	Deslumbramiento incapacitante	AV / SC (Prueba monocular)	Luz puntual halógena o LED	Es comercializado (46) / Precio: 990 euros	Reconocido como prueba de deslumbramiento, fácil de utilizar (28)
<b>BAT</b>	Deslumbramiento incapacitante	AV bajo contraste / SC (Prueba monocular)	Luz LED con tres intensidades. I. media de 345 cd/m <sup>2</sup>	Es comercializado (47) / Precio: aproximadamente 850 euros	Dudas su validez científica puesto que hay estudios con resultados a su favor (29) y otros no (30)
<b>Vistech MCT8000</b>	Deslumbramiento incapacitante	SC mediante dianas de rejillas sinusoidales (Prueba monocular)	Fuente de luz diurna (125 cd/m <sup>2</sup> ) y nocturna (3 cd/m <sup>2</sup> )	Es comercializado (48) / Precio: aproximadamente 150 euros	Repetibilidad de resultados pobre, difícil de entender y tiempos de prueba extensos (16) (33)
<b>C-Quant</b>	Índice de dispersión intraocular	Cantidad de luz dispersada en el ojo (monocular)	Fuente de luz LED de 300 cd/m <sup>2</sup>	Es comercializado por la empresa Oculus (49)	Se ha demostrado su validez científica y confiabilidad de los resultados (35)
<b>Berkeley glare test</b>	Deslumbramiento incapacitante	AV bajo contraste (Prueba monocular)	Placa de Plexiglás (300, 800 y 3000 cd/m <sup>2</sup> )	No comercializado	Resultados reproducibles y confiables. Útil para detectar cambios en los medios oculares (33) (50)
<b>EpiGlare tester</b>	Deslumbramiento incapacitante	AV (Prueba monocular o binocular)	Diodo emisor de luz LED de una fuente puntual en el eje visual del paciente	Comercializado en EEUU, Canadá y Singapur (51) / Precio aproximado: 2000 euros	Detecta con precisión la discapacidad visual por deslumbramiento (37)
<b>Borderline between Comfort and Discomfort (BCD)</b>	Deslumbramiento molesto	Ajuste de una fuente de luz hasta que resulte molesta (Prueba binocular)	Fuente de luz estándar en 1000 cd/m <sup>2</sup>	No comercializado	Prueba útil y reproducible para medir el deslumbramiento en todo el campo visual (38)

<b>Eger macular stressometer.</b>	Recuperación de la visión al fotoestrés	AV para visión cercana (Prueba monocular)	Flash fotográfico	No comercializado	No tiene repetibilidad en sus resultados. No es buen indicador de DMAE (39)
<b>Sistema OraLux</b>	Recuperación de la visión al fotoestrés	Mancha foveal parpadeante (Prueba monocular)	Luz fluorescente difuso	No comercializado	Fuerte diferenciador del envejecimiento de la función macular. Puede ser útil en la detección de DMAE (2)
<b>Macular Degeneration Detection Device (MDD-2)</b>	Recuperación de la visión al fotoestrés	AV (Prueba monocular)	Luz de flash de Xenón	No comercializado	Repetibilidad de resultados para detectar DMAE (44) pero no retinopatía (43).

Tabla 1: Resumen de los distintos métodos de medida

## 4. METODOLOGÍA

### 4.1. Participantes

Los sujetos participantes en este estudio fueron 15 personas mayores de edad, con edades comprendidas entre 35 y 65 años. Además, eran personas sanas sin patologías oculares que dificultasen la visión. También se excluyeron del estudio a sujetos que hubiesen sido intervenidos de cirugía refractiva, u operados de cataratas.

Todos los sujetos fueron reclutados de forma voluntaria entre el profesorado y trabajadores de la Facultad de Óptica y Optometría de Terrassa (FOOT), mediante la difusión de una carta de presentación por correo electrónico (Anexo I). En dicha carta, se identificaba al investigador, los objetivos del estudio, lugar y condiciones de realización.

Previo a la realización de las pruebas, los observadores leían y firmaban el consentimiento informado (Anexo II).

### 4.2. Material

El material utilizado para la realización de las pruebas fueron: el programa informático Movilab, un monitor de ordenador de 24 pulgadas, un deslumbrómetro Inopsa, un fotómetro Mavolux 5032C y una caja de prueba con filtros terapéuticos.

A continuación se especifican algunas características de los instrumentos utilizados:

- Deslumbrómetro de Inopsa: es un instrumento diseñado para la evaluación de la capacidad de visión tras deslumbramiento y capacidad de recuperación al mismo. Este instrumento consta de un foco con un flujo luminoso de 600 lúmenes a una distancia entre 1.25 y 1.50 metros y de un pulsador para ponerlo en funcionamiento (52) (ilustración 8).



*Ilustración 8: Deslumbrómetro de Inopsa (52)*

Este equipo está contemplado entre el material mínimo necesario que establece el Real Decreto por el que se aprueba el Reglamento General de Conductores, para efectuar las exploraciones y analizar las capacidades con la finalidad de obtener/renovar el permiso o carnet de conducir y también en los casos de obtención/renovación de los permisos de armas (53). Este foco se asemeja a los faros de vehículos (ilustración 9).

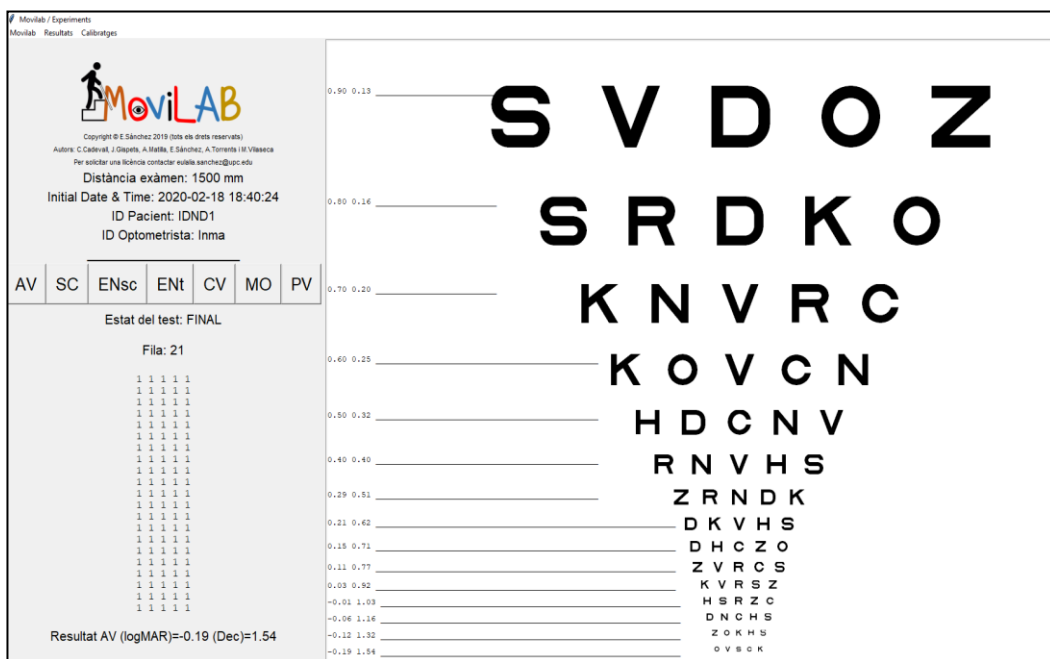




*Il·lustració 9: Foco encendido del deslumbrómetro Inopsa*

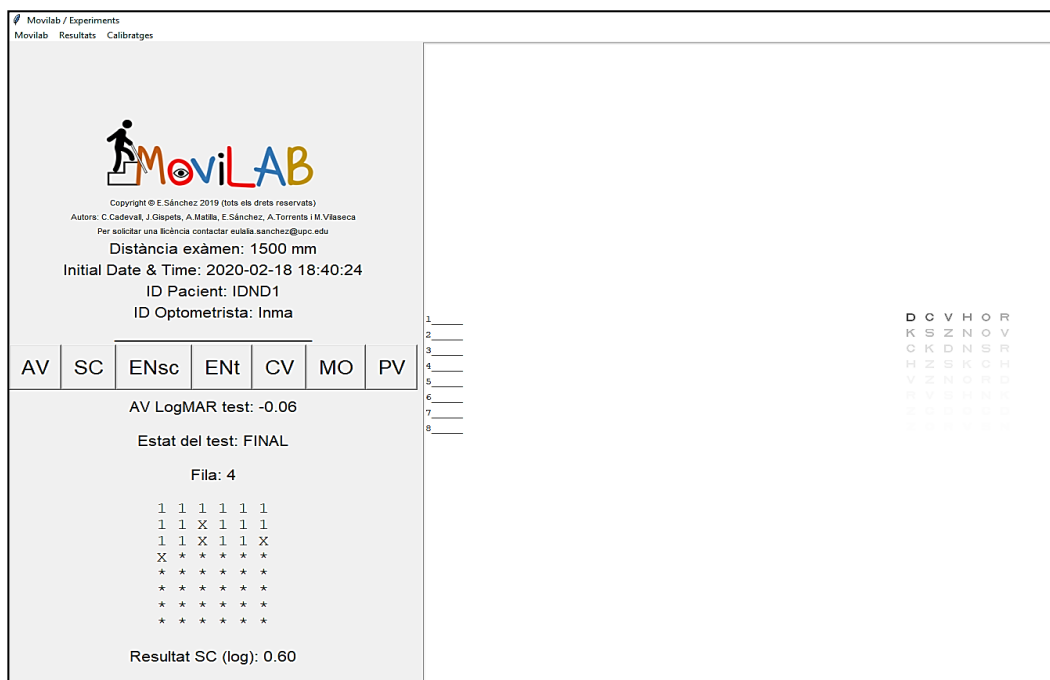
- Programa Movilab: programa informàtic desenvolupat en el marc de la realització del doctorat de Sánchez Herero E. Dissenyat per a l'avaluació de habilitats visuals, motoras y perceptivas especialment en pacients amb discapacitat visual. En el nostre cas, ens centrarem en els tests de Agudeza Visual (AV), Sensibilidad al Contraste (SC) y Deslumbramiento (ENT) per a mesurar el temps que tardan els subjectes en recuperar la visió després del deslumbrament.

- Test de Agudeza Visual: està dissenyat utilitzant les directrius del optotipo Bailey-Lovie. Cada línia es compon de cinc lletres del mateix mida i totes les línies del panel tenen el mateix nombre de lletres. La prova utilitza la progressió logarítmica per al canvi de mida de les lletres en la que la relació de mides entre una línia i la següent és 0'1 unitats logarítmiques. La AV ve donada en termes del logaritme del mínim angle resolució (LogMAR) i en escala decimal. El optotipo del programa consta de 15 files que a una distància de 40 cm, valora agudezas de 0,13 a 1.54 en escala decimal (il·lustració 10).



Il·lustració 10: Làmina de Agudeza visual del programa Movilab

- Test de Sensibilitat al Contraste: està dissenyat utilitzant les directrius del optotipo Mars Letter. El disseny està realitzat de tal manera que hay 8 fil·les de 6 lletres cada una. La letra contigua representa una disminució de 0,02 log de sensibilitat al contrast. Els nivells de sensibilitat que se estudian van de 0,04 a 1,92. El test se da por finalizado ante la presencia de dos errores seguidos (il·lustració 11).



Il·lustració 11: Làmina de Sensibilitat al contrast del programa Movilab

- Test de Deslumbramiento (ENT): Este test tiene como objetivo medir el tiempo de recuperación de la visión tras un deslumbramiento inducido previamente. Se presenta una sola letra, con un tamaño de letra dos líneas de agudeza visual por encima de la agudeza del observador y con el nivel de sensibilidad al contraste resultante de la prueba (ilustración 12). Tras un deslumbramiento pautado, se registrará el tiempo que tarda en recuperar la discriminación de dicho símbolo.



Movilab / Experiments  
Movilab Resultats Calibratges

**MovILAB**  
Copyright © E. Sánchez 2019 (tots els drets reservats)  
Autors: C.Cadevall, J.Gispets, A.Matilla, E.Sánchez, A.Torrents i M.Vlàseca  
Per sol·licitar una llicència contactar eulalia.sanchez@upc.edu

Distància exàmen: 1500 mm  
Initial Date & Time: 2020-02-18 18:40:24  
ID Pacient: IDND1  
ID Optometrista: Inma

AV SC ENsc ENT CV MO PV

AV LogMAR test: -0.06  
Resultat SC (log): 0.60  
 Filtres  
Esborra Comença Atura

Num Respostes: 3  
Temps recuperació: 13.2 s.

Num respostes Filtre: 0  
Temps recuperació Filtre: ?

*Il·lustración 12: Test de Deslumbramiento (ENT) del programa Movilab*

- Filtros terapéuticos: se utilizó una caja de prueba con filtros terapéuticos de la casa Multilens®. Las posibilidades de selección del filtro por parte de los observadores iban desde una longitud de corte de 400 hasta una de 585 nm. Estos filtros bloquean la luz que pasa por debajo de su longitud de onda (ilustración 13) y el 100 % de luz ultravioleta que pasa por debajo de 400 nm (54). Son utilizados tanto para el diagnóstico como para el tratamiento en pacientes con problemas de deslumbramiento o molestia a la luz.

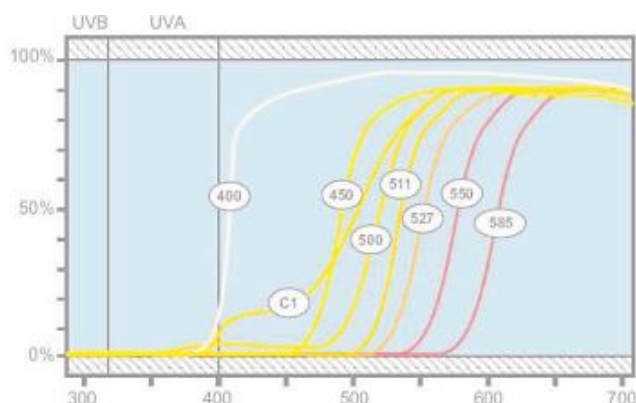


Ilustración 13: Curvas de corte de longitud de onda de los filtros. (Figura obtenida de la Ficha técnica de filtros Multilens) (55)

- Calibrado del monitor: se realizó para asegurar que las luminancias fuesen correctas (calibrado nivel de gris-luminancia. Se midió para diversos niveles de gris la luminancia y se halló la relación matemática entra ambas, lo que tuvo en cuenta el programa para mostrar los estímulos con la luminancia y contrastes correctos (ilustración 14).

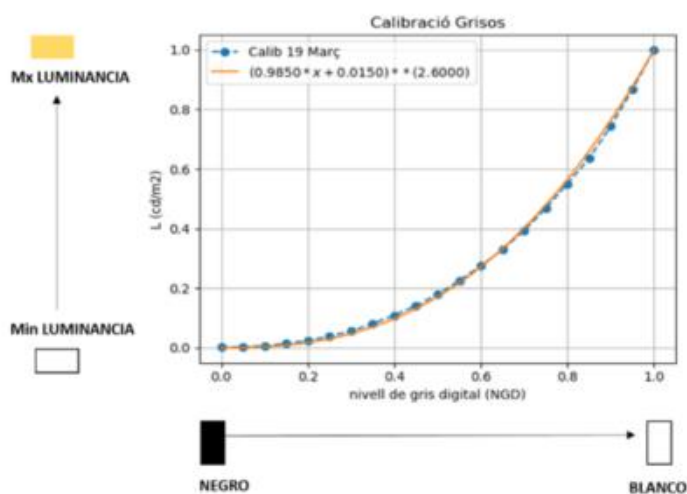
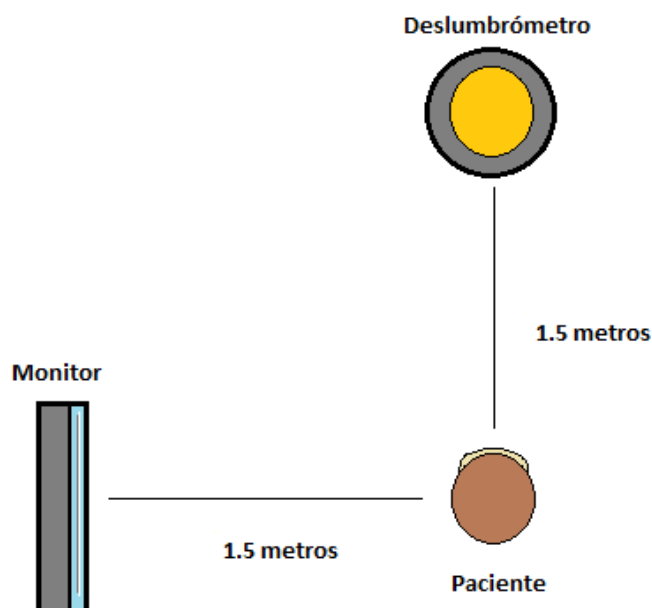


Ilustración 14: Modelo y valores experimentales normalizados

### 4.3. Método.

El diseño de este trabajo fue experimental y consistió en una batería de pruebas realizadas (AV, SC y ENT) realizadas en el laboratorio MOVILAB de la FOOT, mediante el programa Movilab en combinación con el deslumbrómetro de Inopsa y el filtro de corte elegido.

Las medidas se realizaron con la luz general del laboratorio encendida ( $83 \text{ cd/m}^2$ ). Se situó al paciente a una distancia de 1,50 metros enfrente del monitor donde se encontraba el programa Movilab. A la derecha del observador, también a 1,50 metros, se encontraba el deslumbrómetro. La silla era giratoria y regulable en altura permitiendo así, regular la posición para que el foco del deslumbrómetro estuviese a la altura de los ojos del observador. En la siguiente ilustración se presenta un esquema del montaje en el momento de la toma de medidas.

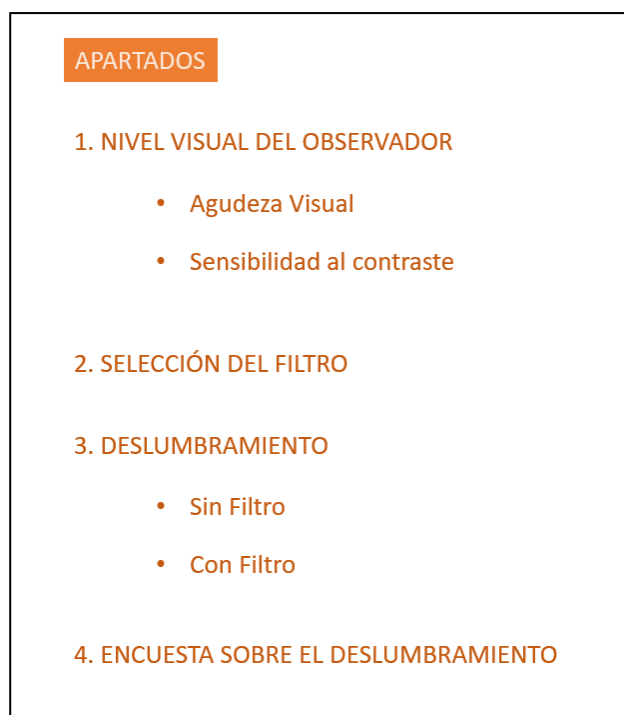


*Ilustración 15: Montaje experimental*

Antes de empezar con las pruebas, se le presentó el consentimiento informado donde se le explicaban los objetivos, metodología, así como las características de su compromiso en la participación del estudio (anexo II). Una vez rellenado los datos y firmado, se procedió a realizar las pruebas.

Tras situar al observado en la posición adecuada, el primer paso era crear el identificador (ID) del participante. En nuestro caso, utilizamos el código IDND, que corresponde al acrónimo de **ID**entificador **N**ormalidad **D**eslumbramiento, seguido del número de observador, es decir, IDND1, IDND2, IDND3... IDND15. Una vez realizado el registro, se explicaba al observador la metodología de las pruebas a realizar.

Los apartados que se evalúan, quedan reflejados en el esquema 1. En dicho esquema se reflejan los 4 pasos del protocolo realizado.



Esquema 1. Apartados del protocolo

#### 4.3.1. Determinación del nivel visual del observador

En este apartado se definirá el tamaño de letra y el nivel de sensibilidad al contraste, para cada uno de los observadores, con el que se realizará la prueba de deslumbramiento.

El tamaño de letra que se utilizará corresponde a un tamaño dos líneas superiores a la AV obtenida por el observador y el valor de la SC corresponde a la obtenida en la prueba.

- Determinación de la Agudeza visual. Esta prueba se realiza con ambos ojos abiertos y con la corrección óptica de la distancia de valoración. Para agilizar la prueba y dado el perfil de los participantes, personas visualmente sanas, no se empieza por la primera fila, sino que directamente se marcaba con el cursor la primera letra de la fila 8, en ese momento y automáticamente el programa contabiliza como leídas correctamente las anteriores. A partir de este momento se van introduciendo cada una de las letras indicadas por el participante y el programa, de forma automática indica la AV teniendo presente los fallos obtenidos.
- Determinación de la Sensibilidad al Contraste: De forma automática, se presentan letras correspondientes a la AV del sujeto con una disminución constante de la SC. El optometrista introduce las letras indicadas por el participante y cuando se produzcan dos fallos consecutivos, se obtendrá automáticamente el valor de la SC en log, dicho valor, tendrá presente la existencia de errores previos.

Hasta aquí se ha obtenido un valor de referencia de AV y SC a partir del cual se trabajará en el deslumbramiento (ENT).

#### 4.3.2. Selección del Filtro

Observando el test de sensibilidad al contraste, el observador deberá de seleccionar el filtro que le proporcione mayor confort. Los filtros a valorar son los que presentan la longitud de onda de corte en 400, C1, 450, 500, 511, 527, 550 y 558 nm. Se entregaban por el orden indicado.

#### 4.3.3. Test de Deslumbramiento (ENT)

Esta prueba presenta dos apartados; deslumbramiento en condiciones habituales y deslumbramiento usando el filtro de corte seleccionado. Tanto en una situación como en la otra, la dinámica de la prueba consiste en:

- Explicar al paciente en qué consiste la prueba.
- Situar la cabeza del observador a la altura del faro del deslumbrómetro.
- Indicar dónde ha de mirar. En nuestro caso, a una pegatina de color rojo para asegurarnos que el deslumbramiento se producía en fovea.
- Deslumbrar durante 5 segundos.
- Deberá de mirar a la pantalla del ordenador, donde aparecerá una letra que corresponderá al nivel visual determinado en el apartado 1, y deberá de indicarnos de qué letra se trata. En caso de corresponder a una letra muy pequeña, el optometrista le indicará la localización.
- Las respuestas del sujeto se introducen por parte del optometrista en el programa Movilab. Cuando el observador indica la respuesta correcta, queda directamente registrado en segundos el tiempo de discriminación.

#### 4.3.4. Encuesta sobre deslumbramiento

Con el objetivo de correlacionar los resultados del estudio con probables incomodidades de los observadores, se diseñó una encuesta de 10 preguntas en las que se recababa información sobre la percepción del usuario sobre el deslumbramiento (ilustración 16).

## ENCUESTA SOBRE EL DESLUMBRAMIENTO

ID.....|.....

		1	2	3	4		
1. ¿UTILIZAS GAFAS DE SOL?	No	Si	Sí, habitualmente	Solo en verano	Solo en días luminosos	Solo para conducir si me molesta el sol	
2. ¿CONDUCES CON GAFAS DE SOL?	En caso afirmativo, ¿qué grado de satisfacción te proporcionan? Del 1 al 5, siendo 1 muy bueno y 5 muy malo						
	No	si	1	2	3	4	5
¿CÓMO CUANTIFICARÍA LA SENSACIÓN DE DESLUMBRAMIENTO EN LAS SIGUIENTES CIRCUNSTANCIAS? (1 POCAS - 5 MUCHA)							
3.	Conduciendo a la salida del sol		1	2	3	4	5
4.	Conduciendo en la puesta de sol		1	2	3	4	5
5.	Conduciendo de noche al acercarse un vehículo de frente		1	2	3	4	5
6.	Al pasar de un lugar oscuro a uno iluminado		1	2	3	4	5
7.	Conduciendo de día al salir de un túnel		1	2	3	4	5
8.	¿Cómo cuantificarías la sensación de molestia en los días nublados?		1	2	3	4	5
9.	¿Cómo cuantificarías la sensación de molestia en los días soleados?		1	2	3	4	5
10.	¿Consideras que el uso del ordenador (luz) te genera molestias?		1	2	3	4	5

Ilustración 16: Encuesta realizada sobre el deslumbramiento.




Tras realizar estas pruebas, sólo quedaba guardar la valoración por parte del investigador en la carpeta de resultados con el código correspondiente a cada observador. En la ilustración 17 podemos observar un ejemplo de cómo aparecen los resultados en un archivo Excel. Los valores utilizados para nuestro estudio fueron: ID Pacient, Distància de exàmen, AV Decimal, SC, ENt Temps resposta, ENt Temps resposta Filtre.

1	Date and Time	18/02/2020 18:40
2	ID Pacient	IDND1
3	ID Optometrista	Inma
4	Distància exàmen	1500
5	AV test LogMAR	-0.06
6	AV LogMAR	-0.19
7	AV Decimal	1.54
8	SC	0.60
9	ENsc	0.80
10	ENsc Filtre	-1.00
11	ENt # respostes	3
12	ENt Temps resposta	13.21
13	ENt # respostes Filtre	4
14	ENt Temps resposta Filtre	48.78

Ilustración 17: Ejemplo de la hoja de Excell de los resultados de un observador.

Respecto al orden de realización de las pruebas, a destacar que la encuesta se lleva a cabo entre las dos pruebas de deslumbramiento, con ello se consigue tiempo para que la post-imagen desaparezca.

#### ORDEN DE REALIZACIÓN

- 
- Registro del paciente
  - Agudeza Visual
  - Sensibilidad al contraste
  - Selección del filtro
  - Deslumbramiento **sin** filtro\*
  - Encuesta
  - Deslumbramiento **con** filtro\*
  - Obtención de los datos

Esquema 2: Orden de realización de las pruebas.

## 4.2. Análisis estadístico.

El procesamiento estadístico de los diversos resultados obtenidos se llevó a cabo mediante el programa Minitab. Se procedió a realizar un análisis estadístico descriptivo de todas las variables objeto de estudio, tanto de los resultados de las medidas como de la encuesta.

Se empleó la prueba de Anderson-Darling para conocer la normalidad de la distribución de los datos. Nos encontramos que no fue posible asumir la normalidad del conjunto de datos y se decidió excluir a dos observadores. Al excluir a estos dos observadores sí que se pudo asumir normalidad. Sin estos dos observadores, para buscar posibles diferencias entre los resultados obtenidos el tiempo de recuperación con y sin filtro, se evaluó la hipótesis de igualdad de medias utilizando la prueba T pareada para dos muestras independientes. En cuanto a la encuesta, no fue posible asumir la normalidad de los datos y utilizamos una alternativa no paramétrica, el contraste U de Mann-Whitney.

Todos los estadísticos se han calculado para un nivel de confianza del 95%.

## 5. RESULTADOS.

Los resultados que se muestran corresponden a los 15 participantes del estudio, que tenían edades comprendidas entre 39 y 59 años.

A continuación se presenta una tabla resumen de los valores obtenidos (Tabla 2). En ella y para cada uno de los participantes se indica la edad, la AV binocular, la Sensibilidad al contraste, así como el tiempo de recuperación al deslumbramiento con y sin filtro.

ID OBSERVADOR	EDAD	AV	SC	ENt tiempo de respuesta	ENt con filtro tiempo de respuesta
IDND1	56	1.40	0,88	6,94	18,52
IDND2	59	1,54	0,88	20,34	13,86
IDND3	48	1,47	0,64	5,62	32,4
IDND4	55	1,54	1	17,11	8,6
IDND5	55	0,92	0,08	37,85	30,85
IDND6	54	1,54	1,08	106,85	143,61
IDND7	53	1,52	0,4	25,95	29,71
IDND8	49	1,54	0,88	33,1	21,36

<b>IDND9</b>	52	1,54	0,88	5,5	9,47
<b>IDND10</b>	54	1,54	0,8	2,93	1,87
<b>IDND11</b>	49	1,54	1,08	17,01	14,93
<b>IDND12</b>	59	1,54	1	45,33	38,47
<b>IDND13</b>	39	1,54	0,6	8,85	14,7
<b>IDND14</b>	49	1,54	1	27,4	47,18
<b>IDND15</b>	48	1,54	0,96	91,77	47,78

Tabla 2: Medidas y valores obtenidos

Como puede observarse en la tabla 3, la media de la edad de los participantes fue de 51.21 años. De ellos, 11 fueron mujeres y 4 hombres. La AV binocular media de la muestra fue de 1.49 en escala decimal y la al Sensibilidad al Contraste (SC) media fue de 0.81 log SC.

	N	Media	Mediana	Moda	Mínimo	Máximo	Desviación estándar
<b>Edad</b>	15	51.21	50.5	48	39	59	5.24
<b>AV binocular</b>	15	1.49	1.54	1.54	0.92	1.54	0.16
<b>SC</b>	15	0.81	0.88	0.88	0.08	1.08	0.29
<b>ENT tiempo de respuesta</b>	15	30.17	23.15		2.93	106.85	31.39
<b>ENT con filtro tiempo de respuesta</b>	15	31.55	25.53		1.87	143.61	35.06

Tabla 3: Resultados estadísticos de las medidas

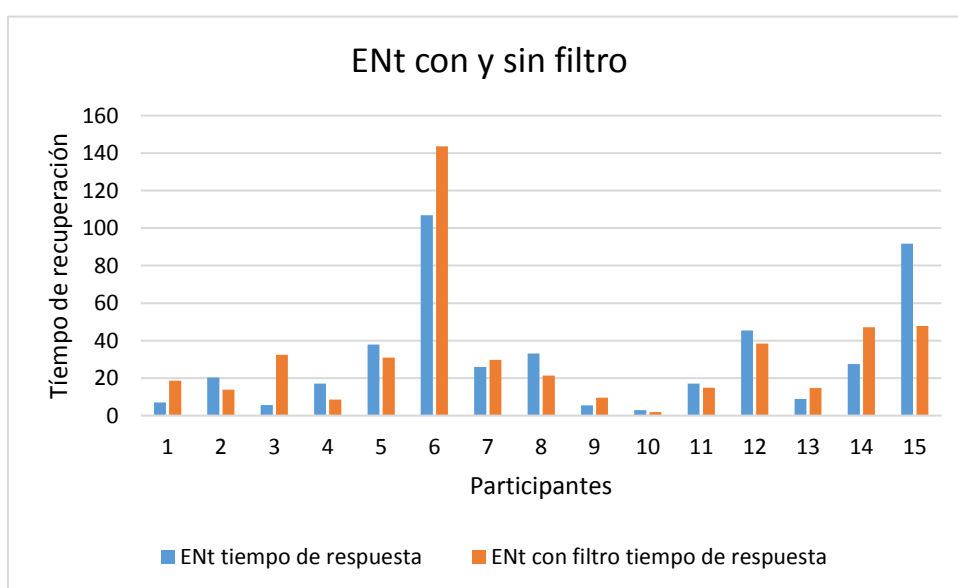
El tiempo de respuesta medio sin filtro fue de 30.17 segundos mientras que en el tiempo de respuesta con filtro, se obtuvo una media de 31.55 segundos.

Los resultados de desviación estándar en los tiempos de recuperación, tanto con filtro como sin filtro, son de 31.39 segundos respecto a una media de 31.83 segundos y de 35.06 segundos frente a una media de 32.49 segundos respectivamente.

Tras realizar una prueba de normalidad de Anderson-Darling con Minitab para ambos tiempos (con y sin filtro), observamos que no existe una distribución normal de los datos ( $p < 0.005$  para ambos tiempos). Se decidió excluir al observador 6 por presentar valores de tiempo muy altos y al observador 10 por

presentar valores de tiempo muy pequeños. Se vuelve a realizar una prueba de normalidad para ambos tiempos y ahora sí, nos encontramos con un valor de  $p= 0.025$  para el tiempo sin filtro y un valor de  $p= 0.285$  para el tiempo con filtro. Concluimos por tanto, que los resultados presentan una distribución normal tras eliminar a estos dos observadores. En estas condiciones, el valor medio de tiempo de recuperación del deslumbramiento es de 26.37 sin filtro y de 25.22 segundos con filtro.

Con respecto a los tiempos de recuperación observamos, en la mitad de los casos, resultados mayores sin filtro que con filtro. Estos datos los podemos ver de forma más clara en el siguiente histograma de barras:



Gráfica 1: Tiempo de recuperación con y sin filtro

Por último, tras excluir a los observadores 6 y 10, hemos calculado la media para el tiempo con y sin filtro. Con filtro el tiempo de recuperación medio es ligeramente menor, con un valor de 25.22, mientras que sin filtro es de 26.37 segundos. Pero la diferencia no es estadísticamente significativa ya que tras realizar una prueba T pareada de estas dos muestras, obtenemos un valor  $p= 0.814$ .

A continuación, en la tabla 4, se presentan los resultados de la encuesta sobre deslumbramiento realizada a los observadores:

Para analizar los resultados se indican el significado de los acrónimos que se emplean: H= habitualmente; L= En días luminosos; C= para conducir; V= solo en verano.

Importante recordar que a partir de la pregunta 3 (incluida), la sensación de deslumbramiento se grada en Escala de Likert con un 1 si es poca y con 5 si es mucha. La respuesta a la pregunta 2.2 es justo al revés (1 si es mucha y con 5 si es poca).

RESULTADOS ENCUESTA SOBRE EL DESLUMBRAMIENTO															
OBSERVADORES	IDND1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1. ¿Utilizas gafas de sol?	H	L	H	C	L	NO	NO	L	NO	V	C	H	L	L	NO
2.1. ¿Conduces con gafas de sol?	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	NO	NO	NO	NO	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	NO	NO
2.2. Grado de satisfacción conduciendo con gafas de sol	1	1	1	1	3					3	2	1	2		
3. Conduciendo a la salida de sol	4	4	3	4	4	5	4	3	3	3	5	2	4	3	4
4. Conduciendo a la puesta de sol	4	4	4	4	4	5	4	4	4	5	5	2	4	3	3
5. Conduciendo de noche al acercarse un vehículo de frente	4	3	3	3	4	5	3	1	5	4	4	3	3	2	4
6. Al pasar de un sitio oscuro a uno iluminado	4	3	5	4	3	3	2	1	3	4	3	1	2	3	3
7. Conduciendo de día a la salida de un túnel	3	2	1	3	3	3	2	3	4	4	4	2	3	3	3
8. Sensación de molestia en días nublados	2	2	2	2	1	2	2	1	2	4	1	1	1	1	2
9. Sensación de molestia en días soleados	5	3	4	4	2	2	2	3	3	4	4	3	2	2	3
10. ¿La luz del ordenador te genera molestia?	1	2	1	1	1	1	1	2	1	1	2	1	1	1	1

Tabla 1: Resultados de la encuesta realizada a los observadores

Los resultados de la encuesta fueron analizados mediante estadística descriptiva y se presentan en la siguiente tabla:

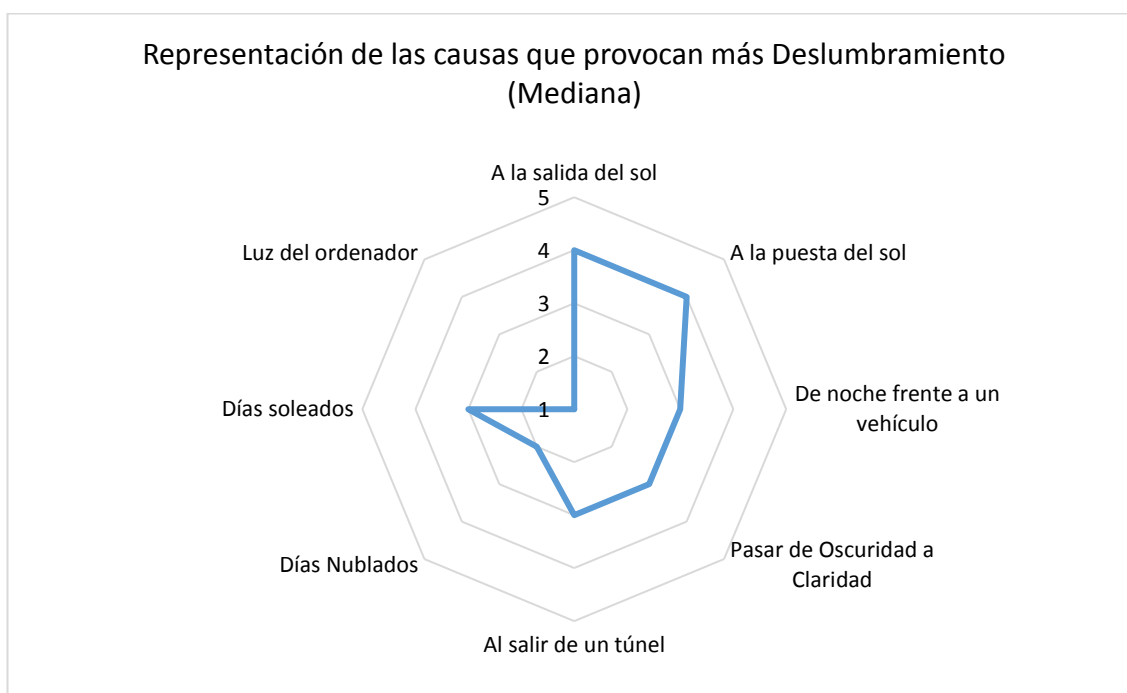
	N	Mediana	Moda	Mínimo	Máximo
Grado de satisfacción conduciendo con gafas de sol	15	1	1	1	3
Conduciendo a la salida de sol	15	4	4	2	5
Conduciendo a la puesta de sol	15	4	4	2	5
Conduciendo de noche al acercarse un vehículo de frente	15	3	3	1	5
Al pasar de un sitio oscuro a uno iluminado	15	3	3	1	5
Conduciendo de día a la salida de un túnel	15	3	3	1	4
Sensación de molestia en días nublados	15	2	2	1	4
Sensación de molestia en días soleados	15	3	3	2	5
¿La luz del ordenador te genera molestia?	15	1	1	1	2

*Tabla 2: Resultados estadísticos de la encuesta sobre deslumbramiento*

De los 15 participantes, solo 3 de ellos utilizan gafas de sol habitualmente, 5 de ellos las utilizan solo en días luminosos, para conducir solo 2 personas y 4 de ellos no las utilizan. De los participantes que utilizan gafas de sol para conducir, el grado de satisfacción que les proporciona es de una moda de 1. Por tanto, encontramos que en general, el grado de satisfacción conduciendo con gafas de sol es bueno.

Tras analizar la normalidad de los resultados de la encuesta con la prueba Anderson-Darling, nos encontramos que los resultados no siguen una distribución normal con un valor de  $p < 0.05$  en todos los casos.

Se opta por trabajar de forma no paramétrica y a través de la mediana. En la gráfica 3, se observa los motivos que más deslumbramientos provocan, destacando la salida y la puesta de sol, siendo la pantalla de ordenador la que menos sensación de deslumbramiento produce.

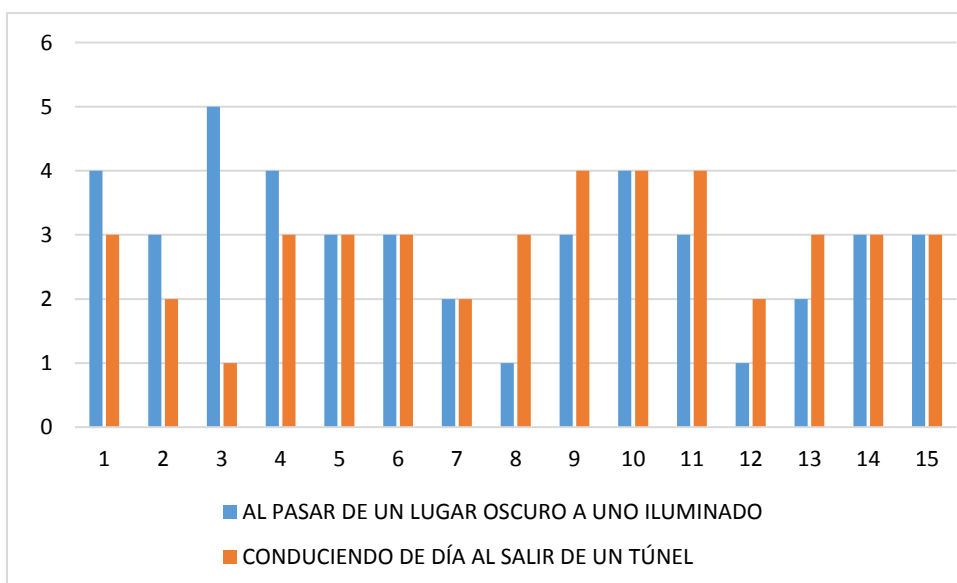


Gráfica 3. Representación de las causas que provocan mayor deslumbramiento.

Se decide utilizar el valor de la mediana y seguir la prueba no paramétrica U de Mann-Whitney para la comparación de dos variables. Se considera que existe una diferencia estadísticamente significativa cuando obtenemos un valor  $p < 0.05$ .

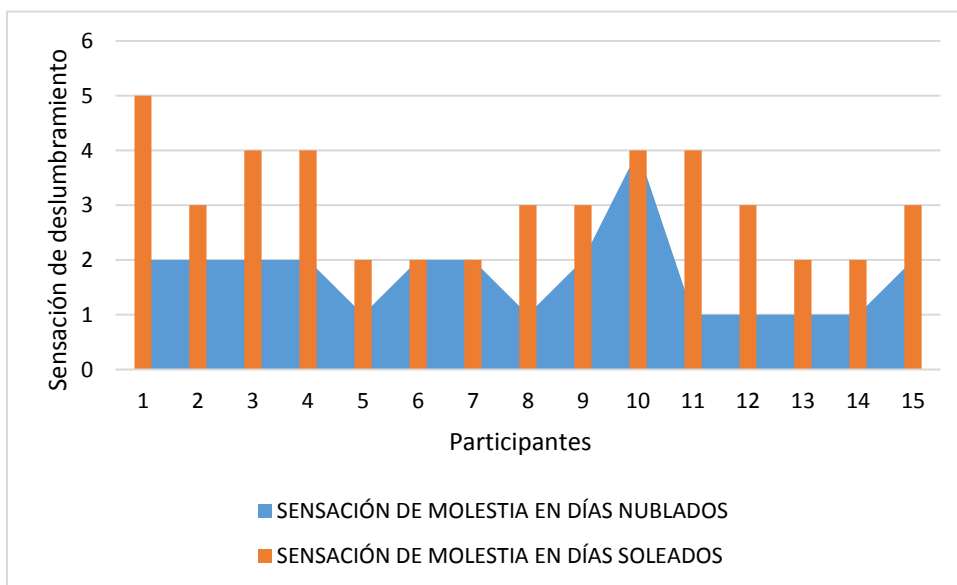
Con respecto a la sensación de deslumbramiento conduciendo tanto a la salida como a la puesta del sol, tenemos en ambas situaciones una moda de 4. Esto nos hace ver, que en general la sensación de deslumbramiento es alta para ambas condiciones y entre ellas no existen diferencias estadísticamente significativas ya que obtenemos un valor  $p = 0.361$ .

Al comparar dos situaciones muy parecidas, como son pasar de un lugar oscuro a uno iluminado y conduciendo de día a la salida de un túnel, ambas situaciones presentan una mediana de 3, no encontramos diferencias estadísticamente significativas ya que nos encontramos con un valor de  $p = 0.852$ . Podemos observar estos resultados en la siguiente gráfica:



Gràfica 4: Pasar de un lugar oscuro a uno iluminado vs conduciendo de día al salir de un túnel

Por último, tras analizar el resultado de sensación de molestia en días nublados, con una mediana de 2, con respecto a días soleados con una mediana de 3, nos encontramos una diferencia estadísticamente significativa, con un valor de  $p = 0.001$ . Es decir, los días soleados provocan mayor sensación de deslumbramiento. Esta diferencia podemos observarla en la siguiente gráfica:



Gràfica 5: Sensación de molestia en días nublados vs Sensación de molestia en días soleados



## 6. DISCUSIÓN.

Al analizar los resultados obtenidos respecto al nivel visual del observador, encontramos que el valor de AV encontrado es el esperado para las condiciones en las que se realizó el estudio, ya que los observadores portaban su compensación óptica correspondiente a la distancia a la que se realizó el test y no presentaban patologías. Sin embargo, respecto a los resultados obtenidos en el test de sensibilidad al contraste Mars Letter, los valores son muy bajos, siendo el valor máximo 1.08 log y el mínimo 0.08 log, a pesar de que este método considera una buena sensibilidad al contraste un valor de 2 (56). Esta discrepancia podría deberse en primer lugar a que el test original trabaja con AV de 0,041, sin embargo, en nuestro protocolo se trabaja con un tamaño de letra correspondiente a dos filas más de su AV, esto nos lleva a trabajar con AV que ronda la unidad decimal. Es decir, nuestros resultados están influenciados por un tamaño de letra muy inferior a la empleada en el Mars Letter. Otro motivo podría estar derivado de un calibrado erróneo de la pantalla, hecho que se descartó.

Una vez deslumbrado, al observador se le determinaba el tiempo de recuperación mediante el test EN<sub>r</sub>. Esta metodología presenta inconvenientes que deberían derivar en mejoras en su procedimiento: A pesar de trabajar con un símbolo correspondiente a dos líneas por encima de su tamaño de AV y el contraste correspondiente a su SC, los observadores presentaban problemas en la localización del símbolo una vez deslumbrados, lo cual es posible que reste efectividad al procedimiento. Por ello, pensamos que una modificación de los parámetros umbrales, presentando un símbolo más fácilmente discriminable, proporcionaría resultados más ajustados a la realidad, eliminando la dificultad que supone trabajar con una letra de tamaño tan pequeño. Para ello, se sugiere que para todos los observadores una reserva de agudeza visual de 2:1 (LogMAR) y 3:1 reserva en la sensibilidad al contraste. Este último dato está referenciado por Mohammed et al. en el año 2000, como nivel mínimo aconsejado de reserva de SC en lecturas esporádicas (57).

Los datos obtenidos deberían de proporcionar información tanto del resultado sobre el tiempo de recuperación al deslumbramiento de observadores sin patologías oculares, como sobre el efecto de un filtro de corte ante dicha recuperación al deslumbramiento, pero no ha sido ese el caso.

Basándonos en estudios previos, cabría esperar que el uso del filtro ayudase a reducir el tiempo de recuperación al deslumbramiento, pero no ha sido así (58) (59) (60). Nos encontramos que sólo en la mitad de los casos, los tiempos de recuperación han sido mayores sin filtro que con filtro presentando una dispersión de los resultados muy alta. Nuestros resultados no nos permiten afirmar que el filtro ayude a conseguir tiempos menores de recuperación ya que la diferencia entre ambos tiempos no es estadísticamente significativa y los datos no siguen una distribución normal.

A diferencia de nuestros resultados, en 2015 en un estudio realizado por Hammond (58), se evaluó los efectos de gafas con clip que filtran la luz azul frente a gafas con clip transparentes, y encontraron que los pacientes que usaban gafas con clip que filtra la luz azul tenían menos deslumbramiento incapacitante y tiempos de recuperación al fotoestrés menores en comparación con los pacientes que usaban gafas transparentes. En 2002 Sakamoto y col. (61) compararon la efectividad de un filtro de corte de luz azul normal con un filtro de conducción general (ActiveDrive) tanto en un grupo sin patología ocular de 22 a 68 años y en otro grupo con cataratas corticales de 48 a 71 años. Encontraron que ambos filtros fueron eficaces para la protección del deslumbramiento tanto en el grupo de voluntarios jóvenes sin patología como para los de mediana edad con cataratas. Más recientemente, en un estudio se encontró que las lentes con filtrado fotocromático en una población adulta sana ayudan a la recuperación al fotoestrés, a tener menor deslumbramiento molesto y menor deslumbramiento incapacitante (62). Mahjoob y col. (63) discutieron el efecto de un filtro amarillo sobre la agudeza visual y la sensibilidad al contraste bajo deslumbramiento para varias edades, aunque la mejora solo fue significativa en sujetos mayores de 51 a 60 años y solo hubo mejoras en el caso de SC. Esto apoya nuestros resultados.

Se han realizado estudios que valoran la efectividad de las lentes intraoculares (LIOS) que filtran la luz azul reflejando una mejora en el rendimiento visual en presencia de deslumbramiento al reducir el deslumbramiento incapacitante y el tiempo de recuperación al fotoestrés (59) (60) (64).

Pérez Carrasco, en 2005, analizó los efectos de un filtro amarillo sobre la SC y el deslumbramiento en pacientes post-Lasik frente a sujetos control y encontraron que el filtro mejoró la SC en los pacientes con Lasik, pero no significativamente y no se observaron diferencias en el deslumbramiento incapacitante entre el grupo control y los pacientes con Lasik, ni mejoras con el filtro amarillo (65).

Según nuestros resultados, encontramos que en dos observadores se obtienen resultados de tiempos de recuperación extremos, uno extremadamente pequeño y en otro extremadamente grande tanto con filtro como sin filtro.

En el caso del observador con tiempos muy bajos, pensamos que el sujeto esquivó el deslumbramiento del flash o no siguió bien la dinámica del examen. Hay que tener presente que mediante el deslumbrómetro utilizado, se produce un bajo control de la posición de mirada.

El caso del otro sujeto (tiempos muy altos de recuperación) puede deberse a que ese observador en cuestión presentaba miopía alta y, pese a que su AV fue de 1.54, la alta miopía ha podido influir en el tiempo de recuperación. Este caso se correlaciona con los resultados obtenidos en el estudio realizado por Su en 2018. En este trabajo, se evaluó el efecto del deslumbramiento en adultos miopes,

encontrándose un incremento del deslumbramiento en miopes altos frente a miopes medio-bajos (66). Esto podría deberse a que en presencia de alta miopía la calidad óptica es peor y existe una mayor dispersión intraocular (67).

Como hemos visto en estudios anteriores que han comparado el tiempo de recuperación al fotoestrés con y sin filtro, han encontrado tiempos menores en el caso del uso del filtro. Esta era nuestra hipótesis inicial, comprobando que no ha sido así. Entre las causas o aspectos que han podido influenciar, destacamos en primer lugar que hemos tratado un muestra pequeña de observadores ( $n = 15$ ), hecho que sin duda ha influido en la dispersión de datos obtenida. Este problema ha escapado del control de las expectativas del estudio, ya que debido al confinamiento por Covid-19, no se pudieron valorar más observadores.

A pesar de que el deslumbrómetro empleado corresponde al estándar utilizado para evaluar la capacidad de los conductores (19), las pruebas experimentales han reflejado un importante margen de error en metodología, ya que por un lado, en ningún momento se tiene un control de la posición de mirada del observador y por otro lado, la distribución lumínica de la lámpara no es homogénea, presentando en función del punto de fijación un deslumbramiento variable.

En cuanto a los resultados de la encuesta, como era de esperar, las situaciones que provocan mayor sensación de deslumbramiento son: conduciendo a la salida y a la puesta del sol. Para ambas situaciones no se encontró diferencia significativa ( $p = 0.361$ ) y resultó que en general ambas situaciones provocan la misma molestia. También, encontramos que tanto al pasar de un lugar oscuro a uno iluminado, como conduciendo a la salida de un túnel también provocan la misma sensación de deslumbramiento y no existen diferencia estadísticamente significativas entre ambas ( $p = 0.852$ ). Esto era de esperar ya que aunque se generen en situaciones distintas, provocan el mismo cambio de oscuro a claro.

Quisimos comparar también si existía diferencias entre la sensación de molestia en días nublados respecto a días soleados, y aquí sí que se encontró que los observadores padecen mayor deslumbramiento en días soleados cuando no portan gafas de sol con respecto a días nublados. Debido a la poca correlación de los resultados del tiempo de recuperación, no se ha podido relacionar las situaciones que más incomodidad generan con tiempos mayores o menores.

### 6.1. Nuevas aportaciones.

Las observaciones y resultados del presente trabajo han permitido un análisis de los defectos del deslumbrómetro y método utilizado, aportando reflexiones de mejora del sistema.

A partir de aquí los investigadores del laboratorio Movilab ha diseñado un deslumbrómetro económico y versátil que permite (ilustración 18):

- Un control de la posició de la cabeza del observador
- Un sistema de il·luminació homogèneo en toda la superfície
- Un sistema que permeti una variació de intensitats lumínica y temperatures del color.
- Un sistema reproducible por su bajo coste.

Igualment se han introducido mejoras en el software Movilab dissenyant un símbol para el deslumbramiento que permite mantener para todos los observadores la misma reserva de agudeza visual y sensibilidad al contraste, obteniéndose de esta manera una mejor discriminación de los símbolos.



*Il·lustració 18: Diversas perspectivas del deslumbrómetro Movilab*

El disseny e implementació del deslumbrómetro Movilab ha obert la possibilitat de futurs treballs com són:

- La normalització de valors de recuperació al deslumbrament en observadors normals.
- La normalització de valors de recuperació al deslumbrament en pacients con diverses patologies.
- La realització de estudis sobre la efectivitat de filtres ante el deslumbrament (filtros para el ordenador, filtros para la conducción...).
- Efecto de la intensidad lumínica en el deslumbramiento.
- Efecto de la temperatura del color en el deslumbramiento.

## 7. CONCLUSIONES.

- El deslumbrómetro tipo Inopsa, pese a ser el instrumento usualmente utilizado en las pruebas médicas para obtener o renovar el permiso de conducción, no ha resultado ser efectivo como prueba de deslumbramiento.



- La iluminación que proporciona el deslumbrómetro ha resultado ser muy variable en apenas 10 cm, por lo que no se ha podido mantener constante el nivel de deslumbramiento provocado.
- Hemos encontrado dos carencias importantes: bajo control de la atención y falta de control de la posición de mirada del observador.
- No se ha podido llegar a determinar un tiempo de recuperación al deslumbramiento ya que los resultados han mostrado una distribución anormal.
- El filtro no ha ayudado a una recuperación más rápida del deslumbramiento, pero este resultado no es concluyente porque no se han encontrado diferencias estadísticamente significativas respecto la condición “sin filtro” y los resultados no han seguido una distribución normal. Si tenemos un caso en el que tras excluir a dos observadores por tiempos fuera de lo normal, si encontramos que el filtro ayuda pero la diferencia no es estadísticamente significativa.
- La conclusión principal es que este estudio ha ayudado a encontrar las carencias y errores cometidos en cuanto a la metodología y al instrumental utilizado, permitiendo así poder implementar nuevas mejoras que sí ayuden a llegar a resultados satisfactorios en un futuro.

## 8. BIBLIOGRAFÍA.

1. Loughman J, Hewitt C, Judge C, Martin L, Moulds C, Davison PA. Clinical applicability of the Macular Degeneration Detection Device (MDD-2): a novel photostress recovery measurement device. *Clin Exp Optom* [Internet]. 2013 May 1 [cited 2020 Sep 10];96(3):272–7. Available from: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1444-0938.2012.00813.x>
2. Rodriguez JD, Wallstrom G, Narayanan D, Welch D, Abelson MB. An Alternative Psychophysical Diagnostic Indicator of the Aging Eye. *J Ophthalmol*. 2019;2019.
3. Gibbons RB, Edwards CJ. A Review of Disability and Discomfort Glare Research and Future Direction. 2007 Apr;
4. Aslam TM, Haider D, Murray IJ. Principles of disability glare measurement: an ophthalmological perspective. *Acta Ophthalmol Scand* [Internet]. 2007 Feb 20 [cited 2020 May 4];85(4):354–60. Available from: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1600-0420.2006.00860.x>
5. Mainster MA, Turner PL. Glare's causes, consequences, and clinical challenges after a century of ophthalmic study. *Am J Ophthalmol*. 2012;153(4):587–93.
6. Facchin A, Daini R, Zavagno D. The Glare Effect Test and the Impact of Age on Luminosity Thresholds. *Front Psychol* [Internet]. 2017 Jun 30 [cited 2020 May 4];8(JUN):1132. Available from: <http://journal.frontiersin.org/article/10.3389/fpsyg.2017.01132/full>
7. Stiles WS. The Nature and Effects of Glare. *Illum Eng*. 1929;22:304–9.
8. Vos JJ. On the cause of disability glare and its dependence on glare angle, age and ocular pigmentation. *Clin Exp Optom* [Internet]. 2003 Nov [cited 2020 May 5];86(6):363–70. Available from: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1444-0938.2003.tb03080.x>
9. Van Den Berg TJTP. On the relation between glare and straylight. *Doc Ophthalmol*. 1991;78(3–4):177–81.
10. Wolska A, Sawicki D. Evaluation of discomfort glare in the 50+ elderly: Experimental study. *Int J Occup Med Environ Health* [Internet]. 2014 [cited 2020 May 4];27(3):444–59. Available from: <https://search-proquest-com.recursos.biblioteca.upc.edu/medline/docview/1652469755/fulltext/4560696EF31C4786PQ/10?accountid=15300>
11. Bullough JD. Spectral sensitivity for extrafoveal discomfort glare. *J Mod Opt*. 2009;56(13):1518–22.
12. Bargary G, Furlan M, Raynham PJ, Barbur JL, Smith AT. Cortical hyperexcitability and sensitivity to discomfort glare. *Neuropsychologia* [Internet]. 2015;69:194–200. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2015.02.006>
13. Bargary G, Jia Y, Barbur JL. Mechanisms for discomfort glare in central vision. *Investig Ophthalmol Vis Sci*. 2014;56(1):464–71.
14. Tavazzi S, Perego F, Ferraro L, Acciarri M, Zeri F. An Investigation of the Role of Macular



- Pigment in Attenuating Photostress through Comparison between Blue and Green Photostress Recovery Times. *Curr Eye Res.* 2019 Apr 3;44(4):399–405.
15. Messenio D, Marano G, Gerosa S, Iannelli F, Biganzoli EM. The influence of age on the recovery of the ERG photostress test. *Doc Ophthalmol.* 2013;126(2):87–97.
  16. Neumann AC, McCarty GR, Locke J, Cobb B. Glare disability devices for cataractous eyes: A consumer's guide. *J Cataract Refract Surg.* 1988;14(2):212–6.
  17. Lohmann CP, Gartry DS, Muir MK, Timberlake GT, Fitzke FW, Marshall J. Corneal haze after excimer laser refractive surgery: objective measurements and functional implications. *Eur J Ophthalmol* [Internet]. 1991 Oct 16 [cited 2020 Sep 30];1(4):173–80. Available from: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/112067219100100403>
  18. Tahzib NG, Bootsma SJ, Eggink FAGJ, Nabar VA, Nuijts RMMA. Functional outcomes and patient satisfaction after laser in situ keratomileusis for correction of myopia. *J Cataract Refract Surg.* 2005 Oct 1;31(10):1943–51.
  19. BOE.es - Documento BOE-A-2010-13946 [Internet]. [cited 2020 Sep 30]. Available from: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2010-13946>
  20. Stringham JM, Garcia P V, Smith PA, Mclin LN, Foutch BK. Macular Pigment and Visual Performance in Glare : Benefits for Photostress Recovery , Disability Glare , and Visual Discomfort. 2011;7406–15.
  21. Hammond BR, Bernstein B, Dong J. The Effect of the AcrySof Natural Lens on Glare Disability and Photostress. *Am J Ophthalmol.* 2009;148(2).
  22. Rodriguez JD, Lane K, Hollander DA, Shapiro A, Saigal S, Hertszenberg AJ, et al. Cone photoreceptor macular function and recovery after photostress in early non-exudative age-related macular degeneration. *Clin Ophthalmol* [Internet]. 2018 [cited 2020 Sep 9];12:1325–35. Available from: </pmc/articles/PMC6067527/?report=abstract>
  23. Rubin GS, Stark WJ. Current status of contrast sensitivity and glare testing in evaluation of the cataract patient [Internet]. Vol. 8, *Ophthalmology Clinics of North America*. W.B. Saunders Ltd; 1995 [cited 2020 Sep 4]. p. 539–46. Available from: <https://jhu.pure.elsevier.com/en/publications/current-status-of-contrast-sensitivity-and-glare-testing-in-evalu-4>
  24. Elliott DB, Hurst MA, Weatherill J. Comparing clinical tests of visual function in cataract with the patient's perceived visual disability. *Eye.* 1990;4(5):712–7.
  25. Williamson TH, Strong NP, Sparrow J, Aggarwal RK, Harrad R. Contrast sensitivity and glare in cataract using the Pelli-Robson chart. *Br J Ophthalmol.* 1992;76(12):719–22.
  26. Rubin GS, Roche KB, Prasada-Rao P, Fried LP. Visual impairment and disability in older adults. Vol. 71, *Optometry and Vision Science*. 1994. p. 750–60.
  27. Tan JCH, Spalton DJ, Arden GB. Comparison of methods to assess visual impairment from glare and light scattering with posterior capsule opacification. *J Cataract Refract Surg* [Internet].

- 1998;24(12):1626–31. Available from: [http://dx.doi.org/10.1016/S0886-3350\(98\)80354-4](http://dx.doi.org/10.1016/S0886-3350(98)80354-4)
28. Margrain TH, Thomson D. Sources of variability in the clinical photostress test. *Ophthalmic Physiol Opt.* 2002;22(1):61–7.
  29. Holladay JT, Prager TC, Trujillo J, Ruiz RS. Brightness acuity test and outdoor visual acuity in cataract patients. *J Cataract Refract Surg* [Internet]. 1987;13(1):67–9. Available from: [http://dx.doi.org/10.1016/S0886-3350\(87\)80016-0](http://dx.doi.org/10.1016/S0886-3350(87)80016-0)
  30. Lasa MSM, Podgor MJ, Datiles MB, Caruso RC, Magno B V. Glare sensitivity in early cataracts. *Br J Ophthalmol.* 1993;77(8):489–91.
  31. Rubin GS, Bandeen-Roche K, Huang GH, Muñoz B, Schein OD, Fried LP, et al. The association of multiple visual impairments with self-reported visual disability: SEE project. *Investig Ophthalmol Vis Sci* [Internet]. 2001 [cited 2020 Sep 5];42(1):64–72. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11133849/>
  32. Murray I. Glare. *The Optician* [Internet]. 2017;234(2):24–7. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jaci.2012.05.050>
  33. Elliott DB, Bullimore MA. Assessing the Reliability , Discriminative Ability , and Validity of Disability Glare Tests. 1993;34(1):108–19.
  34. Aujla M, Wolffsohn JS, Sheppard AL. Halo size and subjective complaints of dysphotopsia in a normal population. *Invest Ophth Vis Sci* [Internet]. 2015 [cited 2020 Sep 5];56(7):4314. Available from: <https://iovs.arvojournals.org/article.aspx?articleid=2334253>
  35. Van Rijn LJ, Nischler C, Gamer D, Franssen L, De Wit G, Kaper R, et al. Measurement of stray light and glare: Comparison of Nyktotest, Mesotest, stray light meter, and computer implemented stray light meter. Vol. 89, *British Journal of Ophthalmology.* 2005. p. 345–51.
  36. Bailey IL, Bullimore MA. A new test for the evaluation of disability glare. *Optom Vis Sci* [Internet]. 1991 [cited 2020 Sep 5];68(12):911–7. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/1787947/>
  37. Epitropoulos AT, Fram NR, Masket S, Price FW, Snyder ME, Stulting RD. Evaluation of a New Controlled Point Source LED Glare Tester for Disability Glare Detection in Participants With and Without Cataracts. 2015;
  38. Kim W, Han H, Kim JT. The position index of a glare source at the borderline between comfort and discomfort ( BCD ) in the whole visual field. *Build Environ* [Internet]. 2009;44(5):1017–23. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2008.07.007>
  39. Wolffsohn JS, Anderson SJ, Mitchell J, Woodcock A, Rubinstein M, Ffytche T, et al. Effect of age related macular degeneration on the Eger macular stressometer photostress recovery time. *Br J Ophthalmol.* 2006 Apr;90(4):432–4.
  40. Schmitt NJ, Grover DA, Feldon SE. The Eger Macular Stressometer: Pilot study. *Am J Ophthalmol.* 2003;136(2):314–7.



41. Bartlett H, Davies LN, Eperjesi F. Reliability, normative data, and the effect of age-related macular disease on the Eger Macular Stressometer photostress recovery time. *Ophthalmic Physiol Opt* [Internet]. 2004 Nov [cited 2020 Sep 7];24(6):594–9. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15491488/>
42. STEVEN I. BENNETT, OD, FAAO, Ann Arbor M. Manejo optométrico: actualización de la degeneración macular relacionada con la edad [Internet]. 2001 [cited 2020 Oct 10]. Available from: <https://www.optometricmanagement.com/issues/2001/july-2001/age-related-macular-degeneration-update>
43. Loughman J, Ratzlaff M, Foerg B, Connell P. Suitability and repeatability of a photostress recovery test device, the macular degeneration detector (MDD-2), for diabetes and diabetic retinopathy assessment. *Retina*. 2014;34(5):1006–13.
44. Newsome DA, Negreiro M. Reproducible measurement of macular light flash recovery time using a novel device can indicate the presence and worsening of macular diseases. *Curr Eye Res* [Internet]. 2009 Feb [cited 2020 Sep 10];34(2):162–70. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19219688/>
45. Joseph J. Pizzimenti, O.D. FAAO. The MDD-2 Macular Adaptometer, from Health Research Sciences [Internet]. *Optometric Management - Instrumental Focus*. 2001 [cited 2020 Oct 10]. Available from: <https://www.optometricmanagement.com/issues/2011/december-2011/instrumental-focus>
46. TIEDRA. OFTALMOSCOPIO DIRECTO KEELER ESPECIALISTA [Internet]. [cited 2020 Oct 10]. Available from: <http://www.tiedra.net/optica/Products/120-ofthalmoscopio-directo-keeler-especialista.aspx>
47. BAT Brightness Acuity Tester » Marco Ophthalmic [Internet]. [cited 2020 Oct 10]. Available from: <https://marco.com/product/bat-brightness-acuity-tester/>
48. Used VISTECH MCT 8000 Multivision Contrast Tester Ophthalmology General For Sale - DOTmed Listing. [Internet]. [cited 2020 Oct 10]. Available from: <https://www.dotmed.com/listing/ophthalmology-general/vistech/mct-8000/multivision-contrast-tester/2952888>
49. OCULUS C-Quant - Equipos de Test Visual - Características destacadas - OCULUS Iberia S.L. [Internet]. [cited 2020 Oct 10]. Available from: [https://www.ocus.de/es/productos/equipos-de-test-visual/c-quant/caracteristicas-destacadas/#produkte\\_navi](https://www.ocus.de/es/productos/equipos-de-test-visual/c-quant/caracteristicas-destacadas/#produkte_navi)
50. Thall EH, Miller D, Salinas H. Pruebas de sensibilidad al deslumbramiento y al contraste. [Internet]. 2016 [cited 2020 Oct 10]. Available from: <https://entokey.com/glare-and-contrast-sensitivity-testing/>
51. Probador de deslumbramiento Epiglare [Internet]. [cited 2020 Oct 10]. Available from: <http://glaretester.com/>
52. Ramos CS. El deslumbrómetro de Inopsa [Internet]. Facultad de Óptica y Optometría. Universidad Complutense de Madrid. 2009 [cited 2020 Oct 6]. Available from: <http://complumedia.ucm.es/resultados.php?contenido=keEbrof2VIDsMcRA5C5Bdw==>

53. BOE.es - Documento BOE-A-2010-3471 [Internet]. [cited 2020 Oct 6]. Available from: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2010-3471>
54. Colores de filtro ML [Internet]. [cited 2020 Sep 17]. Available from: <https://www.multilens.com/en/catalog/node/filter-ml-filter-colours>
55. OPTICS M. Ficha técnica ML Filter [Internet]. 2008 [cited 2020 Oct 13]. Available from: <http://mloptics.es/wp-content/uploads/2019/08/Ficha-Tecnica-ML-Filter-2019-v1.pdf>
56. Perceprix M. MANUAL, The MarsLetter Contrast Sensitivity TestUSER. 2010;
57. Mohammed Z, Dickinson CM. The inter-relationship between magnification, field of view and contrast reserve: the effect on reading performance. *Ophthalmic Physiol Opt*. 2000 Nov;20(6):464–72.
58. Hammond BR. Attenuating photostress and glare disability in pseudophakic patients through the addition of a short-wave absorbing filter. *J Ophthalmol* [Internet]. 2015 [cited 2020 Sep 29];2015. Available from: </pmc/articles/PMC4370187/?report=abstract>
59. Hammond BR, Bernstein B, Dong J. The Effect of the AcrySof Natural Lens on Glare Disability and Photostress. *Am J Ophthalmol* [Internet]. 2009 [cited 2020 Sep 29];148(2). Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19426959/>
60. Hammond BR, Renzi LM, Sachak S, Brint SF. Contralateral comparison of blue-filtering and non-blue-filtering intraocular lenses: Glare disability, heterochromatic contrast, and photostress recovery. *Clin Ophthalmol* [Internet]. 2010 [cited 2020 Sep 29];4(1):1465–73. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21191442/>
61. Sakamoto Y, Sasaki K, Kojima M, Sasaki H, Sakamoto A, Sakai M, et al. The effects of protective eyewear on glare and crystalline lens transparency. *Dev Ophthalmol* [Internet]. 2002 [cited 2020 Oct 3];35:93–103. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12061282/>
62. Renzi-Hammond LM, Hammond BR. The effects of photochromic lenses on visual performance. *Clin Exp Optom* [Internet]. 2016 Nov 1 [cited 2020 Oct 3];99(6):568–74. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27346784/>
63. Mahjoob M, Heydarian S, Koochi S. Effect of yellow filter on visual acuity and contrast sensitivity under glare condition among different age groups. *Int Ophthalmol* [Internet]. 2016 Aug 1 [cited 2020 Sep 29];36(4):509–14. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26613932/>
64. 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* [Internet]. 2011 Jan [cited 2020 Oct 3];37(1):38–44. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21183098/>
65. Pérez-Carrasco MJ, Puell MC, Sánchez-Ramos C, López-Castro A, Langa A. Effect of a yellow filter on contrast sensitivity and disability glare after laser in situ keratomileusis under mesopic and photopic conditions. *J Refract Surg* [Internet]. 2005 [cited 2020 Sep 29];21(2):158–65. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15796221/>



66. Su B, Zhang B, Huang J, Xie W, Wu Z, Lin M, et al. The effect of transient glare on shape discrimination threshold in myopic adults. *Clin Exp Optom*. 2018;101(2):220–4.
67. Miao H, Mo X, He L, Zhao J, Mo X, Zhou X. Objective optical quality and intraocular scattering in myopic adults. *Investig Ophthalmol Vis Sci* [Internet]. 2014 [cited 2020 Sep 29];55(9):5582–7. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25103263/>



## ANEXOS.

### Anexo I- Carta de presentación.

#### CARTA DE PRESENTACIÓN

Hola, soy Inma Sánchez, alumna del Máster en Optometría y Ciencias de la Visión de la Facultad de Terrassa.

Actualmente estoy trabajando en mi trabajo final de Máster y para ello, me sería de gran ayuda vuestra colaboración para la realización de unas pruebas. Necesito la participación de observadores con edad comprendida entre 35 y 65 años que cumplan los siguientes criterios de inclusión:

- No presenten patologías oculares
- No hayan sido operados de cirugía refractiva y/o cataratas
- Pueden presentar ametropías oculares

Estas pruebas consistirán en evaluar la recuperación al deslumbramiento visual que provoca un faro de automóvil encendido 5 segundos. Se cuantifica la pérdida de contraste percibido y el tiempo de recuperación de la visión sin deslumbramiento mediante el software Movilab, en el laboratorio situado en el aula 1.1 de la FOOT. Ambas pruebas se realizan en un tiempo aproximado de 10 minutos, son muy sencillas y no invasivas.

Muchas gracias de antemano.



## Anexo II- Consentimiento informado.

### INFORMACIÓN SOBRE EL ESTUDIO

*NORMALIZACIÓN DE LA PRUEBA "VALORACIÓN DE LA RECUPERACIÓN DE LA VISIÓN ANTE EL DESLUMBRAMIENTO" INCLUIDO EN EL PROGRAMA MOVILAB.* Programa de ordenador para evaluar habilidades visuales, desarrollado en la FOOT.

#### Objetivo del estudio:

Le invitamos a participar en un estudio para normalizar la prueba "Valoración de la visión ante el deslumbramiento" incluido en el programa Movilab. El estudio consta de la evaluación, en observadores adultos con visión normal y sin patología ocular, del subtest ENT que valora el tiempo de recuperación de la visión ante un deslumbramiento controlado.

#### Metodología del estudio

La prueba se realizará mediante una única sesión en el gabinete y consiste en evaluar el tiempo de recuperación de la agudeza visual (ENT), tras una exposición de 5 segundos a la luz proporcionada por un faro de automóvil. Esta prueba es no invasiva y no supone ningún riesgo para la visión.

También se valorará el efecto en el tiempo de recuperación, del uso de un filtro seleccionado previamente por el observador, el cuál responderá a una encuesta que refleja su sensibilidad ante el deslumbramiento.

#### Condiciones de participación

Su participación en el estudio es absolutamente voluntaria. En cualquier momento puede cambiar de opinión y dejar el estudio.

Su participación no le supondrá ningún riesgo, ni tampoco recibirá ningún beneficio y/o compensación por ello.

Sus datos serán utilizados para el estudio descrito y siempre de forma anónima y absolutamente confidencial, de modo que únicamente miembros autorizados dispondrán de acceso a la información obtenida. El tratamiento de los resultados formará parte del Trabajo Final de Máster del estudiante Investigador de la FOOT (Facultad de Óptica y Optometría de Terrassa).

Con el objeto de contestar a cualquier duda o comentario que tengan con respecto al estudio pueden ponerse en contacto con:

*Inmaculada Sánchez Contreras (Graduada en Óptica-Optometría) –*

Email: [inmasanchezcontreras4a@gmail.com](mailto:inmasanchezcontreras4a@gmail.com)



**CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA LA PARTICIPACIÓN EN EL ESTUDIO**

**NORMALIZACIÓN DE LA PRUEBA "VALORACIÓN DE LA RECUPERACIÓN DE LA VISIÓN ANTE EL DESLUMBRAMIENTO" INCLUIDO EN EL PROGRAMA MOVILAB.** Programa de ordenador para evaluar habilidades visuales, desarrollado en la FOOT.

Yo,....., mayor de edad y con DNI.....

Dooy mi consentimiento, de manera libre para participar en el estudio.

He leído la hoja de información que se me ha entregado.

He recibido suficiente información sobre el estudio, y todas mis dudas y preguntas han sido aclaradas y respondidas.

Estoy de acuerdo con que mis datos relativos a este estudio sean guardados, procesados electrónicamente y transmitidos. Dooy mi consentimiento para que la información recogida durante el estudio pueda ser procesada y difundida a la comunidad científica, siempre de forma anónima y absolutamente confidencial según la Ley de protección de datos.

..... de..... de.....

Firma del paciente:

Confirmo que se ha explicado al participante del estudio los motivos y las características del proyecto de investigación.

Firma del investigador: