

MEDICIONES UMBRALES Y SUPRAUMBRALES EN LA EVALUACIÓN DE LOS EFECTOS DEL DESLUMBRAMIENTO EN SUJETOS NORMALES Y MIOPE CORREGIDOS

L. Issolio & E. Colombo

Departamento de Luminotecnia, Luz y Visión "Ing. Herberto C. Bühler" – FACET - Universidad Nacional de Tucumán.
Avda. Independencia 1800 (4000) - Tucumán - Argentina.
E-mail: lissolio@herrera.unt.edu.ar

El deslumbramiento fisiológico es el fenómeno de reducción de la visibilidad debido a la presencia de fuentes de luz intensas en el campo de visión periférica, existiendo consenso acerca de que este efecto se genera por la luz dispersa en los medios oculares. En trabajos anteriores se comprobó que una fuente deslumbrante también reduce la claridad de un test foveal y que el efecto se acentúa con sujetos miopes corregidos siendo menor con lentes de contacto que con gafas⁽⁴⁾. En este trabajo, los autores comparan estos resultados en el supraumbral con los que provienen de medidas que caracterizan el comportamiento umbral, en la evaluación de los efectos del deslumbramiento, tomando en ambos casos observadores normales y miopes con distinto tipo de corrección. Para cuantificar los cambios en el umbral se utilizó la medida de la sensibilidad al contraste: se comparan los valores medidos en presencia de la fuente deslumbrante y sin ella y se expresa el resultado como el factor de luz dispersa (LSF). En este caso se midieron umbrales de visibilidad de redes sinusoidales de diferentes frecuencias espaciales (1 c/g, 4 c/g y 16 c/g) y dos niveles de deslumbramiento (30 lx y 60 lx).

Se encuentra que el LSF varía con la frecuencia espacial y depende del tipo de corrección refractiva. Ambos tipos de medidas dan información acerca de los cambios operados en la percepción tanto de la claridad como del contraste. Se analizan las condiciones que proveen una discriminación óptima del efecto. Las diferencias de los resultados obtenidos en observadores normales y miopes con diferentes correcciones se explican a partir de la mayor dispersión de luz que producen los medios interpuestos con el consecuente aumento del velo deslumbrante.

Disability glare is the phenomenon that produces visibility reduction by the presence of high intensity sources of light in the peripheral field of view. This effect is due to the scattered light in the ocular media. In previous works was shown how a glare source also reduces the brightness of a foveal test and that the effect is stronger in subjects with refractive corrections, being the reduction smaller in the case of contact lenses than with spectacles⁽⁴⁾. In this work authors compare those results obtained with supra threshold measurements with data that characterise the threshold behaviour. The experiment was carried out with normal and myopic observers with different kinds of correction.

To quantify the threshold changes we measured contrast sensitivity with and without glare. Results are expressing in term of the light scattered factor (LSF). In this case we measure contrast threshold of sinusoidal gratings of different spatial frequencies (1 c/d, 4 c/d and 16 c/d) and with two glare levels (30 lx and 60 lx).

It was found that LSF changes with the spatial frequency and depends of the kind of refractive correction. Both measurements give information about changes produced in brightness and contrast perception. The conditions that provide an optimum discrimination of the effect are analysed. The differences obtained in normal and myopic observers with different corrections are explained considering the increase of the scattered light produced by the interposed media and its consequent rise of the veiling glare.

I. INTRODUCCIÓN

El deslumbramiento fisiológico es el fenómeno de reducción de la visibilidad por la presencia de fuentes de luz intensas en el campo de visión periférico, debido a la luz dispersa en los medios oculares⁽¹⁾. A su vez, en otros trabajos se comprobó que una fuente deslumbrante reduce la claridad de un test foveal^(2,3), y que el efecto es más marcado cuando a los sujetos se le interpone entre los ojos y la fuente deslumbrante alguna corrección refractiva y, más aún, cuando la corrección se realiza con gafas en comparación a las lentes de contacto⁽⁴⁾.

La característica distintiva de evaluar el efecto del deslumbramiento a través de la percepción de la claridad es que de esta forma se obtiene información del comportamiento del sistema visual humano en el supraumbral, a diferencia de las medidas de visibilidad de objetos que muestran su efecto en el comportamiento umbral.

En este trabajo se determina la influencia del deslumbramiento en condiciones umbrales, en sujetos con visión normal y miopes, usando distintos tipos de correcciones refractivas. Para cuantificar este efecto se midió la sensibilidad al contraste en presencia de la fuente deslumbrante y sin ella. Los resultados se expresan a través del *factor de luz dispersa (LSF)*⁽⁵⁾

que relaciona los contrastes umbrales medidos en ambas condiciones:

$$LSF = \frac{L}{E} \left(\frac{M2}{M1} - 1 \right) \quad (1)$$

donde L es la luminancia media del estímulo, E es la iluminancia producida por el deslumbramiento medida entre los dos ojos, $M2$ y $M1$ son los contrastes umbrales medidos con y sin deslumbramiento respectivamente.

Los resultados se comparan con mediciones supraumbrales, donde se evaluaba el efecto del deslumbramiento sobre la claridad⁽⁴⁾, y cuyos resultados se expresan en función del índice de deslumbramiento (GI)⁽³⁾:

$$GI = \frac{L_{est}}{L_i} - 1 \quad (2)$$

donde L_{est} es la luminancia del estímulo estándar (presentado bajo condición de deslumbramiento) y L_i es la luminancia de igualación.

II. MÉTODOS

Observadores

A fin de favorecer la comparación de los datos, las medidas que se realizan en este experimento se hacen con dos observadores de los cuatro que intervinieron en el experimento de igualación de claridad, LI, 35 años, emélope y JA, 27 años, miope (-0,25D).

Condiciones experimentales

En general, se buscó mantener las condiciones del experimento de igualación de claridad:

- un rango mesópico de adaptación con una luminancia de adaptación de 1 cd/m^2 .
- la fuente deslumbrante permaneció encendida durante 500 msec con niveles de iluminancia vertical medida entre ambos ojos de 30 lx y 60 lx.
- la pupila y la acomodación fueron naturales.

Mediante un experimento de control se determinó la dinámica del diámetro pupilar en función del encendido de la fuente deslumbrante a fin de garantizar la constancia del tamaño de la pupila en cada medición. Por tal razón se tomó un tiempo de 5 seg entre pruebas a fin de que la pupila se recupere de la contracción posterior a la presentación del estímulo. Previo a cada sesión se estableció un período de adaptación de 5 minutos.

La medición de contrastes umbrales implica el uso de estímulos de bajo contraste que cuando se generan en el rango de bajas luminancias de un monitor no pueden ser reproducidas con la precisión que se requiere, debido al escaso nivel de discretización que la tarjeta gráfica presenta en ese rango. Por este motivo se generaron los estímulos con la luminancia media del monitor -rango fotópico- y se interpuso un filtro neutro para reducir la luminancia de adaptación al nivel mesópico deseado. En la diferencia del experimento de reducción de claridad, se trabajó con visión monocular

(ojo derecho). De esta manera el filtro se ubicó en las cercanías del sujeto, cubriendo el campo del monitor en un solo ojo y sin que se interponga entre el ojo y la fuente deslumbrante (figura 1).

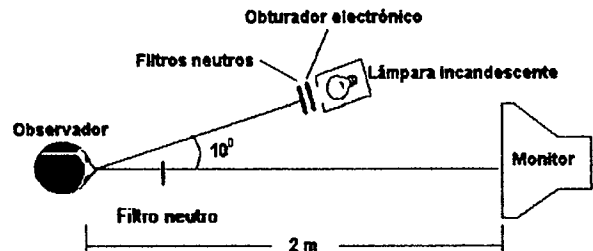


Figura 1. Esquema de planta del dispositivo experimental.

Estímulos

Los estímulos presentados consistían en redes sinusoidales de orientación horizontal con frecuencias espaciales de 1 c/g, 4 c/g y 16 c/g. Las mismas aparecían en áreas circulares de 4 grados que se ubicaban en el centro de la pantalla del monitor ya sea en la parte superior o inferior, en ambos casos a un mismo ángulo de la fuente deslumbrante. La presentación del estímulo se hizo en forma gradual a través de una envolvente temporal gaussiana (figura 2). Para la generación de los estímulos se dispuso de un sistema generador de estímulos visuales VSG2/3 junto a un monitor Eizo T650i. Este sistema permite generar este tipo de redes con una resolución de niveles de gris de hasta 12 bits. Se realizó la corrección gamma en el monitor.

La fuente deslumbrante consistió en una lámpara incandescente reflectora ubicada a 10° del eje visual y cuya intensidad se reguló con filtros neutros. El encendido y apagado de la misma se realizaba en forma abrupta a través de un obturador electrónico y de acuerdo a la secuencia de la figura 2.

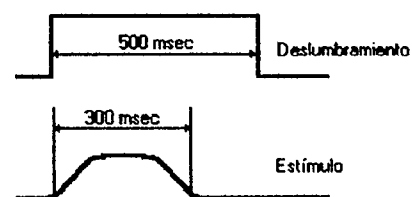


Figura 2. Secuencia temporal de presentación de estímulo y deslumbramiento.

Procedimiento

Para la medición se utilizó un método de elección forzada entre dos alternativas (2AFC) en donde el observador tenía que decir si veía la red en la parte superior o inferior del monitor. Para cada condición considerada se presentaba en forma aleatoria 5 valores de contraste. Se realizaron 50 mediciones de cada contraste separadas en dos sesiones. Con los datos se ajustaron curvas psicométricas según el modelo de

Weibull⁽⁶⁾ de donde se obtuvieron los contrastes umbrales.

III. RESULTADOS

Las figuras 3 y 4 muestran los resultados de la medida de sensibilidad al contraste en ambos observadores respectivamente. En el observador LI, de visión normal, se realizaron mediciones para tres frecuencias espaciales, tres condiciones de deslumbramiento y con gafas, lentes de contacto y ojo desnudo.

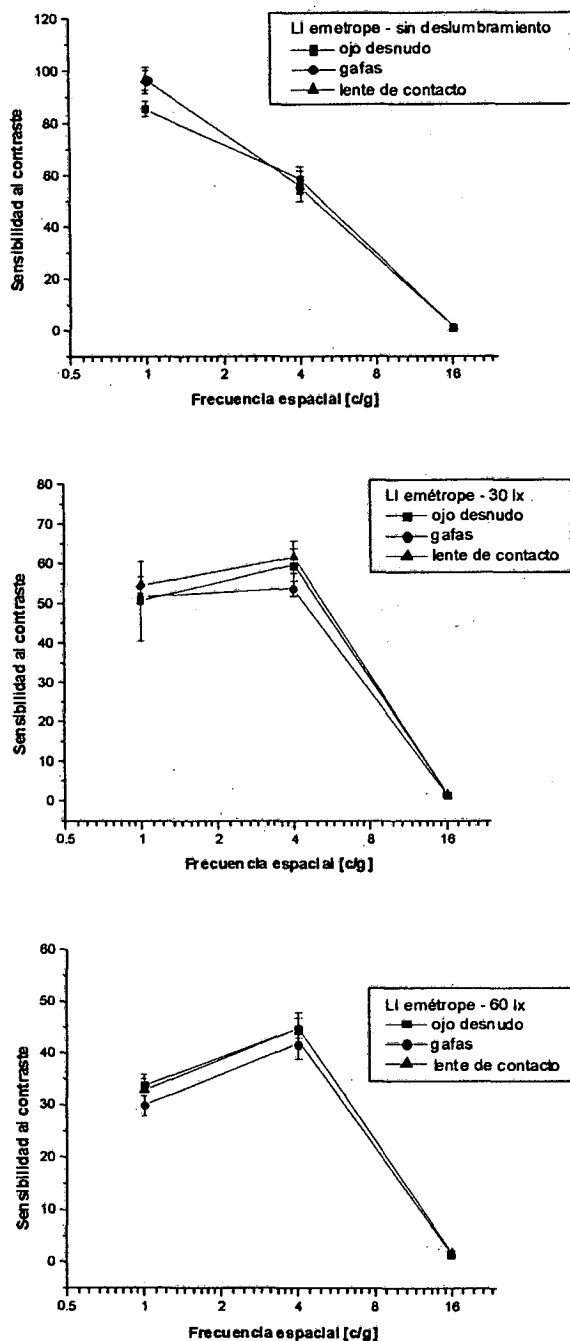


Figura 3. Sensibilidad al contraste en el observador LI para las tres condiciones refractivas consideradas. Cada gráfica corresponde a un nivel diferente de deslumbramiento

Las gráficas de FSC del observador LI muestran una variación en la forma de acuerdo al nivel de deslumbramiento. De esa manera se pasa de una característica pasa bajo para las curvas medidas sin deslumbramiento a una pasabanda conforme aumenta el deslumbramiento. Este comportamiento pone de manifiesto la dependencia de los efectos del deslumbramiento sobre la sensibilidad al contraste con la frecuencia espacial. Por otra parte, los datos presentados de esta manera no permiten discriminar diferencias que puedan atribuirse a los distintos tipos de correcciones empleadas.

Por su parte, en el observador JA, miope, se realizaron mediciones para dos frecuencias espaciales –la medición para la frecuencia más alta no pudo ser realizada–, dos condiciones de deslumbramiento y con gafas y lentes de contacto. En este caso se encontró diferencias entre las pendientes de las rectas en ambas condiciones de deslumbramiento.

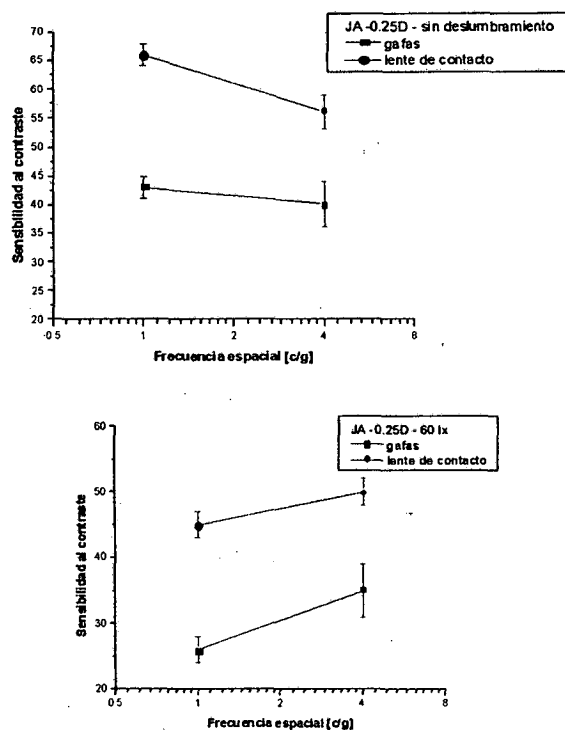


Figura 4. Sensibilidad al contraste en el observador JA para las dos condiciones refractivas consideradas. Cada gráfica corresponde a un nivel diferente de deslumbramiento

Si se establece la relación entre las medidas hechas con deslumbramiento y sin él a través de *LSF* se puede discriminar el efecto de las diferentes correcciones. Así, las medidas hechas con gafas dan un mayor factor, menor las de lentes de contacto y menor aún con el ojo desnudo. En ambos observadores esta discriminación es posible sólo para las medidas hechas con la frecuencia de 1 c/g, mientras que en 4 c/g no se obtienen diferencias. En la frecuencia de 16 c/g, medida en LI, los resultados no son coherentes en virtud de los errores

en la estimación de bajo contrastes umbrales, por lo que no son graficadas. Estos resultados se muestran en las figuras 5 y 6.

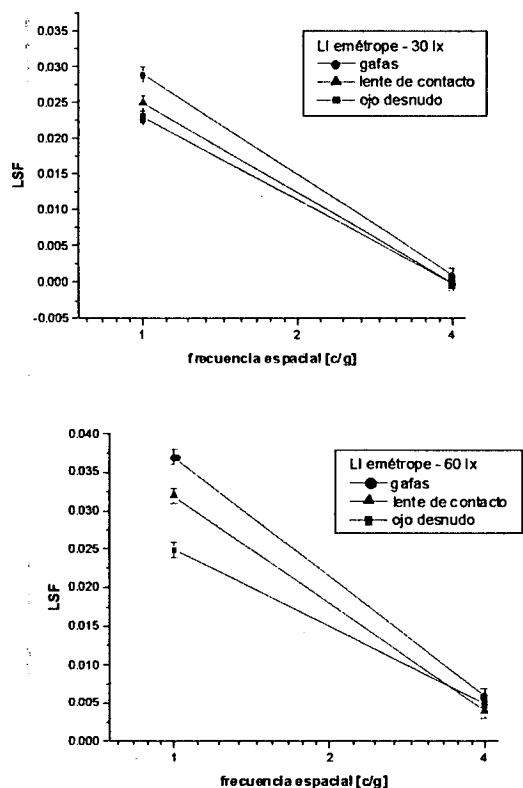


Figura 5. Factor de luz dispersa LSF en función de la frecuencia espacial en el observador LI para las tres condiciones refractivas consideradas. Cada gráfica corresponde a un nivel diferente de deslumbramiento

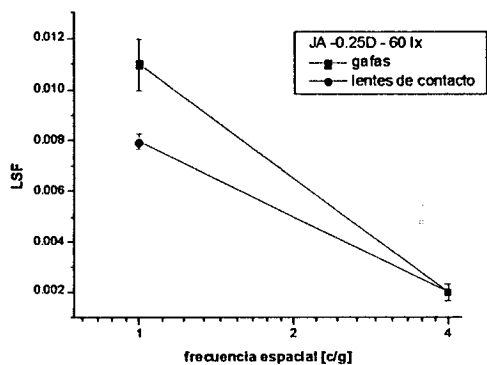


Figura 6. Factor de luz dispersa en función de la frecuencia espacial en el observador JA para las dos condiciones refractivas consideradas y un nivel de deslumbramiento

Los datos del trabajo anterior (Issolio *et al*, 2001), donde se evaluó la reducción de la claridad como efecto del deslumbramiento, se presentan en la figura 7 y están expresados en términos del índice de deslumbramiento GI. Los mismos permiten discriminar más claramente los efectos de las distintas correcciones usadas, inclusive en el caso del emélope para un deslumbramiento de 15 lx.

La frecuencia espacial de 1 c/g aparece como la más indicada de las usadas en esta experiencia para evaluar los efectos del deslumbramiento sobre las medidas umbrales.

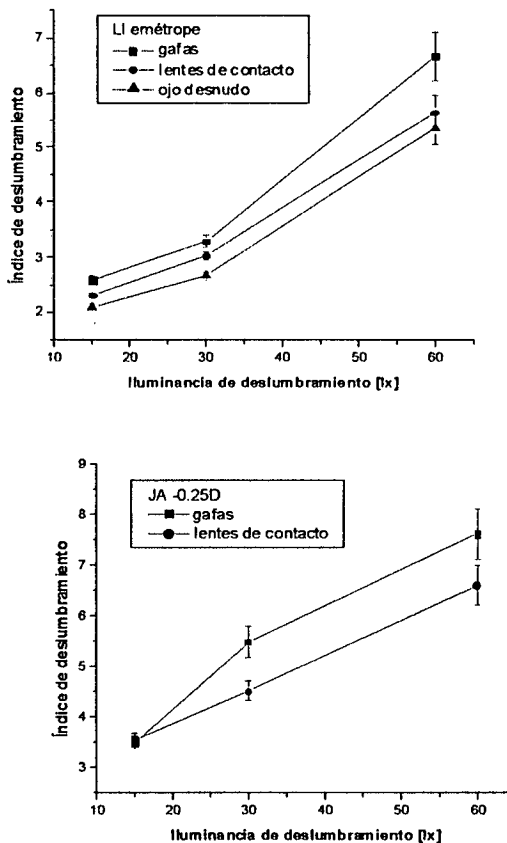


Figura 7. Índice de deslumbramiento GI en función de la iluminancia de deslumbramiento, para cada observador y con los diferentes tipos de corrección usados.

IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

En el caso de las mediciones supraumbrales los resultados se explican considerando la luz dispersa en los medios oculares y el efecto del contraste simultáneo. Por su parte, en las medidas en el umbral, el deslumbramiento por un lado reduce el contraste efectivo del estímulo pero por otra parte aumenta el nivel de adaptación del sistema visual. Estos efectos se contraponen, pero mientras el primero es independiente de la frecuencia que se mida, el segundo implica un incremento de la sensibilidad al contraste que no es el mismo para todas las frecuencias espaciales. Esta ausencia de constancia en la elevación de la sensibilidad a lo largo del espectro es la que explica que las frecuencias espaciales bajas sean más sensibles a los efectos del deslumbramiento que otras. Este primer conjunto de resultados muestra que ambos tipos de medidas permiten discriminar el efecto del deslumbramiento e identificar condiciones experimentales que optimizan esa discriminación.

Sin embargo, si se pretende un método rápido para evaluar el efecto del deslumbramiento, desde el punto de vista del procedimiento, se encuentra una mayor simplicidad en las medidas de reducción de claridad, ya que estas obtienen la relación entre las condiciones "con deslumbramiento" y "sin deslumbramiento" en una sola sesión experimental, mientras que las medidas umbrales se hacen en dos tandas.

Por otra parte, desde el punto de vista de la optimización de las medidas en el umbral se puede implementar una tarea de discriminación más que una tarea de detección como la que se usó en esta oportunidad.

Referencias

1. Vos J J. Disability glare - A state of the art report. CIE Journal. 3 (2), 39-53 (1984).

2. Colombo E., Barraza J. & Issolio L. Effect of a brief exposure on brightness perception in the scotopic-mesopic range. *Lighting Res. Technol.* Vol 32, nro 2, pp 65-69 (2000).
3. Fry G. A. and Alpern M. The Effect of peripheral glare source upon the apparent brightness of an object. *J. Opt. Soc. Am.* 43(3) 189-195 (1953).
4. Issolio, N. López Gil, E. Colombo, I. Miró. Brightness perception under transient glare conditions with myopic observers wearing contact lens and spectacles. L. Proceedings of SPIE Vol. 4419 pp. 557-560 (2001).
5. Paulsson LE, Sjostrand J. Contrast sensitivity in the presence of a glare light. Theoretical concepts and preliminary clinical studies. *Invest Ophthalmol Vis Sci* Apr;19(4):401-6 (1980).
6. Macmillan N.A. & Creelman D. Detection Theory: A User's Guide. Cambridge University Press. (1991).