

El efecto del deslumbramiento transitorio sobre la relación Claridad-Luminancia en el curso del tiempo

L. Issolio, E. Colombo, J. Barraza

Departamento de Luminotecnia, Luz y Visión "Ing H. C. Bühler", FACET - UNT
Av. Independencia 1800, 4000 Tucumán
lissolio@herrera.unt.edu.ar

En trabajos presentados en reuniones anteriores se ha desarrollado una metodología para caracterizar el deslumbramiento generado por una fuente luminosa ubicada fuera del eje visual, a través de un índice de pérdida de ganancia de claridad debido a los cambios en el estado de adaptación del sistema visual y a efectos de contraste simultáneo. Se propone investigar la variación de este índice en el curso del tiempo, es decir, tomando diferentes tiempos entre el encendido de la fuente deslumbrante y el estímulo (SOA).

La tarea de los sujetos que intervienen en la medición consiste en comparar dos campos de luminancia uniforme presentados secuencialmente, uno de los cuales aparece bajo condición de deslumbramiento, indicando cuál de ellos aprecia como más claro. Se utiliza el método Si-No con estímulos constantes y se ajusta los datos con una función psicométrica, obteniéndose la luminancia de igualación entre ambos estímulos. El experimento se realizó con los sujetos adaptados a un campo de luminancia en la zona escotópica-mesópica. Se usaron valores de SOA entre 0 y 500 msec y niveles de deslumbramiento, caracterizado por la iluminancia entre ambos ojos, de 15 lx, 30 lx y 60 lx

Los resultados muestran que el efecto producido por una fuente puntual deslumbrante sobre la evaluación de la claridad decrece conforme aumenta el intervalo entre el encendido de la misma y la presentación del estímulo.

A methodology to characterise the glare produced for a lighting source out of the visual axis was reported in the previous meeting. It was defined a loss of brightness gain index due to the changes in the adaptation state of the visual system and the effect of simultaneous contrast. In this work we propose to investigate the index vary at the course time, that means considering different duration between the glare source turn on and the stimulus presentation.

The subjects task is compare two fields with uniform luminance sequentially presented, one of them is presented under glare condition, and to indicate which of both is appreciated brighter. The yes-no method with constant stimuli was used and the data was adjusted with a psychometric function to obtain the matching luminance between the stimuli. The subjects were adapted to a scotopic-mesopic field of luminance. The values of SOA were between 0 y 500 msec and the glare levels, characterised for the illuminance between the eyes, were 15 lx, 30 lx and 60 lx.

Results shown that the effect produced for a puntual source of glare is the brightness evaluation decrease as the SOA increases.

I. INTRODUCCIÓN

La adaptación es el mecanismo que le permite al ser humano detectar y analizar patrones de luz que varían espacial y temporalmente, para valores de luminancia media que pueden variar entre 10^{-6} y 10^6 cd/m². De los tres mecanismos de adaptación al nivel de luminancia, dos se llevan a cabo en la retina misma (para una revisión ver: Shapley & Enroth-Cugell, 1984): en los fotorreceptores mediante el cambio de concentración del pigmento fotosensible y en el resto de las células de la retina mediante el ajuste automático de la ganancia. Estos dos mecanismos se diferencian tanto en su potencia para regular la sensibilidad como en su tiempo de respuesta. El primero, responsable de los cambios más grandes, depende fuertemente de los niveles iniciales y finales, y puede llevar, en el caso de la adaptación a la luz, algunos minutos, mientras que el ajuste de ganancia ocurre en tiempos cortos, entre 100 y 500 msec, y explica solamente cambios de no más de tres órdenes de magnitud en luminancia. En un trabajo que involucraba los procesos rápidos de la adaptación a la luz, Crawford⁵ midió el umbral de detección de un

test luminoso presentado antes, durante y después del encendido de un campo de adaptación (que él llamó campo condicionante) y encontró que el umbral era máximo en el momento del encendido del mismo, decayendo luego tendiendo a estabilizarse. En los últimos años, Bichao y sus colaboradores^{1,2,3}, investigaron los problemas de la adaptación transitoria modificando las condiciones de adaptación en forma indirecta, es decir, con fuentes deslumbrantes periféricas, puntuales y extensas.

Por otra parte desde los trabajos de Holladay⁶, se estudió cómo se modifican los contrastes umbrales detectados en condiciones estables de deslumbramiento iniciándose una larga tradición que analizó el problema con este enfoque (por una revisión ver Vos⁹). En este trabajo se cuantifica el efecto del deslumbramiento por la pérdida de contraste efectivo debido a una luminancia de velo que se puede calcular con la fórmula de Stiles & Holladay⁹, para ángulos de deslumbramiento mayores que 5°.

Sin embargo, existen situaciones en la práctica, como la conducción nocturna, donde el rango de adaptación es escotópico-mesópico, las fuentes de deslumbramiento se

presentan frecuentemente en forma transitoria y los objetos a detectar tienen contrastes por encima del umbral de visibilidad.

A los fines de estudiar el deslumbramiento en condiciones de conducción nocturna, se propuso una metodología para cuantificar el deslumbramiento en condiciones transitorias^{2,3}. Los primeros resultados mostraron que el deslumbramiento reduce la claridad percibida en un test foveal de una manera no lineal, efecto que fue caracterizado a través de un índice de pérdida de ganancia de claridad. En el presente trabajo se propone investigar la variación de este índice en el curso del tiempo, es decir, tomando diferentes tiempos entre el encendido de la fuente deslumbrante y el estímulo (SOA: del inglés stimulus onset asynchronies), bajo la hipótesis de que si se trata de un proceso de adaptación transitoria, el índice propuesto debe variar con el SOA.

II. MÉTODOS

Estímulos

Los estímulos se presentaron en la pantalla de un monitor EIZO Ti 560i controlado por un generador de estímulos visuales VSG 2/3 Cambridge Research System. Los dos RAMDAC de la tarjeta, cada uno con luts de 8 bits, fueron combinados para obtener un control más preciso de la luminancia. La alinealidad gamma del monitor fue corregida sobre el rango de luminancias usado en el experimento para proveer una resolución en luminancia de $0,01 \text{ cd/m}^2$.

El estímulo usado fue un campo circular de luminancia uniforme, cuyo tamaño se fijó en 4° de forma tal de cubrir la fovea. Los experimentos fueron llevados a cabo usando un valor de luminancia de referencia de 1 cd/m^2 , siendo el fondo del estímulo un campo de luminancia uniforme de $0,01 \text{ cd/m}^2$.

El deslumbramiento se generó usando una lámpara incandescente ubicada a 10° del eje visual. Su intensidad se reguló por medio de filtros neutros y el encendido y el apagado de la fuente deslumbrante se hizo por medio de un obturador electrónico controlado por el puerto paralelo de la computadora. La figura 1 muestra un diagrama de planta del dispositivo experimental. La iluminancias producidas por la fuente deslumbrante fueron de 15 lx, 30 lx and 60 lx, medidas entre ambos ojos.

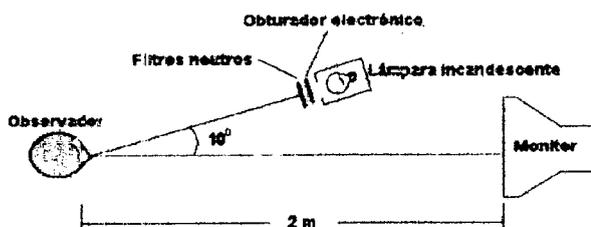


Figura 1. Esquema del dispositivo experimental

Los estímulos se presentaron durante 300 msec con un encendido y apagado abrupto y un intervalo entre ambos de al menos 1 seg, para permitir que la pupila recupere

el tamaño correspondiente al nivel de adaptación. La fuente deslumbrante fue mantenida encendida durante 500 msec en cada prueba, y el campo de referencia aparece con valores de SOA de 0 msec, 50 msec, 100 msec and 200 msec. La figura 2 muestra un diagrama de tiempos de presentación del estímulo y el deslumbramiento en cada una de las pruebas.

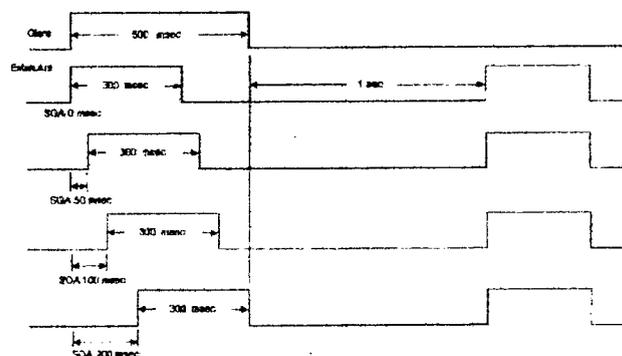


Figura 2. Diagrama de tiempos del experimento

La iluminancia para caracterizar al deslumbramiento se midió con luxímetro Minolta T-1M y la luminancia del estímulo se midió con un luminancímetro Minolta LS-110.

Sujetos y Tareas

Dos observadores de 32 años de edad tomaron parte en este experimento. Ambos con experiencia en pruebas psicofísicas, los dos autores de este artículo.

Se usó el método de elección forzada temporal con estímulos constantes para obtener la función psicométrica (52 observaciones por punto) en una tarea de comparación de claridad. El procedimiento fue el siguiente: en cada una de la pruebas había dos intervalos en los cuales se presentaba el estímulo. En uno de ellos, elegido aleatoriamente, la luminancia del estímulo era la de referencia (LR) y se presentaba bajo condiciones de deslumbramiento, en el otro, el estímulo se presentaba con una luminancia cuyo valor se elegía de un dado intervalo de variación (LV) y con la fuente deslumbrante apagada. El intervalo de variación de LV estaba formado por seis valores de luminancia determinados de tal manera que la luminancia de igualación (L_i) se situaba aproximadamente en el centro del intervalo.

El experimento consistía en comparar los dos campos de luminancia uniforme que se presentaban secuencialmente y responder cuál de los dos, si LR o LV era más claro.

La pantalla era vista en forma binocular con la cabeza posicionada en una mentonera y con pupilas y acomodación naturales. Todas las variables experimentales fueron aleatorizadas y balanceadas a fin de evitar sesgos. Antes de cada sesión, se adaptaba a los observadores a la luminancia de referencia durante 5 min.

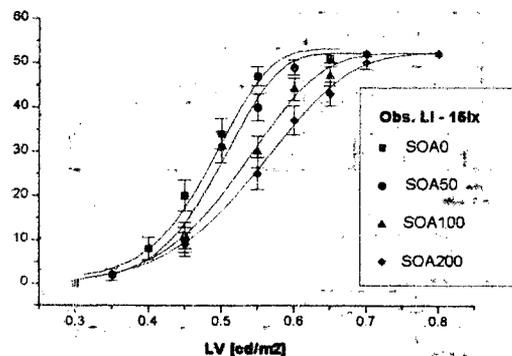
III. RESULTADOS

En la figura 3 se representa el número de veces que cada observador evaluó LV más claro que LR. El resultado se obtuvo para dos observadores (JB and LI) y para cuatro valores de SOA. Se ajustaron curvas

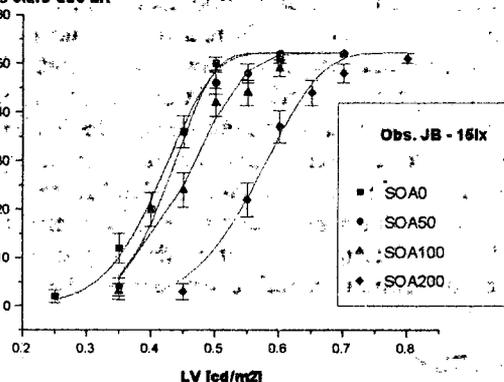
psicométricas a los resultados experimentales obtenidas a través de una función de Weibull.

El valor de luminancia correspondiente a un porcentaje de respuestas del 50% fue tomado como el valor de igualación de claridad (L_i).

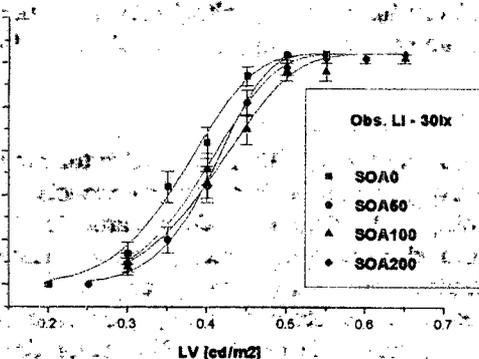
LV más claro que LR



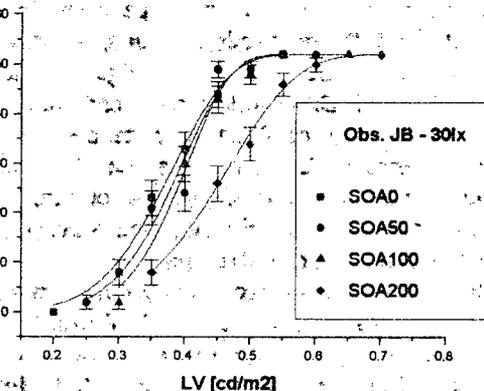
LV más claro que LR



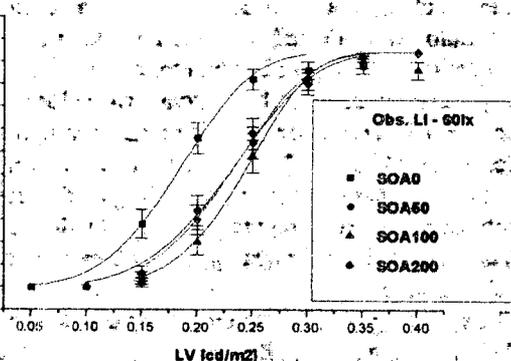
LV más claro que LR



LV más claro que LR



LV más claro que LR



LV más claro que LR

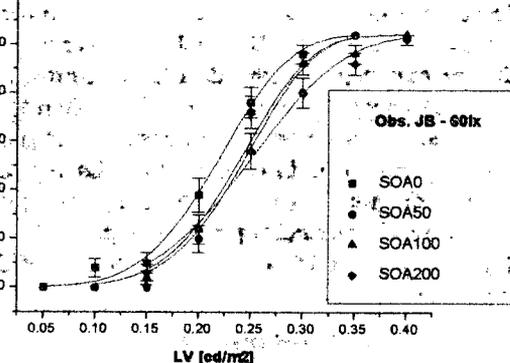


Figura 3. Curvas psicométricas obtenidas con ambos observadores para iluminancias de deslumbramiento de 15 lx, 30 lx y 60 lx. El parámetro de cada gráfico es SOA

La figura 4 muestra, para cada observador, el índice de deslumbramiento ($LR/LM - 1$) en función de la iluminancia que produce la fuente deslumbrante con SOA como parámetro. Estas curvas muestran un efecto no lineal del deslumbramiento para todos los valores de SOA en ambos observadores, siendo el efecto mayor, como era de esperarse, cuando SOA es igual a

ceros.

La figura 5 muestra, para cada observador, el índice de deslumbramiento ($LR/LM - 1$) en función del SOA con la iluminancia como parámetro. Estos resultados muestran que el índice de deslumbramiento tiende a decrecer cuando el SOA aumenta, para todas las condiciones experimentales.

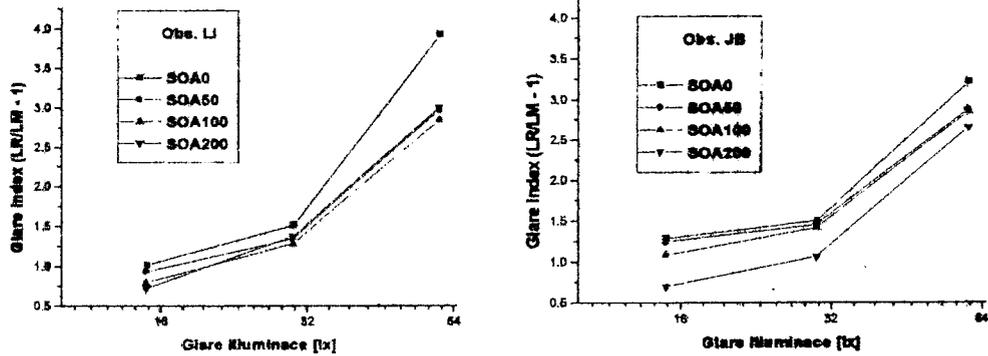


Figura 4. Índice de deslumbramiento en función de la iluminancia, para ambos observadores. El parámetro de cada gráfica es el valor de SOA.

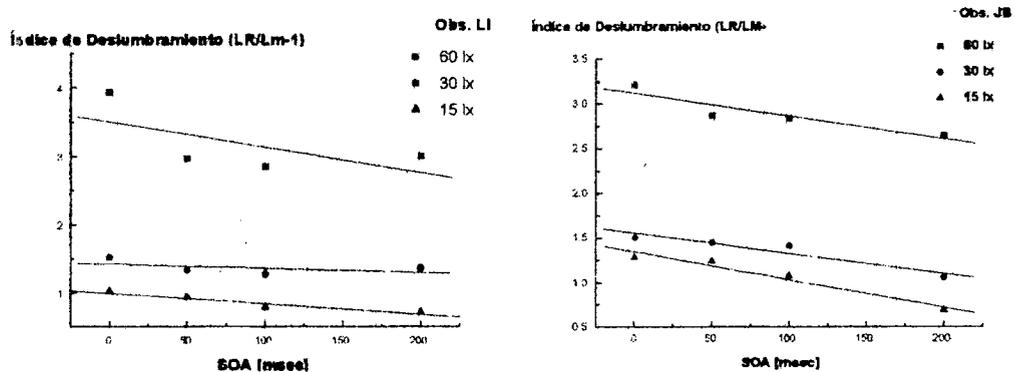


Figura 5. Índice de deslumbramiento en función de SOA, para ambos observadores. El parámetro de cada gráfica es la iluminancia.

IV. CONCLUSIONES

Se estudió la apariencia de la claridad de un estímulo cuando se presenta bajo condiciones de deslumbramiento transitorio. En este experimento la fuente deslumbrante provee un campo condicionante transitorio. Los resultados muestran que, de acuerdo con estudios previos, el índice de deslumbramiento se incrementa con la iluminancia de deslumbramiento de una manera no lineal^{2,3}. Este comportamiento no lineal se describe con un modelo empírico que es consistente con los trabajos de Schouten y Ornstein⁷ y Fry y Alpern⁵ que también estudian la claridad percibida bajo condiciones similares pero con otra metodología. El efecto del deslumbramiento transitorio sobre la luminancia de igualación es menor cuando SOA crece, mostrando que el curso de los eventos rápidos de la adaptación afecta la evaluación de la claridad. Este comportamiento es consistente con resultados previos^{4,1}.

Los resultados pueden explicarse considerando el efecto transitorio del encendido de la fuente deslumbrante que produce una pérdida transitoria de la sensibilidad. De esta forma se puede conocer el comportamiento de la evaluación de la claridad en el curso del tiempo.

REFERENCIAS

1. Bichao, I. C., Yager, D. and Meng, J. (1995). Disability Glare: Effects of Temporal Characteristics of the Glare Source and Visual Field Location. *J. Opt. Soc. Am., A/12*, 2252-2258.
2. Colombo E, Barraza J & Issolio L Evaluation of transient glare in the scotopic-mesopic range SPIE - The International Society for Optical Engineering, 3749 504-505 (1999).
3. Colombo E, Barraza J & Issolio L. The effect of a brief exposure on brightness evaluation in the scotopic-mesopic range. *Lighting Research and Technology* (2000) in press
4. Crawford, B. H. (1947). Visual Adaptation in Relation to Brief Conditioning Stimuli. *Proc. Royal Soc. of London, B/134*, 283-302.
5. 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)
6. Holladay L.L.. Action of a light-source in the field of view in lowering visibility. *J.O.S.A.* 14(1). 1-9. (1927).
7. Schouten J.F. and Ornstein L.S.. Measurements on direct and indirect adaptation by means of a binocular method. *J.O.S.A.* Vol. 29. pp. 168-182. (1939).
8. Shapley, R. M. & Enroth-Cugell, C. (1984). Visual adaptation and retinal gain controls. In N. N. Osborne and G. J. Chader (Eds.), *Progress in retinal research* Oxford: Pergamon Press.
9. Vos J J. Disability glare - A state of the art report. *CIE Journal.* 3 (2), 39-53 (1984).