

NITIDEZ Y DESENFUQUE: AJUSTE DE UN MODELO

E. Colombo*

*Laboratorio de Luminotecnia
Universidad Nacional de Tucumán Av. Independencia 1800, 4000 Tucumán*

H. Rabal**

*Centro de Investigaciones Ópticas (CIOp)
Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires
CC124, 1900 La Plata*

Sobre la base de resultados experimentales informados en años anteriores se propone un modelo para el ajuste de la nitidez percibida en bordes de letras degradados por desenfoque.

En su aspecto más general, el modelo propuesto utiliza campos respectivos descriptos por la superposición de zonas excitatorias e inhibitorias del perfil gaussiano. Se utilizan 2 (modelo DOG), 3 y 5 gaussianas (modelo McLeod). Los bordes fueron aproximados por rampas y por exponenciales. Se calcula el producto de la sensibilidad, dada por el campo receptivo, y el borde, descripto por la rampa y se integra este resultado sobre todos los receptores. Esta operación se realiza para todos los valores posibles de desplazamiento relativo entre ambas. La respuesta del modelo es el valor máximo de las integrales así obtenidas. Se verifica que:

- Todos los modelos que involucran gaussianas para el campo receptivo dan resultados equivalentes con diferencias despreciables.
- La descripción de los bordes mediante una exponencial no da buen ajuste.
- Las rampas con pendiente igual a la pendiente máxima de los bordes experimentales dan buen ajuste.
- En la zona de alta nitidez percibida, ésta está determinada fundamentalmente por el contraste del borde. En la región de baja nitidez es, en cambio, la pendiente máxima el parámetro relevante.
- Se muestra la respuesta del modelo a un borde arbitrario como función de contraste y de la pendiente máxima del borde.

OBJETIVOS

En un trabajo anterior¹ se informó sobre la realización de experiencias destinadas a caracterizar los parámetros físicos asociados a la percepción de la nitidez. En particular, se estudió el caso de la degradación de los bordes de letras impresas con desenfoque controlado y posterior evaluación psicofísica. Sobre la base de los resultados experimentales obtenidos se propone ahora el ajuste de un modelo que relacione la nitidez percibida con los parámetros físicos significativos del borde, principalmente contraste y pendiente máxima del registro desintométrico.

MODELO

Se utiliza una metodología similar a la empleada por McLeod y Rosenfeld² en el estudio de la percepción de redes y barras. Esta consiste en proponer campos receptivos alternativamente excitatorios e inhibitorios con perfil gaussiano. La señal correspondiente a un borde desenfocado se

representó por medio de rampas de distintas formas en base a los resultados obtenidos anteriormente, que indicaban que la pendiente media del perfil densitométrico del borde y la pendiente máxima eran parámetros significativos. Las formas empleadas fueron:

- Rampas rectas con pendiente igual a la pendiente media de los bordes usados en las experiencias. Se le asignó el valor I a la densidad correspondiente a la meseta superior. De este modo, el valor de la densidad I_r de la meseta inferior resulta una medida indirecta del contraste.
- Rampas rectas con pendiente igual a la pendiente máxima obtenida en las experiencias. Las mesetas fueron elegidas como en el caso anterior.
- Rampas de perfil exponencial³ con constante de decaimiento obtenida a partir de los datos experimentales. Las mesetas fueron elegidas como en los casos anteriores.

Los parámetros experimentales fueron extraídos de los registros densitométricos (ver Fig. 1).

* Becario de CONICET

** Investigador del CONICET

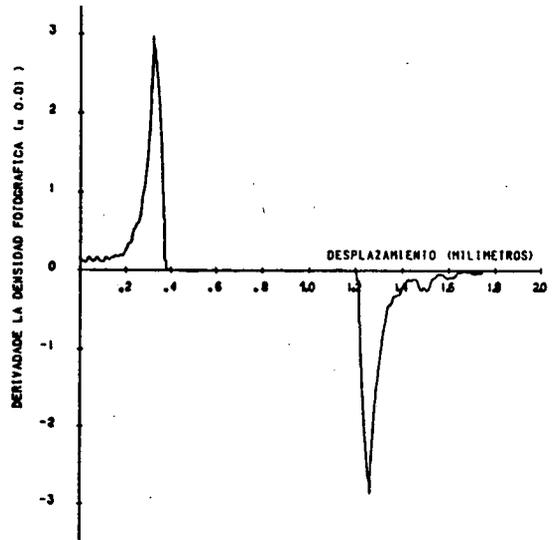
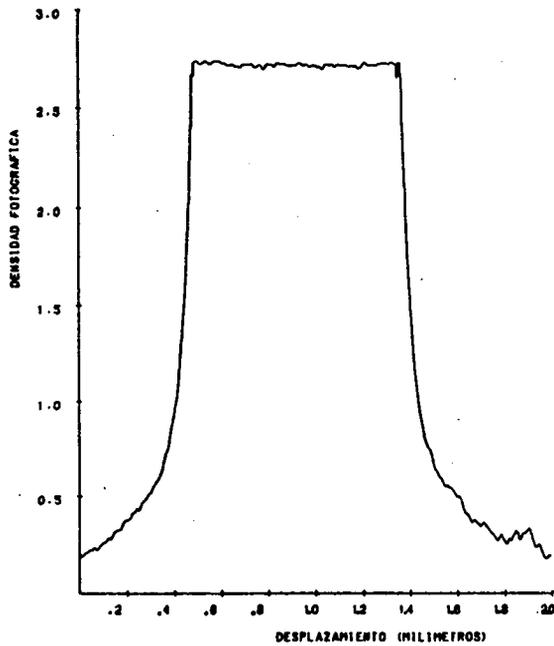


Figura 1: a) Registro densitométrico de un borde (desenfoque 1.81 mm.).
b) Derivada del registro de la parte a.

Se calculó la respuesta de los campos receptivos a los bordes desenfocados, obteniéndose la integral del producto sensibilidad-iluminación para todas las posibles posiciones relativas del estímulo sobre el campo receptivo (lo que equivale a hallar el máximo valor de la correlación entre ambas funciones). Se emplearon distintos números de gaussianas y se utilizó el ancho de las mismas como parámetro de

ajuste. El valor máximo obtenido se tomó como proporcional a la nitidez percibida.

CAMPOS RECEPTIVOS

Para la descripción de los campos receptivos se utilizaron tres funciones:

- La diferencia de dos gaussianas (modelo DOG), (utilizada a menudo para modelar este tipo de procesos visuales que involucran detección de bordes⁴⁻⁵).
- La suma algebraica de tres gaussianas desplazadas, una excitatoria y dos inhibitorias (modelo McLeod - Rosenfeld).
- La suma algebraica de cinco gaussianas excitatorias e inhibitorias alternadas (modelo McLeod - Rosenfeld).

Los coeficientes de las gaussianas fueron ajustados de modo que la respuesta a una señal uniforme fuera cero.

RESULTADOS

- Las simulaciones realizadas con los tres campos receptivos arriba mencionados dan resultados prácticamente coincidentes (ver Fig. 2). Se adoptó arbitrariamente para el resto de los cálcu-

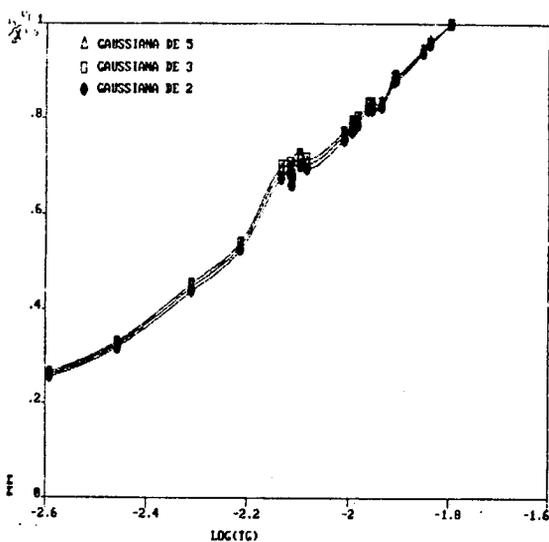


Figura 2: Ejemplo de un intento de ajuste con la pendiente media. Compárese con los resultados experimentales de la figura 3.

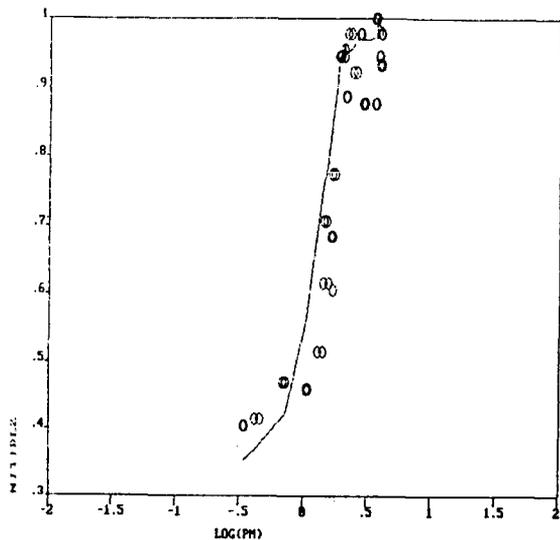


Figura 3: Ajuste con pendiente máxima: Se indican con círculos los resultados experimentales y en línea llena los calculados por el modelo.

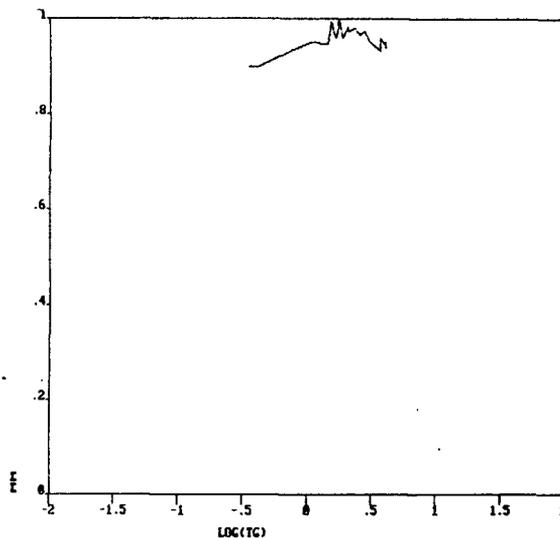


Figura 4: Simulación usando sólo el contraste (con pendiente infinita).

los el modelo de cinco gaussianas.

- La utilización de rampas con pendiente igual al valor medio de las obtenidas en los bordes experimentales no produjo buen ajuste para ningún valor del ancho de las gaussianas.
- La utilización de bordes con perfil exponencial no produjo ajuste aceptable en ninguno de los casos. Se verificaba en estos casos que el mayor valor de la pendiente del borde exponencial era sustancialmente menor que el que correspondía al caso experimental que se deseaba modelar. Es decir, el perfil exponencial no se adapta a la situación experimental considerada.
- Las simulaciones realizadas con rampas con pendientes iguales al máximo valor de los bordes experimentales dan un ajuste aceptable con los valores de nitidez percibida en las evaluaciones psicofísicas (ver Fig. 3). Tanto los valores experimentales como los obtenidos por el modelo fueron normalizados y representados en función del logaritmo (decimal) de la pendiente máxima. Para separar el efecto de la pendiente máxima del contraste se simuló la observación de perfiles que tenían el mismo contraste que los experimentales pero todos ellos con pendiente infinita (ver Fig. 4).

La figura 5 muestra dos puntos de vista de la gráfica del valor de nitidez que el modelo predice para el caso más general de un borde con valores arbitrarios de I_r y de la pendiente máxima.

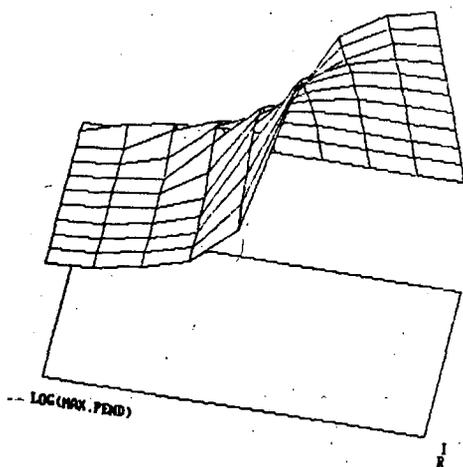
CONCLUSIONES

- Del análisis de las figuras 3 y 4 se desprende que:
- En la región de alta nitidez, correspondiente a bordes bien enfocados el efecto del contraste domina y es el que determina efectivamente la nitidez.
 - En las regiones de nitidez media y baja la pendiente máxima del perfil densitométrico es el parámetro dominante. En el primer caso el modelo predice mayor nitidez que la efectivamente observada mientras que en el segundo la nitidez observada es mayor que la indicada por los cálculos. Estas diferencias pueden deberse a que, a medida que la pendiente máxima del borde disminuye, la aproximación del borde por una rampa rectilínea es cada vez menos apropiada. Otra posible causa de discrepancia es la intervención de más de un tipo de campos receptivos que compitan en la percepción de los bordes de baja nitidez. De todos modos, los resultados son alentadores y se procurará mejorarlos utilizando el registro densitométrico real en reemplazo de las rampas simuladas.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Dra. G. Solivella de la Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas de la Universidad Nacional de La Plata por la ayuda prestada para el registro densitométrico de los bordes y a la Calculista Científico Nelly Cap del CIOp, por su ayuda indispensable en las simulaciones por computadora.

NITIDEZ



NITIDEZ

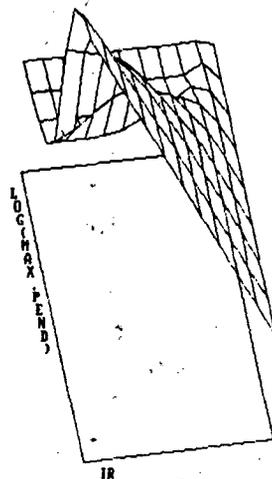


Figura 5: Dos puntos de vista de la nitidez que el modelo predice para el caso de un borde arbitrario.

Este trabajo ha sido financiado por el Proyecto de Investigación y Desarrollo PID N° 3 - 071700/88 del CONICET.

REFERENCIAS

1. Sensibilidad del sistema visual humano al desenfoque, E. Colombo, H. Rabal, C. F. Kirschbaum, M. Jaen, Publicados en los ANALES de la 74ª. Reunión de A. F. A., 1989.
2. McLeod y A. Rosenfeld, *Visión Research*, 14, 909, 915, (1973).
3. J. R. Amerly, Ch. A. Dvorak, *J. Opt. Soc. Am.*, Vol. 71, 4, 1981.
4. D. Marry y E. Poggio, *R. Soc. Lond*, B 207, 187, 217, (1980).
5. *Catalogue of artificial Intelligence Tools*, Editado por A. Bundy, Springer, Verlag, Berlín, 1984.