

RESPUESTA VISUAL EN PANTALLAS DE VIDEO EN FUNCION DE CONTRASTE E ILUMINANCIA

B. M. O'Donnell

Laboratorio de Luminotecnia,

Universidad Nacional de Tucuman, Av. Independencia 1800, 4000 Tucuman.

Se evalúa la influencia de la iluminancia ($E= 600, 400, 200$ y 80 lx) sobre una pantalla de video, monocromática con caracteres de color ámbar, y del contraste medio de los mismos ($33.5 < K < 1.2$, rango que depende de E), en la eficiencia visual de observadores entrenados, sobre la base de experiencias de verificación numérica y pruebas subjetivas.

Se encuentra que la perfomancia visual depende de ambos factores en forma conjunta, aumenta con la iluminancia pero depende cada vez más fuertemente con el contraste a medida que la iluminancia sobre la pantalla crece. Los resultados muestran, además, que el contraste interno ($1.3 < K_i < 6.5$, rango que depende de E) provee un adecuado criterio para optimizar no sólo la perfomancia visual, sino también las evaluaciones subjetivas de las tareas, puesto que existe una buena correlación entre perfomancia visual y contraste interno. El contraste medio preferido por los observadores aumenta a medida que la iluminancia decrece, coincidiendo dicho valor con el máximo de contraste interno para cada nivel de iluminancia. Los resultados de dificultad visual (escala 1 a 5) poseen una alta correlación con el nivel de visibilidad, medido éste en términos de contraste interno.

1 - INTRODUCCION.

Una de las principales funciones de la iluminación es lograr rapidez, exactitud y confort en cada puesto de trabajo. Esto explica el interés por relacionar los diferentes aspectos de la iluminación con la respuesta visual de los observadores.

La respuesta visual de un observador se evalúa en términos de :

- * Perfomancia Visual, la cual se entiende como velocidad y exactitud con que se realiza una tarea.
- * Evaluaciones subjetivas, donde se establecen preferencias de los observadores sobre determinadas características visuales de la tarea.

Ambas formas de evaluación, aunque no representan lo mismo, puesto que en un caso se evalúa eficiencia y en el otro se trata de una calificación impuesta por el observador, constituyen un importante criterio para recomendaciones ergonómicas.

Las tareas en pantallas de video (PDV) se consideran diferentes respecto a las que demandan por ejemplo, materiales impresos.

Difieren en ⁽¹⁾ :

- * La forma en que se generan los caracteres.
- * La orientación del plano de trabajo.
- * Las propiedades físicas de los materiales que la componen. Las recomendaciones ergonómicas indican para tareas en pantallas de video, monocromáticas y de resolución normal (matriz del caracter = 7×5 pixels), valores sobre pantalla entre 100 y 500 lx y contrastes medios positivos entre

$6:1$ a $10:1$.

2 - OBJETIVOS.

El propósito de este trabajo es:

A) Investigar la dependencia entre perfomancia visual (PV) y contraste medio e interno para diferentes valores de iluminancia sobre pantalla ($80, 200, 400$ y 600 lx).

B) Analizar la calificación sobre dificultad visual, impuesta por los observadores respecto a las tareas propuestas, y los valores preferidos de contraste medio e interno.

3 - CONTRASTE MEDIO E INTERNO.

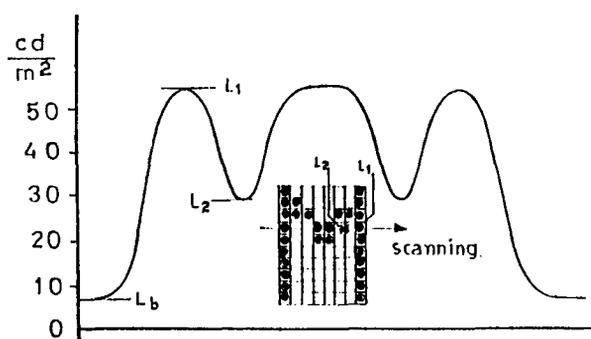


Figura 1: Perfil de luminancia dentro del carácter "M" Iluminancia sobre la pantalla es 150 lx.

Se distinguen ambas definiciones debido a la inhomogeneidad en el perfil de luminancia^(3,4). En la figura 1 se muestra un típico perfil para un caracter alfanumérico.

Contraste medio es :

$$K = L_c / L_b \quad (1)$$

donde L_c , es el valor medio de luminancia sobre un caracter y L_b , la luminancia media del fondo vecino.

Contraste interno es el que da cuenta de los detalles del carácter, se define como:

$$K_i = L_2 / L_1 \quad (2)$$

donde L_1 y L_2 son las luminancias de los detalles críticos en el caracter.

4 - PERFORMANCIA VISUAL.

Se define en términos de velocidad y exactitud con que se realiza una tarea la cual, en el caso de verificación numérica es⁽⁵⁾:

$$PV = \frac{N - n}{t - m \cdot t_m} \quad (3)$$

- Donde N: número de numerales de 5 dígitos.
- n: número de diferencias erróneas o no detectadas.
- t: tiempo total de una tarea.
- t_m : tiempo que invierte el observador en marcar un error sobre la pantalla, igual a (0.6 ± 0.1) s.
- m: número de errores marcados por el observador.

5 - EVALUACIONES SUBJETIVAS.

5-1 Elección de contraste medio e interno por los observadores.

Los contrastes preferidos por los observadores se determinan con el método de "límites". Consiste en la elección por parte del observador del valor preferido en series alternadas de tareas con contrastes ascendentes y descendentes. Se computa como valor preferido al valor medio de los puntos de corte.

5-2 Evaluación de la dificultad visual

Se analiza el grado de Dificultad Visual de cada

tarea mediante el método de "Clasificación", en el cual el observador clasifica la tarea presentada según una escala de dificultad visual de 1 a 5⁽⁶⁾, donde 1 corresponde a la peor calificación y 5 a la mejor.

6 - PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL.

6-1 Tareas

Comparación de listas numéricas presentadas sobre pantalla, consistentes de 20 números de 5 dígitos cada una. En el caso de medición de PV, el observador detecta y marca, en el tiempo t, las diferencias encontradas entre pares de números. El número de errores es variable entre 5 y 7, y no conocido por el observador.

A fin de esclarecer comparaciones, se computa la PV% respecto al valor máximo obtenido.

En la Fig 2 se muestra una lista del tipo empleado.

36892	36892
74505	74506
88549	88549
30480	30480
21953	21953
12500	12500
60258	60358
93709	93709
33249	33259
21612	21612
35906	35906
88654	88654
29612	29612
18347	18347
66415	66515
67028	67028
70150	70150
59831	59831
19654	18654
12360	12360

Figura 2: Tarea de verificación numérica típica.

6-2 Condiciones experimentales.

Las pruebas se realizan en un local de 4m x 6m, con paredes de color gris mate y factor de reflectancia de 0.5.

La iluminación fue provista por 12 tubos fluorescentes color blanco standar, suspendidos simétricamente a 1.5 m de altura respecto del centro de la pantalla.

La pantalla usada es del tipo rayos catódicos, monocromática, con caracteres de color ámbar, resolución normal y con un factor de luminancia medido igual a: $q = (0.017 \pm 0.002) \text{ cd m}^{-2} \text{ lx}^{-1}$.

Dicha pantalla está ubicada a 45 cm del observador con un ángulo de visión de 10 grados.

En la fig 3 se muestra el esquema experimental descripto.

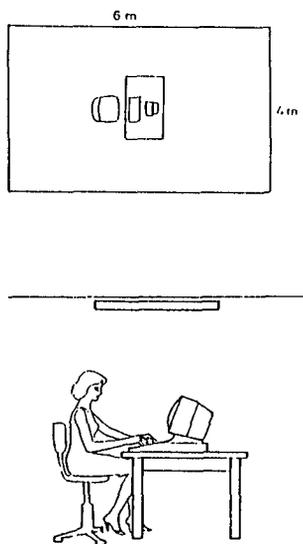


Figura 3: Esquema del lugar de trabajo.

6-3 Niveles de iluminancia y contraste

Los niveles de iluminancia seleccionados son 80, 200, 400 y 600 lx, alrededor del rango recomendado. Dichos valores fueron medidos con un luxímetro de precisión, con corrección $V(\lambda)$ y con error de 5%.

Los valores de contraste medio se obtuvieron mediante un dial que posee el monitor, calibrado para estos ensayos.

La medición de luminancia media (L_c) del carácter se realizó en este trabajo, sobre una matriz de 7x5 puntos activados.

La medición del contraste interno se realizó sobre el carácter alfanumérico M en los puntos indicados en la Fig 1.

Todos los valores de luminancias se midieron con un luminancímetro de alta precisión, con lente de acercamiento, corrección $V(\lambda)$ y campo angular de 20' para las luminancias medias y de 6' para los detalles críticos.

En la Tabla 1 se muestran los valores de iluminancia y de contrastes medios e internos. Se ob-

serva que los rangos de contraste dependen del nivel de iluminancia, son menores a medida que la misma crece, dado que prevalece la componente de luminancia reflejada sobre la emitida.

Los errores en medición se estiman en 0.01 para los contrastes medio e interno.

6-4 Observadores

Se trabajó con 5 observadores en las pruebas de PV y 7 observadores en las evaluaciones subjetivas, todos ellos con visión normal, edades entre 20 y 27 años, entrenados en el trabajo con pantallas de video.

6-5 Diseño Experimental

Cada observador realiza 4 sesiones experimentales, consistentes cada una en 16 pruebas elementales, combinaciones de los cuatro valores de iluminancias y contrastes medios. El diseño corresponde a un factorial para cada sesión y un cuadrado latino para las repeticiones. Con este diseño se trata de minimizar efectos no visuales, como fatiga o aprendizaje.

Este diseño se usa tanto para evaluar la PV como para las evaluaciones subjetivas.

7- RESULTADOS.

* En todos los casos (véase Fig. 4) se observa que la PV promedio por observador aumenta con el contraste medio hasta un valor dado y luego decae.

Los máximos de PV% promedio se desplazan hacia contrastes mayores a medida que la iluminancia decrece, mientras la PV% decrece, con un máximo en $K=5$ para 600 lx hasta $K=17$ para 80 lx. (Tabla 2 - Fig 5). El análisis de varianza muestra que solo para 600 lx el efecto contraste es significativo frente al efecto observador, no así para los otros valores de iluminancia, ya que al promediar los valores de todos los observadores se enmascara el efecto contraste, puesto que a pesar de que las tendencias son similares en todos los observadores, existen diferencias entre ellos en rapidez, entrenamiento, estado anímico, agudeza visual, inteligencia, en definitiva efectos no visuales los cuales no siempre pueden eliminarse, aún cuando el diseño sea correcto. (Tabla 4).

* El contraste interno aumenta con el contraste medio hasta un máximo y decae. Este comportamiento varía según la iluminancia; a medida que la misma disminuye los máximos se corren

hacia contrastes medios mayores, lo cual significa que el problema de solapamiento entre pixels se agudiza a mayores iluminancias, lo que evidencia una notable influencia externa. (Figura 6).

* Las relaciones entre PV% vs K y K vs K_i son similares. Los coeficientes de correlación para una relación del tipo $PV\% = A x^B$, donde x representa K o K_i , son respectivamente: 0.53 y 0.99 para 600 lx ; 0.61 y 0.98 para 400 lx ; 0.64 y 0.89 para 200lx ; 0.60 y 0.54 para 80 lx. Esto indica que el contraste interno es un parámetro adecuado para optimizar la Perforancia Visual. (Fig. 7).

* Los contrastes medios preferidos aumentan a medida que el iluminancia decrece, en un rango entre 6 (para 600 lx) y 16 (para 80 lx) , correspondiéndose además con el contraste interno máximo. El coeficiente de correlación lineal entre K pref. y K_i máximo es 0.99 . (Tabla 3 Figura 8).

* La evaluación de Dificultad Visual muestra un comportamiento similar con respecto a la PV , puesto que presenta un máximo decayendo hacia ambos extremos. (Fig 9)

Sin embargo en este caso, el análisis de la varianza muestra que existe el efecto contraste, es decir hay diferencias en las respuestas de los observadores al cambiar el contraste, mientras el efecto observador es despreciable. (Tabla 4)

Los resultados también en este caso se correlacionan mejor con el contraste interno que con el contraste medio: coeficiente de correlación lineal igual a 0.79 para 600 lx, 0.89 para 400 lx , 0.99 para 200 lx y 0.96 para 80 lx.

Por otro lado, se observa que las calificaciones mejoran a medida que la iluminancia baja, en acuerdo con los resultados obtenidos anteriormente, correspondiendo la mejor calificación a un contraste medio de 4 para 600 lx hasta 16 para 80 lx . (Figura 10).

8- CONCLUSIONES.

La respuesta de los observadores según la iluminancia sobre pantalla y el contraste presenta el mismo comportamiento ya sea evaluada en términos de Perforancia Visual o de Dificultad Visual, es decir máximos coincidentes con el contraste interno máximo o máxima nitidez del caracter, y crecientes a medida que la iluminancia decrece. El hecho que el observador responda al contraste interno en ambos tipos de evaluaciones implica que éste puede ser indicador de la dificultad visual, en lo que respecta a los parámetros estudiados; conclusión sostenida por investigaciones anteriores⁽³⁾.

Se agradece al Dr. Ing. Carlos F. Kirschbaum su apoyo en la tarea experimental y a la Lic. S-tella Salvatierra el procesamiento estadístico de los datos.

Figura 4:

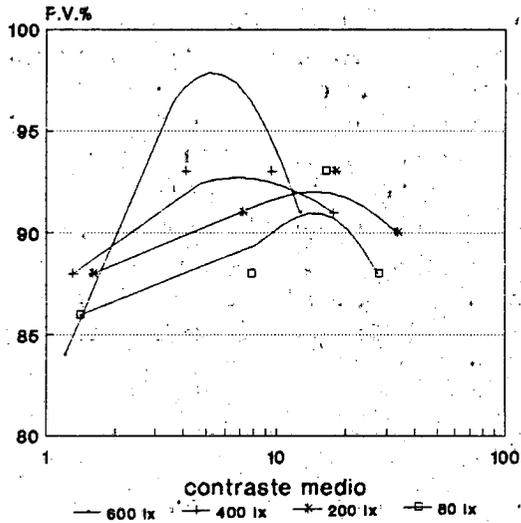


Figura 5: Promedio de 5 observadores.

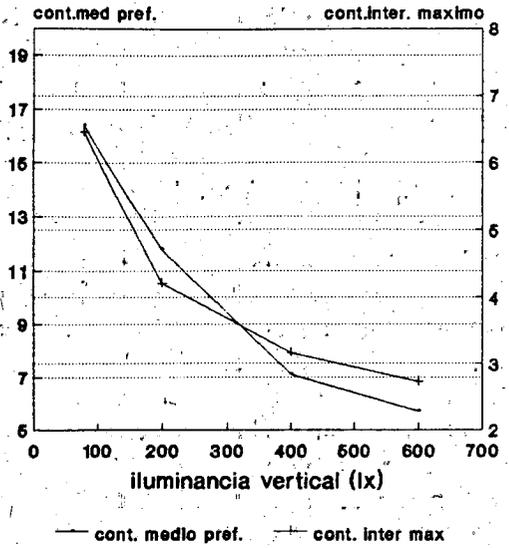


Figura 8: Promedio de 7 observadores.

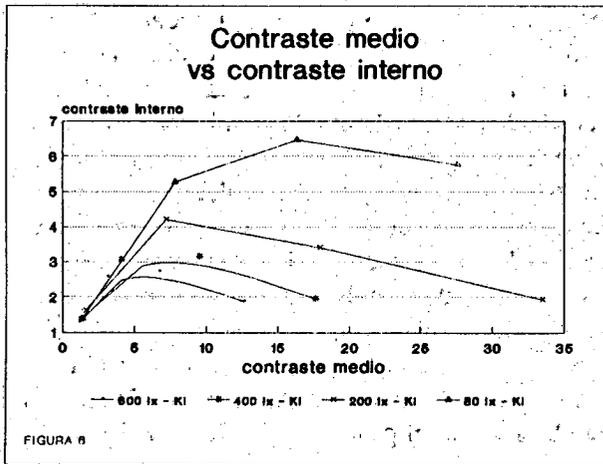


Figura 6:

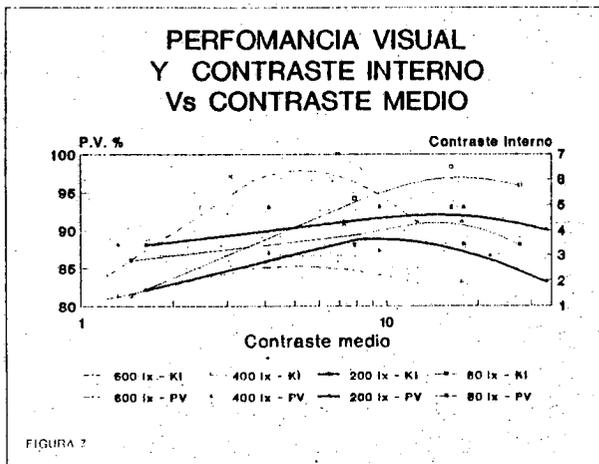


Figura 7:

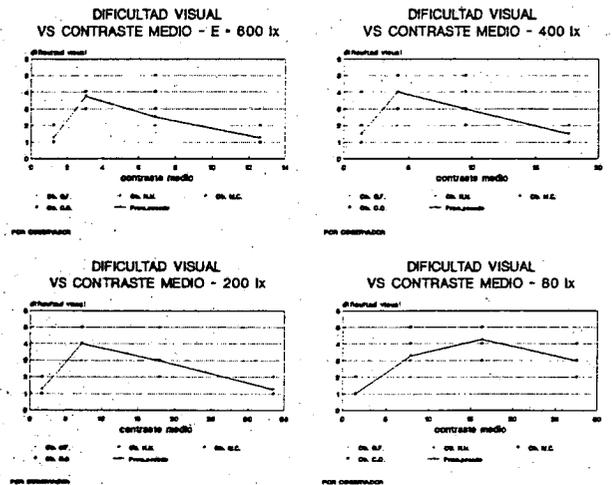


Figura 9:

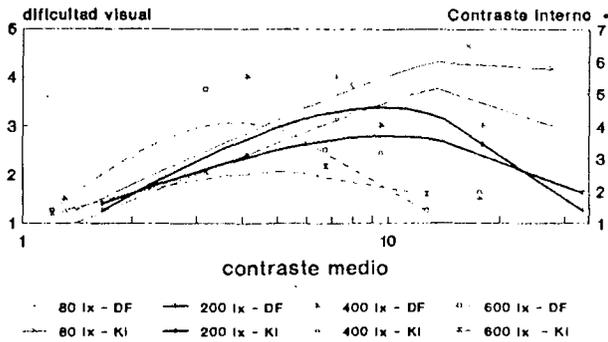


Figura 10: Promedio de 5 observadores:

E(lx)						
600	K	1.22	3.07	6.89	12.62	
	Ki	1.29	2.57	2.73	1.88	
400	K	1.32	4.11	9.46	17.63	
	Ki	1.36	3.07	3.16	1.94	
200	K	1.63	7.21	19.89	33.48	
	Ki	1.61	4.21	3.42	1.93	
80	K	1.45	7.83	16.32	27.5	
	Ki	1.39	5.27	6.47	5.75	

Tabla 1: Valores de luminancia sobre pantalla y contrastes medios internos

E(lx)

600	PV %	84	97	100	91
	C	1.25	3.75	2.5	1.25
400	PV %	88	93	93	91
	C	1.5	4.0	3.0	1.5
200	PV %	88	91	93	90
	C	1.25	4.0	3.0	1.25
80	PV %	86	88	93	88
	C	1.0	3.25	4.25	3.0

c: calificación subjetiva de la tarea en escala 1 a 5. Los valores de contraste se corresponden con la tabla I, según el mismo esquema.

Tabla 2: Valores obtenidos de PV y calificaciones de las tareas

	600 lx	400 lx	200 lx	80 lx
K pref	5.7	7.1	11.8	16.4
K=Ki máx	5.5	7.4	10.5	16.0

Coef. de correlación lineal = 0.99

Tabla 3: Contrastes ajustados por los observadores

DIFICULTAD VISUAL

	Fuente	Suma cuadr	Gr. lib	Cuad. Med	F-coc	P
600 lx	K	23.725	3	7.908	21.183	0.000
	O	0.635	3	0.212	0.567	0.650
400 lx	K	21.553	3	7.184	11.858	0.002
	O	0.413	3	0.138	0.227	0.875
200 lx	K	23.587	3	7.862	64.001	0.000
	O	0.102	3	0.034	0.276	0.841
80 lx	K	23.062	3	7.687	29.942	0.000
	O	1.382	3	0.461	1.974	0.218

PERFORMANCIA VISUAL

600 lx	K	0.021	3	0.007	14.291	0.000
	O	0.214	4	0.054	109.862	0.000
400 lx	K	0.003	3	0.001	1.361	0.302
	O	0.120	4	0.030	4.928	0.000
200 lx	K	0.002	3	0.001	0.516	0.679
	O	0.088	4	0.022	14.5389	0.000
	K	0.004	3			

Tabla 4: TABLA DE VARIANZA (ANOVA)

9- REFERENCIAS.

- 1 *Visual Displays Units* .P. Haubner ,S. Kokoschka - CIE 20 th Sesson - Amsterdam 1983- Vol 2
- 2 *Die Arbeitam Bildschirm* . SUVA, CNA INSAI, Feb. 1991
- 3 S. Kokoschka, *Bchav. end Inf. Techn.*, 1986 , Vol 5 , Nro 4
- 4 *Character contrast and Visual Perfomance withs VDUs* .S. Kokoschka, Springer Verlag, Tokyo 1985.
- 5 *Contraste e iluminancia en pantallas de video.* B.M. O'Donell. 6tas Jornadas de Luminotécnia, Bs.As, Nov 1990.
- 6 Y.Feng , O. Ostberg and B. Lindstrom *Display*, Vol 11, Nro.4, Oct 1990.