

# Evaluación de las condiciones de iluminación en puestos de trabajo

La revolución industrial habida a finales del siglo XIX provocó un cambio total en las formas de trabajo del hombre. En los finales del siglo XX también se habla de una

nueva revolución industrial. Quizás esta nueva situación, no dará lugar a los cambios que ocasionó la anterior, pero desde luego, la microelectrónica y, en particular los ordenadores, están

forzando un cambio total en las formas de trabajo de la sociedad industrial de nuestros días.

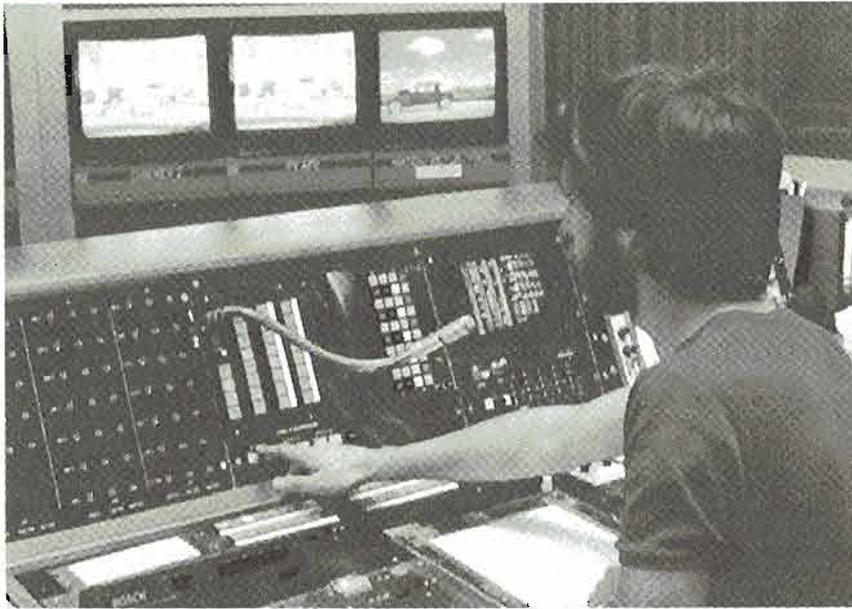
Desde la aparición del primer tubo de rayos catódicos (TRC) el lapso de



*Los estudios y normas actualmente en vigor, se encaminan al control de la luminancia y el contraste de los distintos elementos que componen el puesto de trabajo, dando una importancia secundaria a la iluminación.*

D. LEOPOLDO BALLARIN MARCOS  
*Ingeniero Técnico de Telecomunicaciones  
Brüel & Kjær Ibérica, S.A.*





*La luminancia de una determinada superficie está condicionada por la relación entre el flujo luminoso incidente y el flujo luminoso reflejado, ligados ambos por el llamado factor de reflexión, característico de cada material, de su acabado superficial, forma, etc...*

tiempo transcurrido es realmente pequeño, pero el crecimiento del número de pantallas ha sido espectacular, y las previsiones para un futuro inmediato, siguen la misma tendencia. En la actualidad, el número de pantallas instaladas en Francia, está cercano a las 600.000, y solamente la oficina francesa de Correos tiene previsto instalar 800.000 terminales aproximadamente, en los próximos años. Esta masiva invasión de los lugares de trabajo con este tipo de máquinas está dando lugar a que cada vez sea mayor el número de personas cuyo trabajo esté asociado a un diálogo continuado con un terminal, diálogo que requiere unas condiciones ergonómicas particulares.

Excluyendo los aspectos psicológicos provocados en el usuario, por razones tales como: ritmos de trabajo, necesidad de concentración, etc. Las condiciones de iluminación del puesto de trabajo y su entorno es quizás el factor más importante a la hora de evaluar el trabajo en terminales de ordenador. Unas buenas condiciones de iluminación con los apropiados contrastes, con las fuentes de reflejos debidamente controladas y de forma que se eviten continuos e innecesarios cambios de acomodación del ojo, permiten reducir la fatiga en un trabajo que es, principalmente, visual. Como veremos más adelante los estudios y normas actualmente en vigor, se encaminan al control de la luminancia y el contraste de los distintos elementos que componen el puesto de trabajo, dando una importancia secundaria a la iluminación.

## MAGNITUDES FOTOMETRICAS

La luz es una radiación electromagnética, de la cual el ojo humano sólo es capaz de captar una reducida banda, comprendida entre las longitudes de onda de 400 a 700 nanómetros. Estas diferentes longitudes de onda dan lugar a los diferentes colores que el ojo humano puede distinguir y que van desde el violeta al rojo.

Cuando la luz actúa sobre el ojo, produce una imagen en la retina, que es la encargada de transformar esta energía en información útil al cerebro. Para ello, la retina dispone de dos tipos distintos de "transductores", los conos y los bastones; los primeros son de baja sensibilidad pero tienen capacidad para discernir espectralmente, siendo los que actúan cuando los niveles de iluminación son altos (luz diurna). Por el contrario, los bastones son de elevada sensibilidad pero no dan información de color, siendo los que actúan con bajos niveles de iluminación (luz nocturna).

Mediante estudios estadísticos realizados sobre una amplia muestra de sujetos, se han definido las máximas sensibilidades para los bastones y los conos en 510 y 555 nanómetros respectivamente, junto con dos curvas de sensibilidad normalizadas por la Comisión Internacional de la Iluminación y que definen la sensibilidad del ojo, para visión diurna, también llamada visión fotópica, y la sensibilidad del ojo para visión nocturna, también llamada visión escotópica. Actualmente, existen las correspondientes normas UNE.

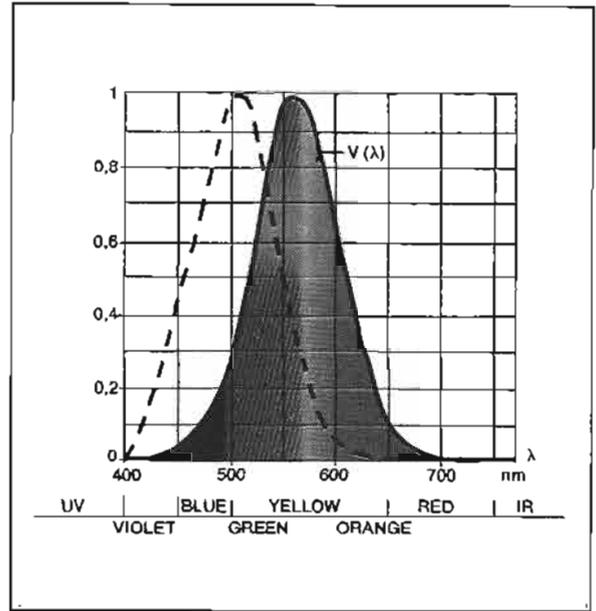
Cuando una fuente luminosa está en

funcionamiento, la energía electromagnética emitida puede abarcar una banda distinta o más amplia que la de sensibilidad del ojo humano. Por eso se define el flujo luminoso ( $\Phi$ ) como la energía total emitida por dicha fuente en la unidad de tiempo y dentro del espectro visible. Su unidad es el lumen (lm).

Si las dimensiones de una fuente luminosa son pequeñas comparadas con la distancia desde donde se observa, entonces puede considerarse como una fuente puntual, y a partir de esto, se define la Intensidad luminosa como el flujo luminoso emitido por una fuente en una determinada dirección y por unidad de ángulo sólido. Su unidad es la candela (cd). Normalmente el procedimiento para dar, la intensidad luminosa radiada por una fuente o luminancia, es mediante un diagrama polar o bien, mediante una tabla de intensidades para distintos ángulos.

Cuando la luz emitida por una fuente incide sobre una superficie, ésta se dice que está iluminada, definiéndose la iluminación como la cantidad de flujo luminoso (lm) incidente sobre una superficie por unidad de área de dicha superficie. Su unidad es el lux (lx) que corresponde a un flujo de un lumen incidente sobre una superficie de  $1 \text{ m}^2$ .

La iluminación de una superficie dada está relacionada con la intensidad luminosa de una fuente por la distancia entre ambas y el ángulo de incidencia sobre la superficie de la intensidad emitida por la fuente, en la dirección de interés. La iluminación obtenida es una superficie por el con-



curso de varias fuentes, es igual a la suma de las iluminaciones obtenidas por cada una de las fuentes independientemente.

Considerar que solamente las luminancias o fuentes de luz son los elementos capaces de emitir luz, es una observación poco precisa. Realmente, cuando la luz incide sobre cualquier superficie, una parte de esta luz es reflejada por dicha superficie, de forma que el ojo del observador podrá considerar a esa superficie como una fuente de luz. El brillo o luminosidad percibida por el ojo humano, se denomina luminancia (L) y se define como la intensidad por unidad de área aparente de la superficie emisora, midiéndose en candelas por metro cuadrado (cd/m<sup>2</sup>). El área aparente de la superficie emisora es equivalente al área que el observador, de acuerdo con el lugar que ocupa, considera que dicha superficie emisora tiene.

La luminancia de una determinada superficie está condicionada por la relación entre el flujo luminoso incidente y el flujo luminoso reflejado, ligados ambos por el llamado factor de reflexión, característico de cada material, de su acabado superficial, forma, etc.

### MEDIDA DEL CONTRASTE EN MESAS Y SUPERFICIES

Para que cualquier sujeto que se encuentre desarrollando una tarea en una mesa iluminada (tanto natural como artificialmente), pueda observar y diferenciar cómodamente los obje-

Fig. 1. Curvas normalizadas de la sensibilidad espectral del ojo para visión escotópica (línea discontinua) y visión fotópica (línea continua).

tos o textos de su observación, es imprescindible que se produzca en estos elementos unas mínimas condiciones de contraste, bien como contraste de luminancia o como contraste de color.

En la actualidad, la mayor parte de las tareas que se realizan sobre una mesa están ligadas a la lectura o escritura sobre papel, donde es imprescindible para poder alcanzar una cómoda inteligibilidad, que exista un contraste mínimo entre el fondo (papel) y la letra (texto). El papel que se utiliza normalmente no actúa como un difusor perfecto, como sería de desear, sino que por el contrario, tiene una considerable reflexión especular, según se muestra en la figura 2; esto hace que cuando un rayo luminoso procedente de una fuente, incide sobre un papel, una gran cantidad de luz es reflejada, de acuerdo con las leyes de la óptica: (ángulo incidente igual al ángulo de reflexión, y en el mismo plano) provo-

cando un deslumbramiento en el observador.

A fin de poder evaluar el deslumbramiento antes citado, y hacerlo de una forma objetiva y repetible, se ha desarrollado un procedimiento de medida, basado en la determinación del contraste, leído sobre un patrón de contraste, que por sus características físicas, trata de reproducir las del papel y el texto.

El contraste, en un documento o texto, viene definido básicamente por la relación entre la luminancia del texto, (letra impresa generalmente negra) y la luminancia del fondo (papel) según la ecuación:

$$C = \frac{L_p - L_L}{L_L}$$

Donde L<sub>p</sub> — luminancia del papel.

Donde L<sub>L</sub> — luminancia del texto.

Como la variedad de papeles y de letras es muy amplia, a fin de poder

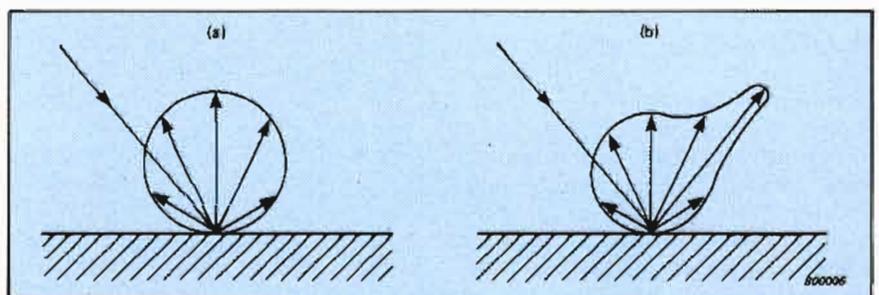


Fig. 2. Dos formas características de reflexión de la luz, según el tipo de superficie. a) Superficie mate, difusor perfecto. b) Superficie brillante, difusor semiespecular.

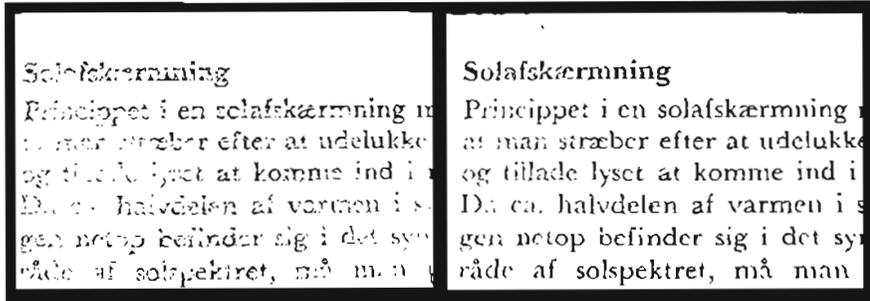


Fig. 3. Fotografía del mismo texto bajo distintas condiciones de iluminación, que muestran las variaciones de contraste

efectuar medidas repetibles y normalizadas, es imprescindible medir la luminancia producida por un elemento patrón cuyas características sean bien conocidas. Este elemento patrón consiste en un disco que alberga a su vez otros dos discos, uno de ellos blanco y que simula las características del papel y otro negro y que simula las características del texto.

El procedimiento de medida se basa en medir, para un determinado punto y mediante un sistema de transporte apropiado, la luminancia correspondiente a la superficie blanca y la luminancia de la superficie negra ambas del patrón; los dos valores leídos una vez introducidos en la fórmula antes citada, dan directamente el valor de contraste para ese punto, de acuerdo con unos valores específicos de iluminación.

Es importante destacar, que debido a las características de reflexión semi-especular, tanto de los papeles convencionales como del patrón que los sustituye, la medida, para un determinado, puesto de trabajo deberá repetirse en varios puntos de su superficie, pero de forma que el patrón y el sensor de medida formen un ángulo equivalente al de visión del sujeto sobre dicha superficie. En la figura 4 se muestra un dispositivo típico para esta medida

El aparato de medida, permite colocar, de forma alternada, en el ángulo de visión del transductor las superficies blanca y negra, para así tomar lecturas de ambas luminancias y, por tanto, calcular el contraste en un punto dado. Asimismo, dependiendo del alejamiento del observador el transductor varía su ángulo de incidencia, para conseguir un ángulo equivalente al de la visión del sujeto sobre la superficie que se considera como superficie útil normalizada, cuya forma y tamaño viene reflejada en la figura 5.

Como las condiciones de luminan-

### Solafskærmning

Princippet i en solafskærmning er at man stræber efter at udelukke og tillade lyset at komme ind i rummet. Da ca. halvdelen af varmen i solen netop befinder sig i det synlige råde af solspektret, må man

tres bandas de CRF, de acuerdo con el siguiente orden:

Clase I, requiere un CRF mayor o igual a 1, es decir, un campo luminoso prácticamente difuso. Debido a la dificultad para conseguirlo, solamente se aplica en actividades muy especiales, con materiales muy brillantes o saturados.

Clase II, requiere un CRF comprendido entre 0,9 y 1, se considera el nivel normal a alcanzar en oficinas, etc.

Clase III, alcanza a todos aquellos lugares con un CRF comprendido entre 0,9 y 0,75 y sólo se deberá considerar válido para aquellas tareas que se realicen preferentemente sobre materiales mates.

Los valores de clasificación anterior, usualmente, se trazan sobre la superficie de trabajo, mediante curvas de "ISOCR" obtenidas por interpolación de las medidas de CRF tomadas en los diversos puntos de la retícula trazada sobre la hoja que representa la superficie de trabajo. En la figura 6 se muestra el ejemplo de un caso particular medido primeramente con iluminación

cia y, por tanto, del contraste dependen totalmente del factor de reflexión que posea el patrón de contraste, la Comisión Internacional de la Iluminación (CIE) recomienda sustituir la medida simple del contraste, por el llamado Factor del Contraste de Referencia (CRF), que permite unificar resultados ya que refiere el valor de contraste obtenido en cualquier medida con el contraste de referencia que da el patrón en condiciones de iluminación difusa. Este contraste de referencia será exclusivo para cada patrón, y deberá venir reflejado en la carta de calibración del mismo.

La Comisión Internacional de la Iluminación recomienda en su publicación CIE 29/2, Anexo B, tres diferentes categorías de calidad de iluminación en base a los datos de CRF. Para ello y basándose en la superficie de trabajo normalizada, antes citada, se clasifican las distintas actividades en tres grandes bloques, correspondientes a

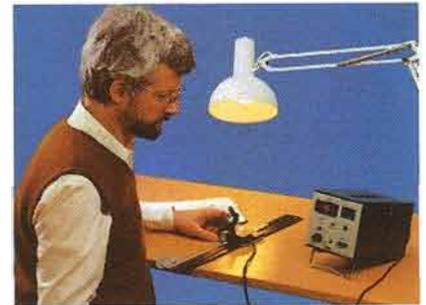
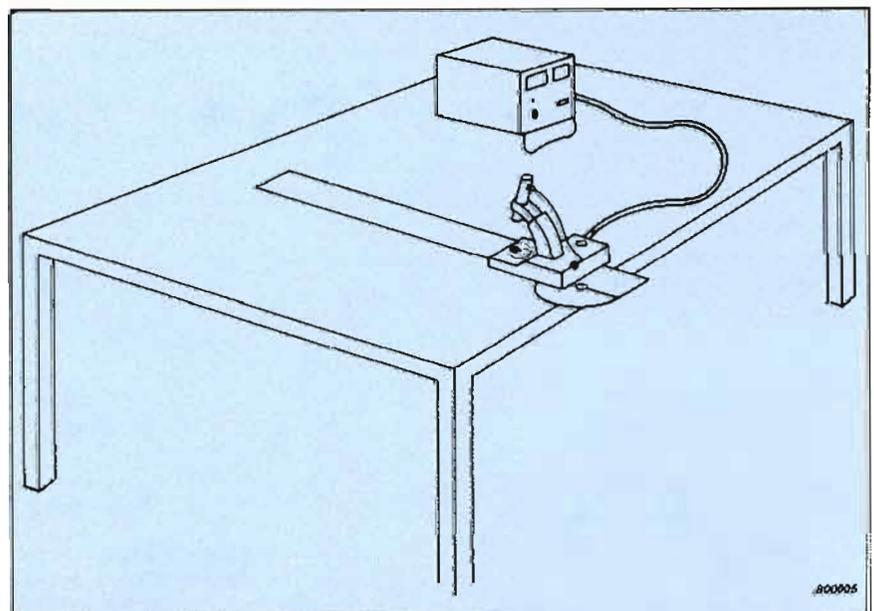


Fig. 4. Dispositivo típico para medidas de contraste en mesas, el avance del carro varía automáticamente el ángulo de incidencia del transductor y gira el patrón de contraste.



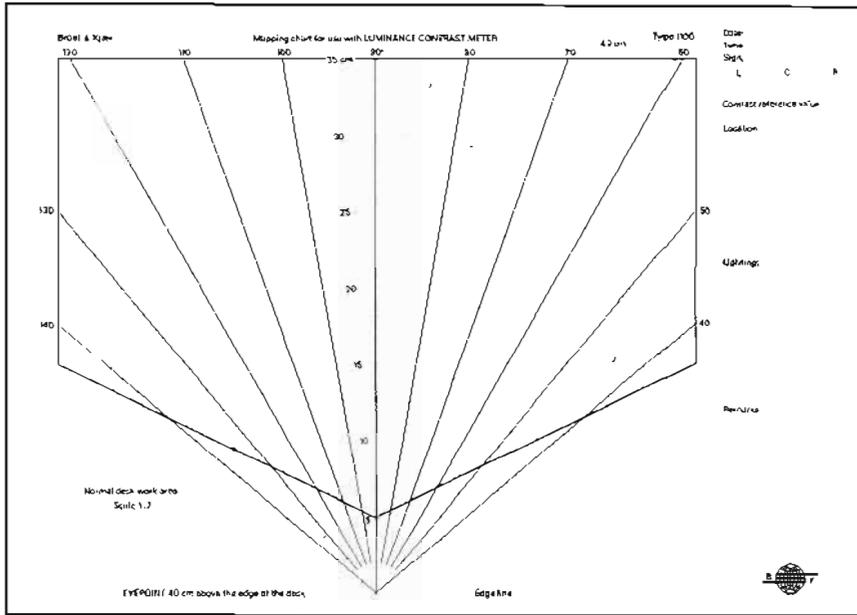


Fig. 5. Hoja para informe de medidas de contraste en una mesa, teniendo en cuenta la que se considera superficie de trabajo normalizada.

ambiente en el techo (a) y seguidamente, añadiendo un flexo situado en el ángulo superior izquierdo de la superficie de trabajo (b). Como se puede apreciar en las curvas trazadas, los valores de CRF en el segundo caso son mucho más pobres que en el primero, y por tanto, las condiciones de trabajo, resultarán mucho más desfavorables, aunque la iluminación medida en la superficie de trabajo en el segundo caso sea muy superior al primero.

Algunas normas, tales como DIN, a fin de simplificar la toma de datos, reducen los puntos de medida a cuatro únicos lugares, que corresponden aproximadamente, con las intersecciones de los arcos de 20 y 30 cm. con la línea de 90° y las del arco de 30 cm. con las líneas de 60 y 120°.

Aunque gran cantidad de normas, así como las técnicas habituales de los profesionales de la iluminación, tien-

den a medir o controlar en los lugares de trabajo, única y exclusivamente la cantidad de iluminación (Lux), se comprueba que no siempre un aumento en iluminación trae consigo una mejora en las condiciones de trabajo, y que por tanto será necesario acudir en muchas situaciones, a determinar la luminancia o el contraste a fin de evaluar correctamente un puesto de trabajo.

### LA ILUMINACIÓN EN PUESTOS DE TRABAJO CON VIDEOTERMINALES

Aunque las previsiones pueden parecer ligeramente exageradas, un estudio realizado por la firma Intel Corporation, asegura que desde el principio de los años ochenta con una relación de un terminal por cada ocho trabajadores, el crecimiento de los prime-

ros, conducirá a que en los años noventa, la relación se acerque a un terminal por cada trabajador, con un volumen cercano a los 45 millones de terminales. Este crecimiento espectacular en el número de videoterminals y en el número de personas cuyo trabajo estará asociado a uno de ellos, así como el hecho de que su situación ya no esté restringida a salas especiales, instalándose en cualquier lugar, dentro de una oficina, hace que cada vez tenga mayor importancia el estudio y medida de las condiciones de iluminación y contraste del propio terminal, así como de sus alrededores, a fin de obtener unas condiciones lo más confortables y satisfactorias para el desarrollo del trabajo y la salud del trabajador.

Un puesto de trabajo dotado de pantalla de ordenador se caracteriza, fundamentalmente, por tres tipos de tareas visuales a desarrollar por el operador:

Lectura de los textos presentados en la pantalla, tanto escritos por el propio operador como las respuestas de la máquina.

Lectura de un texto impreso o escrito sobre papel situado a una distancia normal para la lectura, y próximo a la pantalla.

Reconocimiento de las letras o símbolos y funciones existentes en el teclado.

La obtención de unas buenas condiciones de iluminación, queda supeditada tanto a que cada una de las tareas individualmente tenga unas buenas condiciones, así como que las relaciones de iluminación entre ellas se encuentran dentro de determinados límites, tales que permitan el paso de unas a otras, sin necesidad de bruscos cambios de acomodación visual, que producirían fatiga e incomodidad.

Los problemas de iluminación que se suscitan en un puesto de trabajo son varios, y en la mayor parte de los casos, con soluciones contrapuestas. Uno de los principales problemas viene planteado por las diferencias de contraste del texto y de la pantalla. Mientras que el primero posee, generalmente, un contraste negativo, dado por las letras negras impresas sobre papel blanco, la segunda posee un contraste positivo, producido por las letras brillantes presentes sobre un fondo oscuro. Esto obliga a que las condiciones de iluminación para ambos sean diferentes, lo que además de las dificultades de instalación, que en

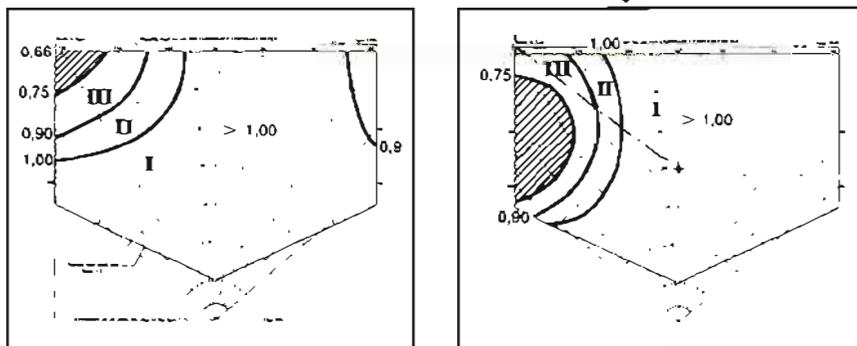


Fig. 6. Ensayo realizado sobre una mesa, con dos diferentes condiciones de iluminación. Las zonas marcadas con I, II y III corresponden a las clases de CRF obtenidas.

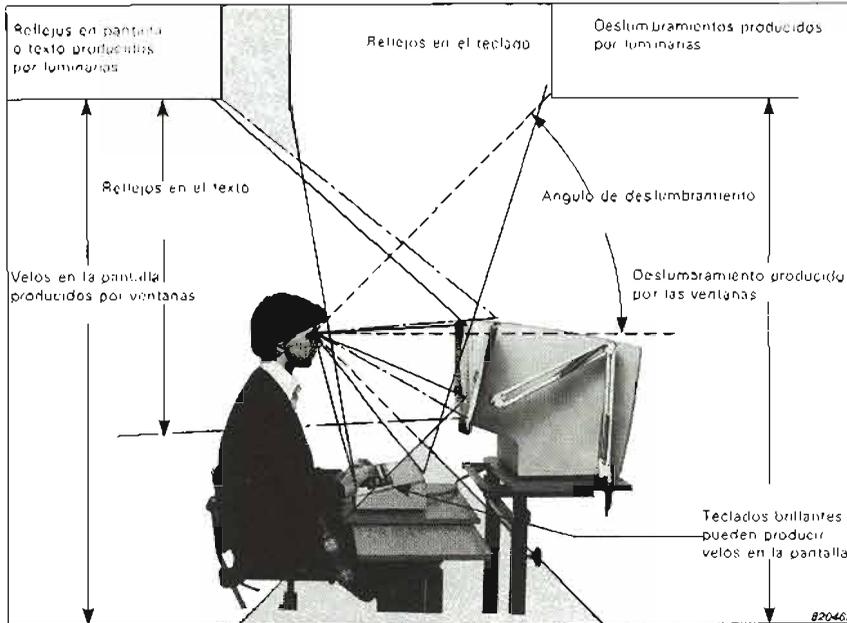


Fig. 7. Zonas alrededor de un terminal, que pueden producir reflejos o deslumbramientos en el operador.

muchos casos plantea, provoca una elevada fatiga en aquellos casos en que el operador necesita consultar de forma muy repetitiva y alternada ambas tareas. el texto y la pantalla.

Otro problema importante para las condiciones de iluminación de un terminal, viene dado por las características particulares de la disposición de los elementos que componen el puesto de trabajo. Habitualmente, el trabajo a desarrollar en una oficina, se realiza consultando, leyendo o escribiendo sobre una mesa, es decir, con los materiales dispuestos en situación horizontal. Esta disposición facilita en gran medida el control de las condiciones de iluminación, tanto a nivel ambiental como local. Por el contrario, en los puestos de trabajo equipados de pantalla, el plano de lectura de ésta ocupa una posición prácticamente vertical, y en muchos casos, a una altura excesiva, lo que puede provocar en los operadores fatiga en los músculos del cuello, debido a que la cabeza debe ocupar una posición forzada para que la pantalla quede incluida en el campo visual. Por otro lado y desde el punto de vista de la iluminación, la particular disposición de la pantalla y sus condiciones de reflexión semiespecular pueden provocar reflejos o velos en ella misma, generados por fuentes de luz no directamente relacionadas con el puesto de trabajo y que por tanto, no fueron considerados originalmente.

A estos problemas puede además

sumarse los motivados por la disposición del terminal con relación a elementos tales como ventanas situadas en la parte posterior de la pantalla, las cuales debido a su elevada luminancia, con relación a la de la pantalla pueden provocar en el operador deslumbramiento y dificultades de adaptación a la luminancia de la pantalla, con la consiguiente incomodidad para interpretar la información. En la figura 7 se muestran las diferentes áreas de los alrededores de un terminal en las que las fuentes de luz pueden provocar deslumbramiento o velos.

Aunque son varias las tareas que se desarrollan en un puesto de trabajo con videoterminal, la pantalla y en concreto la información que en ella aparece requiere un especial cuidado al definir las características que faciliten su legibilidad. Las dimensiones de los caracteres y el tipo de letra, así como el espacio entre ellas, es de gran importancia. Generalmente, estos parámetros vienen impuestos por el fabricante, pero existen determinadas normas que dan valores mínimos recomendados (matriz para mayúsculas y dígitos mínimo de 5 x 7 puntos; separación entre líneas 50 al 150 % de la altura de los caracteres) para asegurar una correcta inteligibilidad de los textos, máxime teniendo en cuenta que en muchos casos la información no está compuesta exclusivamente de letras, sino también de números, cuya comprensión es más difícil al no existir

*Uno de los principales problemas de iluminación que plantea soluciones contrapuestas, viene dado por las diferencias de contraste del texto (contraste negativo) y de la pantalla (contraste positivo), que provocan una fatiga elevada cuando hay que consultar de forma repetitiva y alternada ambas tareas.*

el fenómeno de sobreentendimiento habitual en los textos.

Asimismo, se considera de importancia el color y las relaciones de colores, recomendándose evitar el uso de aquellos cercanos a los extremos del espectro visible (rojo, violeta), siendo preferible el uso de aquellos donde la sensibilidad del ojo es mayor, para visión escotópica, tales como el verde.

Aunque se podrían citar algunos factores más, que afectan al uso de pantallas, desde un punto de vista de iluminación, el factor sin duda más importante a ser tenido en cuenta, es el contraste existente entre los caracteres generados en la pantalla y el fondo de ella misma. Siendo definido este contraste como el cociente o relación entre la luminancia producida por los caracteres, y la luminancia producida por el fondo de la pantalla en el mismo punto. Como se puede observar, esta definición de contraste, es ligeramente diferente a la dada anteriormente para uso en textos.

La medida del contraste en la pantalla, se puede llevar a cabo, mediante un medidor de luminancia similar al utilizado para medidas en textos, pero sin necesidad de usar patrón de contraste. El procedimiento seguido consiste en situar el transductor en una posición equivalente a la de los ojos del operador y apuntar con él hacia determinadas áreas de la pantalla para poder leer los valores de luminancia con y sin caracteres.

Aunque para unos valores fijados de brillo y contraste en los mandos de la pantalla es de suponer que la luminan-

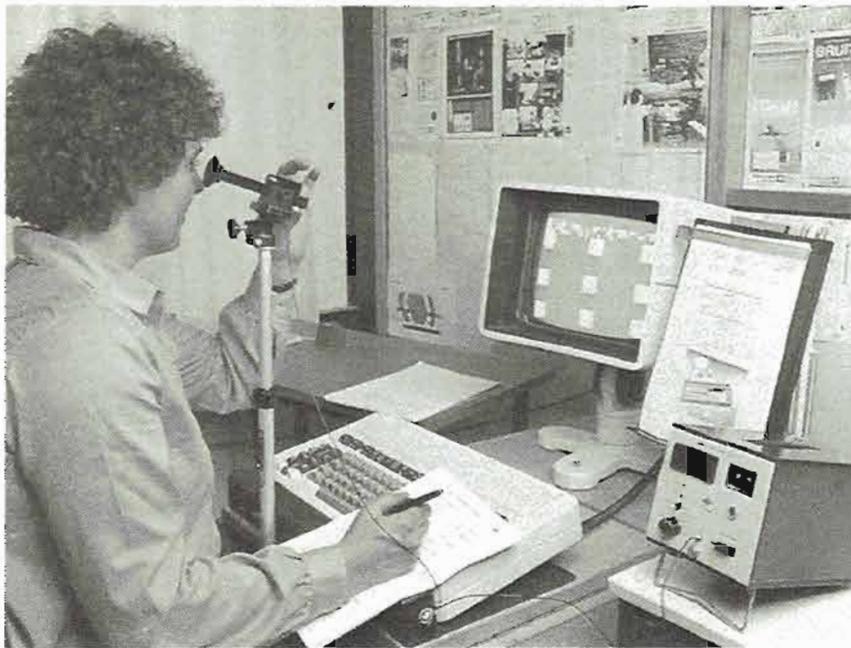


Fig. 8. Áreas generadas en una pantalla, para poder medir el contraste entre los caracteres y el fondo y determinar los reflejos como el que se muestra.

cia de los caracteres y del fondo sea uniforme, lo cual reduciría la medida a un único punto, en la práctica y debido a los reflejos producidos por luminarias o fuentes supuestamente ajenas a la propia pantalla, se dan reducciones drásticas del contraste en determinadas zonas y que provocan una dificultad en la interpretación de los caracteres por parte del operador.

Con la intención de evaluar el contraste en distintas zonas de la pantalla algunas normas describen un procedimiento de medida, consistente en generar nueve áreas iluminadas en la pantalla, semejantes a las mostradas en la figura 8, y cuya superficie es ligeramente superior al área abarcada por el medidor de luminancia. En esas nueve zonas se mide la luminancia, producida por los caracteres, y posteriormente, la luminancia del fondo (pantalla sin información) en los mismos puntos, obteniéndose directamente unas relaciones de luminancia que representan el contraste en cada punto. La utilización de nueve áreas distribuidas por toda la pantalla obedece al compromiso entre la necesidad de evaluar toda la pantalla y el tiempo invertido en la medida. Por tanto, en el caso de existir reflejos en alguna zona que no corresponda exactamente con alguna de las nueve zonas antes evaluadas, es recomendable hacer alguna medida extra en la zona conflictiva, a fin de conocer los mínimos de contraste.

Como se puede deducir de lo anteriormente expuesto, cuando el área que estamos midiendo resulte afectada por un reflejo, la luminancia del fondo será prácticamente igual a la luminancia de los caracteres generados, con lo cual el contraste será muy pobre (prácticamente 1) y por tanto, la lectura difícil.

Los valores máximos y mínimos de contraste, que se recomiendan para cualquier punto en la pantalla estarán comprendidos entre 3: 1 y 15: 1 aunque sería de desear que siempre estuviesen comprendidos entre 6 a 1 y 10 a 1. Asimismo, se recomienda que la luminancia del fondo de la pantalla sea superior a 10 cd/m<sup>2</sup> y la de los caracteres esté comprendida entre 40 y 150 cd/m<sup>2</sup>.

No todas las pantallas tienen la posibilidad de generar áreas uniformemente iluminadas (pantallas gráficas), sino que por el contrario sólo determinados puntos de su matriz lo pueden ser, como es el caso de las pantallas alfanuméricas. Frente a esta situación, la solución práctica a la hora de efectuar la medida, consiste en utilizar un mismo tipo de carácter (letra o número) que por su configuración excite el mayor número de puntos posibles, y constituir con él campos semejantes a las áreas anteriormente explicadas.

Una vez seleccionado un determinado tipo de letra (generalmente mayúsculas como la B) es relativamente sencillo calcular la cantidad de puntos que se ilumi-

*Los valores de clasificación de las distintas actividades, usualmente se trazan mediante curvas de "ISOCRF" obtenidas por interpolación de las medidas "CRF" tomadas de la retícula trazada sobre la hoja que representa la superficie de trabajo.*

nan para configurarla, y a partir de ese dato, determinar el grado de cobertura, o lo que es igual, la relación entre el número de puntos realmente iluminados y los que deberán serlo en el caso de haber generado una superficie uniformemente iluminada. Una vez conocido el grado de cobertura (d) el contraste se calcula mediante la ecuación:

$$C = \frac{1}{d} \left( \frac{L_m}{L_f} - 1 \right) + 1$$

Donde  $L_m$  es la luminancia medida en el campo deseado, usando la letra seleccionada y  $L_f$  es la luminancia del fondo de la pantalla.

Para finalizar un informe completo acerca de las luminancias y contrastes exclusivos de la pantalla, solamente son necesarios tres únicos datos: La luminancia exclusiva de los caracteres y del fondo y la luminancia general del fondo. Las dos primeras se calculan sobre una de las áreas antes utilizadas, pero bien apagando todas las fuentes de luz existentes en la sala o disponiendo el transductor directamente apoyado sobre la pantalla, para así evitar las lecturas erróneas debidas a reflejos y la tercera se determina como luminancia media de todo el fondo de la pantalla excluyendo la procedente de los caracteres, pero incluyendo la de los reflejos y brillos producidos por la luz ambiente del local.

Como ya indicábamos anteriormente, aunque la tarea principal en el trabajo con un videoterminal está cen-



Fig 9. Medida del contraste sobre el teclado.

trada en la pantalla, también las condiciones de iluminación en el texto de la consulta o en el teclado son importan-

tes. Con idea de determinar estas condiciones, en el caso del primero, es recomendable medir el contraste sobre él, de una forma equivalente a la descrita en la primera parte de este artículo, y utilizar como criterios de calidad los mismos descritos en la recomendación CIE de mayo del 82 (Clase I es decir  $CRF \geq 1$ ); tanto para el caso de que el texto se encuentre situado en posición vertical a un lado de la pantalla sobre un atril, como para el caso de que esté situado en posición horizontal sobre la misma mesa de trabajo.

Para evaluar el contraste en el teclado, no existe actualmente ningún

tipo de norma específica, y aunque es recomendable que los fabricantes los realicen con materiales cuyo coeficiente de reflexión, sea lo más bajo y difuso posible, y que además estas consideraciones no varíen con el uso, se pueden dar casos en los que aparezcan reflejos o brillos en las teclas, debidos también a su típica forma cóncava.

Un procedimiento válido para conocer las condiciones de un teclado, consiste en utilizar el medidor de contraste, de la misma forma que se usa para medir el contraste en un texto. Tomando con él diversas lecturas sobre el teclado se determina la zona con valor más bajo de CRF, que nos dará una indicación de si son o no válidas las condiciones de iluminación. Figura 9.

Con las medidas hasta ahora descritas se pueden controlar perfectamente las condiciones de contraste en un puesto de trabajo equipado con pantalla, y aunque esta información nos puede permitir el control de múltiples emplazamientos, que no reúnen unas mínimas condiciones de utilización, si realmente se desea evaluar en su totalidad el puesto de trabajo; es imprescindible añadir los datos antes tomados, determinadas relaciones de las iluminaciones que permitan conocer el comportamiento del conjunto completo, incluyendo, la pantalla, el teclado, el texto y los alrededores.

Para completar el conocimiento antes citado, el parámetro escogido es la luminancia ( $cd/m^2$ ), tomando un valor medio en cada una de las zonas o áreas de interés y calculando las relaciones de luminancia existentes entre cada dos de ellas. En la figura 10 se muestra el esquema de un informe de medida típico, donde además de los espacios reservados para los datos relativos a las condiciones de contraste, se incluye un esquema de la distribución de luminancias. Que esta distribución sea correcta, es de vital importancia para evitar problemas de fatiga visual, motivados por la necesidad de que el operador esté cambiando con excesiva frecuencia la abertura de la pupila al pasar, p. e., de la pantalla al texto y viceversa. Asimismo, un fondo muy luminoso, tal como una ventana situada detrás de la pantalla o un flexo mal colocado está provocando una información equívoca al ojo, al incluir en su campo de visión una fuente con una luminancia que le obliga a situarse en la zona de visión

MEASUREMENT REPORT		
Type of terminal: .....	Time spent at screen/day: .....	
Operator: .....	Type of work: Interactive: <input type="checkbox"/>	
	Data entry/reading: <input type="checkbox"/>	
	other: .....	
<b>CONDITIONS OF CONTRAST</b>	<b>LUMINANCE DISTRIBUTION</b>	
<b>Sketch of terminal position (incl. windows, lighting)</b>	<b>Screen:</b> dark: <input type="checkbox"/> light: <input type="checkbox"/> backgrnd. colour: .....	
	char colour: .....	
	veiling reflections: Yes <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	
	<b>Keyboard:</b> dark: <input type="checkbox"/> light: <input type="checkbox"/> veiling reflections: Yes <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	
	<b>Manuscript:</b> position: .....	
	localized lighting: .....	
	<b>General lighting:</b> .....	
<b>Observations:</b> .....		
<b>Date:</b> .....	<b>Sign:</b> .....	
	840359	
1. Self generated character luminance	2. Self generated background luminance	
	3. Resulting background luminance	

Fig. 10. Hoja para informe de medida de las condiciones de iluminación en un puesto de trabajo dotado de pantalla.

fotópica (aproximadamente de 100 a 100.000 cd/m<sup>2</sup>), mientras que la pantalla se encuentra en la zona de cambio a la visión escotópica (aproximadamente de 100 a 0,01 cd/m<sup>2</sup>).

Para realizar este tipo de medidas, se puede usar la misma instrumentación que para las medidas anteriores, aunque debido a que el transductor utilizado tiene una abertura muy reducida (aproximadamente 2°) es recomendable acoplar el mismo un gran angular, que permita ampliar el campo a unos 20 a 25 grados, para así poder leer directamente las luminancias medias de las superficies de interés, desde el lugar que ocupa el operador simplemente apuntando manualmente el transductor hacia las zonas de interés.

Se consideran interesantes de conocer las relaciones de luminancia entre fondo y pantalla, texto y pantalla, texto y teclado y teclado y pantalla, así como cualquier otra que en algún caso particular se observe que pueda ser fuente de molestias.

Existen varias recomendaciones, en cuanto a cuáles son los valores más

apropiados para las distintas relaciones de luminancias. La solución ideal sería que, estas relaciones fuesen prácticamente unitarias. No obstante, se puede permitir hasta un máximo de 3:1, excepto para el caso de la relación texto pantalla, donde debido a la necesidad de obtener un buen contraste en el documento, se permite hasta un valor de 10 a 1. Estas relaciones de contraste, se pueden obtener con un cuidado diseño del puesto de trabajo e iluminaciones comprendidas entre 150 y 300 lux, no siendo recomendable alcanzar los 500 lux.

## CONCLUSION

La misma tecnología que nos impone en muchos momentos condiciones de trabajo incómodas, nos ayuda a evaluar dichas condiciones de forma bastante objetiva, y así poder aplicar las soluciones necesarias. Aunque la respuesta subjetiva del operador puede ser más difícilmente evaluable y existen factores objetivos que quizás no han sido tenidos en cuenta en este artículo, la medida del contraste de

luminancias se muestra como una herramienta potente, válida y sencilla de manejar, para poder dictaminar y corregir las condiciones de iluminación en un puesto de trabajo equipado con un videoterminal. ■

---

## BIBLIOGRAFIA:

1. P. R. BOYCE "Human Factors in Lighting". Applied Science Publishers London 1981.
2. IES Lighting Handbook "Illuminating Engineering Society of North America". Application Volumen 1981.
3. IES Lighting Handbook "Illuminating Engineering Society of North America". Reference Volumen 1984.
4. F. ALONSO y otros. "Problemática de los trabajadores y usuarios de Informática: El trabajo con pantallas de visualización de datos". Instituto Nacional de Higiene y Seguridad en el Trabajo. 1985.
5. APA "El trabajo en ordenadores de pantalla" Asociación para la Prevención de Accidentes. 1985.
6. L. DE VISME "Contrast and Luminance Measurements on work places with CRT display terminals". Bruel & Kjaer.
7. L. DE VISME "Work on CRT display terminals". Bruel & Kjaer 1983.
8. L. AGESEN "Measurements of Contrast Reading on different lighting installations with different desk lamps". Bruel & Kjaer.