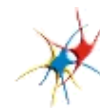


NTP 252: Pantallas de Visualización de Datos: condiciones de iluminación



Conditions d'éclairage des postes de travail à écran de visualisation
Lighting conditions on VDT terminal workplaces

Las NTP son guías de buenas prácticas. Sus indicaciones no son obligatorias salvo que estén recogidas en una disposición normativa vigente. A efectos de valorar la pertinencia de las recomendaciones contenidas en una NTP concreta es conveniente tener en cuenta su fecha de edición.

Redactor:

Ana Hernández Calleja
Lda. Ciencias Biológicas

CENTRO NACIONAL DE CONDICIONES DE TRABAJO

Introducción

El continuo incremento de la utilización de pantallas de visualización de datos (P.V.D.) en el mundo del trabajo en general y en las oficinas en particular, ha dado lugar a la aparición de un cierto número de alteraciones de la salud, siendo la más común de ellas la fatiga visual que se manifiesta por: sensación de vista cansada; hipersensibilidad a la luz; picores, irritación y enrojecimiento en conjuntiva y párpados; mareos; lagrimeo; visión borrosa o doble; dolor de cabeza; etc. La fatiga visual puede tener su origen bien en causas intrínsecas del sujeto (estado de la corrección óptica, diversas alteraciones del órgano de la visión, etc.), bien en causas relacionadas con el puesto de trabajo (deficiencias de alumbrado, contrastes inadecuados, deficiencias en la ubicación del puesto de trabajo, etc.)

La introducción de P.V.D. como instrumento de trabajo implica una especial atención a las condiciones de iluminación de estos puestos de trabajo, teniendo en cuenta los especiales requerimientos que en esta materia son inherentes a las nuevas tareas visuales asociadas al trabajo con P.V.D.

Los problemas aparecen debido a que las P.V.D. han sido ubicadas en el escenario donde se desarrollaban y/o se desarrollan las tareas de oficina tradicionales, sin tener en cuenta que ambos tipos de trabajo (oficina tradicional y trabajo con P.V.D.) requieren condiciones de iluminación diferentes.

Unidades luminotécnicas

La luz es una radiación electromagnética de la cual el ojo humano es capaz de captar una reducida banda comprendida entre las longitudes de onda de 400 nm a 700 nm.

Flujo luminoso

La energía electromagnética total emitida por una fuente luminosa en la unidad de tiempo y dentro del espectro visible. La unidad de medida es el lumen (Lm).

Intensidad luminosa

Flujo luminoso (Lm) emitido por una fuente en una determinada dirección y por ángulo sólido. La unidad de medida es la candela (cd). (Ver Fig. 1)

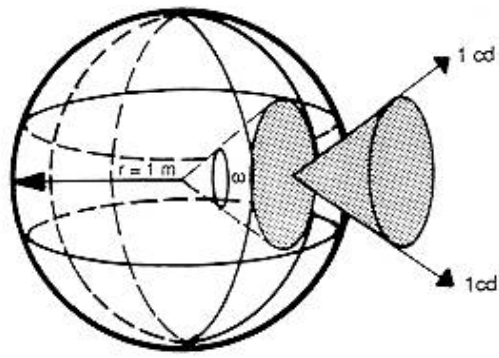


Fig. 1: Intensidad luminosa

ω (total) = 4π estereorradianes

Iluminación

Cantidad de flujo luminoso (Lm) incidente sobre una superficie por unidad de área de dicha superficie. La unidad de medida es el lux (Lm/m^2). (Ver Fig. 2)

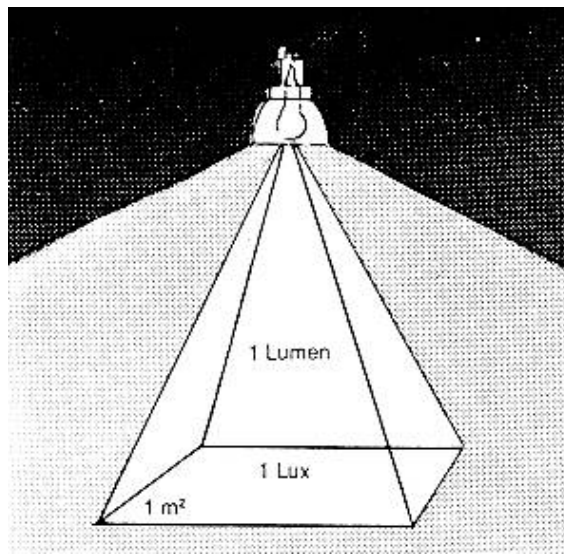


Fig. 2: Iluminación

Luminancia-brillo fotométrico

Intensidad luminosa por unidad de área aparente de la superficie emisora.

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 factor de reflexión característico de cada material, acabado superficial, etc. La unidad de medida es la candela/ m^2 . (Ver Fig. 3)

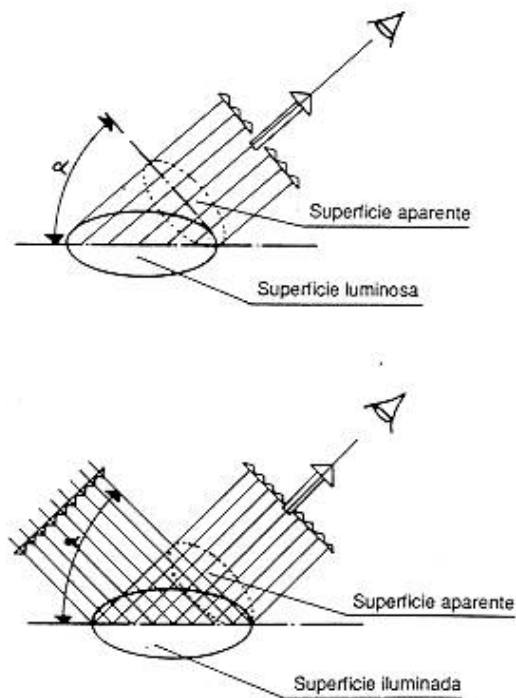


Fig. 3: Luminancia-brillo fotométrico

Mecanismos de visión

El ojo es el órgano mediante el que se experimentan las sensaciones de luz y color. El ojo recibe la energía luminosa y la transforma en energía eléctrica que es conducida a través del nervio óptico hasta el cerebro, donde tiene lugar la interpretación de la imagen visualizada.

Los objetos iluminados o con luz propia, situados en el campo visual de un observador, emiten rayos luminosos que atraviesan la córnea y el humor acuoso, llegan al cristalino donde se refractan y van a la retina donde se forma la imagen de los objetos.

La retina está formada por una capa de tejido nervioso en el que aparecen dos tipos de terminales denominados **conos** y **bastones**, encargados de la transformación de la energía lumínica en energía eléctrica.

Cuando el ojo está adaptado a niveles de luminancia inferiores a 0.25 cd/m^2 , la visión se denomina escotópica. En este caso los bastones son los elementos activos principales. En la visión escotópica no hay sensación de color.

Si el ojo está adaptado a niveles de luminancia superiores a 3 cd/m^2 , la visión se denomina **fotópica**. En este caso los conos son los elementos activos principales, siendo posible una normal visión de los colores.

Se denomina visión **mesópica** a la correspondiente a niveles de luminancia intermedios ($0.25 \text{ cd/m}^2 - 3 \text{ cd/m}^2$). La capacidad para distinguir los colores disminuye al bajar el nivel de iluminación. (Ver Fig. 4)

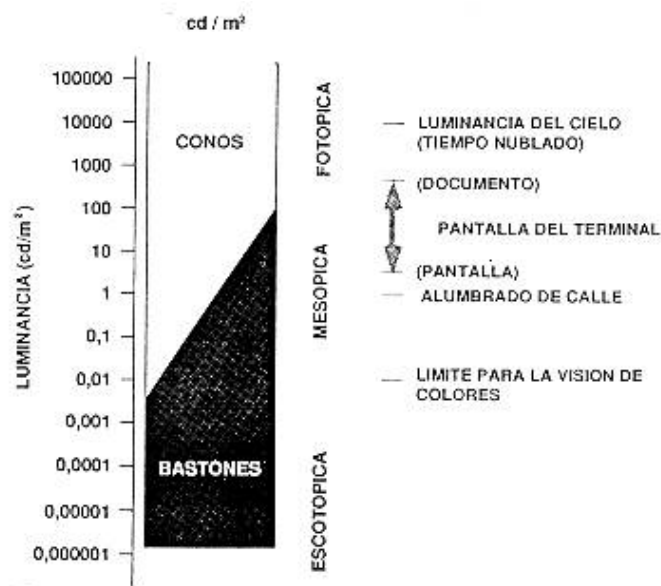


Fig. 4: Escala de luminancias

Adaptación

Es el proceso por el cual el ojo es capaz de funcionar en un amplio margen de niveles de iluminación, mediante cambios en la apertura de la pupila.

Cuando se pasa de un local bien iluminado a otro completamente a oscuras, el ojo se ve sometido a un proceso de adaptación para cuyo ajuste total necesita unos 30 min; en el caso contrario el periodo de adaptación es de sólo unos segundos.

Acomodación

Es la facultad del ojo de ajustar espontáneamente su distancia focal. Durante la acomodación los músculos ciliares que rodean el cristalino ajustan la tensión en él, cambiando su curvatura y por tanto su distancia focal.

Puesto de trabajo - Factores que inciden en la aparición de la fatiga visual

Para que un observador sea capaz de ver una estructura o algún detalle de un objeto, es imprescindible que se produzcan en el mismo unas mínimas condiciones de contraste, bien sea éste de color, de luminancia o de ambos.

El contraste viene dado por diferencias en las propiedades reflectantes, de orientación o de microestructura de los materiales implicados.

El trabajo con una P.V.D., implica generalmente tres tipos de tareas visuales (Ver Fig. 5) :



Fig. 5 :Tareas visuales con pantallas de visualización de datos

- Lectura de textos presentados en pantalla.
- Reconocimiento de letras o símbolos del teclado.
- Lectura de documentos (manuscritos, impresos, mecanografiados, etc.) próximos a la pantalla.

Este tipo de puestos de trabajo son diferentes y más complejos que el tradicional puesto de trabajo de oficina, en el que la tarea visual consiste generalmente en la lectura o escritura de documentos situados en un plano horizontal.

En la pantalla

Varios son los parámetros que influyen en la legibilidad de un texto presentado en pantalla, como por ejemplo: las dimensiones de los caracteres y la nitidez de sus contornos; los colores de los caracteres y el del fondo de la pantalla. Pero uno de los más importantes es el contraste entre los caracteres y el fondo.

El contraste de una tarea visual se define generalmente como:

$$C = \frac{(L_O - L_F)}{L_F}$$

L_O = Luminancia del objeto

L_F = Luminancia del fondo

En la pantalla de un terminal pueden producirse reflexiones, de carácter difuso o especular, cuya consecuencia es una disminución de la legibilidad a causa de la luminancia adicional provocada por dichas reflexiones (luminancia de velado).

Así, cuando se produce un aumento del nivel de iluminación en el entorno del terminal, se incrementa la reflexión difusa apareciendo una luminancia de velado L_V . En tales condiciones el contraste valdrá:

$$C = \frac{(L_O + L_V) - (L_F + L_V)}{(L_F + L_V)} = \frac{L_O - L_F}{L_F + L_V}$$

El contraste será menor que el inicial por lo que se habrá reducido la legibilidad general del texto.

Las reflexiones de superficies brillantes o focos de luz artificial situadas en el campo de reflectancia la pantalla, aparecen como imágenes (reflexión especular) situadas a diferentes distancias correspondientes a la posición de dichos focos en la sala. Ello puede causar dificultades en los procesos de acomodación del ojo, que los operadores pueden tratar de resolver reduciendo o simplemente apagando esos focos luminosos, generando ello un nuevo problema puesto que el descenso del nivel de iluminación así conseguido puede hacer imposible la lectura del documento situado cerca de la pantalla.

En el teclado

Los focos luminosos situados en una amplia zona sobre el terminal pueden ser reflejados por las teclas, que son habitualmente cóncavas y, además, en ocasiones de material brillante o bien siendo el material mate en origen, se ha vuelto brillante con el uso.

En el documento

La legibilidad de un documento situado cerca de un terminal depende del contraste del documento y del nivel de adaptación de los ojos del operador.

El contraste de una tarea depende de sus propiedades reflectantes y del modo en que esa tarea esté iluminada.

Tareas visuales con superficies perfectamente mates en las que la luz es reflectada de forma difusa, no son las que se encuentran habitualmente en los puestos de trabajo, normalmente las superficies implicadas reflejan la luz incidente en ciertas direcciones más que en otras.

Cuando la luz incide en determinadas direcciones, el contraste entre el texto (normalmente negro) y el fondo (papel blanco) puede llegar a ser cero haciendo prácticamente ilegible el texto.

Los niveles de iluminación (alrededor de 500 Lux) que se precisan para la lectura de documentos, no suelen ser compatibles con las condiciones de iluminación requeridas para el trabajo con pantallas. De esta disparidad surgen las dificultades de adaptación visual entre la pantalla y el documento: la mirada del trabajador se desplaza continuamente entre esas dos tareas visuales que corresponden a dos niveles de luminancia completamente diferentes; la pantalla entra en la zona de visión mesópica mientras que el documento está en la zona de visión fotópica (o diurna).

A un nivel de iluminación de 500 Lux sobre papel blanco le correspondo una luminancia de 130 cd/m² mientras que la luminancia media de la pantalla raramente excede de 20 - 30 cd/m².

Otro problema planteado en esta tarea visual, es el continuo trabajo de acomodación del ojo cuando el documento está situado en un plano (horizontal) diferente al de la pantalla (vertical).

En el puesto de trabajo. Deslumbramientos

En un puesto de trabajo el ojo de un trabajador se adapta a un nivel de luminancia correspondiente a la media de luminancias presentes en el campo de visión.

En un puesto de trabajo dotado de P.V.D. el operador que mira la pantalla tendrá el nivel de adaptación situado en una zona intermedia entre la visión diurna y la nocturna (ver fig. 4). Si una ventana o un foco de luz artificial se encuentran situados en el campo de visión del operador (por detrás de la pantalla), ello supondrá una luminancia muy superior a la que está adaptado el operador y por lo tanto se produciría el deslumbramiento.

Se pueden distinguir dos clases de deslumbramientos:

Incapacitante

Es el provocado por la presencia en el campo visual de una superficie cuya luminancia es muy superior a la del objeto que se visualiza (ello provoca la aparición de un velo entre el ojo y el objeto observado, con la consiguiente disminución de la agudeza visual).

Este tipo de deslumbramiento es el que ocurre cuando en el campo visual del operador aparecen ventanas, paredes brillantes, techos, etc.

Inconfortable

Es el causado por la presencia de una fuente de luz con una luminancia superior a la del nivel de adaptación, por ejemplo, las luminarias de otros puestos de trabajo. En este caso no se produce una incapacidad visual, sino una molestia que puede acarrear, a

largo plazo, la aparición de fatiga visual.

Parámetros de control

Las condiciones visuales en puestos de trabajo de oficinas dependen de varios factores: La calidad de la iluminación, la calidad de la tarea visual, los deslumbramientos, la posición del trabajador, etc.; la influencia de estos factores en las condiciones visuales puede ser evaluada mediante dos parámetros :

- Condiciones de contraste.
- Equilibrio de luminancias.

Condiciones de contraste

En pantallas

Las recomendaciones o estándares de que se dispone para la evaluación del contraste de los caracteres en pantalla lo definen como la relación entre la luminancia (L_c) de los caracteres y la luminancia (L_f) del fondo de pantalla:

$$C_c = L_c : L_f$$

La Comisión Internacional de la Iluminación en su publicación CIE nº 60 (1984) y la Norma Técnica DIN 66234 (1981) proporcionan valores máximo, mínimo y óptimo de los niveles de contraste de caracteres en pantallas de visualización de datos. (Ver Tabla 1)

	MINIMO	MAXIMO	OPTIMO
CIE nº 60 1984	3 : 1	15 : 1	5 : 1 → → 10 : 1
DIN 66234 1981	3 : 1	15 : 1	6 : 1 → → 10 : 1

Tabla 1: Condiciones de contraste recomendadas

En el documento

El contraste en un documento se define como:

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

L_d = Luminancia del detalle.

L_p = Luminancia del papel.

Es esencial la forma en que el contraste varía en un determinado ambiente luminoso.

La reflexión de fuentes luminosas sobre un documento puede, en determinados casos, tener un efecto enmascarador de ciertas partes del texto.

Este fenómeno no es fácil de evaluar ya que no sólo depende del tipo de documento (papel más o menos satinado) sino que también depende del detalle, manuscrito o impreso en el papel (lápiz, tinta, mecanografía, impresión...).

Más que definir un modelo de contraste para cada tipo de documento el trabajo de estandarización europeo se orienta a la definición de una única muestra de contraste estándar consistente en una superficie oscura y otra clara cuyas características estén bien definidas y permitan la simulación de todos los tipos de contraste en las tareas visuales realizadas en oficinas, etc.

La Comisión Internacional de la Iluminación en su publicación CIE nº 29 "Guide on Interior Lighting" propone tres clases de calidad para sistemas de iluminación, introduciendo a su vez el parámetro "Factor de Contraste de Referencia" (CRF), el cual se define como :

$$CRF = \frac{C}{C_{ref}}$$

razón entre el contraste proporcionado por un estándar en las condiciones de iluminación a evaluar (C) y el contraste del mismo

estándar en unas condiciones de iluminación de referencia (C_{ref}), siendo estas últimas las proporcionadas por un sistema de iluminación totalmente difuso. (Ver Tabla 2)

CIE N° 29 (ANEXO B)		
CLASE	CRF	AREAS RECOMENDADAS
I	$\geq 1,0$	INTERIORES DONDE SE USEN PREDOMINANTEMENTE MATERIALES BRILLANTES. EJ.: SALAS DE COMPOSICION
II	$\geq 0,90$	INTERIORES DONDE SOLO OCASIONALMENTE SE USEN MATERIALES BRILLANTES. EJ. OFICINAS, ESCUELAS
III	$\geq 0,75$	INTERIORES DONDE LOS MATERIALES SON NORMALMENTE MATES. EJ.: ESCUELAS Y ALGUNAS OFICINAS

Tabla 2: Condiciones de contraste recomendadas en los documentos

Equilibrio de luminancias

El equilibrio en las condiciones de luminancia es particularmente importante en los puestos de trabajo dotados de P.V.D. puesto que el operador está adaptado a bajos niveles de luminancia, los proporcionados por la pantalla. Cambios de luminancia demasiado bruscos en el área de trabajo o entre la pantalla y las superficies de alrededor incluidas las del campo visual lejano, pueden conducir a la aparición a largo plazo de fatiga visual.

Las Normas DIN 5035 (1972) y la DS 700 (1977) recomiendan:

La razón de luminancias entre dos de las tres tareas visuales (pantalla, teclado y documento) no debería exceder de **3**.

La razón de luminancias entre la luminancia de una superficie en el campo visual lejano y la luminancia media de la pantalla con texto representativo del trabajo normalmente realizado, no debería exceder de **10**.

La recomendación R-198 INRS (1981) estipula que:

La luminancia de las tres tareas visuales debería ser la misma.

Las luminancias en el campo visual tras la pantalla, no deberían exceder las **200 cd/m²**.

Asimismo, define la luminancia de la tarea visual realizada en la pantalla como la luminancia de los caracteres y no como la media de una pantalla con un texto representativo.

Conclusiones

Como se menciona en la introducción, los problemas aparecen al introducir en las oficinas las P.V.D. como instrumento normal de trabajo.

No es habitual encontrar espacios concebidos especialmente para la ubicación de las P.V.D., salvo quizás en las empresas en que exista un departamento en el que todo el trabajo se desarrolle con las P.V.D. Lo normal y en definitiva práctico, es que las pantallas se encuentren en los puestos de trabajo.

Por otra parte, los nuevos edificios destinados a oficinas suelen tener grandes superficies acristaladas que permiten un mayor aprovechamiento de la luz y el calor proporcionado por el sol, unido a la sensación de confortabilidad que proporciona el poder descansar la vista y la mente en espacios abiertos.

Ello, que para el trabajo tradicional de oficina sólo supone ventajas, es la causa de la mayoría de problemas presentados. Si además, se tiene en cuenta que es imprescindible un sistema general de alumbrado que permita prescindir de la variabilidad de la luz solar y que en ocasiones focos de luz artificial localizados están presentes en los puestos de trabajo, esto completa las principales causas que pueden originar las deficiencias (deslumbramientos, presencia de reflejos en la pantalla, excesivo nivel de iluminación) en las condiciones de iluminación de los puestos de trabajo con P.V.D.

Estas deficiencias se manifiestan en mayor o menor grado dependiendo del emplazamiento del puesto de trabajo respecto, por una parte, de las fuentes de luz diurna y por otra del sistema general y localizado de iluminación.

En líneas generales, las acciones a tomar para prevenir estas deficiencias serían las que a continuación se detallan, teniendo en cuenta dos situaciones posibles, una de ellas es que la oficina o edificio de oficinas esté en funcionamiento y se dote de P.V.D., y la otra es que el proyecto de una oficina o de un edificio de oficinas se encuentre en la fase de diseño:

- Ubicarlos terminales lo más alejados posible de las fuentes de luz diurna y paralelos a las mismas

Si ello no fuera posible:

Dotar las ventanas de cortinas gruesas o de persianas preferiblemente de láminas verticales regulables.

Apantallar el espacio de trabajo de modo que impida la reflexión de las fuentes de luz en la pantalla o el deslumbramiento que estas pudieran provocar en el operador (ver fig. 6 en la que se indican las zonas alrededor de un terminal en las que fuentes de luz pueden causar reflejos o deslumbramientos)



Fig. 6: Muestra de protección frente a la iluminación exterior

- Situarlos puestos de trabajo entre las filas de luminarias del techo.

Si ello no fuera posible:

Procurar que la luminaria esté situada directamente sobre el operador, perpendicular al eje de la pantalla. Ello permite utilizar la zona libre entre dos regiones críticas correspondientes al riesgo de presencia de reflejos sobre el teclado (Región I) y en la pantalla (Región II) (ver fig. 7)

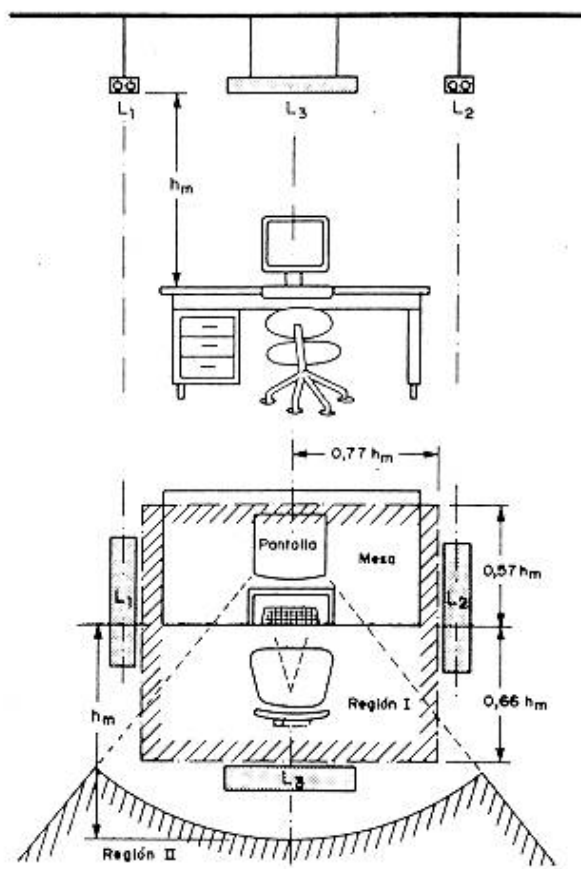


Fig. 7: Posiciones posibles de las luminancias sobre el terminal

- Las luminarias del sistema general de alumbrado deberían estar provistas de difusores o rejillas con baja luminancia. Sistemas de iluminación a base de fluorescentes descubiertos y que entren dentro del ángulo de visión del operador deberían ser evitados.
- Agrupar los puestos de trabajo con P.V.D. y aislarlos mediante partición del espacio de trabajo.

Si ello no fuera posible:

Posibilitar la reducción del nivel de iluminación mediante reguladores de intensidad o interruptores que permitan apagar de forma individualizada el sistema general sobre el terminal, y reemplazarlo por la iluminación localizada del documento, siendo ésta asimismo regulable de modo que permita conseguir un equilibrio de luminancias en la zona. (Fig. 8)

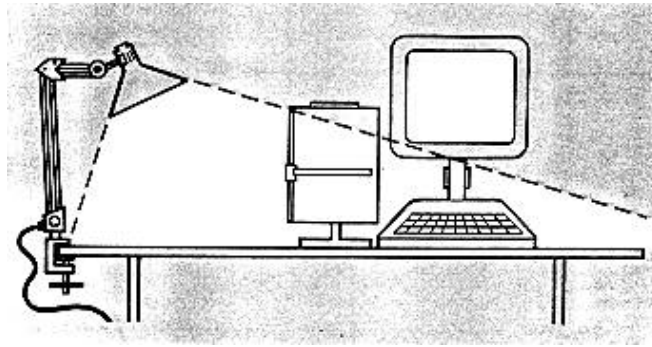


Fig. 8: Ejemplo de iluminación localizada que permite alcanzar el equilibrio de niveles de iluminación entre Pantalla Documento y Teclado

De las dos situaciones mencionadas es obvio que la segunda, es decir, poder intervenir en la fase de diseño, sería lo adecuado ya que las soluciones indicadas, en muchos casos, se convierten en soluciones parciales las cuales pueden no ser beneficiosas para la mayoría de los trabajadores que ocupan un espacio de trabajo abierto, tal y como suelen ser los locales de oficinas.

Ello implica que las soluciones teóricas, incluso cuando siguen estrictamente los criterios de óptimo confort visual, deben aplicarse con prudencia puesto que podrían no ser aceptadas por el trabajador o trabajadores implicados si ello supone una modificación importante del puesto de trabajo, por ejemplo, perder el lugar junto a una ventana, romper la relación con compañeros de trabajo, sentimiento de aislamiento o segregación respecto del resto, etc.

También debe tenerse en cuenta otros factores como el tipo de relación del operador con el terminal, el nivel de atención requerido y sobre todo el tiempo de permanencia continuada frente a la pantalla, puesto que las posibles combinaciones de estos tres factores pueden conducir a diferentes grados de rigurosidad a la hora de aplicar las soluciones recomendadas.

Bibliografía

- (1) VISME, L. & AGESEN, L.
Contrast and Luminance Measurements on Work Places with CRT Display Terminal.
Denmark. Brüel & Kjaer Application Notes
- (2) VISME, L.
Ergonomic Evaluation of Lighting at Work places with CRT Display Terminal
Denmark. Brüel & Kjaer Application Notes
- (3) PHILIPS
Manual de Alumbrado
Madrid. Ed. Paraninfo 1983. 327 pp
- (4) TABOADA, J.A.
Manual de Luminotecnia
Madrid. Ed. Dossat s.a. 1983. 339 pp
- (5) BALLARÍN MARCOS, L.
Evaluación de las Condiciones de Iluminación en Puestos de Trabajo
MAPFRE Seguridad. 1986-nº22:39-47.