

DOCUMENTOS TECNICOS

75:94

LA ILUMINACION
EN LOS LUGARES
DE TRABAJO



INSTITUTO NACIONAL
DE SEGURIDAD E HIGIENE
EN EL TRABAJO

LA ILUMINACIÓN EN LOS LUGARES DE TRABAJO

Autora:
Rosa M^a Carretero
Centro Nacional de Nuevas Tecnologías
Madrid

75 : 94

Enero 1994

I.S.B.N.: 84-7425-397-7

Dep. Legal: M-12255-94

N.I.P.O.: 211-93-007-1

Edita: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo
Torrelaguna, 73 - 28027 MADRID

Imprime: Servicio de Ediciones y Publicaciones I.N.S.H.T. MADRID

INDICE

I.	INTRODUCCIÓN	5
II.	CONCEPTOS BÁSICOS SOBRE LA LUZ Y EL COLOR	7
III.	SENTIDO DE LA VISIÓN	9
	Sensación visual	12
	Problemas derivados de la iluminación	18
IV.	MAGNITUDES Y UNIDADES LUMÍNICAS	21
	Definiciones	21
	Ecuación fundamental de la luminotecnica	27
	Aparatos de medida	29
	Determinación del nivel de iluminación y de la luminancia	32
V.	ILUMINACIÓN NATURAL Y ARTIFICIAL	37
	Iluminación natural	37
	Iluminación artificial	38
VI.	ELECCIÓN DE LAS LÁMPARAS	39
	Cualidades de color de las lámparas	40
VII.	TIPOS DE FUENTES LUMINOSAS ELÉCTRICAS	45
	Lámparas de incandescencia	45
	Lámparas de descarga	46
VIII.	ELECCIÓN DE LAS LUMINARIAS	61
	Como evitar el deslumbramiento	62
	Iluminación hacia el techo	62

IX.	CLASIFICACIÓN DE LUMINARIAS	65
	Distribución espacial del flujo luminoso	65
	Lugares donde se instalan	67
X.	TIPOS DE LUMINARIAS DESTINADAS A ILUMINACIÓN GENERAL	73
	Luminarias en forma de cajón y reflectores de uso industrial	73
	Luminarias difusoras cerradas	74
	Luminarias de lámparas fluorescentes equipadas con paralúmenes	75
	Luminarias para iluminación mixta	75
	Luminarias de lámparas fluorescentes desnudas	76
	Luminarias empotradas	77
	Techos luminosos y techos provistos de paralúmenes	78
	Luminarias de iluminación indirecta	79
	Luminarias de lámparas de incandescencia destinadas a iluminación localizada	79
	Luminarias de lámparas fluorescentes	81
XI.	ASPECTOS DEL COLOR RELACIONADOS CON LAS SUPERFICIES INTERNAS	83
	Factores de reflexión recomendados	84
	El color en los lugares de trabajo y de paso	86
XII.	CRITERIOS DE ILUMINACIÓN	87
	Iluminación de la tarea	88
	Iluminación del ambiente	88
	Niveles de iluminación	89
	Luminancias de las superficies	90
	Deslumbramiento	93
XIII.	PARPADEO Y EFECTO ESTROBOSCÓPICO	95
XIV.	MANTENIMIENTO	97
XV.	CONSIDERACIONES FINALES	99
	BIBLIOGRAFÍA	101

I. INTRODUCCIÓN

Cada vez se admite más el que una buena iluminación facilita enormemente una tarea con una productividad elevada, y asegura a su personal condiciones de trabajo satisfactorias que les permita trabajar con plena eficacia y precisión, al precio de un mínimo de fatiga.

Esta guía pretende ser de utilidad a los técnicos prevencionistas, dando unos criterios básicos que permitan alcanzar un ambiente visual aceptable, en términos de cantidad y calidad de luz, siempre teniendo en cuenta las **propiedades fisiológicas del hombre**, y todo ello del modo más económico posible.

Muchas veces el ojo humano se aprovecha de la capacidad natural que tiene para acostumbrarse a su entorno, pero su bienestar, su estado de ánimo y su fatiga se ven afectados por la luz y el color. Sin luz, las cosas que están alrededor carecerían de color, forma y perspectiva. Por tanto, el hecho de que la luz y el color afectan al bienestar del hombre, al igual que el ambiente térmico y la acústica, es un estímulo para buscar combinaciones óptimas de luz y color para cada lugar de trabajo y cada puesto de trabajo.

Por otra parte, tan perjudicial puede ser el exceso como el defecto de nivel de iluminación. Además, tanto la composición espectral de la luz como la disposición del color del entorno, merecen toda atención.

En el mundo laboral existe una gran variedad de tareas visuales y de ambientes asociados. Para cada asociación de tarea visual y de ambiente, puede existir varios modos de alumbrado que den una

adecuada iluminación. Es pues imposible enunciar reglas utilizables para todos los casos y un estudio específico será a menudo necesario.

Sin embargo, hay que señalar que un buen sistema de iluminación no se limita a prever un nivel mínimo de iluminación sobre el plano de trabajo; aunque de importancia indiscutible, esta condición previa siempre se acompaña de otras que son tan esenciales como ella.

Después de un trabajo en malas condiciones de iluminación puede aparecer una fatiga visual y del sistema nervioso central, resultante del esfuerzo requerido por interpretar señales insuficientemente netas o equívocas y parcialmente una fatiga muscular, por mantener una postura incómoda.

Entonces no es extraño aceptar cada vez más que solo puede hacerse una evaluación completa de la importancia de la luz y del color de cara a conservar la salud del trabajador si se tienen en cuenta todos estos factores.

II. CONCEPTOS BÁSICOS SOBRE LA LUZ Y EL COLOR

La luz, tanto natural como artificial y el propio color, están relacionados con la emisión de las radiaciones electromagnéticas producidas dentro del espectro visible, es decir de aquellas cuyas longitudes de onda están comprendidas entre 380 y 760 nm y que son capaces de producir sensaciones visuales en el ojo. (Figura 1).

Asimismo esta zona del espectro visible puede subdividirse de modo aproximado en una serie de 6 intervalos de longitud de onda, que corresponden a los colores fundamentales en los que se descompone la luz blanca por medio de un prisma. (Figura 1).

Los límites del espectro visible no son absolutos, dependen de la intensidad energética, del individuo en particular y del grado de fatiga del ojo en el momento de la percepción.

Hay que considerar que la luz que nosotros percibimos tanto en nuestra vida cotidiana como profesional no se corresponde con radiaciones monocromáticas (de una sola longitud de onda), sino que generalmente provienen de radiaciones policromáticas (varias longitudes de onda), por lo que suelen presentar diferentes tonalidades o mezclas de colores.

Vemos que el color es un atributo de la luz que contribuye considerablemente a la impresión general de nuestro ambiente y a la percepción de ciertos elementos.

La percepción del color real depende en gran medida de la composición espectral de la luz emitida por el sistema de iluminación empleado, a parte de las características de reflexión de la superficie contemplada, de los contrastes de color que encontremos en el espacio de trabajo y de la adaptación cromática del trabajador.

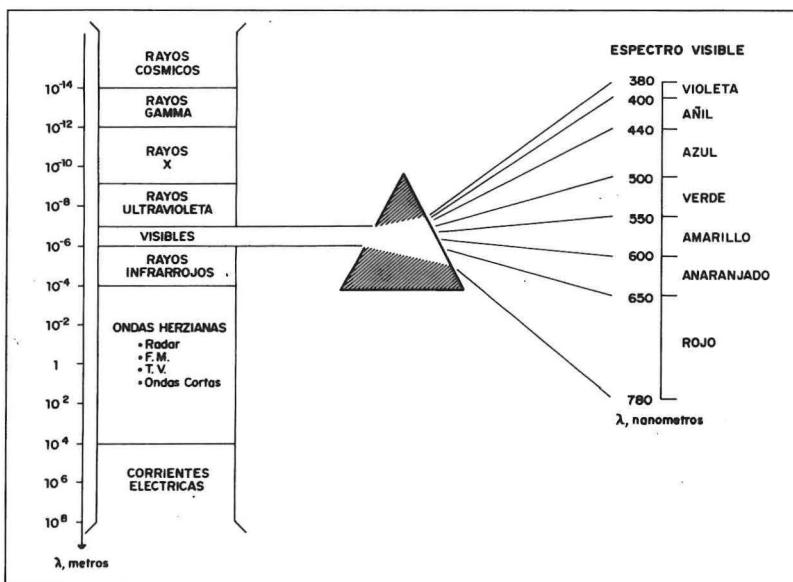


Figura 1. Espectro Electromagnético

III. SENTIDO DE LA VISIÓN

El sentido de la visión se basa en la capacidad del ojo para absorber selectivamente esta parte del espectro electromagnético que llamamos luz, contribuye de forma muy importante a nuestra comunicación con el exterior, permitiendo la adquisición de información visual cualitativa y cuantitativa, la apreciación de las características de los objetos, la captación e interpretación de movimientos y otros cambios físicos en el ambiente que nos rodea, la identificación de señales y la orientación y creación de impresiones espaciales.

El ojo es el órgano encargado de transformar la luz en impulsos nerviosos capaces de generar sensaciones visuales (Figura 2). Presenta tres membranas sin ningún tipo de soldadura: esclerótica, coroides y retina.

Esclerótica:

Es la membrana más externa que protege al ojo. Su parte anterior transparente es la córnea.

Coroides:

Está atravesada por numerosos vasos sanguíneos que aportan el O_2 al ojo. La parte anterior coloreada es el iris, con una abertura central llamada pupila.

El iris aumenta o disminuye el diámetro de la pupila en un acto reflejo involuntario según la cantidad de luz incidente.

Retina:

Recubre la cámara posterior del ojo, es sensible a la luz y sobre la cual se proyecta la imagen exterior.

En la retina existen dos tipos de células fotosensibles, conos y bastoncillos.

Conos: sensibles al color y para ser excitados precisan de iluminaciones relativamente elevadas.

Bastoncillos: incapaces de percibir los colores pero funcionan con iluminaciones muy débiles.

En la retina se distinguen dos pequeñas zonas:

Fovea central: Parte posterior deprimida de la retina, exclusivamente constituida por conos. Sobre ella se proyectan las imágenes principales y en ella la visión de color es perfecta.

Punto ciego: Zona de la que parte el nervio óptico y no dispone de conos y bastoncillos.

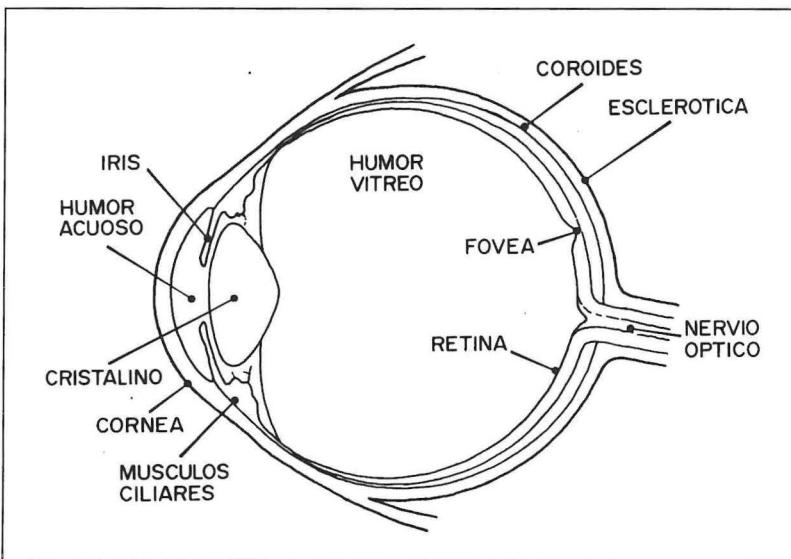


Figura 2. Estructura del ojo humano

La máxima sensibilidad del ojo humano corresponde a una longitud de onda de 555 nm que corresponde al color amarillo-verdoso (curva media de sensibilidad del ojo humano) y su sensibilidad va disminuyendo hacia los dos lados del espectro. (Figura 3).

Existen dos curvas de sensibilidad relativa del ojo humano en visión diurna (fotópica) y nocturna (escotópica). (Figura 4).

Visión escotópica: Es la visión del ojo normal cuando está adaptado a niveles de luminancia inferiores a algunas centésimas de candela por m^2 .

Visión fotópica: Es la visión del ojo normal cuando está adaptado a niveles del luminancia de al menos varias candelas por m^2 .

Como visión intermedia entre la visión fotópica y escotópica está la visión mesópica.

Los valores de visibilidad relativa o de sensibilidad del ojo humano medio que se utilizan en luminotecnia son, en la inmensa mayoría de los casos, los correspondientes a la visión fotópica o diurna.

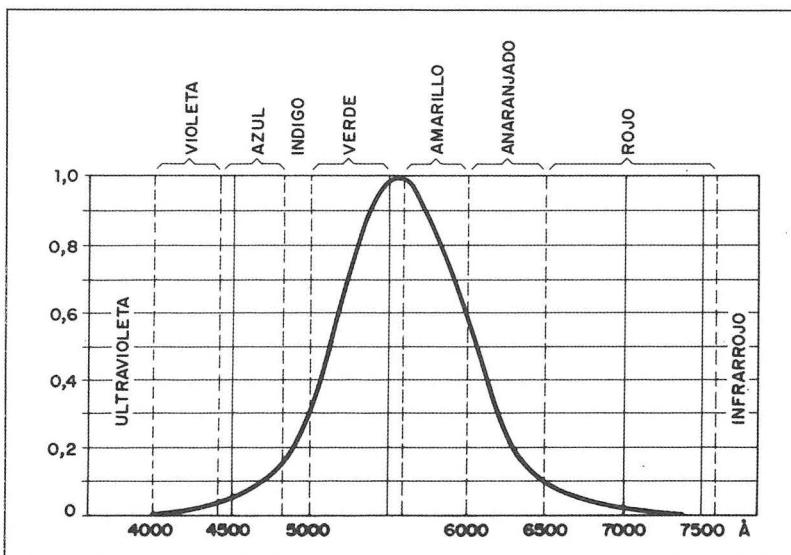


Figura 3. Curva media de sensibilidad del ojo humano

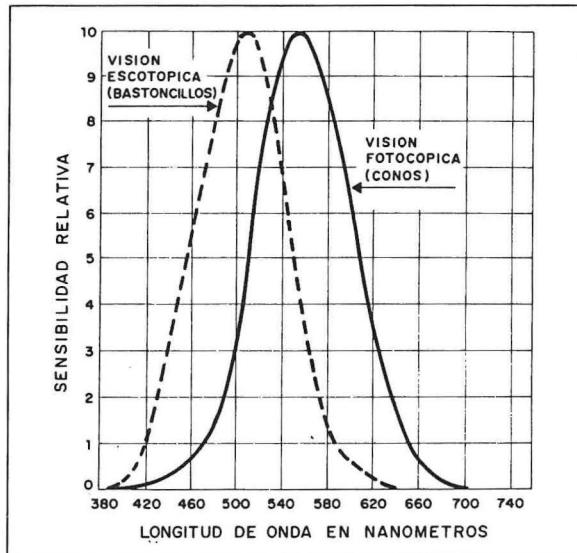


Figura 4. Visión fotópica y escotópica

Sensación visual

Se recuerda que el ojo humano responde a la radiación luminosa o luz, siendo más sensible a la región del espectro luminoso correspondiente al color amarillo-verdoso y su sensibilidad va disminuyendo hacia los dos lados del espectro.

La sensación visual va a depender de los siguientes aspectos:

Percepción del detalle y del color

La mejor percepción del detalle ocurre cuando la imagen cae en la fovea. Fuera de la misma la concentración de conos disminuye y la visión normal depende principalmente, de los bastones de menor sensibilidad.

La sensación visual exige, en primer lugar, que incida sobre el ojo una cantidad de energía luminosa suficiente y en segundo lugar, el tiempo necesario para que tal energía produzca una sensación.

La luz es considerada como un «amplificador», haciendo visibles los pequeños detalles que no podrían verse con una menor cantidad de luz.

Si el tiempo es insuficiente, la sensación disminuye o no se produce. Sin embargo, si el tiempo es adecuado, la sensación depende del flujo incidente.

Asimismo cada persona presenta una agudeza visual o capacidad de percepción de objetos muy pequeños o muy próximos, que se incrementa considerablemente con un mayor nivel de iluminación.

En condiciones de escasa iluminación, la sensación visual depende de los bastones. A medida que aumenta la luminancia sobre la retina, los conos se hacen más perceptivos incrementando su actividad, y la agudeza aumenta rápidamente hasta que se acerca a la condición óptima de respuesta.

Además de su contribución a la percepción del detalle fino, los conos tienen una buena respuesta selectiva al color. La visión de los bastones, en cambio, es deficiente para la percepción del color, como lo es para la del detalle.

Acomodación

Es el fenómeno por el cual el ojo enfoca sobre la retina objetos a distintas distancias. Cuando la lente se encuentra al máximo de su forma plana, el ojo normal está enfocando hacia el infinito. Por el contrario la lente se hará más convexa a medida que se aproxime un objeto al campo visual.

También se incluyen cambios en el diámetro de la pupila. Cuando el ojo está enfocando sobre objetos distantes, la pupila es relativamente grande, y cuando lo está sobre objetos próximos se contrae, realizando una apreciación más penetrante pero admitiendo una menor cantidad de luz.

Respuesta a la luminancia - Adaptación

El ojo es sensible a luminancias muy diferentes y tiende a buscar un estado de equilibrio apropiado en el campo óptico.

Este constante ajuste implica cierta acción fotoquímica de la

retina, pero también está producido por la acción del iris que se abre o se cierra como un diafragma, para controlar la cantidad de luz que entra en el ojo. El iris se abre cuando la luminancia del entorno es baja y se cierra para disminuir la penetración de la luz cuando ésta es alta.

En esta dilatación o contracción del iris hay un tiempo de retraso y la respuesta de la retina a la luminancia, estará condicionada en cualquier momento por la luminancia media en el campo visual durante el período de tiempo precedente.

Contraste

La percepción de un objeto dentro de un ambiente depende del contraste de luminancia y/o del color entre el objeto y el fondo sobre el cual se destaca.

En un sentido subjetivo, se puede decir que el contraste es la evaluación subjetiva de la diferente apariencia de dos partes del campo de visión, vistas simultánea o sucesivamente (contraste de luminosidad, contraste de color, contraste simultáneo, contraste sucesivo).

En un sentido objetivo, se define el contraste como un cociente de luminancias (generalmente para contrastes sucesivos).

$$C = \frac{L_2}{L_1}$$

o por la fórmula (para superficies vistas simultáneamente)

$$C = \frac{L_2 \cdot L_1}{L_1}$$

donde

L_1 es la luminancia dominante o la luminancia del fondo.

L_2 es la luminancia del objeto.

Cuando las zonas de luminancia diferentes son de un orden comparable y se quiere definir un valor medio:

$$C = \frac{L_2 \cdot L_1}{0,5 (L_2 + L_1)}$$

De acuerdo con estas expresiones, el contraste C puede variar de 0 (si $L_1 = L_2$) a 1 (si $L_2 = 0$).

Cuando C se aproxima a la unidad diremos que el contraste es alto, si está próximo a 0,5 diremos que el contraste es medio y bajo si es próximo a 0.

Referente al contraste de colores, hemos de tener en cuenta que aunque todos los colores tengan la misma luminancia, existe siempre un contraste de colores. En la práctica los contrastes de colores se combinan con los contrastes de luminancia.

La sensibilidad al contraste, definida como el límite inferior de contraste percibido, es variable según el individuo y sus condiciones de adaptación.

La sensibilidad del ojo a los contrastes aumenta dentro de ciertos límites con la luminancia. En condiciones de luminancias elevadas (luz del día) es posible que se puedan percibir contrastes de hasta el 1 por 100, pero si la luminancia del ambiente es más baja, los contrastes mínimos percibidos varían del 5 al 10 por 100 o pueden ser, incluso, superiores.

Esta sensibilidad también está influenciada por los gradientes de las zonas que separan dos luminancias o colores pero también se reduce cuando hay variaciones muy fuertes de luminancia y de color en el campo de visión en torno a la tarea a percibir.

Deslumbramiento

Cuando se presentan simultáneamente en el campo visual imágenes de luminancias muy diferentes, la elevada excitación de gran parte de la retina puede inhibir la función de otras áreas, quedando anulada la percepción de detalles de menor luminancia por las luminancias más elevadas.

Por ejemplo, los conductores de vehículos cuando se enfrentan con las luces largas de los faros de otros vehículos, circulando en dirección opuesta durante la conducción nocturna. El estímulo excesivo de una parte de la retina, impide la percepción de detalles del resto del campo visual.

Detección de movimiento

La visión periférica es muy útil para detectar movimientos o cambios similares en el ambiente general, mientras que la percepción de la mayor sensibilidad de los mismos sigue estando asociada a la línea directa de la visión.

La agudeza visual disminuye a medida que los objetos en movimiento situados en la periferia se mueven mucho más lentamente.

Efectos del envejecimiento

La capacidad fisiológica del ojo, tiende a deteriorarse con la edad, produciéndose una reducción de la velocidad de percepción, una menor resistencia ante el deslumbramiento, un aumento del tiempo necesario para la adaptación y una disminución de la agudeza visual. En consecuencia, aparece una notable disminución de la sensibilidad relativa para el detalle (Tabla I) y es necesario un aumento del nivel de iluminación (Figura 5).

TABLA I. EFECTOS TÍPICOS DE LA EDAD

Edad aproximada (años)	Sensibilidad relativa para el detalle comparada con la de veinte años (%)
20	100
30	95
40	90
50	85
60	80
70	75
80	60

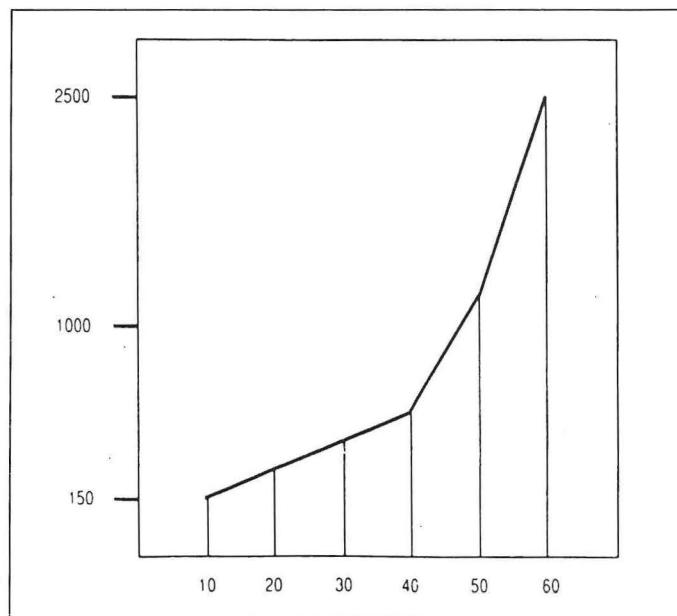


Figura 5. Edad - Nivel de iluminación

El campo visual

La visión binocular del hombre abarca un campo aproximado de 180° horizontalmente y verticalmente 50° sobre la línea de visión y 80° hacia abajo.

En la figura 6 se hace un análisis del campo de visión en el plano sagital. Estas zonas útiles resultan de la combinación de los movimientos de los ojos y de la cabeza. Para visualizar un objeto, es preciso utilizar la zona de información. Los dispositivos que necesitan una visión prolongada, se colocarán lo más próximos al eje visual que corresponde igualmente a la actividad mínima de los músculos de la nuca.

Sin embargo la percepción fina del detalle (visión foveal) se realiza dentro de un ángulo sólido bastante pequeño que abarca la línea de visión.

A medida que aumenta la distancia a la línea de visión, hay una amplia área de visión periférica donde la percepción del detalle y del color se van haciendo imprecisas.

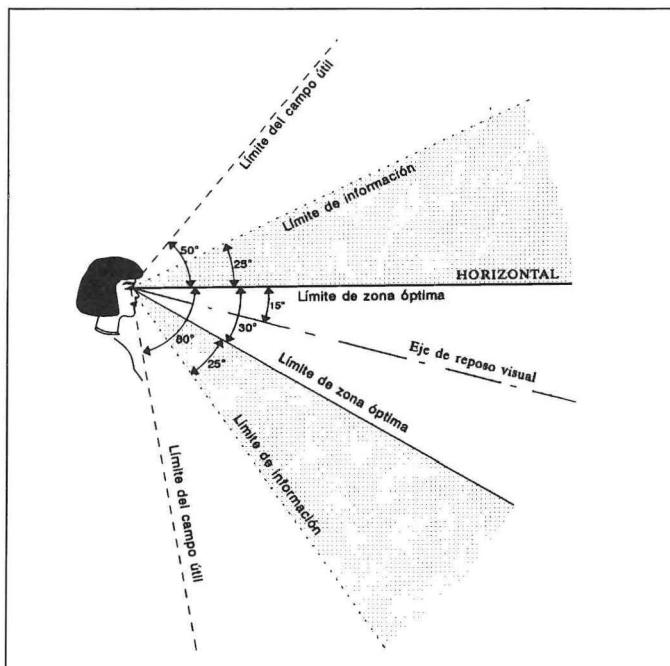


Figura 6. Análisis del campo visual en el plano sagital

Problemas derivados de la iluminación

Unas inadecuadas condiciones de iluminación en un local suponen que se presenten unos problemas derivados para el trabajador como una fatiga nerviosa, ocular y muscular, responsables de una disminución de la producción y de la calidad de los trabajos y que podrían ser desencadenantes de accidentes. Estos problemas derivados de la iluminación no pueden ser considerados riesgos en el sentido que se mencionan cuando hablamos de otros agentes presentes en el ambiente de trabajo.

Después de un trabajo en malas condiciones de iluminación durante un buen número de horas, puede aparecer una fatiga visual y del sistema nervioso central, resultante del esfuerzo requerido por interpretar señales insuficientemente netas o equívocas y parcialmente una fatiga muscular por mantener una postura inadecuada.

Otros problemas a considerar en la iluminación son los efectos radiantes y caloríficos, debido a que las fuentes luminosas no son capaces de emitir únicamente radiaciones visibles sino que también emiten radiaciones en otras gamas del espectro electromagnético.

IV. MAGNITUDES Y UNIDADES LUMÍNICAS

Para comprender mejor el tema que se está tratando, es quizás importante repasar las magnitudes lumínicas más frecuentes e importantes (Tabla II), suficientes para poder trabajar con la luz y obtener adecuados resultados ambientales.

Definiciones

Flujo luminoso

El flujo luminoso es la potencia de una energía radiante apreciada según la sensación luminosa producida.

TABLA II. MAGNITUDES, UNIDADES Y SÍMBOLOS LUMINOTÉCNICOS

MAGNITUD	UNIDAD	SÍMBOLO
Flujo Luminoso	Lúmen	Ø
Intensidad luminosa	Candela	I
Iluminación	Lux	E
Luminancia	Candela/m ²	L

También se puede definir como la cantidad de energía lumínosa emitida por una fuente en la unidad de tiempo. (Figura 7).

El flujo luminoso se representa por el símbolo « Φ ».

La unidad de medida es el **lúmen** (lm) y normalmente sirve para expresar la cantidad de luz que emite una lámpara (los 3.000 ó 4.000 lúmenes de una lámpara fluorescente), o que penetra por una ventana (que pueden ser de 2.000 a 20.000 lúmenes para una ventana normal).

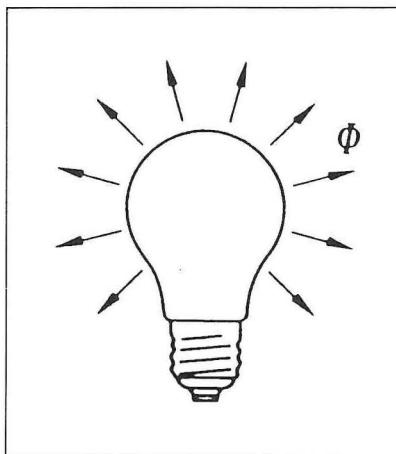


Figura 7. Flujo luminoso

Intensidad luminosa

Se denomina intensidad luminosa al flujo luminoso emitido por una fuente dentro de un ángulo sólido infinitesimal en una dirección determinada (Figura 8). Se simboliza por la letra « I ».

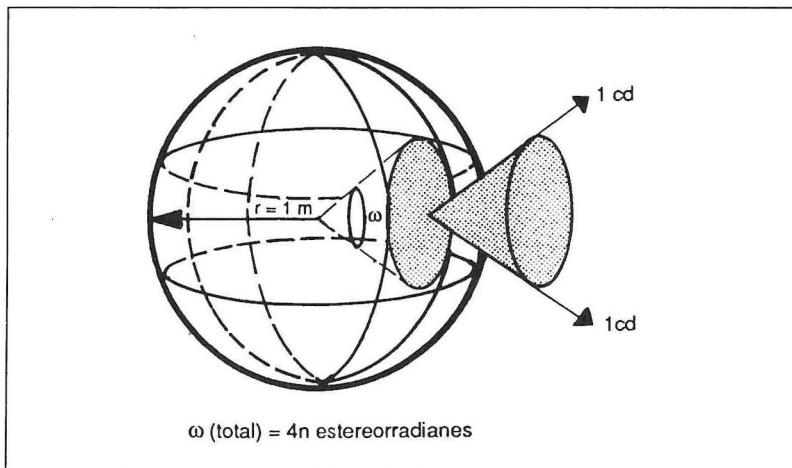


Figura 8. Intensidad luminosa

Si se imagina una esfera de radio unidad y en su superficie se delimita un casquete esférico de 1 m^2 de superficie y se une el centro de la esfera con todos los puntos de la circunferencia que limita dicho casquete, se determinará un cono con base esférica. El valor del «ángulo sólido» determinado por el vértice de este cono es igual a 1 estereoradián o, lo que es lo mismo, un ángulo sólido unidad.

La intensidad luminosa se puede expresar como

$$I = \frac{\phi}{\omega}$$

donde

I = Intensidad luminosa expresado en candelas

ϕ = Flujo luminoso contenido en el ángulo sólido en lúmenes

ω = Ángulo sólido en estereoradianes

La unidad de medida es la **candela** (cd), que expresa aproximadamente la intensidad que tendría en una dirección determinada un foco de luz que hiciera pasar un flujo de un lúmen por unidad de superficie de 1 m^2 situada a un metro de distancia en la dirección considerada.

La intensidad se utiliza para caracterizar como reparten la luz las luminarias en las distintas direcciones, expresando gráfica o numéricamente las intensidades emitidas por una lámpara, para distintos ángulos medidos desde la vertical. El conjunto de las intensidades luminosas de una fuente en todas las direcciones constituye la distribución luminosa de dicha fuente.

Iluminancia o Nivel de iluminación.

Se define iluminancia o nivel de iluminación como la cantidad de flujo luminoso incidente sobre una superficie por unidad de superficie (Figura 9). Se representa por el símbolo « E ».

Se puede expresar por medio de la fórmula

$$E = \frac{\phi}{S}$$

siendo

\emptyset = Flujo luminoso incidente sobre una superficie en lúmenes

S = Superficie en m^2

La unidad de medida es el **lux** (lx), que equivale a los lúmenes que recibe la unidad de superficie en m^2 .

Esta unidad es la más corrientemente utilizada y mide la cantidad de luz que llega a un puesto de trabajo, a una superficie de un local, etc.

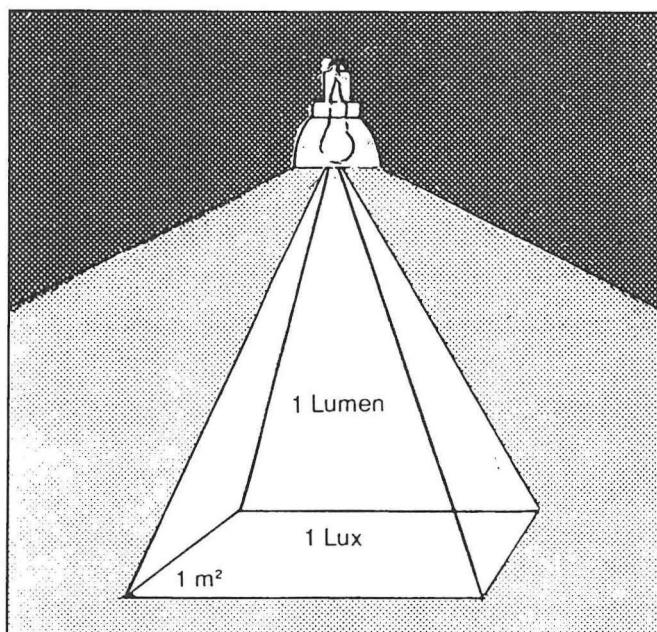


Figura 9. Iluminación

Luminancia

Es la magnitud que mide la claridad o brillo con que vemos los objetos iluminados o fuentes de luz, por lo que en realidad es la única magnitud que permite apreciar realmente lo que vemos de la luz.

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.

Se define como la intensidad luminosa por unidad de superficie aparente de una fuente de luz primaria o secundaria emitida en una determinada dirección. (Figura 10).

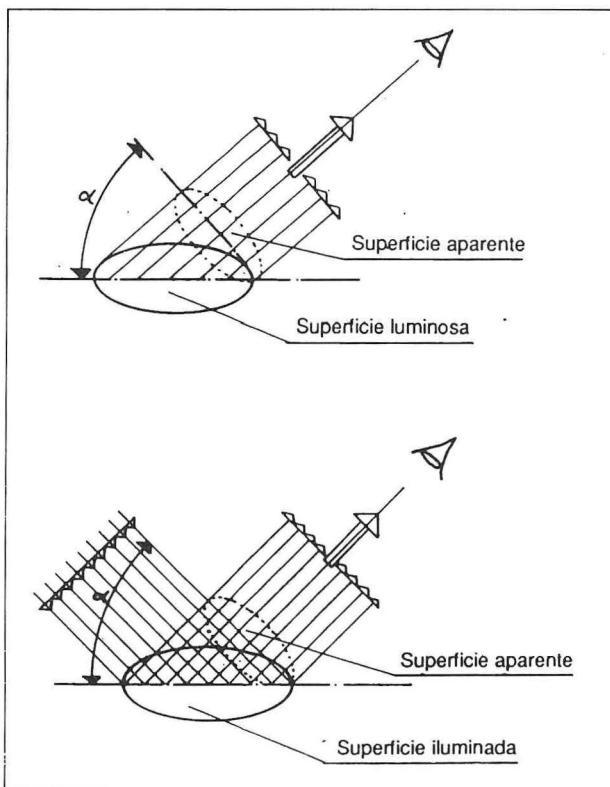


Figura 10. Luminancia-Brillo fotométrico

La luminancia se representa por el símbolo «L» y la unidad de medida es la **candela/m²** (cd/m²).

Si se observa una fuente de luz, el efecto que produce sobre los ojos no depende sólo de la intensidad luminosa radiada por dicha fuente en la dirección de nuestros ojos, sino de ésta y de su superficie aparente. Una intensidad determinada puede producir deslumbramiento o molestias si ella proviene de una fuente muy reducida y llegar a ser admisible si proviene de una fuente de mayor tamaño.

Se denomina superficie aparente a la proyección de la superficie real sobre un plano perpendicular a la dirección de la mirada.

El valor de la superficie aparente será igual al de la superficie real multiplicado por el coseno del ángulo que forma la dirección de la mirada con la perpendicular a dicha superficie real. (Figura 11).

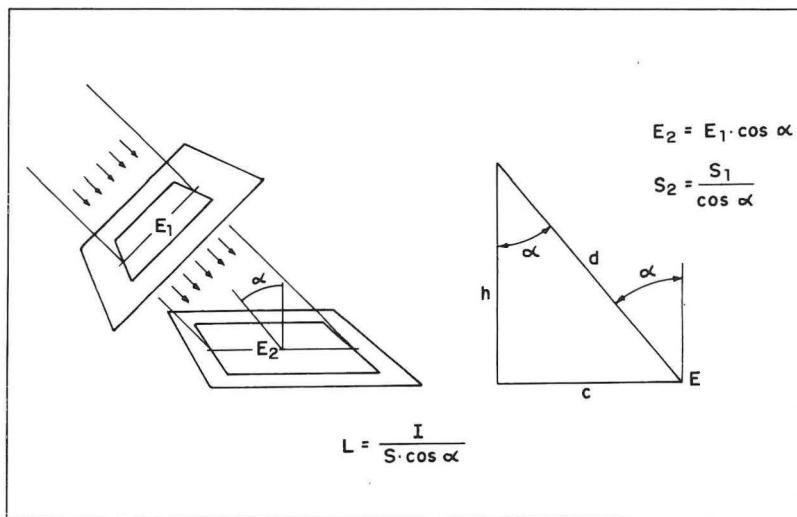


Figura 11. Ley del Coseno

$$\text{Superficie aparente} = \text{Superficie real} * \text{Cos } \alpha$$

Es conveniente insistir en que la luminancia es una magnitud direccional, o mejor dicho, doblemente direccional, ya que con la dirección de observación varía la intensidad luminosa radiada y la superficie aparente, que son las dos magnitudes que la definen.

Entonces la luminancia se puede expresar como

$$L = \frac{I}{S \cdot \cos \alpha}$$

En la práctica lo realmente importante será conocer las luminancias de las distintas superficies de nuestro campo visual y en especial el contraste entre ellas, que será lo que mayormente influirá sobre la calidad visual de un ambiente.

Ecuación fundamental de la luminotecnia

Toda la luminotecnia se rige por una sola ecuación fundamental, de la cual se derivan sus dos leyes básicas, la ley de la inversa de los cuadrados y la ley del coseno.

Dado que la intensidad luminosa se expresa como

$$I = \frac{\phi}{\omega}$$

y el nivel de iluminación como

$$E = \frac{\phi}{S}$$

Si se parte del flujo luminoso emitido por una fuente luminosa situada en el centro de una esfera de radio igual a 1 metro que determina un ángulo sólido « ω » de un estereorradián y supuesto que la fuente emite homogéneamente en todas las direcciones, el número que mide la iluminación en lux coincide con el correspondiente a la intensidad luminosa en candelas.

$$E = I$$

En la Figura 12, si se considera el mismo ángulo sólido «ω» para una distancia doble, triple, etc, las superficies de los casquete esféricos corresponderían al cuadrado de dichas distancias, por lo que la iluminación se reduciría según dicha ley del cuadrado, permaneciendo sin embargo la intensidad luminosa por lo que se tiene la relación

$$I = \frac{I}{d^2}$$

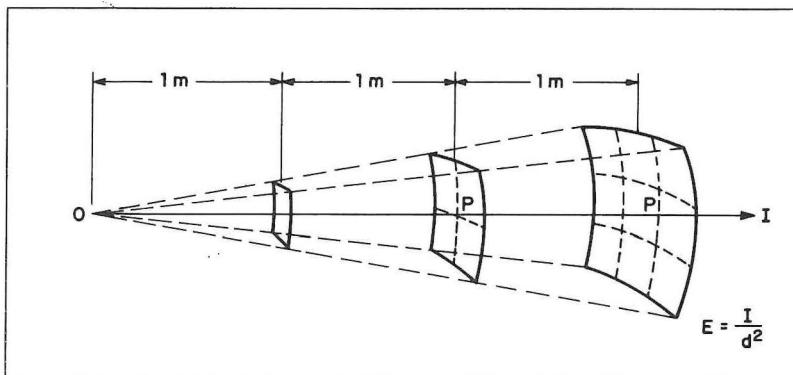


Figura 12. Ley de la inversa del cuadrado de la distancia

Solo en contados casos la superficie que contiene el punto P es normal a la dirección, entonces es necesario expresar dicha fórmula de modo que sea aplicable a cualquier posición de cualquier plano respecto a la dirección OP.

$$E = \frac{I \cdot \cos \alpha}{d^2}$$

Fácilmente se deduce que si la superficie que contiene al punto es normal a la dirección OP, $\alpha = 0^\circ$ y por tanto, $\cos \alpha = 1$, convirtiéndose esta fórmula en la dada anteriormente.

En la práctica, cuando se desea averiguar el nivel de iluminación de un punto, lo que generalmente se conoce no es la distancia d sino la altura h , por lo cual conviene transformar la fórmula anterior en otra en la cual intervenga dicha altura h . (Figura 13).

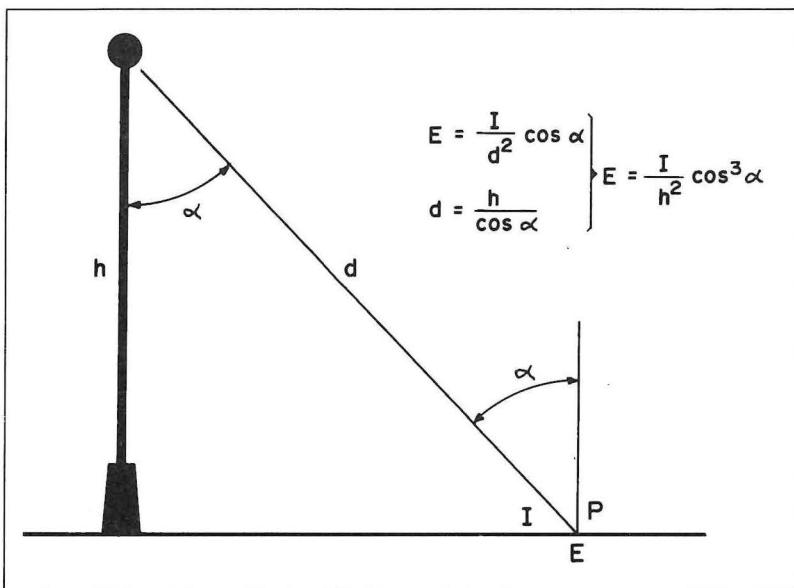


Figura 13. Transformación de la ley del coseno en función de la altura

De ahí se deduce que la iluminación es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia y directamente proporcional al coseno del ángulo de incidencia.

Sobre esta ecuación gira y se basa toda la teoría y la técnica de los métodos de cálculo usados en la actualidad.

Aparatos de medida

En la actualidad se sigue calculando el nivel de iluminación y no el de luminancia, pero debemos admitir que para conocer cuál es

realmente el bienestar visual obtenido por una instalación determinada, será necesario establecer los niveles de luminancia máximos admisibles, ya que los niveles de iluminación dan solo una idea de los resultados que aprecia el ojo humano.

El técnico prevencionista en el lugar de trabajo puede evaluar el nivel de iluminación mediante el luxómetro y la luminancia mediante el equipo medidor de luminancia.

El luxómetro y el equipo medidor de luminancia deben presentar las características especificadas por la Comisión Internacional de la Iluminación (C.I.E.) en sus Publicaciones nº 18 y 60.

Luxómetro

Es una célula fotoeléctrica de capa barrera basada en el efecto fotoeléctrico o emisión de electrones producido cuando sobre esta capa incide la luz. (Figura 14).

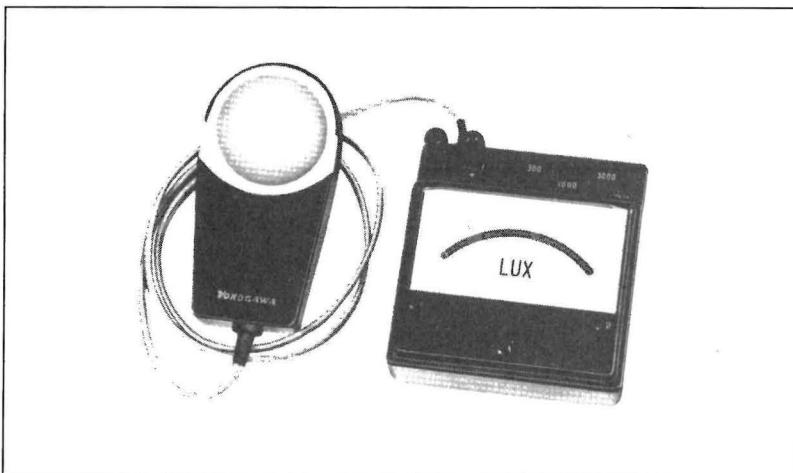


Figura 14. Luxómetro

La célula está construida, depositando sobre una base de hierro, una capa de microcristales de selenio que presenta una sensibilidad espectral semejante a la del ojo, y sobre él una capa semitransparente

de plata. Esta capa y la base actúan de electrodos. Cuando incide la luz sobre el dispositivo, se produce una corriente de electrones por el circuito exterior que es proporcional a la iluminación cuando la resistencia exterior es muy pequeña. (Figura 15).

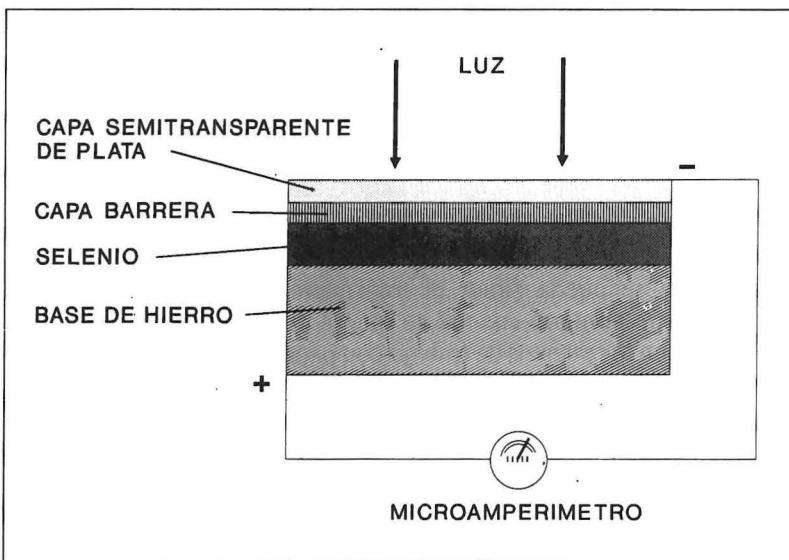


Figura 15. Esquema de luxómetro

El luxómetro ha de estar corregido para que ofrezca una respuesta muy cercana a la ley del coseno para cualquier ángulo de incidencia de la luz. Para efectuar esta corrección la mayor parte de los luxómetros incorporan una tapa difusora sobre la célula o algún otro artificio proyectado para compensar la superficie receptora, de tal manera que la luz que llega de todas las direcciones sea valorada convenientemente.

Su respuesta espectral ha de ser semejante a la sensibilidad espectral fotópica media del ojo humano. Para ello incorpora un filtro corrector de color que cambia la sensibilidad de la célula hasta una aproximación razonable a la curva de sensibilidad del ojo humano normal.

Al ser una célula sensible a la luz, tiene una tendencia a moverse lentamente durante unos minutos hasta que se alcanza un valor constante, por ello, antes de registrar cualquier medida se requiere que el luxómetro se adapte el tiempo necesario.

Equipo medidor de luminancia

Es un sistema óptico que dispone de un tubo fotoeléctrico como elemento sensible a la luz. Su respuesta espectral debe ser semejante a la sensibilidad espectral fotópica media del ojo.

El tubo fotoeléctrico o transductor de luminancia está, normalmente, montado sobre un carro. El carro se desplaza libremente a lo largo de un brazo radial dispuesto sobre la superficie de trabajo donde se desea realizar un mapa de valores de luminancia.

También se puede situar el transductor de luminancia en un dispositivo de puntería cuando se quiera determinar los valores de luminancia en los puestos de trabajo con pantallas de visualización de datos. El dispositivo de puntería permite asegurar la orientación correcta del aparato y conocer con precisión la zona cubierta por el visor. (Figura 16).

El instrumento se dirige hacia la superficie que va a medirse y produce una corriente proporcional a la luminancia o brillo.

Para la mayoría de las aplicaciones, se recomienda un ángulo de apertura próximo a 1 grado; para medidas especiales, como tareas que conllevan detalles muy finos, son necesarios los ángulos de apertura más pequeños, por el contrario si se desea medir la luminancia media de un área mayor deberá disponer de un adaptador de ángulo ancho.

Determinación del nivel de iluminación y de la luminancia

Los pasos adoptados para la determinación del nivel de iluminación y de la luminancia vienen recogidos en la Norma ISO 8995:1989 - Principios de ergonomía visual - Iluminación en los sistemas de trabajo interiores.

Esta Norma ISO 8995 se aplica a los locales de trabajo en edificios industriales, en oficinas, en hospitales, etc., pero no engloba los

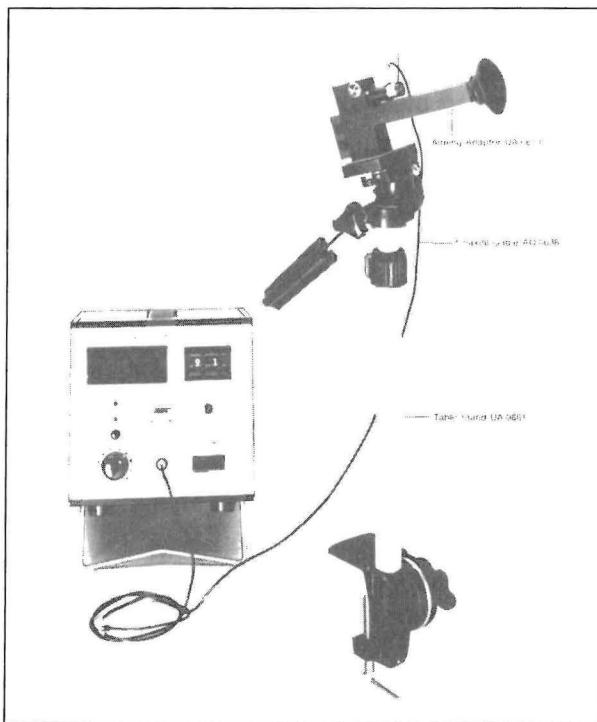


Figura 16. Equipo medidor de luminancia

locales donde las actividades deban ser desarrolladas con un bajo nivel de iluminación (proyección de vistas o diapositivas, manipulación de materiales fotosensibles, etc.). Las exigencias particulares de los locales donde están ubicadas las pantallas de visualización de datos no son tratadas en esta Norma. Tampoco están recogidas aquellas tareas que requieren un análisis especial como las que necesitan ayudas ópticas para amplificar los detalles de la tarea.

Determinación del nivel de iluminación medio

El nivel de iluminación se debe medir en el plano de trabajo apropiado. Cuando no haya indicaciones sobre la altura del plano de trabajo, la medida se debe efectuar en los locales, a una altura de 0,85

metros del suelo (0,76 m en USA y 0,70 m en Gran Bretaña para las oficinas). En las zonas de circulación, la altura del plano de medida no debe ser superior a 0,2 metros.

La medición debe realizarse en las condiciones habituales de uso del local y en el momento de la medición, la incidencia de la luz no debe verse afectada por el técnico que realiza la medida.

La superficie de suelo del local debe ser dividida en un cierto número de rectángulos de iguales formas y dimensiones, éstos son función de las dimensiones y altura del local así como del espaciamiento de las luminarias. Los niveles de iluminación se miden en el punto medio de los rectángulos y el nivel de iluminación medio se calcula a partir de todas las lecturas, no siendo anotados el valor máximo y mínimo.

Determinación del nivel de iluminación en los puestos de trabajo

La medición debe ser realizada en la posición o posiciones donde se encuentren los diferentes elementos de la tarea. Debe ser efectuada en la posición habitual del trabajador y teniendo en cuenta su sombra proyectada.

El luxómetro debe colocarse en el plano apropiado de trabajo (horizontal, vertical o inclinado). No se deben perturbar las condiciones de ejecución de la tarea ni el técnico interferir en la luz que llega al puesto de trabajo.

Cuando la superficie de la tarea es pequeña, al menos una medida debe ser tomada en el centro de esta superficie. Para obtener medidas más detalladas, la superficie del espacio de trabajo debe ser dividida en cuadrículas apropiadas.

La uniformidad de las iluminaciones debe ser tenida en cuenta en el lugar donde se realiza la tarea, en su entorno inmediato y en todo el local.

Determinación de la luminancia

La medición de la luminancia debe realizarse en las condiciones reales de trabajo. Se debe colocar el equipo medidor de luminancia a

la altura de los ojos del trabajador y dirigido hacia la fuente luminosa, la luz reflejada o la superficie que estamos considerando.

En la mayoría de los casos, la distribución de luminancias en el local está principalmente determinada por las luminancias de la tarea visual, ambiente inmediato de la tarea, plano general detrás de la tarea, planos verticales opuestos al trabajador, techo, luminarias y ventanas.

V. ILUMINACION NATURAL Y ARTIFICIAL

Hablar de iluminación y pensar únicamente en la luz artificial es un grave error, que hoy en día se comete frecuentemente. En muchos edificios modernos se renuncia al alumbrado natural, más que nada por la simplificación que esto supone en el proyecto (orientación indiferente, control térmico más fácil, etc.), aunque con ello se esté incrementando el consumo de energía en el edificio, y lo que es más importante, disminuyendo el bienestar de sus ocupantes.

La preferencia por la iluminación natural sigue siendo marcada, a pesar de los progresos de la iluminación artificial. De todas formas, aunque se mejoren las condiciones de iluminación natural de un local, siempre seguirá siendo necesaria la iluminación artificial, aunque sólo sea para permitir el uso de los espacios interiores durante los momentos de oscuridad.

Iluminación natural

La iluminación natural está suministrada por la luz diurna, presentando unas características muy específicas si se tiene en cuenta que la fuente, la bóveda celeste, es una fuente difusora esencialmente variable según las estaciones, hora del día y condiciones meteorológicas dominantes.

Ventajas

- Es la que produce menos cansancio a la vista porque el ojo humano está adaptado a la luz del sol.

- Es la única que permite apreciar los colores en su valor exacto.
- Es la más económica.
- Permite un contacto con el exterior, siendo evidente que constituye un elemento de bienestar, aun cuando las ventanas en cuestión estén tan alejadas de los planos de trabajo que la luz les sea proporcionada esencialmente por la luz artificial.
- La luz natural ofrece ordinariamente una combinación de componentes directos y difusos que se proyecta en abundancia, no sólo sobre la superficie de trabajo sino también sobre el techo y parte superior de las paredes del local, creándose grandes superficies de débil luminosidad.
- A condición de que el trabajador esté sentado de costado con relación a las ventanas, se reduce a proporciones tolerables el deslumbramiento y al mínimo el riesgo de molestias en el trabajo como consecuencia de reflexiones parásitas.

Inconvenientes

- Hay que complementarla con luz artificial, debido a la corta duración de los días en algunas latitudes, a las variaciones de intensidad por los cambios atmosféricos y a la formación de sombras externas en muchos lugares del local.
- Por ser precisamente una fuente esencialmente variable, a veces, eleva el nivel luminoso hasta varias veces el mínimo exigido, o viceversa.

Iluminación artificial

La iluminación artificial se usa cuando no es posible la iluminación natural y para complementar el nivel de iluminación insuficiente proporcionado por la luz diurna.

La iluminación suministrada de modo artificial debe ser concebida para las condiciones de luz del día más desfavorable, es decir, cuando hay ausencia completa de luz del día.

Las fuentes luminosas empleadas para la iluminación artificial se denominan lámparas.

VI. ELECCIÓN DE LAS LÁMPARAS

Uno de los principales problemas que se presenta en cualquier aplicación práctica de la iluminación es elegir adecuadamente la fuente de luz que se va a utilizar.

Se deben elegir lámparas que creen una iluminación adecuada en los puestos de trabajo, a la vez que puedan favorecer la creación de efectos especiales que no se pueden conseguir con la iluminación natural.

Todas las lámparas presentan unas *características luminotécnicas* fundamentales, que constituyen criterios a la hora de elegir la lámpara más idónea para una determinada instalación:

- *Flujo luminoso* que es la fracción de flujo radiante que produce una sensación luminosa. Se expresa en lumen.
- *Rendimiento o eficacia luminosa* que es la relación entre el flujo total producido por la lámpara en lúmenes y la potencia eléctrica consumida por la misma en watios. Se expresa en lumen/wat.
- *Brillo o luminancia* que es función de los deslumbramientos que puede provocar. Se expresa en candela/m².
- *Vida útil* que es el tiempo transcurrido para que el flujo luminoso de la misma, descienda a un 80% de su valor inicial.
- *Depreciación luminosa* que es la pérdida de flujo luminoso considerado inicial para dicha lámpara a lo largo de su vida útil.

- *Vida media* que es el promedio de vida de un mismo grupo de lámparas que funcionan en condiciones normales. Experimentalmente se construye su curva estadística de mortalidad.
- *Color aparente* que es la apariencia coloreada (cromaticidad) de la luz emitida por la lámpara.

Puede ser descrita por su *temperatura de color* próxima, en la que se compara el aspecto cromático de la luz emitida por la lámpara considerada con la temperatura del «cuerpo negro» que emite una radiación con un aspecto cromático próximo al de la fuente de luz considerada.

- *Rendimiento en color* que mide la capacidad de una luz determinada en reproducir fielmente el aspecto cromático de los objetos iluminados si se compara con una iluminación de referencia.

Para poder cuantificar de modo objetivo las propiedades de rendimiento en color, disponemos del *índice de rendimiento en color* (IRC) de la fuente de luz, que se expresa en tanto por ciento, reflejando un valor más alto una mejor reproducción cromática.

Como es lógico la luz natural tendrá unos valores de $IRC=100$.

Otras características a tener en cuenta será el tamaño de la lámpara, los costes de instalación y de mantenimiento, etc.

Cualidades de color de las lámparas

Las cualidades de color de las lámparas están definidas por los dos siguientes atributos:

- color aparente
- rendimiento en color

Estas características de las fuentes luminosas dependen de la composición espectral de la luz que emiten. Composiciones espectrales completamente diferentes pueden dar apariencias de color análogas, aunque sus rendimientos en color sean muy diferentes. Por esto es imposible deducir el rendimiento de color de una lámpara a partir de su apariencia de color o aspecto cromático.

En la Tabla III se clasifican en tres grupos las lámparas habitualmente utilizadas para la iluminación de los locales, según su tempe-

ratura de color próxima. Para la iluminación de un mismo local no deben utilizarse simultáneamente lámparas de diferente color aparente.

TABLA III. GRUPO DE COLORES APARENTES DE LÁMPARAS

GRUPO DE COLOR APARENTE	COLOR APARENTE	TEMPERATURA DE COLOR APROXIMADA °K
1	CALIDO	< 3.300
2	MEDIO	3.300 a 5.300
3	FRIO	> 5.300

El grupo 1 es aconsejable en locales residenciales

El grupo 2 es aconsejable en lugares de trabajo

El grupo 3 no deberá aplicarse más que para niveles elevados de iluminación o para tareas particulares (comparación o apareamiento de colores) o para ambientes calurosos

La cromaticidad de la luz de las fuentes luminosas debe estar de acuerdo con el nivel de iluminación. La experiencia indica que para un nivel de iluminación bajo es preferible «luz caliente» (<3.300°K) pero a medida que aumenta el nivel de iluminación también debe aumentar la temperatura de color.

En la Tabla IV se representan las impresiones subjetivas asociadas a las diferentes iluminancias y apariencias de color de la luz para un observador adaptado.

Los términos empleados son apreciaciones subjetivas estadísticas para climas moderados. Los países más cálidos pueden preferir fuentes de luz de apariencia más fría y los más fríos de apariencia más cálida.

La apariencia coloreada de los objetos depende de la distribución espectral de la luz que los ilumina, de la adaptación cromática del observador y de las características de reflexión de la superficie.

TABLA IV. IMPRESIÓN SUBJETIVA ASOCIADA A DISTINTAS ILUMINANCIAS Y APARIENCIAS DE COLOR DE LUZ

ILUMINANCIA (Lux)	APARIENCIA DE COLOR DE LA LUZ		
	CALIDA	INTERMEDIA	FRÍA
≤ 500	Agradable	Neutra	Fría
500-1000			
1000 - 2000	Estimulante	Agradable	Neutra
2000-3000			
≥ 3000	Antinatural	Estimulante	Agradable

En la Tabla V se especifican las propiedades de rendimiento en color de las lámparas utilizadas para la iluminación de los locales mediante el índice de rendimiento en color (Publicación C.I.E. nº 13.2).

La apariencia de color de las lámparas se puede describir como fría, intermedia o cálida, pero esto no sirve de guía para definir su rendimiento en color. Se pueden comparar los índices de rendimiento en color de dos lámparas que tengan la misma temperatura de color.

TABLA V. GRUPO DE RENDIMIENTO EN COLORES DE LÁMPARAS

GRUPO DE RENDIMIENTO EN COLORES	INTERVALO DE RENDIMIENTO EN COLORES	COLOR APARENTE	EJEMPLO DE UTILIZACIÓN	
			PREFERIBLES	ACEPTABLES
1A	$Ra \geq 90$	CALIDO MEDIO FRIO	COMBINACIÓN DE COLORES EXAMENES CLÍNICOS	
1B	$80 \leq Ra < 90$	CALIDO MEDIO	OFICINAS, HOSPITALES	
		MEDIO FRIO	IMPRENTA, INDUSTRIA TEXTIL, INDUSTRIA DE PINTURA, TRABAJOS INDUSTRIALES DELICADOS	
2	$60 \leq Ra < 80$	CALIDO MEDIO FRIO	NAVES INDUSTRIALES	OFICINAS
3	$40 \leq Ra < 80$		INDUSTRIA PESADA	NAVES INDUSTRIALES
4	$20 \leq Ra < 80$			INDUSTRIA PESADA

VII. TIPOS DE FUENTES LUMINOSAS ELÉCTRICAS

Las fuentes de luz eléctricas pueden dividirse, por sus características de funcionamiento, en dos grupos fundamentales:

- lámparas de incandescencia
- lámparas de descarga

Lámparas de incandescencia

Son aquellas que producen luz como consecuencia del efecto de calentamiento producido por una corriente eléctrica que circula a través de un hilo o filamento. La mortalidad de los filamentos no obedece a su rotura habitualmente, sino a la evaporación del metal.

El simple principio de funcionamiento de una lámpara de incandescencia motiva que las variaciones de tensión tengan una enorme importancia en sus características (Anexo 1). No necesitan equipo auxiliar para su funcionamiento, ello las hace económicas inicialmente y de fácil instalación.

Se fabrican en una gama de potencias prácticamente ilimitadas, lo cual permite una aplicación en los más diferentes usos (15 a 1.500 Watios).

Tienen un bajo rendimiento luminoso (o eficacia luminosa) y su duración es corta (aproximadamente 1.000 horas), de modo que resultan poco ventajosas para una iluminación general.

Tienen un espectro de energía continuo, característico de los cuerpos incandescentes, y reproducen muy bien los colores, aunque

algo pobemente el azul (Anexo 1). Presentan un rendimiento en color muy bueno que se aproxima al 100% .

Este tipo de lámpara es conveniente para los siguientes casos :

- cuando el recurso a la iluminación artificial sólo se impone de vez en cuando (por ejemplo, algunas tardes en invierno, cuando oscurece, o en almacenes poco frecuentados).
- cuando el espacio es limitado (en el caso, por ejemplo, de una pequeña fuente luminosa montada sobre una máquina-herramienta).
- cuando es necesario un potente haz luminoso concentrado.

Lámparas de descarga

La emisión luminosa se produce como consecuencia de una descarga eléctrica en un gas, un vapor metálico o una mezcla de gases y vapores contenidos en un tubo o ampolla. Esta descarga se produce en forma de desplazamiento de electrones o de iones entre dos elementos que poseen distinto potencial.

Los electrones emitidos que forman la corriente, chocan en su recorrido con los átomos del gas o vapor, excitando a los electrones periféricos de los átomos. Dichos electrones aumentan de energía saltando al nivel de energía inmediatamente superior, para volver enseguida al nivel anterior. Parte de la energía desprendida por los átomos excitados al volver a su estado inicial, se emite en forma de energía luminosa (energía de desionización).

Las lámparas de descarga no se pueden conectar (excepto en algunos tipos particulares) directamente a la red. Esta conexión se realiza con la ayuda de un equipo eléctrico, que debe poseer una características adecuadas al tipo y potencia de la lámpara. En general, necesitan de una reactancia (balasto), que debe proporcionar una tensión suficiente para el encendido, y a la vez estabilizar la descarga limitando la intensidad de la corriente eléctrica de la lámpara durante el funcionamiento en su valor óptimo.

Las lámparas de descarga emiten radiaciones de determinadas longitudes de onda, a diferencia de las lámparas incandescentes que emiten radiaciones a lo largo de todo el espectro visible.

Hay tres tipos diferentes de lámparas de descarga:

- lámparas fluorescentes.
- lámparas de vapor de mercurio.
- lámparas de vapor de sodio.

Lámparas fluorescentes

Esta definición engloba todas aquellas lámparas que consisten en un tubo de descarga eléctrica, el cual contiene vapor de mercurio a baja presión, soportado generalmente en una cierta cantidad de gas inerte (básicamente argón) que facilita la formación del arco eléctrico. (Figura 17).

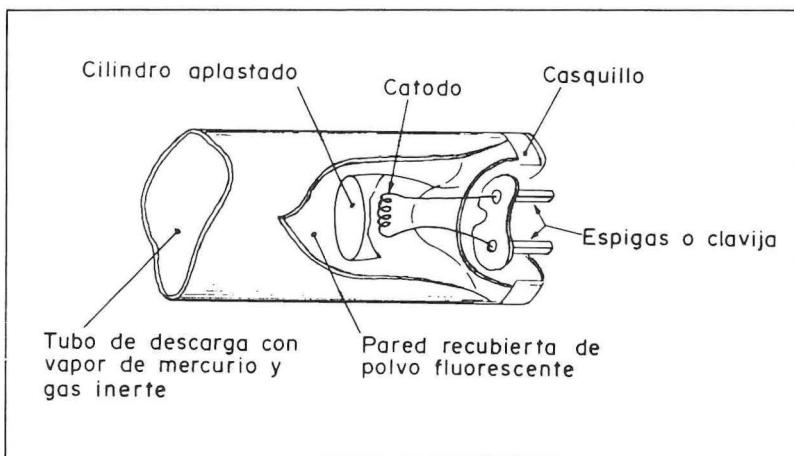


Figura 17. Extremidad de un tubo de fluorescencia habitualmente utilizado en iluminación.

Por las características de presión del gas dentro de la lámparas la energía eléctrica se transforma en una gran cantidad de energía ultravioleta y una pequeña cantidad de luz visible. Sin embargo, la energía ultravioleta es transformada en luz visible por medio de la aplicación en la parte interna del bulbo de vidrio, de polvo fluorescente que da luz de diferentes tonalidades, según su composición.

Los tubos fluorescentes tienen un espectro continuo combinado con uno de líneas, provenientes de la descarga del mercurio y dependiente también del tipo de polvo fluorescente empleado. En general, tienen alguna disminución del rendimiento en color en la zona del rojo aunque pueden conseguirse tubos fluorescentes apreciablemente corregidos en esa zona.

Algunos de los espectros luminosos de los tubos fluorescentes se presentan en la Figura 18.

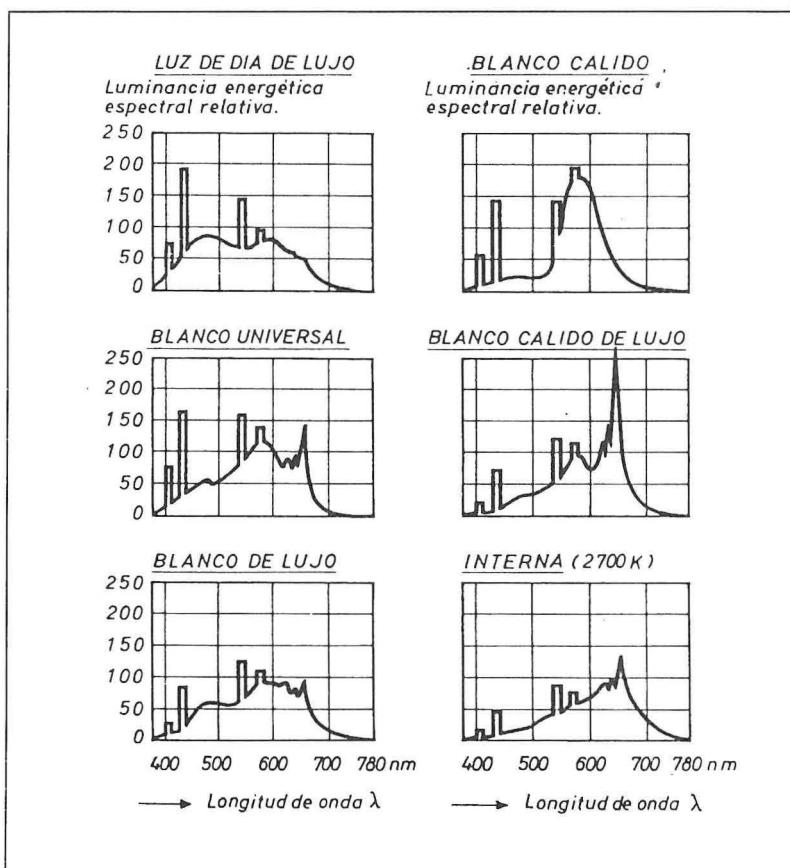


Figura 18. Espectros de tubos fluorescentes

Presentan un alto rendimiento luminoso y una larga duración (aproximadamente 7.500 horas), razón por la cual sería la de aplicación más económica si no tuviese la limitación de que no se fabrican unidades de muy alta potencia. Como regla general se debe hacer notar que cuanto mejor rendimiento colorimétrico tiene un tubo, menor es su rendimiento lumínico.

En el Anexo 2 se representa la curva de depreciación luminosa y la influencia de la variación de tensión de línea en las características eléctricas y fotométricas de una lámpara fluorescente tubular de 40 watos.

Los tubos fluorescentes permiten conseguir una uniformidad de iluminación muy satisfactoria y un bajo brillo, que hacen ideal su uso para los casos de iluminación localizada que a veces obliga a montar las fuentes de luz en el campo visual del operario.

Es la fuente de luz que menos calor desarrolla, razón por la cual es especialmente apta para el caso de locales donde se debe acondicionar el aire.

El funcionamiento de los tubos fluorescentes puede verse sensiblemente afectado por la temperatura ambiente. La temperatura de la pared del tubo, que dependerá lógicamente de la temperatura ambiental, tiene gran influencia sobre la cantidad de radiaciones ultravioletas producidas por el tubo de descarga. Ello es debido en gran parte, a la deficiente protección térmica propia de los tubos fluorescentes. Por otra parte, a temperaturas próximas o inferiores a 0 °C, el arranque de las lámparas se efectúa con mucha dificultad, con el consiguiente perjuicio para los electrodos que se agotan con mucha rapidez.

Este tipo de lámpara es conveniente para los siguientes casos:

- Iluminación de oficinas.
- Iluminación de locales de venta.
- Iluminación de industrias, si los locales no son muy altos (altura aproximada de unos 5 m).

Lámparas de vapor de mercurio

Estas lámparas constan de un tubo de descarga eléctrica que contiene vapor de mercurio a alta presión. El tubo tiene en su interior

una cierta cantidad de gas argón para formar el arco inicial en el momento de conectar la tensión. Dicho arco se establece por medio de un circuito auxiliar de arranque del que está provista la lámpara, entre los dos electrodos emisores que se hallan en los extremos del tubo. (Figura 19).

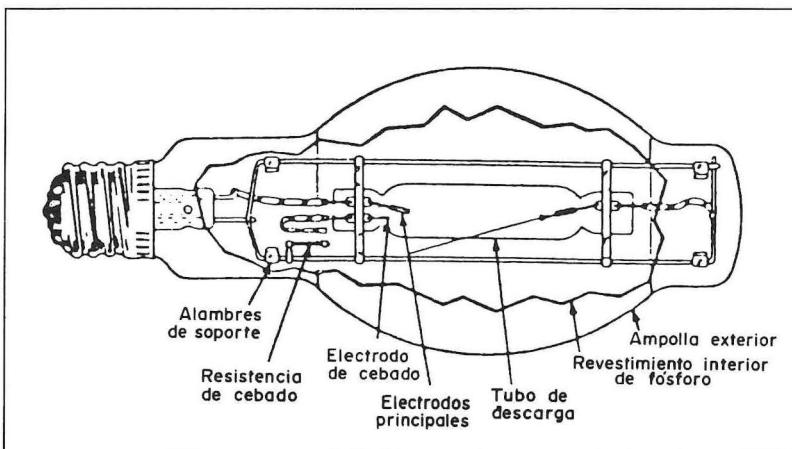


Figura 19 Aspecto habitual de una lámpara de descarga en vapor de mercurio

Presentan un rendimiento luminoso próximo al de la lámpara fluorescente, tienen una duración elevada (aproximadamente de 2.000 a 12.000 horas), y existen en potencias mucho más altas.

La luz emitida por estas lámparas es de reparto discontinuo, presentando unas líneas muy intensas en la zona del espectro visible, y otras líneas en la zona del ultravioleta próximo, es fácil deducir que la ausencia de radiaciones en diversas zonas del espectro determinará una reproducción bastante defectuosa de los colores.

Para mejorar el rendimiento en color, las ampollas son recubiertas interiormente con una capa de polvo corrector. Estas nuevas lámparas se denominan de vapor de mercurio con el color corregido. Sin embargo, aunque se ha mejorado la aplicación de estas lámparas, asegurando un rendimiento en color completamente satisfactorio para la mayor parte de los usos industriales, no se recomiendan en lugares

donde la discriminación de color es un punto crítico como locales de venta y de mucha concurrencia. En cambio son muy aptas para zonas de trabajo industrial donde la percepción de color no tenga importancia.

En el Anexo 3 y 4 se observa la distribución espectral relativa de la luz y la influencia de la variación de tensión de línea en las características eléctricas y fotométricas en el caso de lámparas de vapor de mercurio sin corrección y con corrección de color respectivamente.

En un edificio industrial de grandes dimensiones en anchura y altura (una fundición de acero, por ejemplo) para el que habría que prever una inmensa cantidad de lámparas fluorescentes, es más económico utilizar un pequeño número de lámparas de vapor de mercurio con corrección de color, de gran potencia, suficientemente espaciadas sin que ello comprometa por otra parte la uniformidad de iluminación del plano de trabajo. En tales casos la economía en gastos de mantenimiento puede ser considerable.

Estas lámparas pueden estar indicadas en los siguientes casos:

- alumbrado público.
- alumbrado industrial, especialmente en naves de más de 5 ó 6 metros de altura.
- alumbrado de zonas perimetrales de fábricas (depósitos, vías de comunicación ...).
- alumbrado de grandes zonas abiertas.

Lámparas de vapor de sodio

Se conocen bajo esta denominación un tipo de lámparas de descarga que consisten en un tubo de descarga eléctrica que contiene vapor de sodio soportado generalmente en neón.

Al igual que el mercurio, el sodio es un metal cuyo vapor puede producir luz en los tubos de descarga. La gama de presiones a las que puede emplearse es más extensa que la del mercurio, mientras que su enorme avidez química plantea muchos problemas para la elección de materiales que intervengan en la fabricación de las lámparas.

Las lámparas de descarga en vapor de sodio se dividen en dos grupos:

- lámparas de vapor de sodio de baja presión.
- lámparas de vapor de sodio de alta presión.

Las denominaciones de baja presión y de alta presión son términos relativos. Mientras que las de baja presión tienen una presión de vapor de varias décimas de milímetros dentro del tubo de descarga, las de alta presión presentan una presión de vapor de varios milímetros, lo que lógicamente es alta presión con respecto a las primeras, pero no en valor absoluto. En cambio, las lámparas de mercurio de alta presión tienen varias atmósferas en su tubo de descarga.

Lámparas de vapor de sodio de baja presión

La descarga en vapor de sodio a baja presión está eminentemente caracterizada por la radiación casi monocromática. Por el contrario, su elevado rendimiento luminoso permite que sean muy utilizables en alumbrados donde la discriminación de color no es importante.

También se caracterizan por una elevada duración (aproximadamente de 6.000 a 8.000 horas), muy bajo rendimiento en color y producen un bajo deslumbramiento.

En el Anexo 5 se representa la curva de depreciación luminosa, la curva de mortalidad y la distribución espectral relativa de la luz para una lámpara de vapor de sodio de baja presión.

La aplicación de este tipo de lámparas puede ser conveniente para los siguientes casos:

- Alumbrado de zonas perimetrales, por efectos de seguridad, por la gran visibilidad que permiten.
- Alumbrado de zonas industriales, como patios de cargas, etc.
- Alumbrado de zonas de tránsito peligroso, como puentes, túneles, intersecciones, etc.

Lámparas de vapor de sodio de alta presión

La descarga en vapor de sodio a alta presión tiene una distribución espectral mucho más continua y de mejor reproducción cromática que las lámparas de vapor de sodio de baja presión.

Se caracterizan por un elevado rendimiento luminoso pero menor que las de vapor de sodio a baja presión; no obstante, su tamaño las hace muy aconsejables en caso de niveles luminosos elevados.

Tienen una elevada duración (aproximadamente de 4.000 a 8.000 horas), muy bajo rendimiento en color (aunque mejor que las lámparas de vapor de sodio de baja presión) y producen un bajo deslumbramiento. Se fabrican en mayores potencias que las lámparas de vapor de sodio de baja presión.

En el Anexo 6 se presenta un esquema de una lámpara de vapor de sodio de alta presión, así como su distribución espectral de emisión de luz, curva de depreciación luminosa, curva de mortalidad e influencia de la variación de tensión de línea en las características eléctricas y fotométricas de dichas lámparas.

La aplicación de este tipo de lámparas puede ser conveniente para los siguientes casos:

- Alumbrado perimetrales de fábrica.
- Alumbrado público.
- Alumbrado de espacios abiertos.

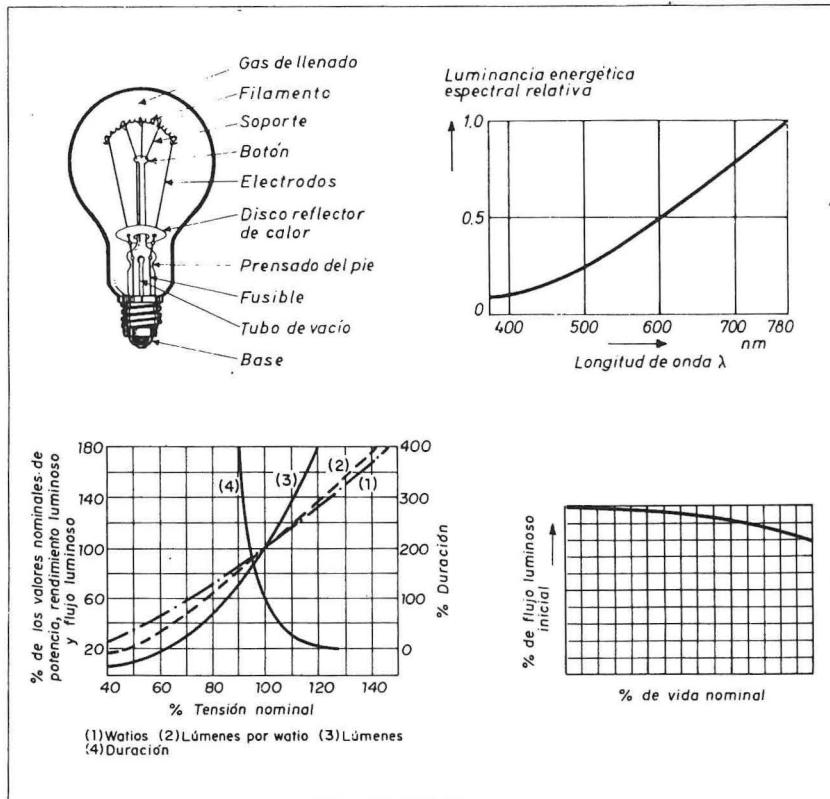
En la Tabla VI se hace una comparación de algunas de las principales características luminotécnicas de las lámparas anteriormente mencionadas.

TABLA VI. COMPARACIÓN DE LOS DISTINTOS TIPOS DE ILUMINACIÓN ARTIFICIAL

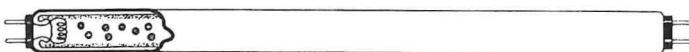
	INCANDESCENCIA	FLUORESCENCIA	VAPOR DE MERCURIO	VAPOR DE SODIO
RENDIMIENTO LUMINOSO	BAJO	ELEVADO	ELEVADO	ELEVADO
VIDA MEDIA	BAJA	ELEVADA	ELEVADA	ELEVADA
DISCRIMINACIÓN DE COLORES	PERFECTA	MUY BUENA	BUENA	MUY MALA
DESLUMBRAMIENTO	FUERTE	REDUCIDO	REDUCIDO	REDUCIDO

ANEXO 1

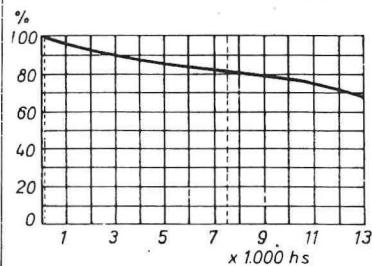
LAMPARAS INCANDESCENTES NORMALES



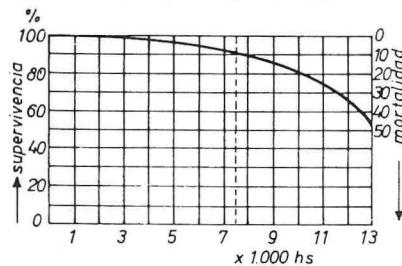
ANEXO 2
LAMPARAS FLUORESCENTES TUBULARES



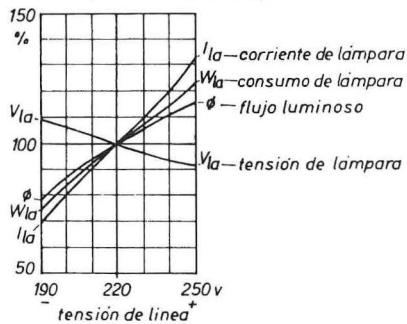
CURVA DE DEPRECIACION LUMINOSA



CURVA DE SUPERVIVENCIA

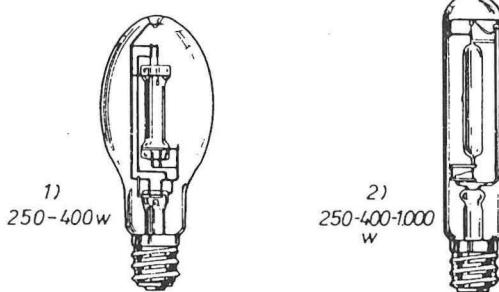
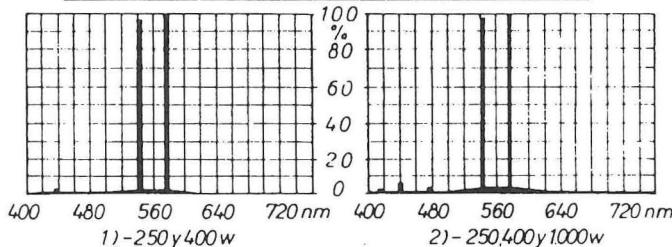
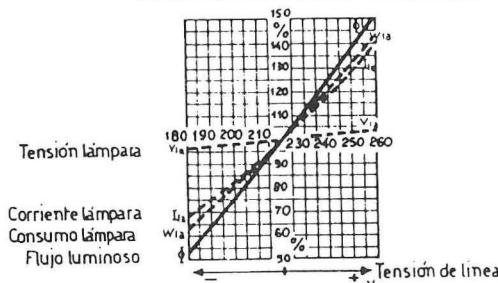


*Influencia de la variación de
tensión de linea en las características
eléctricas y fotométricas Lamp. de 40w*

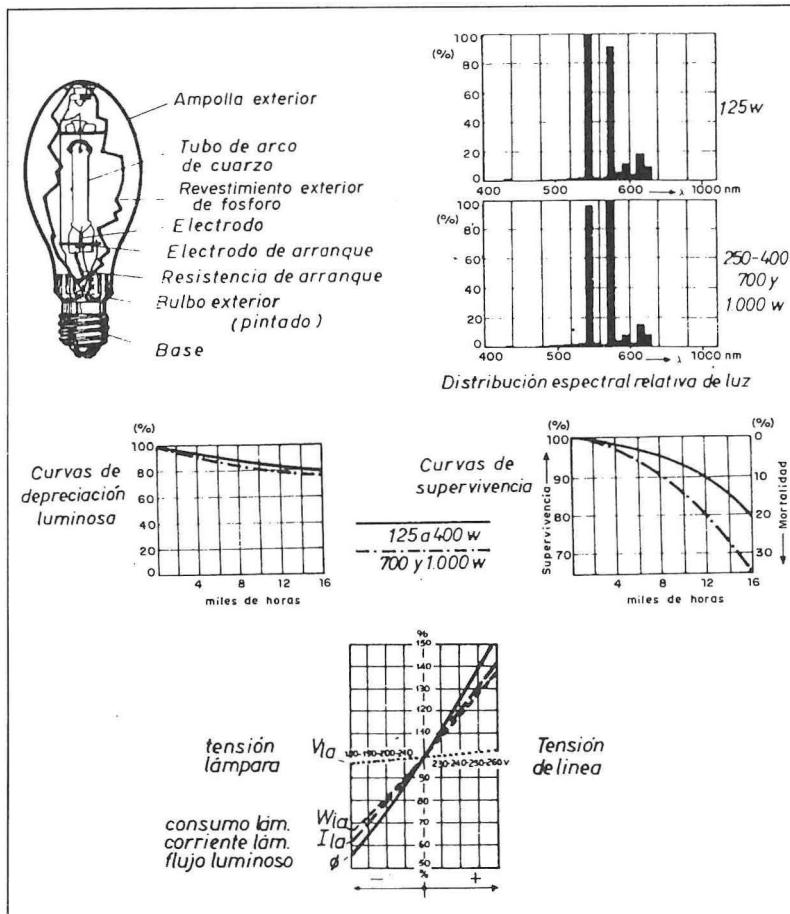


ANEXO 3

LAMPARAS A VAPOR DE MERCURIO (sin corr. de color)

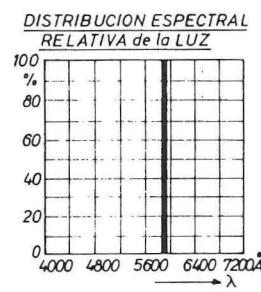
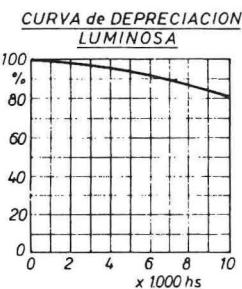
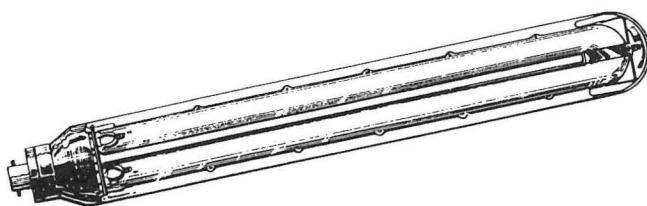
DISTRIBUCION ESPECTRAL RELATIVA DE LA LUZInfluencia de la variación de tensión de linea en las características eléctricas y fotométricas

ANEXO 4
LAMPARAS A VAPOR DE MERCURIO (color corregido)

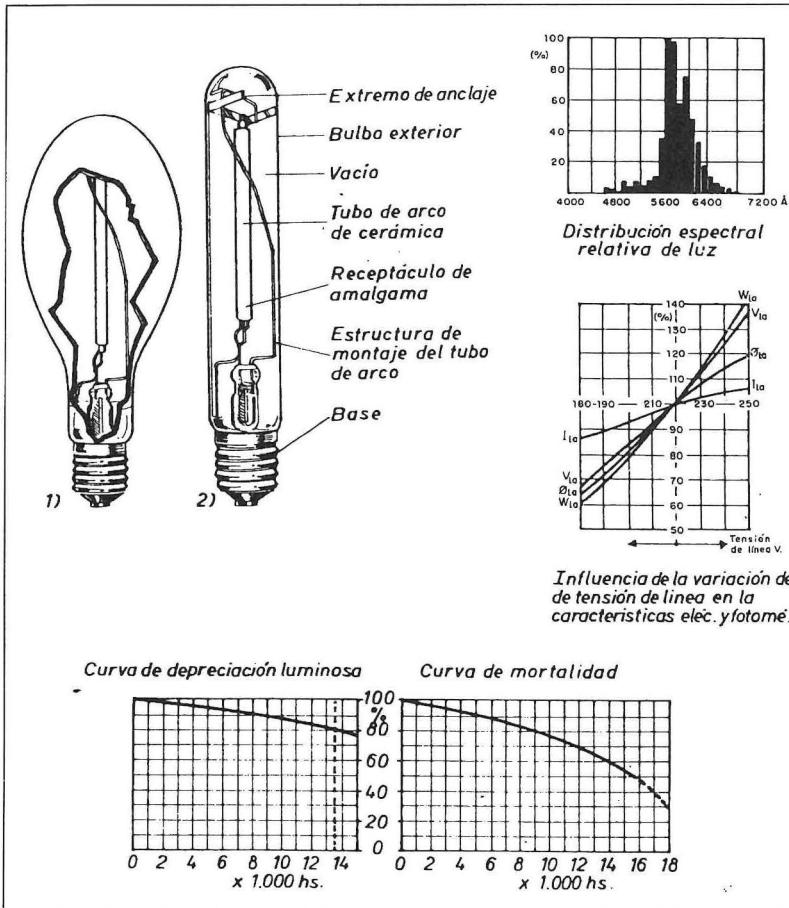


ANEXO 5

LAMPARAS A VAPOR DE SODIO DE BAJA PRESIÓN



ANEXO 6
LÁMPARAS A VAPOR DE SODIO DE ALTA PRESIÓN



VIII. ELECCIÓN DE LAS LUMINARIAS

Las luminarias sirven para repartir, filtrar o transformar la luz de las lámparas, comprendiendo todas las piezas necesarias para fijar y proteger dichas lámparas y unirlas al circuito de alimentación.

La concepción de una luminaria deberá considerarse atentamente para que tenga una acabado conveniente y duradero, sea fácil de instalar y utilizar, permitiendo además realizar a intervalos regulares un mantenimiento cómodo y sin riesgo.

Las luminarias deben tener unas características determinadas según el ambiente donde se encuentren, así en los locales donde el aire ambiente pueda contener vapores o gases explosivos hay que emplear luminarias antideflagrantes, en los locales donde exista riesgo de proyección de agua sobre las luminarias o donde la cantidad de polvo o partículas sólidas en el aire sea elevado, se utilizarán luminarias estancas, también existen modelos especiales para las atmósferas que contienen vapores corrosivos.

En el caso de las luminarias que dirigen la luz hacia abajo, es preferible asegurar la eliminación de aire empolvado por medio de un sistema de aberturas dispuestas encima de las lámparas. Los polvos en suspensión en el aire tienen tendencia a acumularse en el interior de las luminarias cerradas que «aspiran» aire tras cada enfriamiento consecutivo a la extinción de la luz.

En los locales de trabajo es extremadamente importante que las luminarias de iluminación general :

- estén provistas de un dispositivo de protección para evitar un deslumbramiento excesivo.
- distribuyan la luz al techo y sobre la parte superior de los muros.

Como evitar el deslumbramiento

El deslumbramiento está provocado sobre todo por rayos luminosos horizontales o próximos a la horizontal. Por tanto, las lámparas deberán ser invisibles en esta zona crítica.

En la práctica, este resultado se alcanza utilizando pantallas opacas o paraluces, o envolturas translúcidas que limiten la luminosidad a un valor más confortable. (Figura 20).

Cuando la prestación visual es delicada y prolongada, una iluminación deslumbrante puede producir una fatiga y un esfuerzo considerables e inútiles.

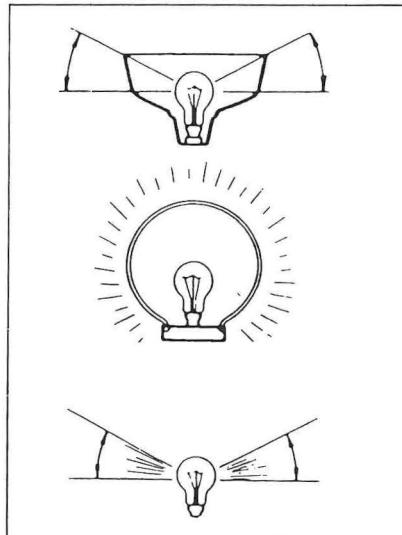


Figura 20. La limitación de la luminosidad en la zona indicada permite evitar el deslumbramiento

Iluminación hacia el techo

A menos que se disponga para el techo de una iluminación distinta, deberá siempre una luminaria suspendida, distribuir hacia arriba una cierta fracción de luz emitida. Esta luz se difunde por el techo siempre que esté revestido por un color claro adecuadamente elegido. (Figura 21).

Además esta disposición elimina el «efecto de túnel» que se produce cuando las superficies superiores quedan inmersas en la oscuridad.

La luz difusa (que proviene del techo) y la luz directa (que proviene de la luminaria) se combinan para crear sombras suaves que revelan mejor la forma y la posición relativa de los objetos. Además, iluminando el techo y la parte superior de los muros se aseguran grandes superficies de débil luminancia que juegan un papel esencial cuando deben examinarse piezas con superficie brillante.

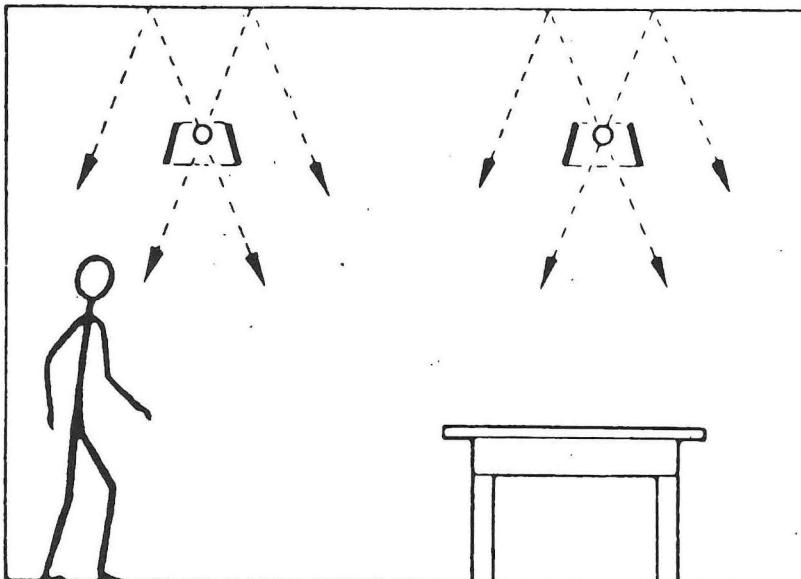


Figura 21. Se aseguran, en general condiciones óptimas de visión combinando iluminación directa y difusión por el techo

IX. CLASIFICACIÓN DE LUMINARIAS

Cuando se consideran los sistemas de iluminación artificial, se debe tener en cuenta que la distribución de la luz debe ayudar a separar y a definir las superficies principales que se encuentran en un espacio dado, a no ser que se busquen efectos especiales.

También habrá que tener presente el esquema de situación de las luminarias que establece un sentido de escala, orden visual y dirección apropiada acorde con la actividad.

Entonces la primera alternativa será elegir qué distribución lumínosa vertical de la luminaria es la más adecuada, y la segunda alternativa será, la elección del tipo de instalación de iluminación artificial según queramos iluminar toda la zona de trabajo por igual o no.

Según estas dos posibles alternativas de elección se pueden clasificar las luminarias atendiendo a una serie de características tales como:

- Distribución espacial del flujo luminoso
- Lugares donde se instalen

Distribución espacial del flujo luminoso

La distribución luminosa vertical de la luminaria permite clasificar la iluminación artificial en:

Iluminación directa es aquella en que el 90% o más del flujo luminoso emitido por la fuente es dirigido hacia abajo.

Iluminación semidirecta es aquella en que el 60-90% del flujo total emitido se dirige hacia abajo.

Iluminación con repartición uniforme es aquella en que el 40-60% del flujo luminoso está dirigido hacia arriba y hacia abajo.

Iluminación semiindirecta es aquella en que el 60-90% del flujo luminoso se emite hacia arriba.

Iluminación indirecta es aquella en que el 90% se emite hacia arriba.

En la Figura 22 se presenta un esquema de las diferentes formas de distribuir el flujo luminoso en el plano vertical.

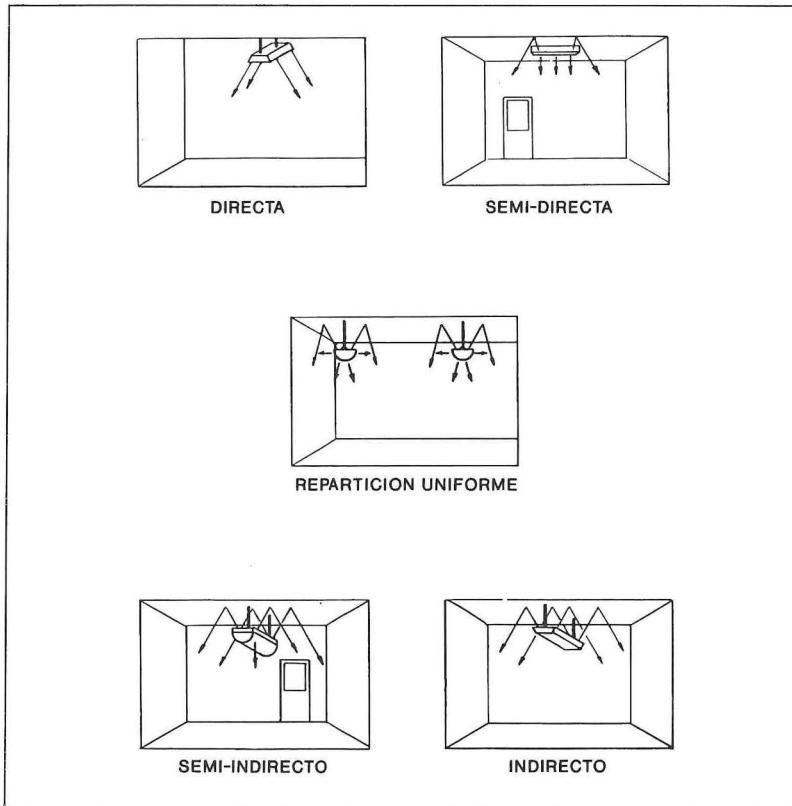


Figura 22. Distribución espacial del flujo luminoso

La iluminación directa es el sistema más indicado para obtener económicamente iluminaciones elevadas porque la luz recibida sobre el plano de trabajo es resultado del flujo luminoso que procede directamente de la luminaria. Es muy apropiada sobre todo para almacenes y naves industriales, porque se obtiene un alto rendimiento de las lámparas, pero genera sombras molestas en el techo.

A medida que se emite un mayor porcentaje de flujo luminoso de modo indirecto, como en la iluminación semiindirecta e indirecta, la luz que llega al plano de trabajo procede fundamentalmente de techo y paredes. Por tanto, el acabado de techos y paredes ha de ser mate y claro para evitar brillos molestos. El rendimiento de estos sistemas es mínimo pero proporciona un gran bienestar visual, creando sombras suaves que manifiestan mejor la forma y posición de los objetos, y evitando deslumbramientos.

Lugares donde se instalan

Se debe considerar la naturaleza de las prestaciones visuales y del lugar en que se realizan para elegir donde se deben situar las luminarias. La localización de las luminarias más frecuente permite hablar de tres tipos de instalaciones de iluminación artificial.

1. Iluminación general uniforme
2. Iluminación general con iluminación localizada de apoyo.
3. Iluminación general localizada.

Iluminación general uniforme

Una instalación de iluminación general uniforme puede definirse como una instalación donde las luminarias se reparten regularmente en todo el local, sin tener en cuenta los emplazamientos a los que se adscriben los diferentes trabajos.

Esta definición excluye las instalaciones ordinarias de iluminación de oficinas, donde la eliminación de reflexiones molestas depende sobre todo de la elección del emplazamiento de las luminarias con relación a los escritorios y mesas de trabajo.

Las luminarias deberán colocarse lo más alto posible para reducir el riesgo de deslumbramiento y mejorar el reparto de la luz en el local.

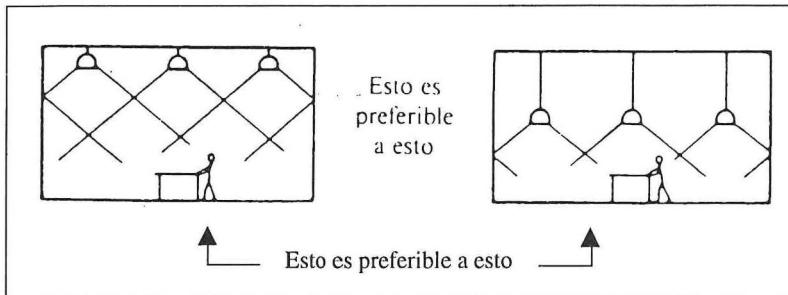


Figura 23. Es mejor montar las luminarias de iluminación general lo más alto posible

Aplicaciones:

Conveniente para los locales en que los lugares de trabajo no son fijos (fundiciones, salas de montaje, depósitos ...).

Iluminación general con iluminación localizada de apoyo

Con este sistema las luminarias destinadas a proporcionar una iluminación local de apoyo (generalmente montadas cerca del puesto de trabajo) refuerzan la iluminación general proporcionada de modo uniforme por las luminarias altas. (Figura 24).

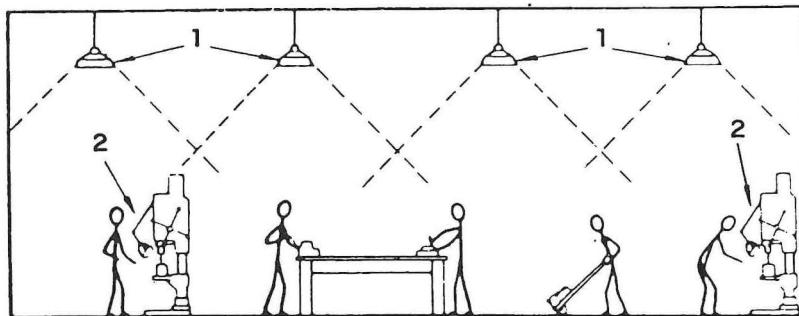


Figura 24. Aun cuando el plano de trabajo este iluminado localmente siempre es necesaria una iluminación general.

- 1) Iluminación general uniforme
- 2) Iluminación localizada de apoyo

Aplicaciones :

Cuando se necesita un elevado nivel de iluminación en algunos lugares de trabajo dispersos por el local (por ejemplo, en un gran taller de montaje en que se utilizan uno o dos tornos).

Cuando las luminarias altas no pueden iluminar la zona de trabajo (por ejemplo, la parte que trabaja en una prensa grande).

Cuando la tarea visual de un trabajador se concentra en un espacio pequeño (por ejemplo, alrededor de una aguja en la máquina de coser) se puede producir fácilmente una iluminación intensa con una lámpara de relativa débil potencia colocada en un reflector adecuado cerca del puesto de trabajo.

Sin embargo, aunque todos los puestos de trabajo en una empresa estén provistos de una iluminación localizada de este tipo, es siempre indispensable prever una iluminación general para el conjunto del local, que permita evitar un exceso de contraste entre el plano útil y los alrededores y que garantice la seguridad del personal durante sus desplazamientos por el local. (Tabla VII).

Los niveles de iluminación general mínimos recomendados para locales de trabajo están recogidos en el capítulo XII.

Como regla general, el nivel medio de iluminación general (IG) para el conjunto del local, no deberá ser inferior a 3 veces la raíz cuadrada del nivel de iluminación localizada (IL), suministrada por una lámpara de apoyo. (Tabla VII).

**TABLA VII. RELACIÓN ENTRE LOS NIVELES
DE ILUMINACIÓN LOCALIZADA
E ILUMINACIÓN GENERAL MÍNIMA**

IL (Lux)	IG (Lux)
250	50
500	75
1.000	100
2.000	150
5.000	200
10.000	300

Iluminación general localizada

Con este sistema la iluminación está completamente asegurada por lámparas de techo, con frecuencia (pero no siempre) distribuidas regularmente como en el caso de iluminación general uniforme, pero la diferencia esencial es que la disposición (existente o probable) del material, de las instalaciones y del equipo ha sido cuidadosamente estudiado durante el proyecto.

Aunque con frecuencia se busque una distribución uniforme de la iluminación, este sistema de iluminación permite una mayor diversidad, especialmente cuando se trata de una empresa industrial en que los puestos están distribuidos bastante distanciados unos de otros.

Aplicaciones :

1. Para talleres en que los diferentes puestos y máquinas, para los que hay que prever un alto nivel de iluminación, están dispuestos a intervalos irregulares en todo el local. (Figura 25).

Es absolutamente necesario que ninguna parte del local quede en sombras. Se recomienda utilizar luminarias horadadas hacia arriba, ya que su flujo superior difundido hacia abajo por el techo contribuye mucho a contrarrestar el efecto producido por la separación existente entre las luminarias.

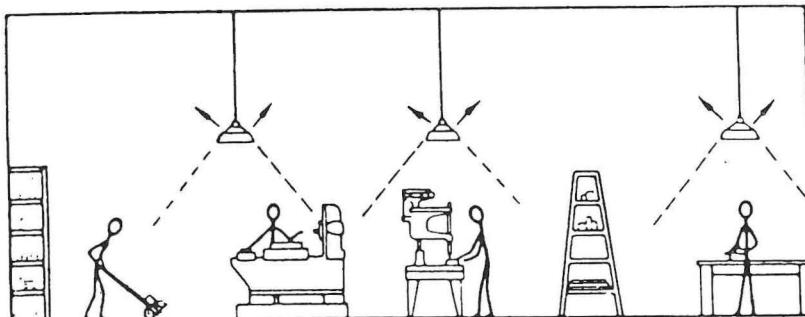


Figura 25. Las luminarias abiertas hacia arriba se recomiendan especialmente para la iluminación general localizada en talleres ya que, a veces deben estar muy espaciadas

2. Para oficinas en que la colocación correcta de luminarias con relación a puestos de trabajo es de capital importancia.

Es importante determinar cuidadosamente el emplazamiento de las luminarias con relación a escritorios, mesas de trabajo y tableros de dibujo que aseguren una iluminación bastante uniforme de todo el local, y evitar la formación de reflexiones molestas dirigidas hacia los ojos del trabajador.

Durante la realización de un proyecto de iluminación para oficinas hay que buscar siempre que la iluminación del puesto de trabajo sea lateral y no directamente frontal.

Las luminarias de lámparas fluorescentes deberán disponerse paralelas al borde lateral de la mesa de trabajo (Figura 26-a) y no paralelas a su borde superior (Figura 26-b). Además, en cuanto sea posible las mesas de trabajo deberán colocarse entre las filas de luminarias (Figura 26-c) más que inmediatamente debajo de ellas.

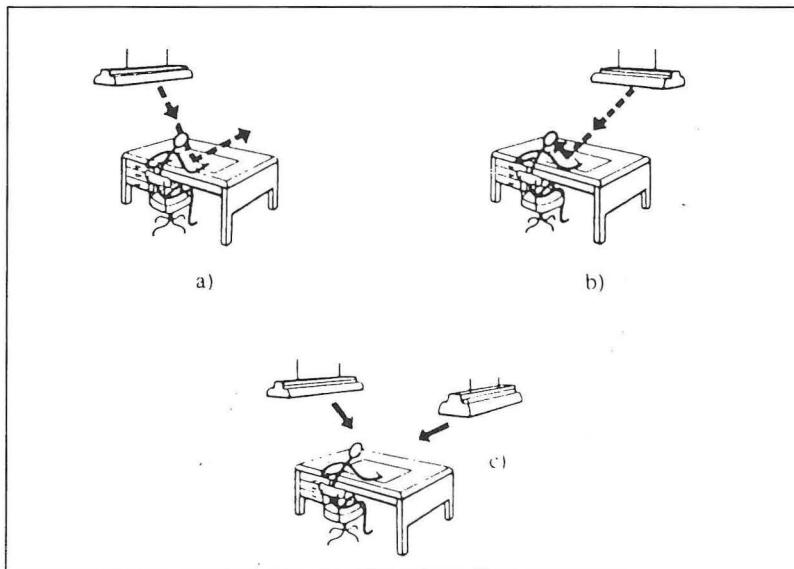


Figura 26. En una oficina, en la medida de lo posible, los escritorios deben colocarse entre las filas de luminarias mas que directamente debajo de ellas, para evitar las reflexiones molestas

En las mesas de dibujo con tableros horizontales tiene especial importancia observar estos principios. Pero cuando los tableros son verticales, con frecuencia es preferible instalar las luminarias fijas encima del tablero y paralela a su borde superior, con esta disposición los rayos se reflejan hacia abajo. (Figura 27).

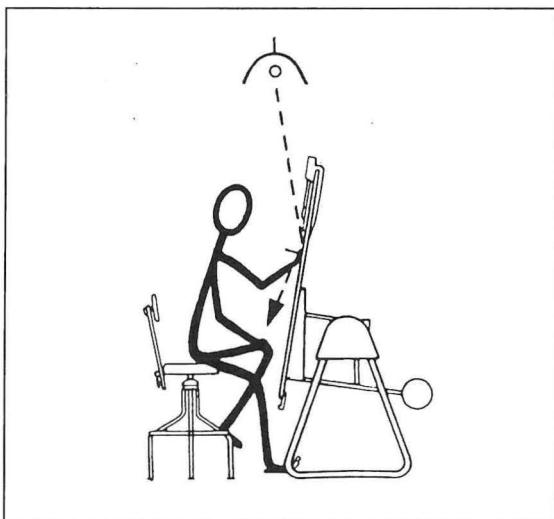


Figura 27. Para los tableros de dibujo verticales es mejor utilizar una luminaria fija encima del tablero y paralela a su borde superior. Con esta disposición los rayos se reflejan hacia abajo

X. TIPOS DE LUMINARIAS DESTINADAS A ILUMINACIÓN GENERAL

A continuación se resumen cuáles son las características que definen mejor a los principales tipos de luminarias destinadas a iluminación general.

Luminarias en forma de cajón y reflectores de uso industrial

Deberán, preferentemente, ir provistas de pequeñas aberturas que dejen escapar hacia arriba el 10 ó 15% al menos de la luz, lo que permite eliminar las sombras en las partes altas y asegurar una ventilación suficiente para impedir la acumulación de polvo y suciedad en el interior de las luminarias.

Para que ni las lámparas ni las superficies internas brillantes de la luminaria sean visibles a través de las aberturas, éstas deberán disponerse preferiblemente por encima que por los costados de las referidas lámparas; además, las aberturas deberán ser preferentemente horizontales, como sobre la luminaria de la lámpara fluorescente representada en la Figura 28.

Una mala disposición de las aberturas y, sobre todo, una mala disposición de las aberturas laterales va contra uno de los principales efectos buscados, que es el de enmascarar las lámparas en el conjunto de la zona crítica. (Figura 20).

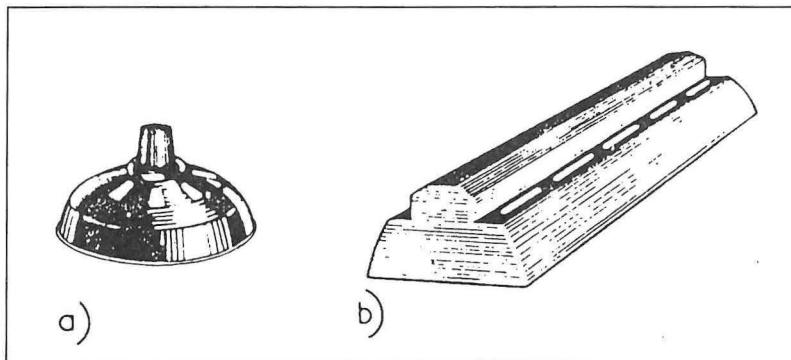


Figura 28. Ejemplos tipo de luminarias ventiladas para talleres:
a) de incandescencia; b) de fluorescencia

Luminarias difusoras cerradas

Las luminarias difusoras cerradas aseguran una iluminación de alta calidad. Es especialmente importante asegurarse que estas luminarias incluyan dispositivos difusores convencionales que limiten su resplandor a valores aceptables. Unos malos difusores deberán ser tratados como luminarias de lámparas desnudas. (Figura 29).

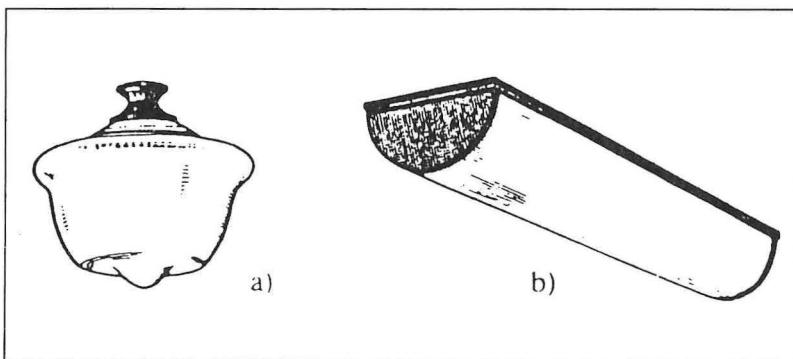


Figura 29. Ejemplos tipo de luminarias difusoras cerradas:
a) de incandescencia; b) de fluorescencia

Luminarias de lámparas fluorescentes equipadas con paralúmenes

Los paralúmenes pueden ser metálicos o translúcidos. Si están suspendidos del techo, al menos algunas de las lámparas deben poder emitir luz hacia arriba sin encontrar obstáculo. (Figura 30).

Generalmente, estas luminarias son menos sensible a los polvos en suspensión en el aire que los modelos completamente cerradas.

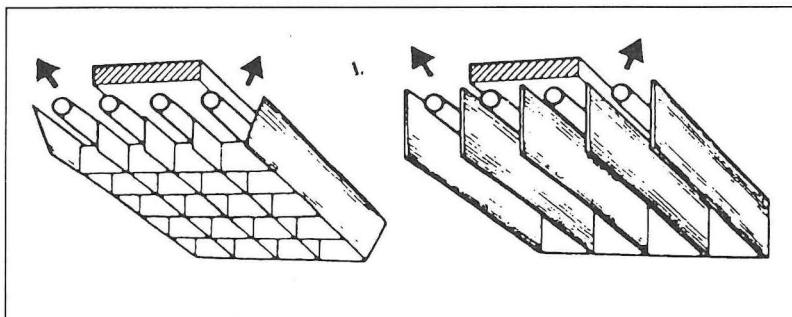


Figura 30. Ejemplos tipo de luminarias con paralúmenes

Nota: Las lámparas situadas en los bordes exteriores deben poder emitir luz directa hacia arriba

Luminarias para iluminación mixta

Esencialmente se distinguen por dos grandes aberturas (5 a 8 cm de ancho) situadas encima de las lámparas, que permiten enviar hacia el techo el 40%, aproximadamente de la luz emitida; por ello, se les da el nombre de luminarias «40-60» (40% de luz hacia lo alto y 60% hacia abajo).

De construcción completamente metálica, muchas veces estas luminarias son más económicas que las difusoras cerradas. Colocadas de modo que eviten las reflexiones que molestan al trabajo, aseguran en las oficinas una iluminación particularmente buena aún estando colgadas muy cerca del techo, con las aberturas a una distancia no superior a 20 ó 30 cm.

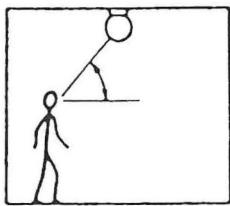
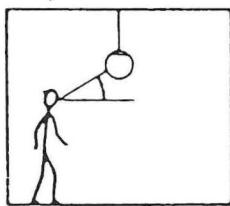
Luminarias de lámparas fluorescentes desnudas

En general, dan una luz con demasiado resplandor para los locales de trabajo en que se ejecutan trabajos delicados y prolongados.

Sin embargo, se pueden instalar con plena seguridad cuando se aumenta la altura de la instalación en el local, ya que las luminarias no se aproximan a la línea de visión horizontal. (Figura 31-a).

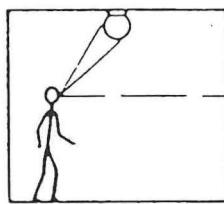
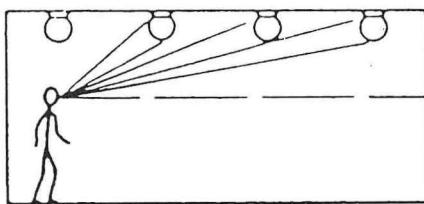
El deslumbramiento es más importante en los locales de grandes dimensiones que en los pequeños, ya que las numerosas luminarias que se ven en la proximidad de la línea horizontal de visión provocan un deslumbramiento adicional. (Figura 31-b).

(a) Altura de la instalación



Esto es más deslumbrante que esto

(b) Dimensión del local



Esto es más deslumbrante que esto

Figura 31. Factores que influyen en el grado de deslumbramiento producido por una luminaria difusora o una luminaria de lámparas fluorescentes desnudas

A veces es posible evitar el deslumbramiento ocultando las lámparas tras las vigas, nervios u otros elementos del techo que aseguren el desenfilado de la fuente.

Son convenientes para locales en que la prestación visual no es importante y donde el personal está poco tiempo (locales en que no se trabaja, pasillos...)

Luminarias empotradas

En las oficinas con techos bajos, frecuentemente es necesario empotrar las luminarias de modo que su abertura se encuentre a nivel del techo. En este caso, la luz emitida por estas luminarias sólo puede alcanzar el techo por reflexión.

Este tipo de instalación proporcionará bienestar en un local de dimensiones reducidas y de color claro, o cuando el alumbrado general es razonablemente alto (al menos de 500 lux).

En cualquier caso, el techo deberá estar recubierto con un revestimiento de superficie lo más blanco posible, para obtener el máximo rendimiento de la luz que le llega. (Figura 32).

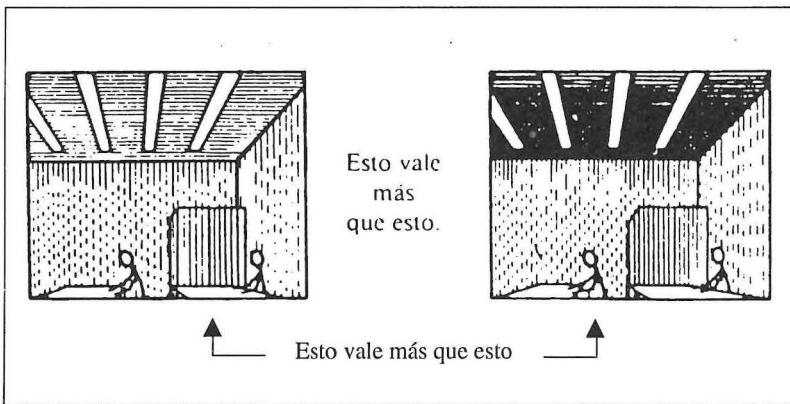


Figura 32. Un techo de color claro es indispensable cuando se utilizan luminarias empotradas

Techos luminosos y techos provistos de paralúmenes

En general, un techo provisto de paralúmenes asegura mejor visibilidad que un techo luminoso con elementos difusores continuos.

Un techo luminoso de un brillo uniforme tiende a producir una iluminación excesivamente difusa que dará la impresión de que el local es sombrío si el nivel de iluminación no es muy alto. Este tipo de techo necesita, además, un mantenimiento mucho más frecuente que el techo provisto de paralúmenes.

Estos tipos de techos se utilizan, sobre todo, cuando el techo estéticamente no es vistoso, o cuando se busca un efecto especial.

Si es posible, en una oficina, dar a los paralúmenes una inclinación tal que la luz se dirija oblicuamente (preferentemente en la misma dirección que la luz diurna que proviene de las ventanas laterales) pueden reducirse al mínimo los reflejos susceptibles de molestar durante el trabajo. (Figura 33).

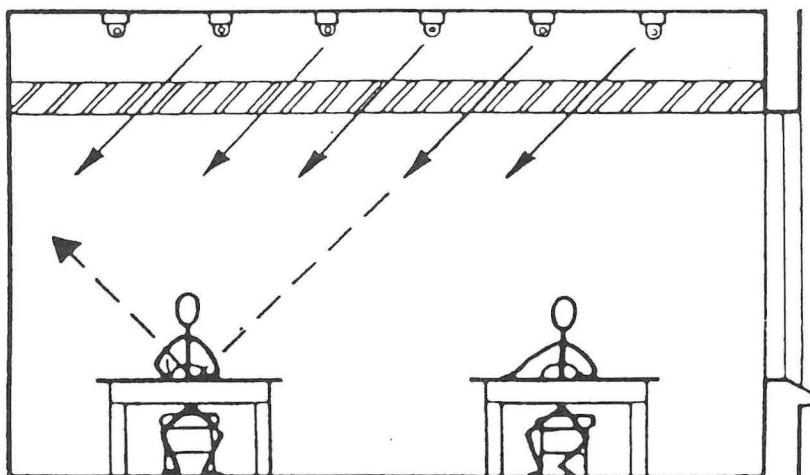


Figura 33. Un techo provisto de paralúmenes inclinados da un componente en luz dirigida, lo que reduce al mínimo los peligros de reflexiones molestas

Luminarias de iluminación indirecta

Actualmente las luminarias que dirigen toda su luz en dirección al techo se utilizan raramente en las instalaciones de iluminación general de los locales de trabajo, salvo en casos especiales (por ejemplo, si es el único medio de evitar reflexiones molestas en el trabajo). (Figura 34).

A veces, la iluminación indirecta puede completar útilmente una iluminación directa cuando ésta no es suficiente para asegurar una iluminación adecuada del techo.

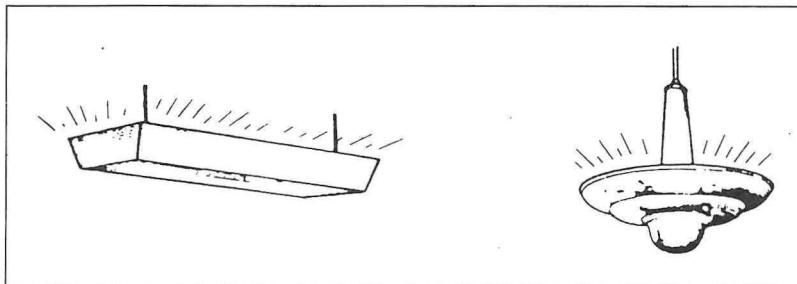


Figura 34. Tipos de luminarias de iluminación completamente indirecta:
a) de fluorescencia; b) de incandescencia

Luminarias de lámparas de incandescencia destinadas a iluminación localizada

Las lámparas colocadas cerca del plano de trabajo son en general, deslumbrantes, salvo que estén por completo ocultas a la mirada por pantallas opacas.

Preferentemente se deben utilizar reflectores. La superficie interna del reflector puede provocar deslumbramientos y molestar a los que trabajan en los puestos de alrededor. Es bueno pintar una banda negra en el borde interior de los reflectores orientables en su inclinación. (Figura 35).

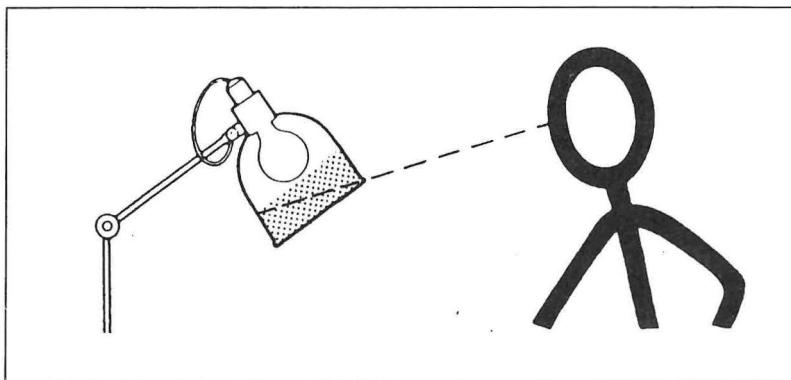


Figura 35. Fileteando la banda negra mate en el borde interior de un reflector de iluminación localizada regulable se reduce el riesgo de deslumbramiento

Hay que utilizar lámparas antichoque si la luminaria está sometida a vibraciones o a choques y preferir las lámparas satinadas a las lámparas claras cuando se trabaja un metal brillante (para reducir los reflejos molestos para el trabajador). Es importante asegurarse que los tubos conductores de la alimentación estén bien protegidos.

Los portátiles deberán ser de un modelo bien estudiado y de construcción sólida. El portalámparas deberá estar correctamente revestido y aislado de la rejilla de protección; ésta deberá ser sólida y, preferentemente, provista de una pantalla antideslumbrante. (Figura 36).

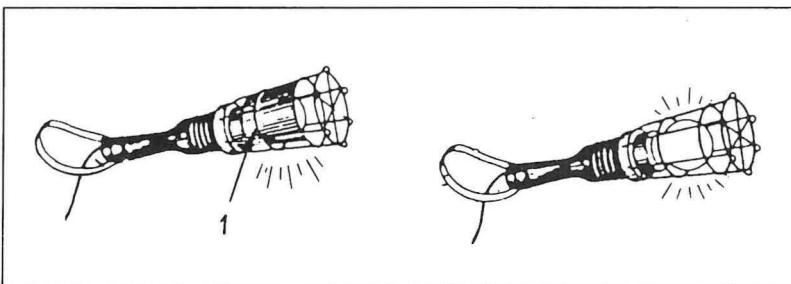


Figura 36. Para prevenir el deslumbramiento conviene utilizar preferentemente una lámpara provista de una pequeña pantalla (1)

El empleo de las bombillas satinadas asegura una reducción del deslumbramiento. El manejo de la lámpara deberá ser de material aislante y el cable de alimentación sólido, bien aislado y bien fijado.

Luminarias de lámparas fluorescentes

Hay que colocar reflectores suficientemente bajos como para que todos las superficies brillantes estén completamente ocultas, o bien bastante altos para que se encuentren fuera del campo visual normal. (Figura 37).

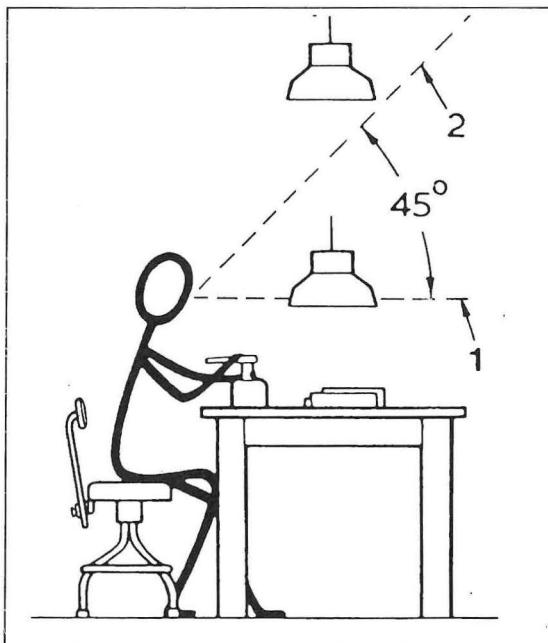


Figura 37. Para evitar el deslumbramiento de los puntos luminosos locales, éstos deben colocarse con el borde inferior de la pantalla debajo de la la línea discontinua (1), o por encima de ésta (2).

XI. ASPECTOS DEL COLOR RELACIONADOS CON LAS SUPERFICIES INTERNAS

Una instalación de iluminación solo puede ser plenamente eficaz cuando se hacen revestimientos adecuadamente elegidos y cuidadosamente mantenidos para las principales superficies internas (techo, paredes, instalaciones y equipo). (Figura 38).

Esto permite una notable mejora de la calidad de la iluminación por suavizar las sombras y atenuar los contrastes en el campo visual y al mismo tiempo, una mejora de las condiciones del confort y rendimiento visuales.

El problema se centra esencialmente en elegir colores que reflejen la luz en vez de absorberla.

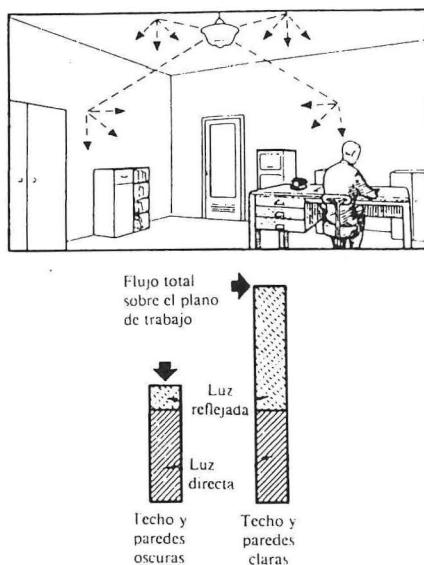


Figura 38. La iluminación del plano de trabajo proviene en gran parte del flujo difundido por el techo y la parte superior de las paredes

Factores de reflexión recomendados

Las propiedades reflectantes de los colores se expresan por su «factor de reflexión».

Los factores de reflexión indican la relación del flujo luminoso reflejado por dichas superficies respecto al flujo incidente total en las mismas.

superficies «blanco puro» y «negro puro» reflejan, respectivamente, el 100 y el 0% de la luz incidente.

En la Figura 39, se muestra los factores de reflexión, repartidos en grados de luminosidad de valor aproximadamente igual, recomendados para las principales superficies interiores de los locales de trabajo.

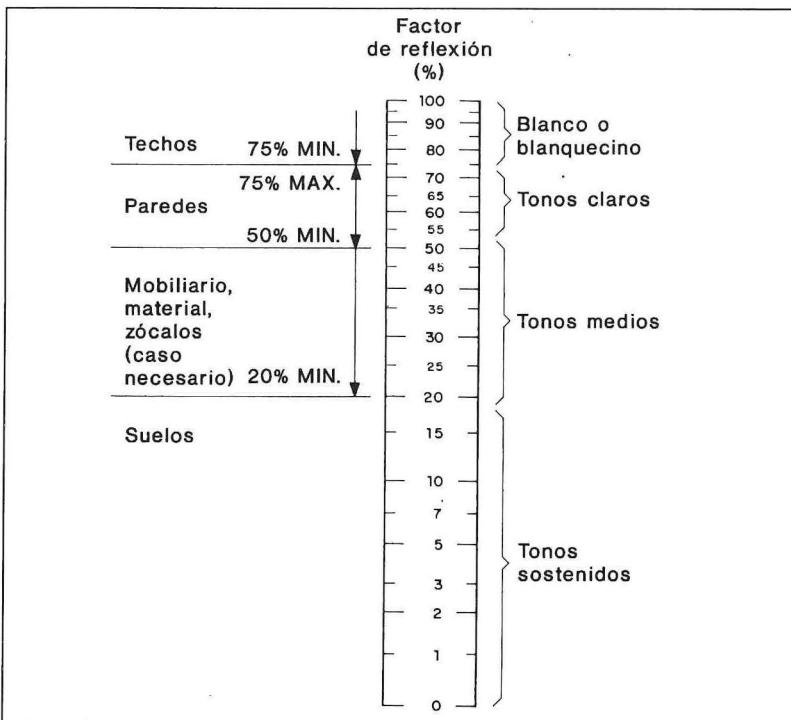


Figura 39. Factores de reflexión recomendados para superficies interiores y principales

En los locales de trabajo, las superficies de techo, paredes y mobiliario tendrán un acabado preferentemente mate.

Los colores de las superficies del local vendrán determinadas por sus factores de reflexión.

Techos

Se recomienda un factor de reflexión al menos del 75%, dicho de otro modo, los revestimiento de superficie de los techos deberán ser blancos o casi blancos.

Los techos deben ser mates siempre que sea posible para obtener la máxima difusión de la luz. La pintura de aluminio que tiene una reflectancia relativamente baja, no se recomienda.

Paredes

Las superficies blancas al nivel de los ojos, o por debajo de él, pueden deslumbrar, de ahí que lo más conveniente sea un factor de reflexión entre el 50-75%.

Las paredes iluminadas muy brillantemente (por ejemplo, las adyacentes a una ventana de grandes dimensiones), deben reducir el factor de reflexión al 40% o menos, con el fin de evitar un deslumbramiento excesivo.

Mobiliario

Se recomienda un factor de reflexión al menos del 20%. Ninguna de las superficies principales interiores debe ser más oscura que el mobiliario, con la posible excepción del suelo.

Para la superficie de los escritorios y mesas, que constituye el fondo sobre el que se efectúa el trabajo, tiene especial importancia el evitar cualquier reflejo que distraiga o moleste.

Suelos

Se recomienda que el color del suelo sea ligeramente más oscuro que el del techo y paredes, lo más conveniente es un factor de reflexión entre 20-25%.

Cuando el revestimiento del suelo es mucho más claro, hay riesgo de provocar deslumbramiento (por ejemplo, en las oficinas especialmente bien iluminadas).

El color en los lugares de trabajo y de paso

Hay que elegir colores cuyos factores de reflexión sean adecuados para el empleo previsto, pero es importante también utilizar colores cuyas combinaciones se adecúen a la actividad a desarrollar. Grandes superficies de color vivo que, a primera vista, parecen alegres y bien adaptadas, pierden con frecuencia su atractivo si sirven de marco al trabajo cotidiano.

En los lugares de trabajo hay que reducirse a un pequeño número de colores fundamentales y, sobre todo, evitar el resaltar exageradamente detalles accesorios (conducciones, canalizaciones...) que no tienen necesidad de una identificación tan marcada.

Los colores de señalización de las máquinas deberán utilizarse solamente para resaltar los elementos verdaderamente importantes como botones de parada y otros dispositivos de seguridad que deben encontrarse rápidamente en caso de urgencia.

La utilización de «colores de seguridad» deberá también reservarse a un número muy restringido de casos. Las partes móviles peligrosas deben protegerse y no pintarse, cuando no es posible protegerlas, el color deberá señalar un riesgo preciso y no dar tan solo un aviso general, de tal modo que en el caso de una guía de puente hay que reservar los colores de seguridad para la polea y el gancho y no pintar el puente en su conjunto.

En los lugares de paso como pasillos, salas de espera, vestuarios..., se pueden utilizar sin objeciones colores más intensos. En tales lugares un colorido atrevido hace descansar la mirada de los colores funcionales utilizados para los locales de trabajo y provoca una relajación visual beneficiosa.

XII. CRITERIOS DE ILUMINACIÓN

La impresión visual de un local está determinada principalmente por el aspecto de las siguientes superficies del campo visual:

- Objetos de principal interés visual: tareas, rostros humanos y equipos de trabajo.
- Grandes superficies interiores: paredes, techos, suelos, ventanas (durante la noche) y superficies de grandes máquinas.
- Fuentes de luz: ventanas (durante el día) y luminarias.

Todos los criterios de iluminación adoptados deben ir encaminados a que la cantidad y calidad de luz de los espacios de trabajo, prescindiendo de su origen natural o artificial, contribuyan a proporcionar las condiciones óptimas para la realización de las tareas requeridas y un ambiente visual apropiado.

Los criterios de iluminación en el medio de trabajo pretenden:

- Realizar una adecuada iluminación sobre el plano de trabajo que garantice una percepción suficiente de los contrastes
- Equilibrar luminancias entre la tarea visual y su ambiente que garantice un rendimiento de colores apropiados.
- Crear un ambiente agradable y funcional coordinando las luminancias y los colores

Iluminación de la tarea

En un sistema de trabajo, el campo de visión es diferente según que el individuo esté concentrado en su tarea o bien mire hacia otro lado para descansar, siendo los criterios a satisfacer diferentes en ambos casos. Por tanto, se debe hacer una distinción entre la iluminación del trabajo propiamente dicho y la iluminación del ambiente.

La eficacia de la iluminación se evalúa principalmente a partir de criterios de rendimiento visual, a lo que se añade un confort y satisfacción sentidos por el individuo después de la realización de las tareas.

Además de los contrastes de luminancia, hay que tener en cuenta los contrastes de color que mejoran la visibilidad, sobre todo cuando los contrastes de luminancia son débiles.

Iluminación del ambiente

Las relaciones entre las luminancias y los colores de las superficies deben ser apropiadas a la función del local, aportando una atmósfera agradable visualmente y no provocando deslumbramientos.

Para alcanzar un nivel de iluminación apropiado en el ambiente se deben alcanzar los siguientes objetivos:

- dar al espacio una luminosidad adecuada contribuyendo a definirlo claramente.
- posibilitar la facilidad y seguridad de los movimientos en el interior del local.
- ayudar a la concentración de la atención en la zona de trabajo.
- proporcionar luminancias ligeramente más débiles fuera de la zona de trabajo.
- suavizar las sombras duras dando un equilibrio correcto a la iluminación direccional y difusa.
- utilizar fuentes de luz con una buena calidad de rendimiento en colores para dar unos colores «aceptables» a los ocupantes y al contenido del local.

- realizar en el local de trabajo una combinación agradable de luminancias y de colores que contribuyan al bienestar de los individuos y a la reducción de las molestias impuestas por la actividad. Una solución posible es evitar pequeñas superficies brillantes en el ambiente visual y también en el eje de visión de la tarea visual.

Niveles de iluminación

Los intervalos de nivel de iluminación que se presentan en la Tabla VIII para las diferentes superficies, tareas o actividades están en función de las exigencias visuales de la tarea, de la experiencia práctica y de la necesidad de una utilización óptima de la energía al menor costo, siempre buscando un rendimiento visual satisfactorio y el bienestar de los individuos.

TABLA VII. INTERVALO DE NIVEL DE ILUMINACIÓN PARA DIFERENTES SUPERFICIES, TAREAS O ACTIVIDADES

INTERVALO DE NIVEL DE ILUMINACIÓN Lux	TIPO DE SUPERFICIE DE TAREA O DE ACTIVIDAD
20 - 30 - 50	Areas exteriores de trabajo o de circulación
50 - 100 - 150	Areas de circulación de orientación sencilla, o que son objeto de cortas visitas
100 - 150 - 200	Locales no continuamente utilizados para trabajar
200 - 300 - 500	Tareas con exigencias visuales débiles
300 - 500 - 750	Tareas con exigencias visuales medianas
500 - 750 - 1000	Tareas con exigencias visuales
750 - 1000 - 1500	Tareas con exigencias visuales difíciles
1000 - 1500 - 2000	Tareas con exigencias visuales particulares
Superior a 2000	Realización de tareas con una gran precisión visual

Para cada tipo de superficie, de tarea y de actividad se muestra una gama de tres niveles de iluminación. Los valores más elevados de la gama pueden ser adoptados en las siguientes circunstancias:

- cuando los factores de reflexión y los contrastes de la tarea son excepcionalmente débiles.
- cuando la rectificación de errores es especialmente costosa.
- cuando la realización del trabajo es difícil.
- cuando la precisión y un mayor rendimiento en la producción es de una gran importancia.
- cuando lo impone la capacidad visual del trabajador.

Los valores más bajos de la gama pueden ser utilizados en las siguientes circunstancias:

- cuando los factores de reflexión y los contrastes son excepcionalmente elevados.
- cuando la velocidad de ejecución o la precisión tienen una importancia secundaria.
- cuando la tarea se ejecuta ocasionalmente.

Se debe tener presente que si se dobla la iluminación de un área muy mal iluminada se comprueba una sustancial mejoría del rendimiento visual, pero si se va doblando progresivamente esa iluminación la mejora del rendimiento es cada vez más débil, es decir, la curva del rendimiento tiende a convertirse en una meseta que no se sobrepasa con nuevos incrementos del nivel de iluminación. Además, dada esta tendencia, el débil porcentaje de ganancia en rendimiento precisa con frecuencia, un incremento desproporcionado de la iluminación exigida y del gasto que ello produce.

La relación entre los valores mínimo y máximo de iluminación medidos en lux, nunca será inferior a 0,8 para asegurar la uniformidad de iluminación de los locales.

Luminancias de las superficies

La luminancia de una superficie iluminada por una fuente, depende de la iluminación y de las características de reflexión de esta superficie.

La impresión subjetiva del bienestar visual en un local, depende de la relación de luminancias entre la superficie de trabajo y su entorno. Las luminancias generales elevadas tienden a crear una situación de actividad y eficacia crecientes, mientras que las luminancias más bajas tienden a disminuir la actividad.

En espacios donde se lleva a cabo un trabajo visual prolongado (oficinas, clases, áreas industriales...) se debe lograr que la luminancia ambiental sea aproximada a la luminancia de la propia tarea, reduciéndose así al mínimo el proceso de adaptación exigido por un alto contraste de luminancia y la molestia consiguiente debida a la continua readaptación.

Es fundamental la relación entre nivel de luminancia y extensión de las superficies brillantes. Así, mientras se puede considerar tolerable o correcta en una pequeña superficie una luminancia dada, una gran superficie con la misma luminancia puede ser molesta. Por tanto, hay que tener cuidado con ciertas superficies, tales como muros, que requieren especial atención en relación con el problema de control de la luminancia, ya que al ocupar una gran parte del campo visual ejercen una influencia más significativa sobre el ambiente luminoso.

La influencia negativa de la luminancia de una fuente brillante depende de su situación en el campo visual y su proximidad al área central del ojo. La luminancia media debe reducirse al acercarse el área brillante al centro del campo visual.

En la Figura 40 se aprecia que los niveles de luminancias que se consideran aceptables para cielos rasos luminosos, resultan excesivos y molestos para las paredes. Las superficies laterales funcionan entre límites más restrictivos ya que ejercen una influencia más dominante dentro del campo visual.

En general se establecen relaciones entre la luminancia del centro de atención (campo de la tarea visual) y las de las superficies que integran el campo visual. Así por ejemplo se ha impuesto en la práctica que para mejorar el rendimiento visual, la luminancia del ambiente inmediato a la tarea deberá, si es posible, ser inferior a la luminancia de la tarea, pero no inferior a 1/3 de este valor. También se mejora el rendimiento visual, si además del control de contraste de luminancias se crean diferencias de color en la zona de trabajo, especialmente si los contrastes de luminancias son bajos en esa zona.

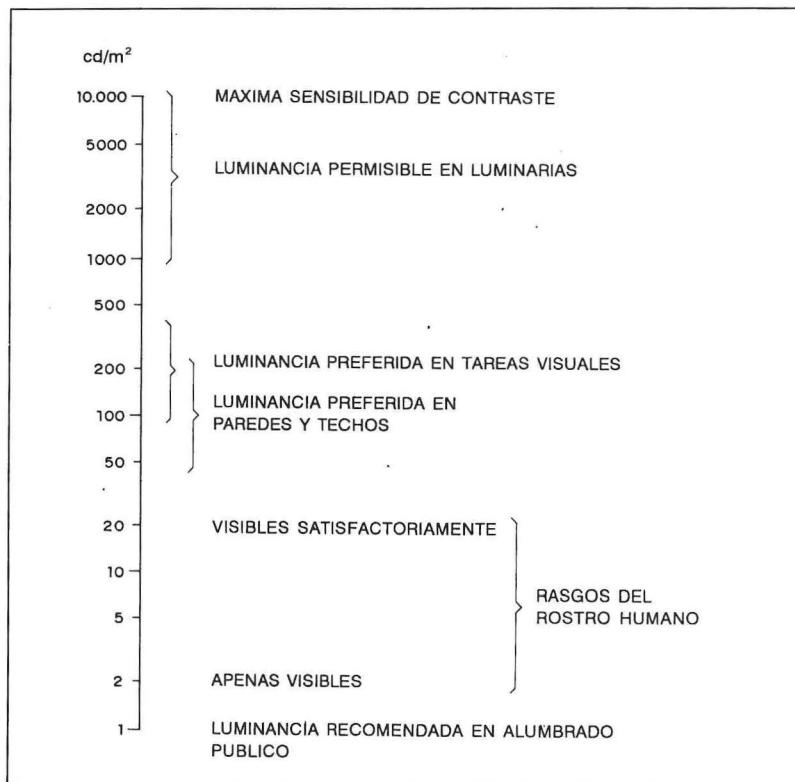


Figura 40. Escalas de luminancias para alumbrado interior

La luminancia del espacio circundante respecto a la luminancia de la tarea deberá ser inferior a 1/10 de este valor. Y la máxima diferencia de luminancia en el campo visual respecto a la luminancia de la tarea deberá ser inferior a 1/40 de este valor.

En interiores de altura normal (aproximadamente de 3m), la reflectancia del techo debe ser tan alta como sea posible ($\geq 0,7$), sobre todo si se emplean luminarias empotradas, a fin de reducir cualquier tipo de deslumbramiento.

La reflectancia de las paredes debe mantenerse entre 0,3 y 0,7. Estos valores deben considerarse con cierta flexibilidad, dependiendo

del tipo de apantallamiento de las paredes por ventanas, puertas, y mobiliario.

La reflectancia del suelo debe estar comprendida entre 0,2 y 0,4. Si la reflectancia es superior a dichos valores el suelo puede molestar. Deben tenerse en cuenta la posible colocación de muebles por debajo del plano de referencia. Es particularmente importante trabajar en el extremo más alto del intervalo en locales donde se han instalado luminarias completamente empotradas, ya que la única luz del techo proviene de las interreflexiones.

También es importante tener presente los límites de luminancia de las luminarias y ventanas.

Deslumbramiento

Mientras que la luminancia y el contraste entre luminancias son básicas para la comunicación visual, el contraste excesivo o la luminancia excesiva del fondo pueden perturbar la capacidad del ojo para percibir detalles.

El deslumbramiento según la causa que lo origina, puede ser:

Deslumbramiento directo

Se produce cuando la luminancia de las luminarias o de las ventanas es excesiva en relación a la luminosidad general que hay en el interior.

Este tipo de deslumbramiento es perturbador porque reduce la visibilidad sin provocar necesariamente una sensación desagradable.

Deslumbramiento por reflejos

Se produce cuando la fuente de iluminación se refleja sobre superficies brillantes o semimates.

Este tipo de deslumbramiento es irritante porque produce una molestia sin perturbar la visión de detalles y objetos. Crea una sensación desagradable que tiende a aumentar con el tiempo y va a constituir un factor de fatiga.

El deslumbramiento puede venir por una u otra forma o por las dos a la vez.

El grado de molestia de un deslumbramiento es función también del tipo de actividad que se realiza, cuanto más ardua es una tarea visual más hay que controlar el deslumbramiento.

El deslumbramiento directo es más fácil de controlar que el deslumbramiento por reflejos, y las medidas que adoptemos para evitar el deslumbramiento por reflejos serán útiles para evitar los primeros. Estas medidas están descritas en las Publicaciones C.I.E. nº 55, 29/2 y 19/2.

El deslumbramiento se puede corregir aplicando las siguientes medidas:

- colocando la fuente luminosa fuera del campo normal de visión o apantallándola.
- con el uso de difusores que disminuyen la luminancia excesiva de las luminarias.
- limitando la reflectancia de las superficies próximas que reducen el deslumbramiento reflejado.
- para evitar el deslumbramiento durante el día, las ventanas que por su orientación resulten expuestas al sol, deberán estar protegidas mediante cortinas, persianas o vidrios coloreados de baja transmisión.
- para evitar durante la noche el deslumbramiento por reflejo de las luminarias en los cristales, las ventanas deberán estar dotadas de cortinas o persianas interiores.

XIII. PARPADEO Y EFECTO ESTROBOSCÓPICO

Toda lámpara alimentada por corriente alterna produce una luz cuya frecuencia de pulsación es el doble de la frecuencia de la corriente de alimentación.

En la mayor parte de los casos, estas pulsaciones no crean problemas, pero se encuentran esporádicamente individuos especialmente sensibles a estas fluctuaciones de luz provenientes de una fuente, aunque el parpadeo sea demasiado débil o demasiado rápido para ser percibido por la mayoría de las personas.

Este parpadeo puede ser sentido por el individuo como una molestia y entrañar algunos efectos tales como la irritación. De todos modos estas sensaciones molestas pueden experimentar cambios importantes de un individuo a otro.

Las pulsaciones en la luz proporcionada por lámparas alimentadas con corriente alterna a veces también provocan un efecto estroboscópico, es decir, la aparición de imágenes borrosas, estacionarias o que se desplazan lentamente sobre objetos que se mueven con rapidez. Estas imágenes sólo son molestas si aparecen sobre los detalles de un objeto que debe ser examinado atentamente. Pueden entrañar factores de riesgo potenciales, cuando se refieren a las partes rotatorias de una máquina, dando una falsa impresión de baja velocidad, inmovilidad o incluso de una rotación en sentido contrario.

Existen diversos sistemas para aminorar el efecto estroboscópico y de entre ellos, el más económico, si se dispone de corriente trifásica

o bifásica, consiste en alternar las lámparas en las diferentes fases, consiguiendo una superposición de ondas desfasadas. Para reducir los efectos de parpadeo y los efectos estroboscópicos, la solución más eficaz, es la utilización de lámparas alimentadas por corriente de alta frecuencia.

XIV MANTENIMIENTO

El estudio de una instalación debe prever la necesidad de su posterior mantenimiento. Por tanto, es necesario elegir un equipo de utilización fácil y de acceso cómodo y seguro, para crear condiciones tales que la instalación pueda recibir regularmente los cuidados necesarios para el mantenimiento de su eficacia.

Si una instalación de iluminación no está bien mantenida, la depreciación ocasionada por el envejecimiento de las lámparas y la acumulación de polvo sobre las luminarias ocasionan una constante pérdida de luz, en ciertos casos el nivel de iluminación puede bajar a la mitad en el espacio de algunas meses. (Figura 41).

El polvo se acumula tan lentamente y de modo tan igual que frecuentemente es difícil detectar la existencia de un depósito capaz de absorber una buena parte de la luz. Se debe hacer una limpieza adecuada de las luminarias, para ello el mantenimiento deberá ser lo bastante frecuente como para que el nivel de iluminación no se reduzca más del 20 al 30% durante el intervalo entre dos limpiezas. Un control sistemático efectuado con un luxómetro en diferentes puntos fijos de una instalación es uno de los medios de que se dispone para determinar la frecuencia del mantenimiento.

El reemplazamiento de las lámparas deberá ser regular, no siendo oportuno esperar a que estén fuera de uso.

El reemplazamiento sistemático de toda una serie de lámparas en un momento prefijado es muchas veces mejor para una gran instal-

ción en la que estén en servicio numerosas luminarias durante un número de horas aproximadamente igual cada día.

Las lámparas reemplazadas no se desechan, sino que se utilizan en lugares de menos importancia como pasillos, vestuarios, etc.

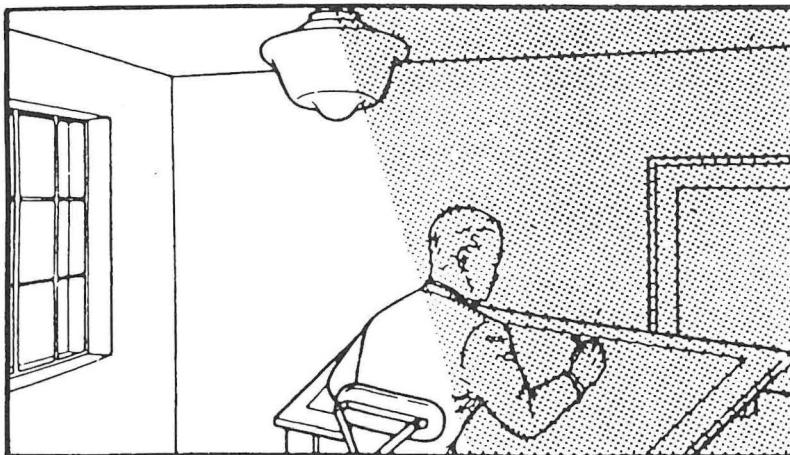


Figura 41. Un depósito de polvo imperceptible puede absorber hasta el 50% de la luz

XV. CONSIDERACIONES FINALES

La tarea a efectuar debe verse sin dificultad

La iluminación sobre el plano de trabajo debe tratarse no sólo cuantitativamente (nivel de iluminación), sino también cualitativamente.

La luz debe contener componentes de radiación tanto difusa como directa, cuya resultante produzca sombras suaves, lo que hace aparecer la forma y la posición de los objetos y facilitar la creación de contrastes que revelan la forma y textura de los objetos de superficie brillante. Por otro lado, hay que evitar las reflexiones molestas para la percepción de detalles; además, en ciertos casos, la visibilidad no depende tanto del nivel de iluminación como del empleo de una técnica o de un dispositivo especial que puede consistir, por ejemplo, en prever un fondo luminoso detrás del plano de trabajo para hacer los contornos más netos.

El confort visual debe asegurarse

Hay que eliminar el deslumbramiento y las sombras excesivas colocando las fuentes en luminarias que las oculten a la visión directa, distribuyendo una cierta cantidad de luz sobre el techo y sobre la parte superior de las paredes del local.

La colocación y el espaciamiento de las luminarias debe ser en función del trabajo ejecutado. Además, las principales superficies interiores de un local (techos, paredes, instalaciones...) deben tener un color claro que difunda convenientemente la luz.

La instalación debe mantenerse en buen estado de funcionamiento.

Es fundamental durante el establecimiento del proyecto de iluminación prever un programa de mantenimiento periódico y regular de la instalación de iluminación.

Una instalación con un buen estado de funcionamiento permite al personal ver correctamente su superficie de trabajo y entorno y le ayuda a trabajar sin fatiga durante día tras día. Este aspecto juega un papel menos importante en los locales en que no se trabaja (pasillos, salas de espera, vestuarios...), ya que el personal permanece poco tiempo en ellos y donde además las prestaciones visuales son siempre fortuitas. En tales lugares, donde las preocupaciones decorativas pueden, en ciertos casos, predominar sobre las consideraciones puramente funcionales, el punto de vista es por completo diferente que el de los lugares de trabajo, en que las prestaciones visuales delicadas y prolongadas exigen que se conceda una meticulosa atención a todas las condiciones esenciales destinadas a asegurar el bienestar visual y la eficacia del trabajo, sin olvidar aquellas otras condiciones que parezcan obligadas.

CONDICIONES ESENCIALES DEL CONFORT VISUAL

- LA TAREA A EFECTUAR DEBE VERSE SIN DIFICULTAD
- EL CONFORT VISUAL DEBE ASEGURARSE ELIMINANDO DESLUMBRAMIENTOS Y SOMBRAS EXCESIVAS
- LA INSTALACIÓN DEBE MANTENERSE EN BUEN ESTADO DE FUNCIONAMIENTO

BIBLIOGRAFIA

- (1) IES Lighting Handbook. Kaufman y Christensen. 5º edición New York. Illuminating Engineering Society. 726p.
- (2) Manual de Luminotecnia. Taboada, J.A. Madrid. Editado por Dossat, S.A. 1983. 339p.
- (3) Manual del alumbrado (Philips). Madrid. Editado por Paraninfo. 1983. 327p.
- (4) Notas y Documentos: La iluminación ambiental en los talleres y oficinas (INMST Núm. 1061).
- (5) Acondicionamiento ambiental en arquitectura y urbanismo. Tomo I: Acondicionamiento luminoso. Dra. Mª Alicia Crespi. Servicio de Publicaciones del Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid.
- (6) Iluminación. Prof. Ing. Heriberto C. Bühler. Universidad Tecnológica Nacional.
- (7) Norma ISO 8995:1989. Principios de ergonomía visual. La iluminación en los sistemas de trabajo interiores.
- (8) Publicación CIE nº 13.2, 1974. Método de medida y de determinación de las cualidades de rendimiento en color de las fuentes de iluminación.
- (9) Publicación CIE nº 17, 1957. Vocabulario internacional de la iluminación.
- (10) Publicación CIE nº 19/2, 1981. Modelo analítico para describir la influencia de los parámetros de la iluminación sobre el rendimiento visual.
- (11) Publicación CIE nº 29/2, 1975. Guía de la iluminación interior.
- (12) Publicación CIE nº 55, 1983. El deslumbramiento inconfortable en el ambiente de trabajo interior.
- (13) NTP-252:1989. Pantallas de Visualización de Datos: condiciones de iluminación.

ÚLTIMOS TÍTULOS PUBLICADOS

- 30.85 Condiciones de Seguridad en Esmeriladoras y Muelas.
- 31.85 Bibliografía sobre Contaminación y Contaminantes.
- 32.85 Condiciones de Seguridad en Estaciones Depuradoras de Aguas residuales Urbanas.
- 33.85 ZPP y Saturnismo. Resúmenes Bibliográficos.
- 34.85 Metabolismo de los Tóxicos. Tipos de Reacciones Metabólicas.
- 35.85 Mapa de Riesgos de Cantabria.
- 36.85 Seguridad en los Incendios Forestales.
- 37.85 Novedades Aparecidas en los TLVs Publicados por la ACGIH para 1984-1985.
- 38.85 La Salud y el Trabajo en las Industrias Cárnica.
- 39.85 Perforación de Túneles.
- 40.85 Estudio sobre condiciones de trabajo y su correlación con las alteraciones de la salud en un laboratorio químico-farmacéutico.
- 41.85 Cadmio: Toxicología y control biológico.
- 42.85 Absorción de tóxicos
- 43.85 La manipulación de productos químicos potencialmente cancerígenos en los laboratorios.
- 44.86 Nuevas tecnologías y organización del trabajo. Bibliografía básica publicada en castellano.
- 45.87 Las Brucelosis.
- 46.88 Metodología para la elaboración del Mapa de Riesgos a nivel de Empresa.
- 47.88 Condiciones de Trabajo en Hospitales. Guía descriptiva de los principales riesgos.
- 48.88 La Seguridad en el Trabajo de Oficina.
- 49.88 Diseño del Puesto de Trabajo de Operador de P.V.D.
- 50.88 Control de la contaminación en la fabricación y aplicación de Pesticidas. Efectos sobre la Salud.
- 51.88 Seguridad en la Industria de la Madera. Protección de Máquinas.
- 52.88 Riesgo de Incendio en la Industria de la Madera.
- 53.89 Condiciones de Seguridad en Trabajos y Maniobras de Alta Tensión realizadas en Centros de Transformación bajo vigilancia de Empresas Abonadas.
- 54.89 Riesgos y Patología por Isocianatos.
- 55.89 La detección de Enfermedades Profesionales. Nuevas posibilidades.
- 56.89 Evaluación y control de Contaminantes Biológicos en Ambientes Laborales.
- 57.89 Evaluación y Control de contaminantes químicos en hospitales.
- 58.90 Estudio de las condiciones de trabajo en las explotaciones forestales de Cantabria.
- 59.91 Estudio de vibraciones en carreñas.
- 60.91 Protección frente al riesgo de caídas de altura.
- 61.91 Epidemiología de la hipertensión arterial en el ámbito laboral. Prevención y vigilancia
- 62.91 Guía de agentes tóxicos cardiovasculares en el medio laboral
- 63.91 Control biológico de disolventes mediante aire exhalado.
- 64.91 Aspectos clínico-toxicológicos del uso de mercurio metálico en las amalgamas dentales.
- 65.91 Nefropatías tóxicas. Etiología y marcadores preclínicos para la vigilancia epidemiológica.
- 66.91 Apuntes sobre "planificación de la enseñanza del adulto".
- 67.91 Radiaciones electromagnéticas, microondas y radiofrecuencias hornos industriales.
- 68.92 Prevención del riesgo de explosión en calderas.
- 69.92 Cromo: Aspectos Clínico-Toxicológicos.
- 70.92 Esmeriladoras de bancada. Condiciones de seguridad e higiene.
- 71.92 Plomo: criterios toxicológicos actuales para la vigilancia médica de trabajadores expuestos.
- 72.93 Evaluación de riesgos asociados al control ambiental de plagas urbanas.
- 73.93 Campos electromagnéticos de frecuencia extremadamente baja.
- 74.93 La vigilancia de la salud en el medio laboral.



MINISTERIO DE TRABAJO Y SEGURIDAD SOCIAL
INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE
EN EL TRABAJO