

DOI: 10.24275/uama.1242.11973

Factores ergonómicos en el diseño gráfico

(Tomo I)

Luis Ignacio González Torres



Casa abierta al tiempo

UNIVERSIDAD AUTONOMA METROPOLITANA

UNIDAD AZCAPOTZALCO División de Ciencias y Artes para el Diseño
Departamento de Medio Ambiente

Factores ergonómicos en el diseño gráfico

(Tomo I)

Luis Ignacio González Torres

UTILIS

*Claudio
Cotto A.*

Desarrollo Estratégico de Productos,
Imagen y Mobiliario Urbano.

Tel. +(5) 545-3922

DIVISION DE CIENCIAS Y ARTES PARA EL DISEÑO

DEPARTAMENTO DE MEDIO AMBIENTE

México, 1988

PRESENTACION DE LA OBRA.

Hasta este momento es muy poco lo que se ha investigado en forma específica sobre la relación entre el Diseño Gráfico y la Ergonomía, por lo que el objetivo de esta obra, es el de proporcionar las bases teóricas necesarias para poder abordar problemas relacionados con estas temáticas.

Los cuatro factores ergonómicos que intervienen en el proceso visual de cualquier Diseño Gráfico -iluminación-color-fisiología-percepción-, determinaron que se desarrollarán --- ampliamente a nivel de capítulos, y un último en el que se proponen propuestas de solución a la problemática investigada.

Debido a la gran cantidad de información que comprenden los cinco capítulos de la obra en total, hubo necesidad de separarlos para su impresión, por lo que cada capítulo corresponde a un tomo.

Es obvio que sólo la reunión de todos los capítulos proporcionarán una base completa para la resolución de problemas entre el Diseño Gráfico y la Ergonomía, aunque la consulta de alguno de ellos por separado también podrá ayudar a resolver determinado problema relacionado con el Diseño en general.

I N T R O D U C C I O N

La palabra Ergonomía que procede de las raíces griegas ergon-trabajo o esfuerzo y nomos ley se define actualmente como la acción interdisciplinaria conjunta que se ocupa de resolver los problemas entre el hombre y su medio de trabajo, contando por ello con una gran repercusión en la totalidad de las actividades laborales de las sociedades modernas.

Tradicionalmente las normas ergonómicas referentes al trabajo se han enfocado a resolver problemas de orden cognocitivo en cuanto a la estructura anatómica del individuo, de su biomecánica y fisiología, dejando en un segundo término los esfuerzos perceptuales que afectan al ser humano a través de sus sentidos, por contar estos con una gran adaptabilidad a diferentes factores del medio ambiental y a lo complicado de su evaluación.

Así es posible afirmar que la Ergonomía tiene relaciones muy estrechas con las áreas ingenieriles, pero también cabe asegurar - qué dentro de las actividades laborales en donde interviene básicamente la visión-percepción de imágenes en la industria, hogar, oficina, espacio público, etc.- Esta disciplina puede aportar criterios importantes para optimizar las actividades desarrolladas en dichos espacios, las cuales forman parte del campo del Diseño Gráfico.

Usualmente los diseñadores gráficos se encargan de resolver problemas de forma, tipografía, reproducción, comunicación, pero - en la mayoría de las veces, se olvidan de considerar los factores Ergonómicos, pudiendo observarse comúnmente propuestas gráficas bien resueltas pero carentes de los lineamientos de dicho campo-poca visibilidad, fatiga visual, deslumbramiento, confusión en sus significados, etc.- los cuales provocan en los observadores en general a inmediato, mediano o largo plazo problemas diversos en su salud.

Por lo anteriormente expuesto en el presente trabajo proyectual,

pretendo demostrar la hipótesis de factibilidad de aplicación de los conceptos ergonómicos en el Diseño Gráfico, seleccionándose como área para su comprobación el de la señalización, la cual, con un carácter universal día a día se vuelve más crítica e interviene en la mayor parte de las actividades de los individuos.

Al observar cualquier Diseño Gráfico intervienen en dicha función cuatro factores ergonómicos determinantes, dos de carácter externo que corresponden al medio ambiental; la luz y su resultante el color, y dos referentes al individuo; sus procesos fisiológicos y psicológicos, todos ellos por la importancia con que cuentan, los he desarrollado en los primeros cuatro capítulos de este trabajo, a fin de contar con un marco teórico de principios con la ergonomía que me permitieran poder plantear, desarrollar y comprobar propuestas de señalización en el sector industrial.

A la vez al finalizar cada uno de los capítulos ya mencionados, presento los resultados obtenidos en prácticas de campo que me permitieran diagnosticar la situación actual de los sistemas de señalización industrial en confrontación con los criterios de luz, color, fisiología y percepción.

Inicialmente y ante el conocimiento de la deficiencia que en relación a señalización presenta el sector industrial, propuse desarrollar las prácticas de campo en las plantas industriales directamente, sin embargo al tratar de obtener la autorización para realizar las mismas existió en algunas la oposición directa e inmediata por parte de sus Directores o Empresarios, razón por la cual opté por realizarlas en un centro educativo.

Por lo que agradezco al C. Prof. Jesús Estrada García, Director del Centro de Capacitación, No. 11, dependiente de la Secretaría

de Educación Pública, ubicado en la Calz. Azcapotzalco la Villa No. 304-B, el que me haya brindado su apoyo al haberme autorizado realizar tanto las prácticas de diagnóstico como la comprobación de mis propuestas.

Dicho espacio lo seleccioné en función de que la edificación del centro cuenta con caracteres y problemáticas típicas del sector industrial, además de que en el mismo se preparan alumnos que a inmediato plazo serán los observadores "representativos" que laborarán en la industria.

Considero que la profundidad y profesionalismo vertido en la ejecución del presente trabajo, al concluirse y comprobarse en el campo de la señalización, y que propone primordialmente considerar criterios ergonómicos en el desarrollo de productos de Diseño Gráfico, harán reflexionar tanto a profesionales como alumnos en la formación de dicha actividad productiva.

I L U M I N A C I O N

L u z.

Al referirnos a la luz, lo hacemos pensando inconscientemente en el sol como fuente de toda luz y vida, es este astro una masa de gas incandescente, cuyo diámetro es un millón de veces superior al de la tierra. Esta masa fulgurante de material incandescente emite constantemente en todas direcciones grandes cantidades de radiación electromagnética, la palabra radiación viene de la palabra radio, o sea los radios que se emiten de una esfera, que sería la fuente de luz. Entre dichas radiaciones, cabe distinguir tres muy conocidas: la infrarroja o térmica, la que nos llega como luz y la ultravioleta, que tiene principalmente un efecto químico.

Estas tres clases de radiación forman una parte del gran conjunto de radiaciones electromagnéticas y ondas, conocidas -- por el espectro, a ellas pertenecen también las ondas hertzianas, los rayos X, la radiación gama y la cósmica, todas las ondas del espectro se distinguen entre sí por su longitud. -- Así por ejemplo: las ondas hertzianas tienen longitudes que varían de decenas de kilómetros a milímetros; los rayos de luz tienen unas longitudes de onda tan pequeñas que se ha -- acordado asignarles una unidad de medida mucho más pequeña; el nanómetro - nm., un nanómetro es la millonésima parte de un milímetro; los rayos X, gama y cósmicos aun tienen longitudes de onda menores. En el espectro los rayos de luz ocupan un lugar entre los infrarrojos o térmicos y los ultravioleta. Abarcan la región entre los 780 nm. y los 380 nm. ---- aproximadamente.

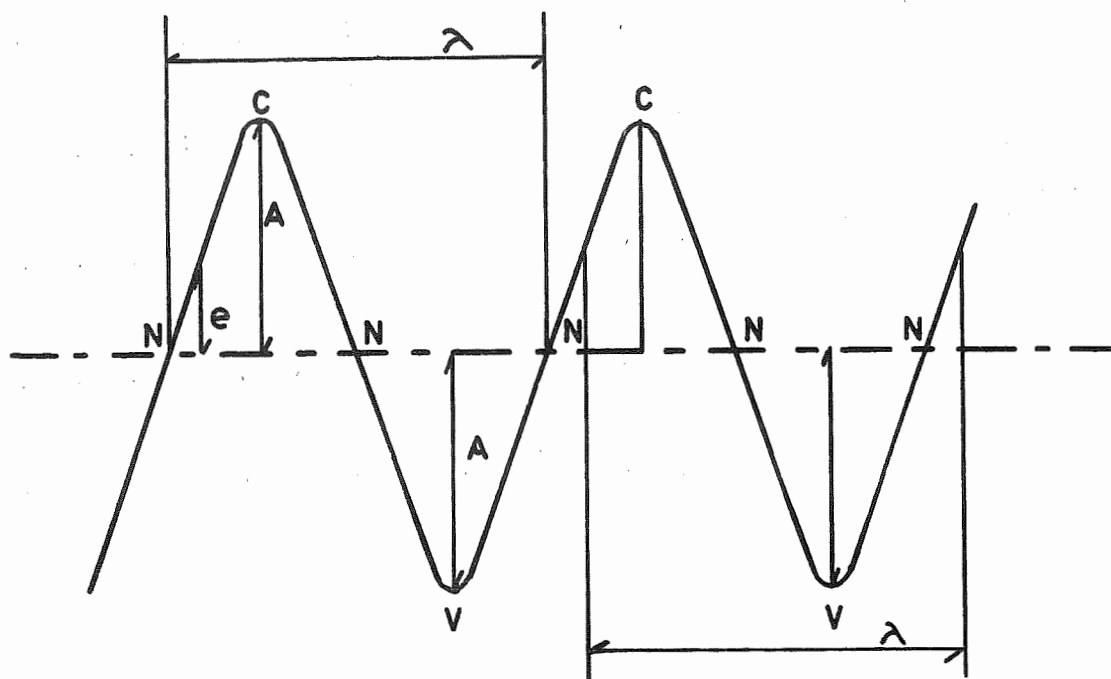
Los rayos de luz con velocidad de 300,000 kilómetros por segundo, se desplazan en línea recta, a menos que su trayectoria sea modificada o redirigida por un medio reflectante o difusor. Los rayos luminosos pasan a través de otros sin su-

frir alteración. Por ejemplo, un rayo de luz roja pasa directamente a través de otro de luz azul sin cambiar de dirección ni de color. La luz es invisible a su paso por el espacio, a menos que algún medio tal como el polvo, la disperse en la dirección del ojo.

La luz puede ser pensada como el aspecto visible de la energía radiante, luego es de naturaleza básicamente psicofísica, antes que puramente física o psicológica.

Por lo tanto la luz está constituida por rayos de diferentes longitudes de onda, y la retina compuesta por elementos sensibles a la luz, transforma las longitudes de onda en señales que después son transmitidas a nuestro cerebro, donde las sensaciones que allí llegan son transformadas a su vez en imágenes reconocibles, en luz y en colores que es lo que en realidad nos permite "ver". Todos los estudios espectrales de radiación se realizan en función de la longitud de onda, que se mide con gran exactitud, para entender las ondas cómo se comportan y cómo interaccionan entre sí y con los cuerpos con que se ponen en contacto, es necesario conocer sus características, como son: elongación, $e =$ es la distancia que hay entre la posición del punto de la onda que interesa y la posición que tenía cuando no se transmitían las ondas, la cual es la posición de equilibrio; la elongación de cada partícula, varía constantemente, llamándose elongación máxima o sea amplitud A ; ambas deben medirse en unidades de longitud las crestas C , son las partes altas de las ondas transversales, los valles V , las partes bajas de las mismas y los nodos N , son los puntos de las ondas que ocupan la posición de equilibrio. Al conjunto de una cresta y un valle completos, se le llama onda, cuyo largo recibe el nombre de longitud de onda- λ , con una característica muy importante que no cambia mientras el movimiento ondulatorio se transmite en un mismo medio, midiéndose en metros. Período,-

es el tiempo que tarda en efectuarse una oscilación completa de cada partícula, o sea el tiempo que tarda en pasar una onda completa, midiéndose en segundos. Frecuencia es el número de oscilaciones completas que efectúa cada partícula del cuerpo agitado en un segundo, es decir, el número de ondas completas que pasa por un punto del cuerpo en un segundo se mide en oscilaciones por segundo.



Las distintas medidas de longitud de onda se ven como colores diferentes, así la mayor longitud de onda corresponde al color rojo y la menor al violeta. Entre ambas y con longitudes proporcionadas de onda, se encuentran los otros colores en la descomposición de la luz blanca se debe a la frecuencia o velocidad de las ondas, las ondas de mayor longitud tienen menor frecuencia y velocidad o viceversa.

La luz natural del día se conoce por definición con el nombre de luz blanca. Esta luz es esencialmente variable, procede -- del sol, cuerpo que alcanza $6,000^{\circ}\text{C}$ aproximadamente y fuente luminosa relativamente constante, pero esta luz nos llega a -- través de un espesor de aire variable según las horas del día, más o menos cargado de vapor de agua, de polvo, de gas carbónico, etc., según las latitudes y el estado del cielo. La luz del día, variable en cantidad, pues da iluminaciones que pueden oscilar desde algunos centenares de lux - medida para medir la intensidad luminosa a la sombra hasta 80 a 100 000 lux a pleno sol, varia también en calidad, es más roja por la mañana, y por la tarde más azul al medio día y también en invierno --no más roja que en verano. Hay que señalar que los matices del blanco de la luz del día pueden cambiar, según el estado de la atmósfera.

La luz que percibimos tiene dos orígenes; los cuerpos incandescentes o sea cuerpos "calientes" como el sol, fuego o una vela, y los cuerpos luminiscentes o sea los cuerpos "fríos", por ejemplo los objetos que rodean nuestro entorno y que reflejan la luz, la mayoría de las fuentes de luz, como los astros, tienen espectros que incluyen la mayor parte de las longitudes de onda, pero que tienden a poseer más energía en determinadas áreas del espectro que en otras, estas diferencias hacen que las luces nos parezcan amarillentas, verdosas, azuladas, etc.

A medida que la luz procedente de un cuerpo caliente cae sobre un objeto, una combinación determinada de longitudes de onda queda absorbida por éste. La luz que se refleja de este modo es el efecto de la interacción de las características -- del espectro de la fuente de luz, con las características de la absorción espectral del objeto, si un objeto coloreado es contemplado bajo luz blanca, se verá en su color "natural", y

si es contemplado bajo una luz que posee una concentración de energía en una parte limitada de su espectro, la luz reflejada podrá alterar el color aparente del objeto, como el caso de un objeto azul que parece verde cuando se le ve bajo una luz amarilla. La mayoría de los objetos que nos rodean reflejan una mezcla de rayos luminosos que son los que nos permiten ver diferentes colores, la reflexión de todos los colores produce en nuestro sentido de la vista la impresión del color blanco, y si son absorbidos todos los rayos, entoces decimos que el color es negro.

Podemos, pues afirmar que en realidad la luz solar es una energía radiante de la cual sólo llamamos luz a aquella parte que es visible para nosotros.

La noche ocupa en el tiempo, una parte más o menos igual a la del día, y hace necesaria la utilización de la luz artificial. Desde que el hombre descubrió el fuego, ha tratado de servirse de él para vencer la oscuridad.

Toda fuente de luz artificial, como una vela, quinqué, lámpara incandescente, no es sino un pequeño sol, una parte de cuyos rayos tienen longitudes de onda entre los antes mencionados 780 y 380 nm., por lo que para la construcción de una fuente luminosa que nos brinde la mayor utilidad posible tengamos que convertir en luz visible la mayor cantidad posible de energía eléctrica. En el caso de las velas y otros medios antiguos de luz artificial, el aprovechamiento era muy pequeño, muchas veces apenas llegaba al 1%, el resto de las radiaciones generadas se perdía en forma de calor en el proceso de combustión, necesario para producir la luz.

I l u m i n a c i ó n .

El problema de determinar la cantidad de iluminación que deberían tener diversas tareas visuales ha ocupado la atención de los ingenieros de iluminación, psicólogos y de otros investigadores durante mucho tiempo.

El sentido visual humano posibilita la recepción de una cantidad muy grande de actividades visuales, pero solamente bajo dos condiciones: que la visión no esté menoscabada en el ser humano y que la iluminación de que se disponga sea la adecuada, incluso en condiciones de deterioro parcial y de iluminación inadecuada, el ojo consigue una sensibilidad notable. Pero cuando se trata de un largo plazo de tiempo y a fin de mantener la capacidad visual de las personas y de optimizar sus relaciones visuales, es importante que la iluminación proporcionada sea la apropiada para las tareas visuales a realizar, y esto se consigue solamente mediante el análisis de la tarea visual por realizar y la aplicación de datos y principios de iluminación investigados.

Podemos definir la iluminación como la densidad de flujo luminoso que alcanza a una superficie dada. Más adelante hablaremos ampliamente sobre estas medidas de iluminación. Pero este dato, por muy fundamental que sea, no satisface por sí solo y es incompleto. En efecto, la sensación visual, y esto es lo más importante, será muy diferente según la cantidad de flujo, y consecuentemente la propia iluminación caiga sobre una superficie clara, no es la iluminación, sino los objetos iluminados lo que nuestros ojos están llamados a ver y a distinguir por lo tanto, la luz reflejada por los objetos estará definida por la iluminación, en lux, y por el poder reflector de la superficie iluminada en porcentajes de luz reflejada. No basta con situar el detalle de un objeto en el eje de nues

tra línea de visión para asegurar la percepción, es necesario también que el objeto esté correctamente iluminado, esta iluminación debe adaptarse a la magnitud del detalle y al contraste con el fondo.

La cantidad de luz necesaria para ver bien, para distinguir rápidamente y sin fatiga los detalles, es muy superior a la que bastaría para diferenciar superficialmente los contornos del objeto.

Es preciso también que la luz esté distribuida de tal manera que la iluminación resultante asegure una visión cómoda, es decir, sin molestia alguna. La adecuada cantidad de luz por sí sola no asegura una buena iluminación. La buena calidad es tan importante como la cantidad, y los factores que intervienen en la calidad de la iluminación son muchos y complejos, pero el deslumbramiento, las relaciones de brillo, la difusión y el color pueden considerarse como las más importantes.

Podemos resumir que los fines generales que persigue la persona que proyecta iluminación son:

1. Asegurar el máximo de visibilidad del objetivo visual.
2. Procurar el máximo de confort visual al observador.

Y se lograrán cumpliendo las dos condiciones siguientes:

1. Una cantidad de luz suficiente proyectada sobre el objetivo - nivel de iluminación en lux.
2. Una distribución de la luz de tal forma, que el reparto de la iluminación en el campo visual, no pueda causar ninguna molestia al observador.

Esta última condición en particular, implica un control muy severo de la luz que proyectan las lámparas hacia los ojos -- del observador.

Antes de iniciar el diseño de una instalación de alumbrado para una nueva construcción, debe existir una estrecha colaboración entre el diseñador arquitectónico, el usuario y el ingeniero de aire acondicionado en una etapa anticipada del proyecto. Se requieren planos que muestren el plano de corte de cada local, incluyendo los detalles estructurales de techos y paredes. Para hacer los cálculos detallados del tipo y número de luminarias se requiere información previa sobre las reflectancias de paredes, techos, pisos, muebles, máquinas etc.

Los tipos de alumbrado dependen principalmente del trabajo -- que se va a realizar en dicho local. El punto de partida de cualquier diseño de alumbrado será siempre por consiguiente, el espacio en sí, los detalles constructivos, finalidad del trabajo que debe realizarse en él y las tareas visuales implicadas.

Al diseñarse un alumbrado específico, el objetivo más importante es el de obtener buenas condiciones visuales en el plano de trabajo y una meta secundaria sería la creación de un medio ambiente visual que ejerciese una influencia positiva sobre el rendimiento y el bienestar de sus usuarios en entradas, corredores, pasillos y escaleras. El alumbrado sirve --- también para orientación y seguridad, o sea la visibilidad de las señales, por consiguiente, en estas áreas, la iluminación vertical puede ser más importante que la horizontal.

Los sistemas más comunes de alumbrado son los que proporcionan:

- . Iluminación general.
- . Iluminación direccional.
- . Iluminación local.
- . Iluminación localizada.

. Iluminación general.

Es la que se obtiene distribuyendo un número de luminarias con una disposición más o menos regular, por toda la superficie del techo. El resultado es una iluminación horizontal de un cierto nivel medio y un determinado grado de uniformidad. En los locales en que no hay lugares preestablecidos para el trabajo, debe usarse este tipo de iluminación, la cual produce condiciones uniformes de visión.

. Iluminación direccional.

Es la que se refiere a la luz que procede predominantemente de la dirección preferida, efecto que se logra mediante una disposición especial de luminarias fluorescentes con espejos o mediante lámparas spot de haz ancho. Este tipo de iluminación es utilizada para crear sombras que destaquen forma y textura de las figuras, y para iluminar superficies -- que, a su vez, funcionan como fuentes de luz indirectas. Esta iluminación debe combinarse con el alumbrado general, como medio de romper la excesiva monotonía que puede producir el alumbrado general.

. Iluminación local.

En algunos casos es necesario concentrar lámparas en ciertas partes del techo para obtener una iluminación suficientemente alta, en lugares de interés principal, este tipo es muy útil para áreas localizadas en trabajo de fábricas.

. Iluminación localizada.

Es la que se obtiene colocando lámparas muy cerca de la ta-

rea visual, para iluminar solamente un área muy reducida, se complementa con uno de los tres sistemas de iluminación mencionados, se recomienda este tipo de iluminación cuando el trabajo implique exigencias visuales muy críticas, donde la visión de formas y texturas requiera que la luz venga de una dirección precisa, donde la iluminación general no alcance a ciertas zonas, debido a los obstáculos existentes, donde se necesite mayor nivel de iluminación en beneficio de trabajadores de edad o trabajadores con rendimiento visual deficiente y para conseguir comodidad visual en interiores donde normalmente no se realizan trabajos. En locales con ventanas, la luz diurna sola puede resultar insuficiente para obtener un nivel adecuado, bien en todo el local o durante todo el período en que se necesita. La luz diurna debe por lo tanto complementarse, ya sea temporal o permanentemente con luz artificial, que aumenta la iluminación en las zonas de un local que está distante de una ventana, esto es importante, especialmente en locales amplios, si se quiere evitar contrastes intensos como siluetas, sombras, etc., ciertos tipos de trabajos exigen que los locales estén iluminados totalmente con alumbrado de dichos espacios, la norma a seguir debe tener en cuenta no sólo las consideraciones de producción y eficiencia, sino también los posibles efectos psicológicos de la iluminación en los usuarios, la sensación de malestar que siente la mayoría de la gente por la privación de la luz natural durante los períodos largos, puede suavizarse por ejemplo: proporcionándole un nivel de iluminación mayor que el normalmente requerido, siendo aconsejable un nivel de 1,000 lux. Otra solución puede ser construir ventanas en forma de banda estrecha, para mantener el contacto con el mundo exterior, tales ventanas serían preferiblemente verticales.

La capacidad de algunas personas para establecer diferencias visuales depende obviamente de su destreza visual, o sea los

factores fisiológicos que más adelante analizaremos, sin embargo, aparte de las diferencias fisiológicas individuales, - hay ciertas variables - condicionantes externas al individuo - que afectan la discriminación visual, estas variables son: el contraste, el tiempo de percepción, el brillo, el deslumbra- miento, la reflexión y el tamaño -este último lo analizaremos más adelante en relación con la agudeza visual- y se han defi nido como las características principales que determinan la - visibilidad de un objeto. Además de estas características fun damentales, en la tarea visual influyen otra serie de facto- res, de los que los más importantes son: el acabado del obje- to -que va del mate al brillante y del terso al áspero-, la - naturaleza del material con respecto a la transmisión de la - luz- desde el ópaco al traslúcido y hasta el transparente- el grado del efecto tridimensional desde una superficie lisa has ta una de relieve complicado.

Distintas combinaciones de estos factores pueden dar lugar a una infinita variedad de problemas de iluminación. La selec- ción del mejor equipo de alumbrado para una situación determi nada, lleva consigo la consideración de la cantidad de luz, - el grado de difusión, la dirección y la capacidad espectral. La cantidad adecuada de luz para realizar cómodamente una ta- rea visual específica es siempre un requisito fundamental. Al gunos tipos de trabajo se llevan a cabo mejor con luz muy di- fusa, con el objeto de eliminar las sombras.

Otros admiten una gran cantidad de luz direccional, que en -- algunos casos es beneficiosa para apreciar irregularidades de contornos y superficies. En otras ocasiones las reflexiones, - especialmente si vienen de una fuente de alto brillo, pueden ser en extremo molestas y perjudiciales, el color de la luz - también puede servir en algunas ocasiones para aumentar el -- contraste y la visibilidad.

C o n t r a s t e .

El primero de estos factores que afectan la discriminación visual es el contraste, o sea la diferencia esencial de luminosidad, lo que sería imposible en un campo totalmente homogéneo. El contraste puede darse en factores formales y tonales, blanco-negro, rojo-verde, grande-pequeño, curvo-recto, etc.

Las diferencias en la percepción visual se originan dentro de dos aspectos; las cualidades de las fuentes de luz y el reflejo de la luz sobre las superficies de los objetos en el campo visual. El ojo está obligado a abarcar los contrastes de iluminación que le son impuestos, ya sea interior o exteriormente. Una iluminación correctamente planeada necesitará limitar los contrastes existentes a contrastes aceptables y confortables. Una vez definido el nivel de luz que ha de darse al objetivo visual, han de analizarse los siguientes puntos:

1. Campo visual - es necesaria una fuerte luminancia que es la proporción de luz reflejada por una superficie en relación con la que sobre ella incide; sobre el objetivo visual, éste deberá recibir una iluminación suficiente, tanto más elevada cuanto más pequeño sea su grado de reflexión. Interesa un contraste de luminancia lo más elevado posible entre los detalles a distinguir y el fondo sobre el cual se destacan, pues la agudeza visual desciende rápidamente a medida que el contraste de luminancia disminuye, pudiendo ser completado y apoyado este contraste de luminancia en ciertos casos por medio de un contraste de colores.
2. El contorno - esta zona que se extiende en un ángulo de 30° alrededor de la línea de visión, las relaciones de luminancia entre esta zona y el objetivo visual deben ser pequeñas según experiencias realizadas se ha encontrado que la

relación más favorable es uno a uno en cualquier otro caso es preferible un contorno ligeramente más oscuro y no más claro.

3. Campo periférico - en esta región pueden admitirse desviaciones algo mayores respecto de la luminancia del objetivo visual. Es preciso recordar que las relaciones de luminancia elevadas entre superficies contiguas suelen ser causa de deslumbramiento, es el caso de las ventanas y los artefactos de alumbrado de grandes dimensiones, cuando su luminancia es demasiado fuerte con relación a la de las pare
des próximas.

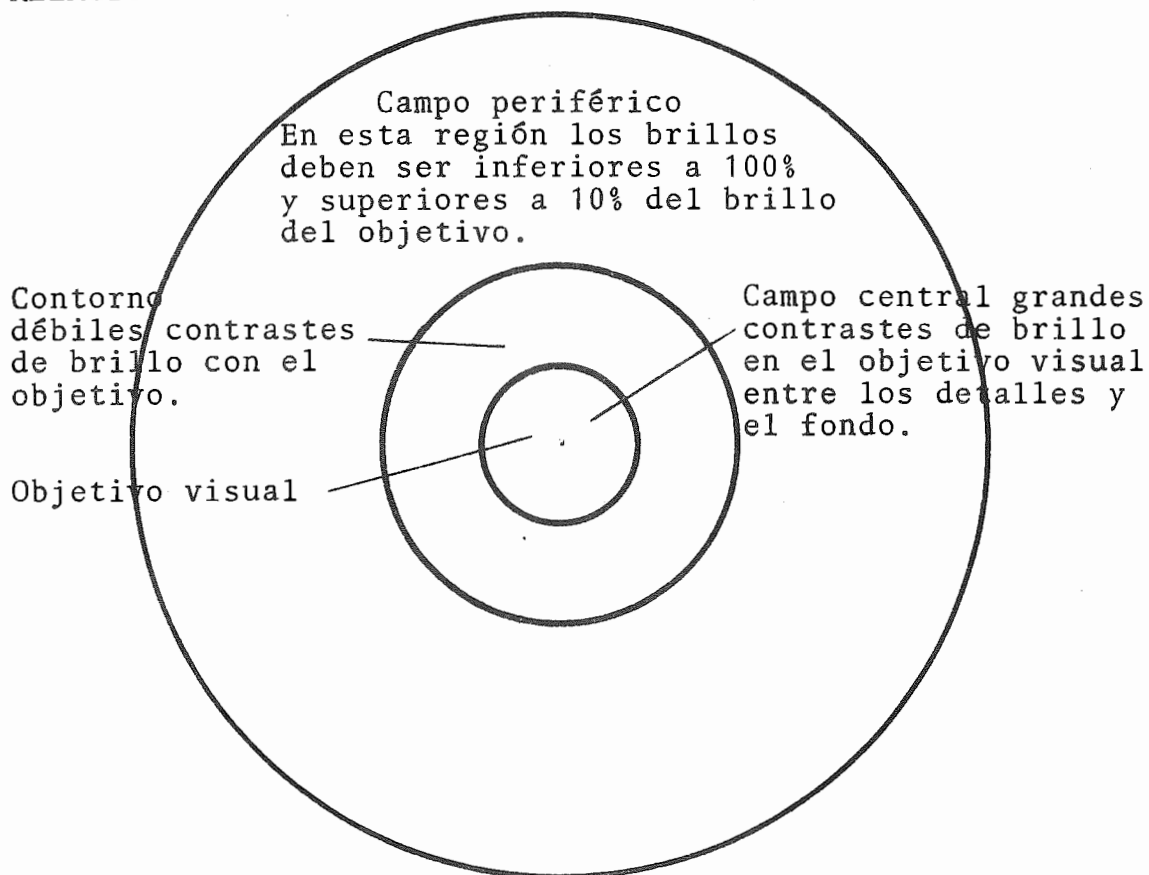
4. Ambiente - cuando la mirada se desplaza de un lugar a otro, se crean una serie de campos periféricos.

El siguiente esquema muestra los límites superiores de las re
laciones de luminancia que no deben sobrepasarse para dar a -
un sitio determinado un ambiente luminoso adecuado, cualesquiera
ra que sean los colores utilizados.

Relaciones de luminancia máxima entre las superficies presentes en el campo visual.

- Entre el objetivo visual y su contorno inmediato 3 a 1
- Entre el objetivo visual y el campo periférico 10 a 1
- Entre los focos de luz o las ventanas y las superfi
cies contiguas 20 a 1
- En el conjunto del local, las relaciones de ilumi--
nación en ningún caso deben ser superiores a 40 a 1

RELACIONES DE LUMINANCIA RECOMENDADAS EN EL CAMPO VISUAL.



La razón de luminancia es la existente entre dos zonas cualesquiera en el campo visual, generalmente, la zona de principal atención visual y la zona que la rodea.

El contraste de luminancia se expresa por la siguiente relación:

$$\text{CONTRASTE} = \frac{B1 - B2}{B1} \times 100$$

DONDE; B1 = La más brillante de las dos zonas de contraste.
B2 = La más oscura de las dos zonas de contraste.

El contraste entre la impresión de esta página y su fondo blanco es considerable, si suponemos que el papel tiene

una reflectancia del 80% y que la impresión la tiene del 10%, el contraste sería;

$$\frac{80 - 10}{80} \times 100 = \frac{70}{80} \times 100 = .87\%$$

Tiempo de Percepción.

La visión no es un proceso instantáneo, requiere de tiempo, se puede recurrir al ejemplo clásico de la cámara fotográfica para ilustrarlo, es posible tomar una fotografía con una luz -- muy tenue si la exposición es suficientemente larga, pero para una exposición rápida es necesario emplear una gran cantidad de luz.

El ojo puede ver detalles, muy pequeños con niveles bajos de iluminación, si se da tiempo suficiente y se prescinde de la fatiga visual, pero para una visión rápida se requiere de más luz.

El factor tiempo es importante, en particular cuando el objeto visual está en movimiento.

Los niveles altos de iluminación hacen de hecho, que los objetos en movimiento parezcan moverse más lentamente, lo que aumenta en gran medida su visibilidad.

El movimiento de un objeto determinado, del observador o de ambos, disminuye el umbral de percepción. La capacidad para establecer discriminaciones en tales circunstancias se llama agudeza visual dinámica y generalmente se expresa en grados de movimiento por segundo. La agudeza decrece rápidamente --- cuando la proporción de movimiento pasa de los 60° por segundo.

Luminancia o brillo fotométrico.

Uno de los factores primordiales para la visibilidad es la luminancia o brillo fotométrico, aunque en el lenguaje ordinario se usa frecuentemente la palabra brillo.

La luminancia de un objeto depende de la intensidad de la luz que incide sobre él y de la proporción de ésta, que se refleja en dirección al ojo. Una superficie blanca tendrá un brillo mucho mayor que la misma iluminación sin embargo, añadiendo suficiente luz a una superficie oscura, es posible hacerla tan brillante como una blanca. Cuanto más oscuro es un objeto o una labor visual, más grande es la iluminación necesaria, para conseguir el brillo.

El ojo ve brillo, no iluminación, todos los objetos visibles tienen brillo, que por lo general es independiente de la distancia de observación.

La acción de leer, por ejemplo depende de poder distinguir la brillantez entre la tinta y el papel en que está escrito.

El brillo se puede expresar en candelas por metro cuadrado o en lamberts por pulgada cuadrada.

La fórmula para la medición de la luminancia o brillo es la siguiente:

$$B = \frac{E \cdot R}{10}$$

Donde: B = Brillo en lamberts.

E = Nivel de iluminación en lux.

R = Porcentaje de reflexión de la superficie reflectora difusa.

En base a la siguiente tabla que, muestra una escala de luminancias óptimas para un alumbrado interior en candelas por metro cuadrado, se puede evaluar la luminancia en diferentes zonas de un local.

cd/ m ² .			
10 000	}	Máxima sensibilidad de contraste.	
- 5 000		Luminancia permisible en luminarias.	
- 2 000			
- 1 000			
- 500	}	Luminancia preferida en tareas visuales	
- 200			
- 100		Luminancia preferida en paredes y techos	
- 50			
- 20		Visibles	
- 10		Satisfactoriamente	
- 5		}	Rasgos del Rostro humano.
- 2				Apenas Visibles
- 1		Luminancia recomendada en alumbrado público.	

Reflexión.

Cuando una superficie devuelve un rayo de luz que incide sobre ella, se dice que el rayo es reflejado.

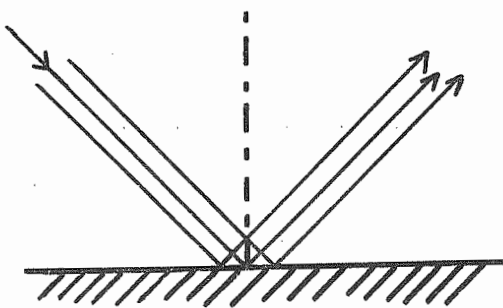
La reflexión de la luz puede ser de varios tipos: especular, - que es la más común, en donde el ángulo entre el rayo reflejado y la normal a la superficie de reflexión es igual al ángulo entre el rayo incidente y la normal.

El conjunto de rayos reflejados forma una imagen del objeto - reflejado en las superficies. Las superficies capaces de re- reflejar especularmente en iluminación son los espejos o mate- riales análogos a ellos como el aluminio, láminas de cromo, - plata o plásticos aluminizados, etc.

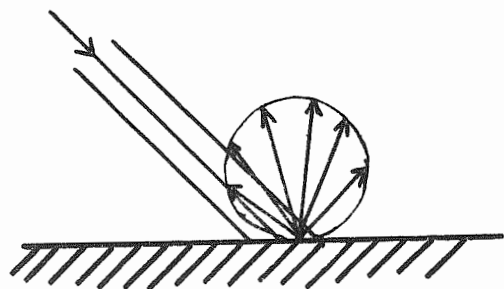
La reflexión difusa se dá cuando una superficie es rugosa o - está compuesta de partículas minúsculas reflectantes, como en una superficie cristalina, en la reflexión difusa, las partí- culas actúan como reflectores especulares, pero como la super- ficie de cada una de ellas está orientada según planos dife- rentes, aparece la luz reflejada con diferentes ángulos. Los papeles mate y los techos de yeso, son ejemplos de superfi- - cies que producen unas superficies totalmente difusas.

En las reflexiones mixtas, muchos materiales actúan como re- flectores compuestos, es decir, su reflexión no es especular ni difusa, sino una combinación de ambas. Por ejemplo, un re- flector difuso cubierto con una delgada capa de barniz trans- parente actuará como reflector casi difuso con ángulos peque- ños de incidencia y como reflector más bien especular con án- gulos grandes.

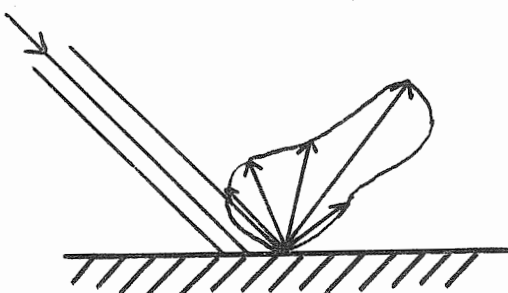
REFLEXION ESPECULAR



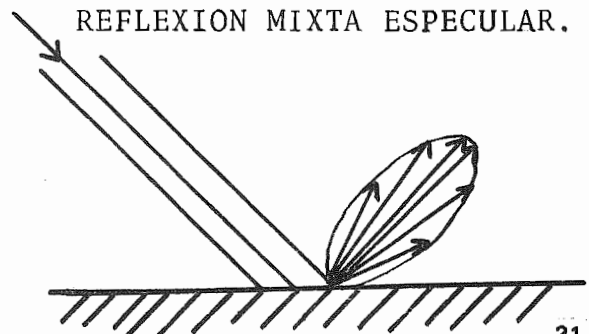
REFLEXION DIFUSA



REFLEXION MIXTA DIFUSA



REFLEXION MIXTA ESPECULAR.



El porcentaje de reflexión es la relación entre la luz reflejada por una superficie y la luz incidente sobre ella.

El porcentaje de reflexión de una superficie dada puede variar considerablemente de acuerdo con la dirección y la naturaleza de la luz incidente. La reflexión especular aumenta con el ángulo de incidencia, hasta obtenerse una casi total reflexión con ángulos rasantes. En el caso de superficies coloreadas puede ser distinto el factor de reflexión para diferentes colores. Un objeto coloreado no devuelve más que las radiaciones correspondientes a su propio color. Se origina por este fenómeno del color una absorción y una disminución del factor de reflexión propio del objeto.

Esto es determinante para la iluminación de un local, si se tiene una iluminación dada en un local y el color de las paredes, pisos, techo, muebles, etc., está absorbiendo un gran porcentaje de luz, se tendrá que aumentar el nivel de iluminación, ya que el porcentaje de luz absorbida por los colores se pierde, aunque la solución no esté en la colocación de metales pulimentados con calidad de espejo, ni en los muros pintados de blanco, sino en tener superficies claras de un factor de reflexión elevado.

En las siguientes tablas se muestran diversos materiales para acabados y sus porcentajes de reflexión y en la otra tabla se muestran los principales colores usados en paredes, techos o señales y sus porcentajes de reflexión.

Estas tablas son a manera de muestra, ya que hay infinidad de materiales y colores que se aplican en los acabados de interiores.

Materiales - Acabados.

Mármol Blanco	.....	80 %
Loza blanca	.....	70 %
Ladrillo blanco	.....	62 %
Cemento blanco	.....	40 %
Ladrillo amarillo	.....	45 %
Ladrillo rojo	.....	20 %
Cemento rojizo	.....	30 %
Aluminio mate	.....	70 a 90 %
Plata pulimentada	.....	90 a 92 %
Cromo pulimentado	.....	63 a 66 %
Pizarra	.....	10 a 15 %
Chapa de zinc sucia	.....	8 a 20 %
Asfalto	.....	8 a 12 %

Colores Principales.

Blanco	.....	65 a 80 %
Crema	.....	55 a 70 %
Amarillo paja	.....	55 a 70 %
Amarillo	.....	45 a 60 %
Oro viejo	.....	35 a 40 %
Verde oscuro	.....	10 a 30 %
Azul claro	.....	30 a 50 %
Azul	.....	10 a 25 %
Azul oscuro	.....	5 a 15 %
Negro	.....	3 a 10 %

Se puede realizar una medida aproximada del porcentaje de reflexión de una superficie mate con un luxómetro. La celda se coloca de cara a la superficie y se retira lentamente a unos 5 a 15 cm., hasta que la lectura (A) del aparato permanezca constante; con la celda orientada en sentido contrario, se efectúa una segunda lectura (B) con el fin de medir la luz incidente, la división entre las dos lecturas da un valor aproximado del porcentaje de reflexión de la superficie.

Fórmula:

$$\text{REFLEXION \%} = \frac{\text{LECTURA A}}{\text{LECTURA B}} \times 100$$

La iluminación que resulta de la luz procedente de varias direcciones, en oposición a la luz que procede de una sola dirección, se llama difusa. La difusión está en función del número y tamaño físico de las fuentes de luz que contribuyen a la iluminación de un punto determinado y se evalúan por la ausencia de sombras.

El grado de difusión deseable depende del tipo de trabajo que se ha de realizar. La luz perfectamente difusa es ideal para muchos trabajos que requieren buena visión, como por ejemplo en el local donde hay maquinaria, es necesaria una luz muy difusa para evitar las molestas reflexiones especulares. Por otro lado hay diversas situaciones donde es conveniente la iluminación dirigida, por ejemplo: las irregularidades de las superficies que son casi invisibles con luz difusa, pueden apreciarse fácilmente con luz dirigida desde un ángulo rasante, algunos detalles se ven más rápido mediante deslumbramiento o por reflexión especular, ya que en pequeñas zonas pasarían inadvertidos con luz completamente difusa, la luz direccional es deseable para llamar la atención sobre áreas a destacar, como sería el caso de las señalizaciones de un local, o para romper la visión monótona y sin interés que resulta de un alumbrado completamente difuso.

Las superficies de gran reflexión ayudan a reducir las diferencias de brillo entre el punto de trabajo y los alrededores, así como la existente entre el equipo de alumbrado y el fondo sobre el que se ve.

La distribución general de la luz en un local no comprende -- solamente la colocación y control de las fuentes de luz, sino que también influyen la reflexión de las paredes, techos, pisos y otras superficies del local, ligado a este concepto se ha creado el "coeficiente de utilización", que no es más que el porcentaje de luz que es reflejado, en conjunto, por las superficies del local con el fin de contribuir al correcto -- aprovechamiento de la luz en un local, es aconsejable el utilizar paredes, techos o cualquier otra superficie clara, aunque las fuertes reflexiones en el campo visual se pueden convertir en fuentes de deslumbramiento por reflejos. Por lo tan to se puede concluir que las reflexiones de un local aumentan, por lo general del suelo al techo. A continuación se dan los porcentajes medios de reflexión recomendados para un local.

TECHO	.....	80-90 %
PAREDES	.....	40-60 %
CORTINAS	.....	40-60 %
SUPERFICIES		
MESAS	.....	25-45 %
MUEBLES	.....	25-45 %
MAQUINAS	.....	25-45 %
PISOS	.....	20-40 %

Deslumbramiento.

Un exceso de luz que llega a los ojos, en desproporción con - el esfuerzo que se está realizando produce un deslumbramiento que disminuye la visibilidad del objeto que se está viendo y aumenta la molestia y la fatiga.

El deslumbramiento puede ser provocado directamente por un foco, la visión directa del sol, la de un faro de automóvil en la noche, o por una superficie de luminancia excesiva, y es - lo que llamaríamos deslumbramiento intolerable, aunque puede ser éste menos directo y lastimoso y es al que llamaríamos --

deslumbramiento incómodo, como sería el causado por una pared blanca intensamente iluminada o la de una lámpara fluorescente en la periferia del campo visual. Pero así como el deslumbramiento intolerable que se revela al instante por sí solo y rápidamente nos obliga a corregirlo, también el deslumbramiento incómodo debe suprimirse en la planeación de una iluminación correcta.

Los fenómenos de deslumbramiento, son en su mayor parte fenómenos de contrastes, el faro de un automóvil que nos deslumbra bruscamente en la noche, no atrae siquiera nuestra mirada si está encendido en pleno día.

Como es difícil evaluar matemáticamente los distintos factores del deslumbramiento, se han establecido ciertos parámetros determinantes para su corrección.

1. Brillo de la fuente, cuanto mayor sea éste, mayor será la molestia y la interferencia con la visión.
2. Tamaño de la fuente, expresado en función del ángulo subtendido por el ojo, un área grande de bajo brillo, como un panel luminoso o un cierto número de luminarias de bajo brillo, pueden ser tan molestas como una sola fuente pequeña de alto brillo.
3. Posición de la fuente de luz, el deslumbramiento decrece rápidamente a medida que, la fuente se aparta de la línea de visión, una luminaria suspendida en el campo de la visión produce mayor deslumbramiento que una montada por encima del ángulo visual normal.
4. Contraste de brillo, cuanto mayor es el contraste de brillo, entre una fuente que deslumbre y sus alrededores, mayor será el efecto de deslumbramiento.

5. Tiempo. Una exposición a la luz que puede no ser molesta - durante un corto espacio de tiempo, puede resultar muy molesta y fatigosa para una persona que tenga que trabajar - en tales condiciones durante 8 horas al día.

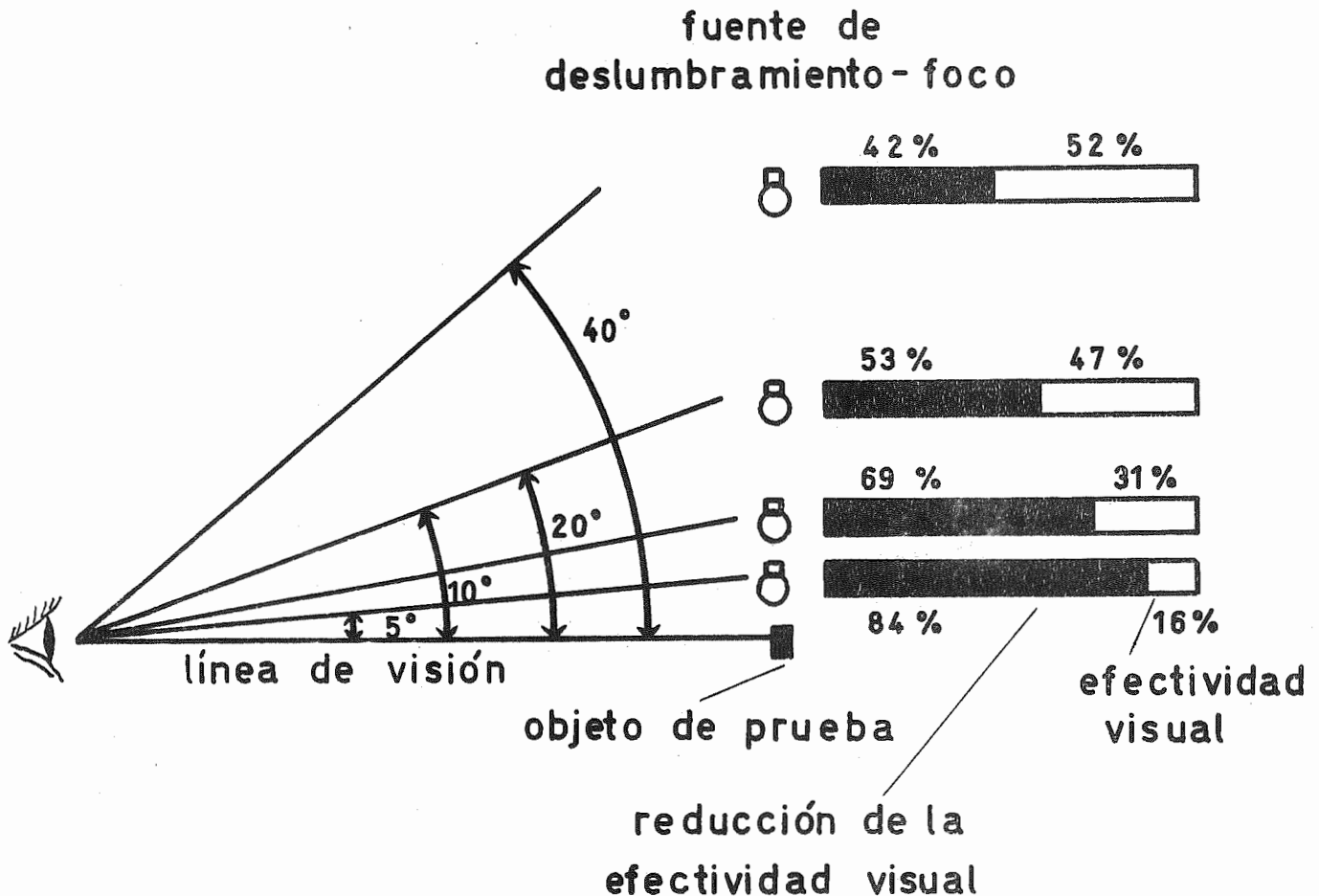
Un estudio sobre el deslumbramiento en una instalación luminosa implica no sólo el brillo intrínseco de las lámparas, sino también otras características, por ejemplo: los brillos de -- lámparas que son agradables en una pequeña oficina, donde las lámparas están fuera del campo de visión, pueden ser excesi-- vos en locales donde las lámparas estén más alejadas y queden próximas a la línea de visión, también las lámparas que indi-- vidualmente no tienen un brillo desagradable, pueden ser mo-- lestas si se montan en grandes grupos, formando una sensación desagradable, esto ocurre cuando se colocan algunos tipos de lámparas, fluorescentes a lo largo de la línea de visión, en locales grandes con techos relativamente bajos.

Cuando se han de colocar lámparas para una visión crítica, es importante para la buena visibilidad que las luminarias del - techo estén entre los 45° - 85° , desde la vertical, y los niveles de iluminación estén dentro de los límites prescritos.

Se ha hablado del deslumbramiento directo, cuando una luz --- llega directamente de la fuente al ojo, o de una superficie brillante situada dentro del campo de visión, pero cuando la imagen de una fuente de luz o de cualquier objeto de mucho -- brillo es reflejada: por una superficie especular en la di-- rección del ojo, se puede crear un deslumbramiento reflejado que puede ser tan incómodo y molesto como el directo. Las su-- perficies brillantes pueden ser fuentes de deslumbramiento -- reflejado, y como la reflexión especular es direccional, se - puede impedir el deslumbramiento mediante la colocación de la fuente de luz, la superficie de trabajo o la persona que rea-

liza éste, de tal manera que la luz reflejada no incida en el ojo.

Los efectos causados por el deslumbramiento, han quedado aclarados en un estudio que se hizo con un conjunto de personas - que se sometieron a la siguiente prueba: con una lámpara de filamento de tungsteno de 100 w que ocupaba diversas posiciones dentro del campo de visión, la prueba consistía en la colocación de bloques paralelos de diferentes tamaños y contrastes respecto al fondo. La causa del deslumbramiento, o sea la lámpara, variaba de posición en relación con la línea de visión, siendo estas posiciones de 5°, 10°, 20° y 40° respecto a la línea de visión, tal como se indica en el esquema siguiente:



Otras investigaciones realizadas sobre el deslumbramiento y -- relacionadas con los grados de comodidad, incomodidad y aspectos subjetivos de las personas, han generado las siguientes normas, que podrán ayudar a resolver los problemas de una correcta planeación en las iluminaciones internas.

1. Forma y dimensiones del local.
2. Reflexiones de las superficies del local.
3. Niveles de iluminación.
4. Tipos de lámparas, dimensiones y distribución de la luz.
5. Número y colocación de las luminarias.
6. Luminancia de todo el campo de visión.
7. Posiciones de los observadores respecto a la línea de visión.
8. Implementos y accesorios . Y uno complementario.
9. Que se puede referir a las apreciaciones subjetivas de cada persona con respecto al deslumbramiento.

Las ventanas pueden producir un inmenso caudal de iluminación, y por lo tanto también un alto grado de deslumbramiento, de modo que hay que diseñar ventanas que en el día proporcionen una correcta iluminación, ventilación, sean panorámicas y provoquen un deslumbramiento mínimo. Para reducir el deslumbramiento en una instalación luminosa se deben tomar en cuenta los siguientes puntos:

1. Escoger focos de luz con bajo nivel de deslumbramiento.
2. Reducir la luminancia de las lámparas, por ejemplo; utilizando varios focos con baja intensidad de luz.
3. Situar las lámparas lo más lejos posible de la línea de visión. La iluminación en luxes, medida en el plano del ojo, debe reducirse a una fracción de la que suministremos al objetivo visual.

4. Aumentar la luminancia de las áreas alrededor de las lámparas que provocan el deslumbramiento, de modo que la proporción de luminancia -brillo- sea menor.
5. Utilizar pantallas protectoras, luminarias, visores, etc., ahí donde el foco de deslumbramiento sea crítico y no pueda reducirse.
6. Colocar las ventanas a cierta distancia del suelo.
7. Construir un voladizo exterior por encima de la ventana.
8. Colocar luces cerca de las ventanas, a fin de reducir el contraste con la luz procedente de la ventana.
9. Colocar lámparas con luz difusa o indirecta.
10. Emplear superficies que ayuden a difuminar la luz, como superficies de pintura lisa, papeles mate, acabados acanalados en máquinas de oficina y evitar el uso de metales o superficies brillantes.

Después de haber analizado las condiciones externas al individuo -en función de la luz- que afectan la discriminación visual, analizaremos también otros factores que intervienen en dicha discriminación, pero con la diferencia de que han sido desarrollados por el hombre, y ellos son: la fotometría, los niveles de iluminación, tipos de lámparas, tipos de luminarias y la colocación de dichas luminarias.

Fotometría.

Podemos definir la fotometría como la técnica para la medición de cantidades relacionadas con las radiaciones luminosas,

que son evaluadas de acuerdo con los efectos visuales producidos y basadas en ciertas normas comunmente aceptadas.

El instrumento básico que se utiliza para la medición de la luz es el luxómetro o fotómetro, los cuales llevan incorporadas células fotosensibles a la luz. La respuesta espectral de éstos elementos es distinta de la del ojo humano, por lo cual deben introducirse las correcciones necesarias, bien sea utilizando filtros correctores o mediante factores de corrección.

Las magnitudes más importantes a medir son:

- Intensidad luminosa.
- Flujo luminoso.
- Iluminancia.

Intensidad luminosa, cuyo símbolo es I , si se observan los diferentes cuerpos luminosos se nota inmediatamente que la cantidad de luz que emiten no es la misma en todos ellos; es notorio que el sol emite más luz que un arco eléctrico, éste más que un foco incandescente, éste más que una vela, y ésta más que una luciérnaga.

Esta característica de los cuerpos luminosos, recibe el nombre de intensidad luminosa y para medirla, la unidad usada en el sistema internacional es la candela -cd-, que es la cantidad física básica en todas las medidas de luz, las demás unidades se derivan de ella, y se puede definir como: La intensidad luminosa emitida por una abertura de $1/60$ cm²., practicada en un recinto que se encuentra a la temperatura de la solidificación del platino - 2047°K , una vela corriente de cera -- tiene en dirección horizontal una intensidad luminosa de ---- aproximadamente una candela.

4. Aumentar la luminancia de las áreas alrededor de las lámparas que provocan el deslumbramiento, de modo que la proporción de luminancia -brillo- sea menor.
5. Utilizar pantallas protectoras, luminarias, visores, etc., ahí donde el foco de deslumbramiento sea crítico y no pueda reducirse.
6. Colocar las ventanas a cierta distancia del suelo.
7. Construir un voladizo exterior por encima de la ventana.
8. Colocar luces cerca de las ventanas, a fin de reducir el contraste con la luz procedente de la ventana.
9. Colocar lámparas con luz difusa o indirecta.
10. Emplear superficies que ayuden a difuminar la luz, como -- superficies de pintura lisa, papeles mate, acabados acanalados en máquinas de oficina y evitar el uso de metales o superficies brillantes.

Después de haber analizado las condiciones externas al individuo -en función de la luz- que afectan la discriminación visual, analizaremos también otros factores que intervienen en dicha discriminación, pero con la diferencia de que han sido desarrollados por el hombre, y ellos son: la fotometría, los niveles de iluminación, tipos de lámparas, tipos de luminarias y la colocación de dichas luminarias.

Fotometría.

Podemos definir la fotometría como la técnica para la medición de cantidades relacionadas con las radiaciones luminosas,

que son evaluadas de acuerdo con los efectos visuales producidos y basadas en ciertas normas comunmente aceptadas.

El instrumento básico que se utiliza para la medición de la luz es el luxómetro o fotómetro, los cuales llevan incorporadas células fotosensibles a la luz. La respuesta espectral de éstos elementos es distinta de la del ojo humano, por lo cual deben introducirse las correcciones necesarias, bien sea utilizando filtros correctores o mediante factores de corrección.

Las magnitudes más importantes a medir son:

- Intensidad luminosa.
- Flujo luminoso.
- Iluminancia.

Intensidad luminosa, cuyo símbolo es I , si se observan los diferentes cuerpos luminosos se nota inmediatamente que la cantidad de luz que emiten no es la misma en todos ellos; es notorio que el sol emite más luz que un arco eléctrico, éste más que un foco incandescente, éste más que una vela, y ésta más que una luciérnaga.

Esta característica de los cuerpos luminosos, recibe el nombre de intensidad luminosa y para medirla, la unidad usada en el sistema internacional es la candela -cd-, que es la cantidad física básica en todas las medidas de luz, las demás unidades se derivan de ella, y se puede definir como: La intensidad luminosa emitida por una abertura de $1/60 \text{ cm}^2$, practicada en un recinto que se encuentra a la temperatura de la solidificación del platino - 2047°K , una vela corriente de cera tiene en dirección horizontal una intensidad luminosa de ---- aproximadamente una candela.

La intensidad luminosa varia mucho de unos cuerpos luminosos a otros, por ejemplo: la de un foco incandescente de 40 watts es de 40 candelas; la de una lámpara fluorescente de 40 watts es de 350 candelas, la de una vela de una candela, mientras - que la de una luciérnaga es de unos cuantos milésimos de candela.

La intensidad luminosa se emplea no sólo para indicar la intensidad de una fuente en una determinada dirección, sino que frecuentemente se toman medidas de la potencia en candelas -- desde distintos ángulos alrededor de la fuente luminosa o lámpara, y se representan gráficamente los resultados para obtener la curva de distribución luminosa. Esta curva muestra la intensidad luminosa en cualquier dirección, y a partir de --- ella pueden hacerse cálculos de iluminación.

Pueden conseguirse estimaciones aproximadas de la intensidad luminosa de una fuente de luz o lámpara:

1. Colocando un luxómetro a una distancia mínima de cinco veces la dimensión máxima de la lámpara.
2. Orientando la celda del luxómetro directamente hacia la -- luminaria, y
3. Multiplicando la lectura efectuada en lux por el cuadrado de la distancia en metros, no debe existir otra luz en la habitación y además puede que sea necesario efectuar una - corrección por la luz reflejada en las paredes y el techo.

Fórmula básica para medir la intensidad luminosa:

$$I = E \times D^2$$

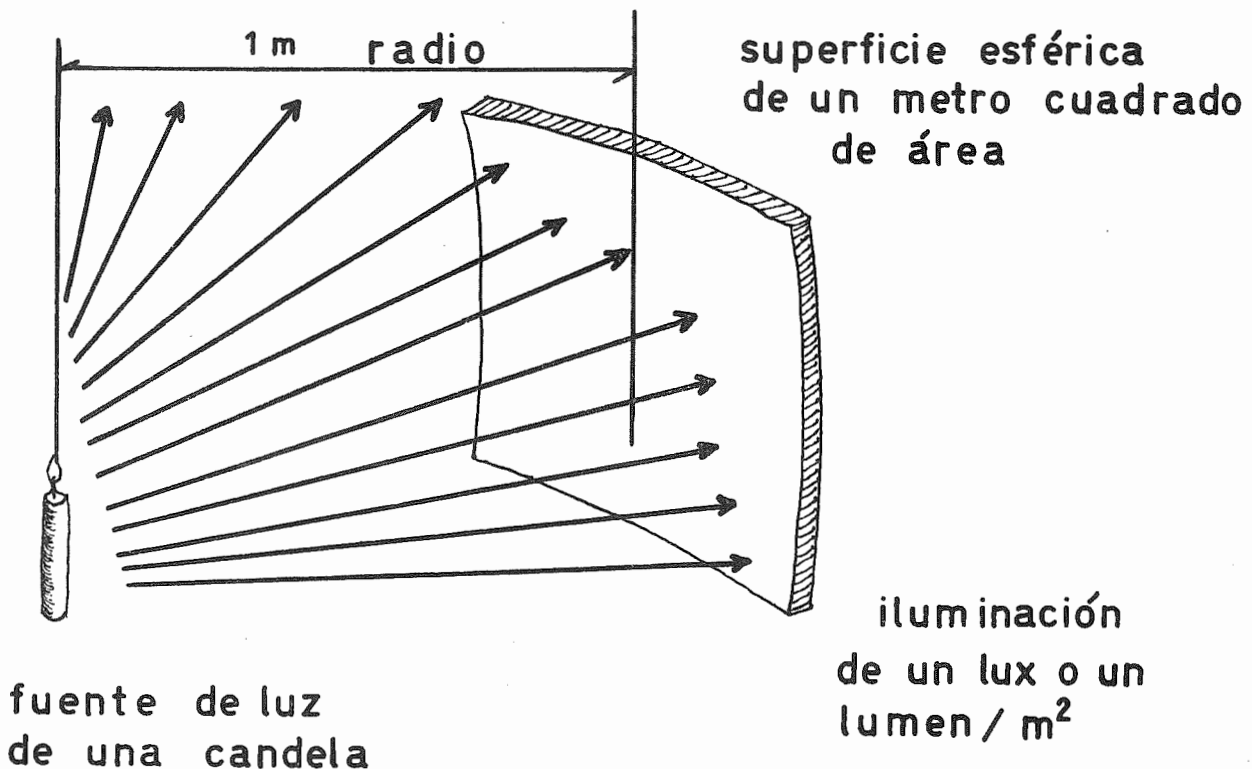
Donde: I = Intensidad luminosa en candelas.
E = Nivel de iluminación en lux.

D = Distancia en metros desde la fuente luminosa a la superficie iluminada.

Flujo luminoso - cuyo símbolo Φ , es la luz emitida por unidad de tiempo. La luz es una forma de energía radiante en movimiento, aunque generalmente el factor tiempo suele desconocerse.

Un lumen -lm- es el flujo de luz que incide sobre una superficie de un metro cuadrado, cuya totalidad de puntos iluminados diste 1 metro de una fuente luminosa puntual que tenga -- una intensidad luminosa de una candela en todas direcciones.

Esta superficie es una sección de 1 m². de una esfera de un metro de radio, en cuyo centro se encuentra una fuente puntual uniforme de una candela.



La diferencia entre el lumen y la candela reside en que aquel es una medida del flujo luminoso, independientemente de la -- dirección, los lúmenes sirven para expresar cantidades de flujo luminoso como: la emisión total de una fuente, la emisión en una zona angular determinada, por un objeto. El método general de los lúmenes para calcular el nivel de iluminación, - se basa en el flujo luminoso emitido por las fuentes de lux y la distribución del mismo dentro de la zona considerada.

La cantidad de lúmenes que inciden sobre una superficie, puede evaluarse con la ayuda de un luxómetro. Para ello se obten--- drán en primer lugar las lecturas en lux en varios puntos de la superficie, con objeto de encontrar un valor promedio, y - se multiplica este valor promedio por el área en metros cua-- drados.

Fórmula básica para medir el flujo luminoso:

$$\emptyset = E \times S$$

Donde: \emptyset = Flujo luminoso en lúmenes.
 E = Nivel de iluminación en lux.
 S = Superficie en metros cuadrados.

Fórmula para medir los lúmenes emitidos o reflejados por una superficie difusora:

$$\emptyset = B \times S$$

Donde: \emptyset = Flujo luminoso.
 B = Brillo fotométrico - Lamberts.
 S = Superficie en metros cuadrados.

Iluminancia. Cuyo símbolo es E, en la práctica diaria, más --

importante que la intensidad luminosa, es la iluminación, o sea la luz que reciben los cuerpos ya que si se enciende una lámpara es para iluminar el libro que se lee, el torno donde se trabaja o una señal determinada. El fenómeno de la iluminación, depende de dos factores; la intensidad luminosa de la fuente de luz y la distancia a que se encuentra del objeto iluminado.

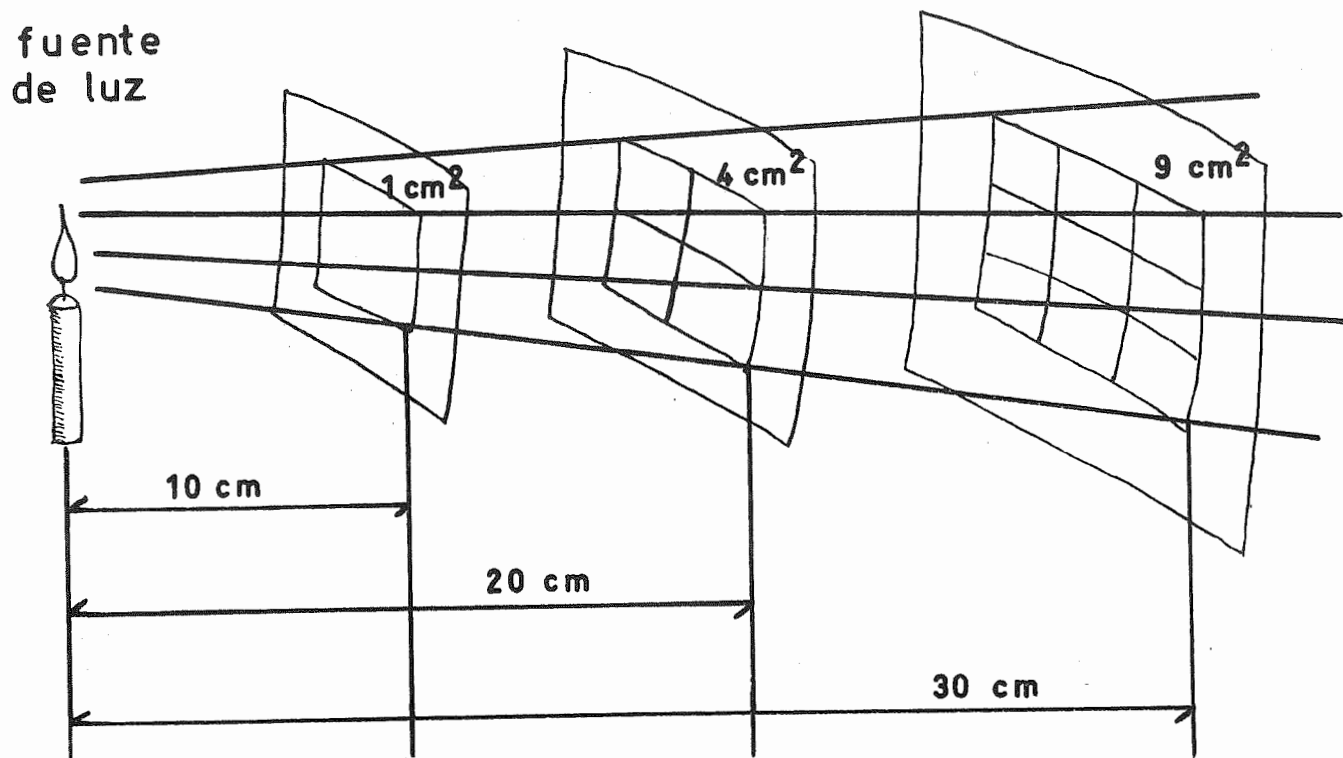
Si se ilumina un cuerpo con diferentes lámparas, colocadas a la misma distancia de él, se llega a la conclusión de que la iluminación que reciben los cuerpos es directamente proporcional a la intensidad luminosa del cuerpo que los ilumina; es decir, si la intensidad aumenta, la iluminación aumenta; mientras que si la intensidad disminuye, la iluminación disminuye.

Para determinar la influencia que tiene la distancia a que se encuentra el cuerpo luminoso del cuerpo iluminado se puede hacer la siguiente prueba; frente a un foco luminoso, se coloca una pantalla de 10 cm., con un agujero cuadrado de 1 centímetro, por lado, en seguida se coloca otra pantalla a 20 cm., del foco luminoso. El área en que se distribuye la luz que pasa por el agujero cuadrado de la primera, es de 4 cm². finalmente, se coloca una última pantalla a 30 cm., del foco luminoso y se mide de nuevo el área en que se distribuye la luz que pasa por el agujero cuadrado de la primera pantalla y se encuentra que es de 9 cm².

Teniendo en cuenta los resultados de la prueba anterior, se notará que la misma cantidad de luz que ilumina 1 cm²., a 10 cm. de la fuente luminosa, se distribuye en una superficie de 4 cm²., cuatro veces mayor, por lo que la iluminación es cuatro veces menor, cuando la superficie se encuentra a una distancia doble, 20 cm., lo mismo que en una superficie de 9 cm²., nueve veces mayor, por lo que la iluminación es nueve veces menor, cuando la superficie se encuentra a una dis--

tancia triple, o sea 30 cm.

De lo anterior resulta la "Ley de la inversa de los cuadrados" que dice que la iluminación es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia entre la fuente de luz y la superficie iluminada.



Por lo tanto podemos decir que; la iluminancia -E- es la densidad de flujo luminoso sobre una superficie, su unidad de medición es el lux-Lx.

Un lux es la iluminación en un determinado punto, sobre una superficie que dista, en dirección perpendicular, un metro de una fuente puntual de una candela, por lo que se puede mencionar que la siguiente fórmula sirve para medir la iluminancia

en una superficie determinada:

$$E = \frac{I}{D^2}$$

Donde:

E = Iluminancia en lux.

I = Intensidad luminosa en candelas.

D = Distancia de la fuente luminosa a la superficie.

En esta fórmula se entiende que la superficie receptora es -- perpendicular al rayo de luz. Si esta superficie está inclinada en un número X de grados de la línea perpendicular -la normal-, entonces se aplica la siguiente:

$$E = \frac{I \text{ Cos (Ang. x)}}{D^2}$$

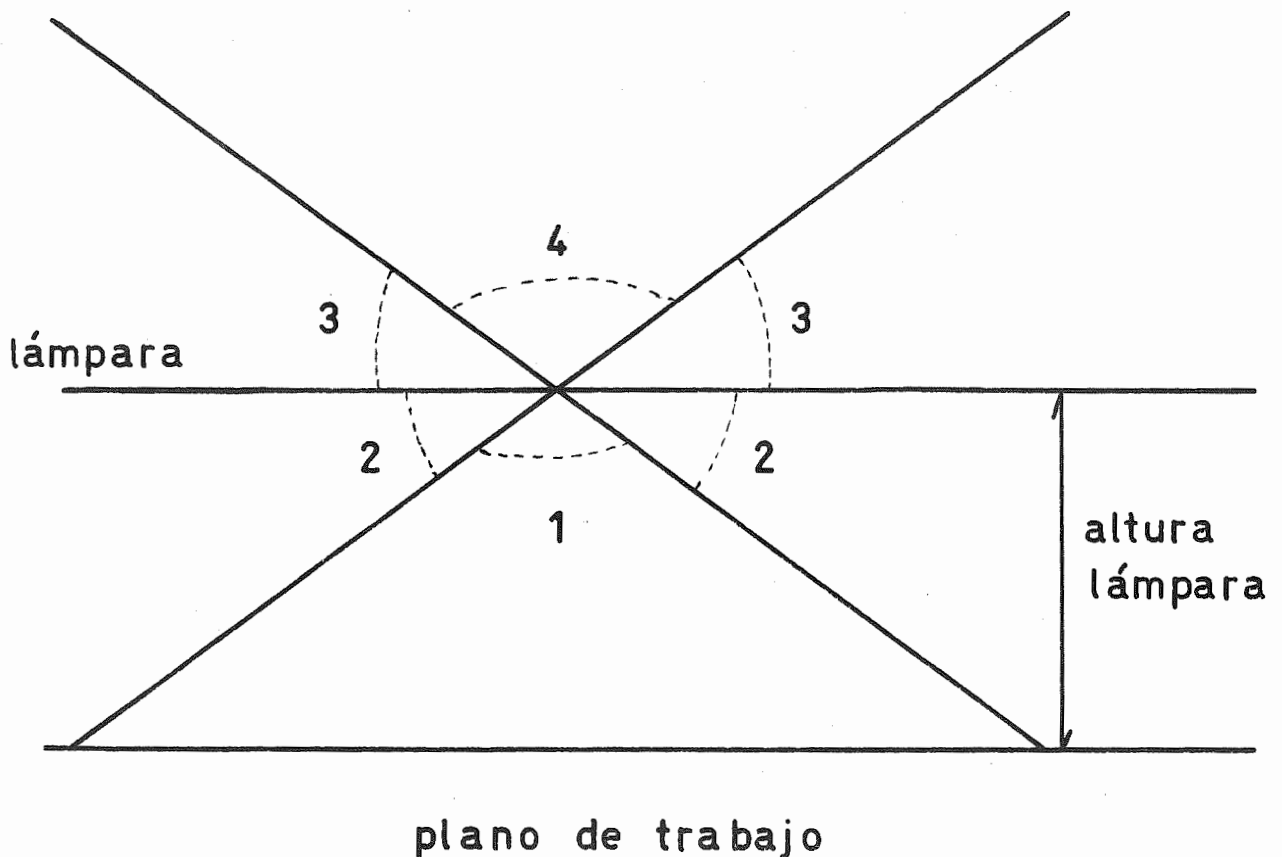
Por lo tanto, un lux no es sólo la iluminación producida por una candela a un metro de distancia, sino también es un lumen incidente sobre una superficie de un metro cuadrado, o sea un lumen por metro cuadrado.

El concepto de lumen permite calcular la iluminación promedio proveniente de múltiples fuentes luminosas, aumentada o disminuida por la reflexión de los techos, paredes, pisos, máquinas, etc., para un cálculo más exacto de la iluminancia de un local, se han desarrollado varios factores de los que hablaremos, y aplicaremos en el cálculo de la iluminancia.

El coeficiente de utilización que va relacionado con el tamaño del local, configuración, reflexiones y la eficiencia de las lámparas, parte del flujo luminoso emitido por una lámpara que es absorbido por la luminaria en la cual está instalada y no contribuye a incrementar el nivel de iluminación del

local, el resto del flujo de la lámpara es radiado una parte hacia arriba y otra hacia abajo, es decir, por encima y por debajo de un plano horizontal que pase por el centro de la lámpara.

La parte de flujo radiada directamente sobre el plano de trabajo es la que contribuye en mayor medida a incrementar el nivel de iluminación. Solamente una parte del flujo luminoso dirigido hacia el techo y las paredes se convierte en flujo útil en el plano de trabajo, algunas veces después de varias reflexiones.



DISTRIBUCION DEL FLUJO LUMINOSO EMITIDO POR LAS LAMPARAS.

1. Flujo radiado directamente hacia el plano de trabajo.
2. Flujo dirigido hacia las paredes por debajo de la lámpara.

3. Flujo dirigido hacia las paredes por encima de la lámpara.
4. Flujo dirigido hacia el techo.

El coeficiente de utilización del plano de trabajo es la relación entre la iluminación media en él y el flujo luminoso instalado por metro cuadrado.

Este coeficiente depende de:

- La distribución luminosa de la lámpara.
- El rendimiento de la lámpara.
- Las reflexiones del techo, paredes y el plano de trabajo.
- El índice del local -K-.
- La disposición de las lámparas en el local.

En la siguiente tabla, elaborada por la compañía "Philips", se dan los coeficientes de utilización en función del índice del local y de las diferentes reflexiones del techo, paredes y pisos, esta tabla se ha calculado para una distribución de luminarias como se muestra en los siguientes esquemas:

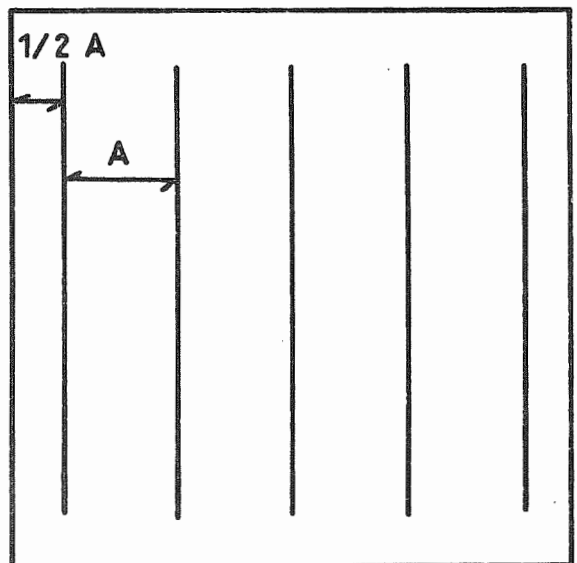
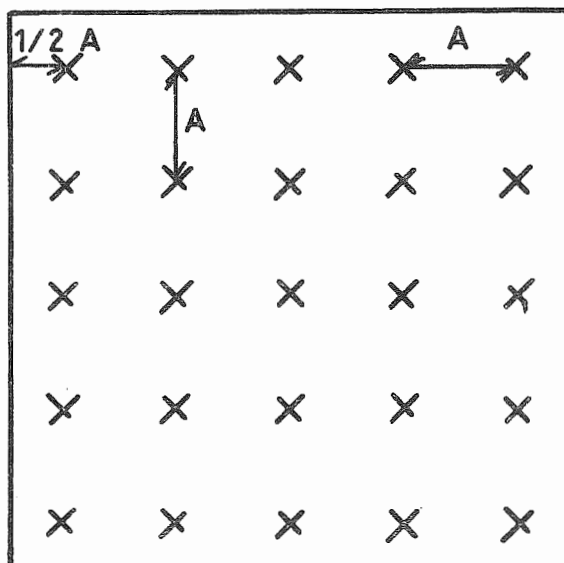


TABLA COEFICIENTE DE UTILIZACION

TECHOS PAREDES PISOS

E	K	70						50						30						0 0 0	DR	BZ
		50		30		10		50		30		10		50		30		10				
		50	30	10	50	30	10	50	30	10	50	30	10	50	30	10	50	30	10			
0.60 0.80 1.00 1.25 1.50 2.00 2.50 3.00 4.00 5.00	0.60	.35	.30	.27	.34	.30	.27	.30	.27	.37	.31	.27	.36	.31	.27	.30	.27	.26	.37	3		
	0.80	.42	.38	.34	.41	.37	.34	.37	.34	.45	.39	.35	.43	.38	.35	.30	.34	.33	.47	3		
	1.00	.47	.43	.39	.46	.42	.39	.42	.39	.50	.45	.41	.49	.44	.40	.43	.39	.37	.54	3		
	1.25	.52	.47	.44	.51	.47	.44	.46	.44	.55	.50	.46	.54	.49	.45	.48	.44	.42	.61	3		
	1.50	.55	.51	.48	.54	.50	.47	.49	.47	.60	.54	.50	.57	.53	.49	.51	.48	.46	.65	3		
	2.00	.59	.56	.53	.58	.55	.53	.54	.52	.65	.61	.57	.62	.58	.55	.56	.53	.50	.72	3		
	2.50	.62	.59	.57	.61	.58	.56	.57	.55	.69	.65	.61	.66	.62	.59	.60	.57	.54	.77	3		
	3.00	.64	.61	.59	.63	.60	.58	.59	.58	.72	.68	.65	.68	.65	.62	.62	.60	.56	.80	3		
	4.00	.67	.64	.63	.65	.63	.62	.62	.61	.75	.72	.69	.71	.68	.66	.65	.63	.59	.85	4		
	5.00	.68	.66	.65	.67	.65	.64	.64	.63	.78	.75	.72	.73	.71	.69	.67	.66	.61	.87	4		
0.60 0.80 1.00 1.25 1.50 2.00 2.50 3.00 4.00 5.00	0.60	.09	.05	.02	.09	.05	.02	.05	.02	.12	.06	.03	.11	.07	.03	.07	.03					
	0.80	.09	.05	.02	.09	.05	.02	.05	.02	.14	.08	.05	.13	.08	.05	.08	.05					
	1.00	.09	.05	.03	.09	.05	.03	.05	.03	.15	.10	.06	.14	.10	.06	.10	.06					
	1.25	.09	.06	.03	.09	.06	.03	.06	.03	.16	.12	.08	.16	.11	.08	.11	.08					
	1.50	.09	.06	.04	.09	.06	.04	.06	.04	.17	.13	.10	.17	.12	.09	.12	.09					
	2.00	.09	.06	.04	.09	.06	.04	.06	.04	.19	.15	.12	.18	.14	.11	.14	.11					
	2.50	.09	.06	.05	.08	.06	.05	.06	.04	.20	.17	.14	.19	.16	.13	.15	.13					
	3.00	.08	.07	.05	.08	.07	.05	.06	.05	.21	.18	.15	.20	.17	.15	.16	.14					
	4.00	.08	.07	.06	.08	.07	.05	.07	.05	.22	.19	.17	.21	.18	.16	.17	.16					
	5.00	.08	.07	.06	.08	.07	.06	.07	.06	.23	.21	.19	.21	.20	.18	.18	.17					
0.60 0.80 1.00 1.25 1.50 2.00 2.50 3.00 4.00 5.00	0.60	.21	.17	.15	.21	.17	.15	.17	.15	.24	.20	.16	.23	.19	.16	.19	.16					
	0.80	.23	.19	.17	.22	.19	.17	.19	.17	.27	.23	.19	.26	.22	.19	.21	.19					
	1.00	.24	.21	.19	.24	.21	.18	.20	.18	.30	.25	.22	.28	.24	.21	.24	.21					
	1.25	.25	.22	.20	.25	.22	.20	.21	.20	.32	.28	.24	.30	.27	.24	.26	.23					
	1.50	.26	.23	.21	.25	.23	.21	.22	.21	.34	.29	.26	.32	.28	.25	.27	.25					
	2.00	.27	.25	.23	.26	.24	.22	.24	.22	.36	.32	.29	.34	.31	.28	.29	.27					
	2.50	.28	.26	.24	.27	.25	.24	.25	.23	.38	.34	.31	.35	.32	.30	.31	.29					
	3.00	.28	.26	.25	.27	.26	.24	.25	.24	.39	.36	.33	.36	.34	.31	.32	.30					
	4.00	.29	.27	.26	.28	.26	.25	.26	.25	.40	.38	.35	.38	.35	.33	.33	.32					
	5.00	.29	.28	.27	.28	.27	.26	.26	.26	.41	.39	.37	.38	.37	.35	.34	.33					

y que está en función de sus dimensiones y se calcula con la siguiente fórmula:

$$K = \frac{L \cdot A}{Hm (L + A)}$$

Donde:

L = Longitud de la sala

A = Ancho de la sala

Hm = Altura de montaje de las lámparas, distancia de la fuente de luz al plano de trabajo.

Para encontrar el coeficiente de utilización, primero es necesario encontrar el índice del local.

El factor de mantenimiento al que en E.U. se le llama factor de pérdida de luz, y se define como la relación entre la ilu

minación media en el plano de trabajo después de cierto período de uso, y la iluminación media de la misma en la nueva instalación.

Si no se dispone de una información específica de la depreciación de lámparas y luminarias, de las superficies del local y del programa de mantenimiento, pueden utilizarse los valores indicados en la siguiente tabla elaborada por la compañía "Philips".

Iluminancia recomendada	Flujo luminoso de la lámpara	Factor de mantenimiento de los lúmenes de la lámpara	Clasificación de la sala	Factor de mantenimiento según el grado de suciedad de las superficies de la sala y las luminarias	Factor de mantenimiento total
Valor de iluminancia en servicio	Valor a las 100 horas	0,9	limpio	0,9	0,8
			mediano	0,8	0,7
			sucio	0,7	0,6
Valor mínimo de iluminancia	Valor a las 100 horas	0,8	limpio	0,9	0,9
			mediano	0,8	0,8
			sucio	0,7	0,7
Valor mínimo de iluminancia	Valor a las 100 horas	0,8	limpio	0,85	0,7
			mediano	0,75	0,6
			sucio	0,6	0,5

FUENTE: MANUAL DE ALUMBRADO
"PHILIPS" pág. 2.8

Estos valores han sido establecidos para instalaciones con lámparas de iluminación directa y con una limpieza anual, sobre el mantenimiento de luminarias se hablará más adelante ya que hablamos de los factores que intervienen en el cálculo más exacto de la iluminancia de un local, mencionaremos su correspondiente fórmula, que nos servirá para conocer el nivel de iluminación medio de un local, en lux.

$$\text{Fórmula} \quad E \text{ media} = \frac{\emptyset \text{ total } C \text{ u } M}{A}$$

Donde:

- E = Iluminancia media del local en lux.
- \emptyset = Flujo luminoso de todas las lámparas en lumenes.
- Cu = Coeficiente de utilización.
- M = Factor de mantenimiento.
- A = Area del local.

El nivel de iluminación de un local viene dado en función de la iluminación media en el plano de trabajo, siendo éste un plano imaginario de .75 m. sobre el nivel del suelo para trabajar sentado y .85 m. de pie, en el caso de una señal gráfica sería la altura del plano sobre el cual se encuentra colocada la señal.

Para conocer el flujo luminoso de las lámparas se consultan los catálogos comerciales según la marca de las lámparas.

Para el cálculo del nivel de iluminación media en una superficie vertical, como es el caso de una pared, se calcula con la siguiente fórmula:

$$E \text{ media} = \frac{\emptyset \text{ total } Cu \text{ } M}{A}$$

Como se puede ver, la fórmula es igual a la anterior y lo único que cambia es el área de la superficie vertical, o sea la pared, y el coeficiente de utilización se localiza en la sección de paredes en la tabla de coeficientes.

Niveles de iluminación.

El nivel de iluminación se puede expresar como la cantidad de luz que llega a una determinada superficie, que la mayor parte de la veces es laboral y se expresa en lux.

El nivel de iluminación es sólo una de las características de una instalación luminosa, muchos otros factores entran en juego en la planeación de un ambiente visual satisfactorio; sin embargo, es obvio que sin un nivel de iluminación suficiente no se puede llevar a cabo ninguna tarea visual de un modo correcto, rápido, seguro y fácil.

No es fácil dar una base cierta para definir el nivel luminoso en cada caso de actividad. Mucho se ha investigado en este terreno a lo largo del tiempo, usando diversos métodos y distintos criterios de medida visual.

Investigaciones realizadas, posteriormente a 1958 han aportado nuevos datos básicos que se consideran más relacionados con los problemas laborales actuales, basada en estas investigaciones la Illuminating Engineering Society ha hecho recomendaciones de niveles luminosos para una amplia variedad de trabajos industriales tipo.

En la siguiente tabla se encuentran los principales niveles luminosos recomendados para actividades laborales, la iluminación especificada es la adecuada al plano de trabajo, ya sea éste horizontal, vertical o inclinado.

Los valores dados no deben tomarse como los iniciales en una nueva instalación, sino que se trata del nivel luminoso recomendado para cualquier punto.

En el área de trabajo, y en cualquier momento, esto quiere de

cir que la instalación debe proyectarse de forma tal, que ni la suciedad de las luminarias, lámparas, paredes, muebles, --- etc., ni la disminución normal de la emisión luminosa de las propias lámparas hagan descender la iluminación en ningún momento por debajo del nivel recomendado.

Para muchas de las situaciones que se citan en la tabla, cuando hay necesidad de un nivel luminoso relativamente alto para la tarea visual, es evidente que resultaría difícil, y poco práctico iluminar toda la habitación hasta el valor recomendado. En tales circunstancias, la iluminación adecuada sobre el plano de trabajo se obtiene mediante una combinación de una iluminación general y de una complementaria especializada. Deben tomarse precauciones para asegurarse que las relaciones de brillo en el campo de la visión se mantengan dentro de los límites deseables, así como también controlar la calidad de la luz complementaria.

Los valores recomendados en la tabla son válidos para personas, hasta de 40 años, y para tener eficacia en la visión con personas mayores de edad, el nivel de iluminación debe ser duplicado por cada 13 años de aumento de edad, una persona de 60 años de edad necesitará 3 o 4 veces más luz que una persona de 20.

Es evidente que la iluminación debe ser tanto más intensa cuanto más minucioso es el trabajo, sin embargo se vuelve un problema grave si la iluminación es excesiva, suprimiendo los -- contrastes y causando una disminución de información provocando daños en el sistema visual.

Vamos a mencionar algunos de los niveles luminosos mínimos para realizar diversas actividades, éstos se deben de tener en cualquier turno ya sea diurno o nocturno y sus unidades son - en lux.

Cirugía-Mesa de operaciones _____	25,000
Alumbrado General - -	
Vestíbulos-escaleras-descansos _____	150
Restaurantes - con	
Alrededores oscuros _____	30
de autoservicio	
muy iluminados _____	750
Bodegas _____	50
Talleres-Taladrado-	
remachado-atornillado _____	300
Talleres de Forja _____	500
Inspección	
Normal _____	500
Difícil _____	700
Muy difícil _____	900
Máxima dificultad _____	1,500
Montaje	
De visión fácil _____	300
Ajuste fino _____	1,000
Ajuste muy fino _____	1,500
Servicios	
Escaleras-Corredores-ascensores _____	150
Lavabos _____	200
Talleres mecánicos	
Trabajos bastos de banco _____	300
Trabajos finos de Banco y máquina _____	750
Trabajos muy finos de banco y cepillado _____	2,000

Bibliotecas	400
Auditorios	300
Oficinas	
Lecturas con buenos contrastes	300
Contabilidad, máquinas calculadoras	500
Dibujo Detallado	1,000

Generalmente la luz natural del día varía entre 2,000 a 100,000 lux y la luz artificial en el interior es de 50 a 1,000 lux.

Podemos resumir en cuatro grupos los niveles luminosos más comunes:

- 1° Para trabajos en los que no sea preciso apreciar detalles, de 100 a 200 lux.
- 2° Para trabajos en los que sea preciso apreciar detalles toscos o burdos, de 200 a 300 lux.
- 3° Para trabajos en los que sea preciso apreciar detalles medianos, de 300 a 500 lux.
- 4° Para trabajos en los que sea indispensable apreciar detalles muy finos, o la visión sea muy crítica, de 500 a 1000 lux o más.

Tipos de lámparas.

Un color no puede ser percibido por nuestros ojos más que por medio de la luz, la luz blanca perfecta no existe, toda luz es más o menos coloreada, incluso la luz del día.

Si antes teníamos únicamente una luz natural y que además era totalmente irregular, y una sola luz artificial incandescente variable debido a las fluctuaciones del desgaste del filamento o al ennegrecimiento de la lámpara, ahora nos encontramos en presencia de una cantidad de fuentes luminosas que complican la planeación de las iluminaciones y nos obligan a realizar un análisis de las distintas clases de lámparas.

La calidad espectral de una fuente de luz utilizada para igualar o discriminar colores, es tan importante como alcanzar el nivel de iluminación requerido.

La luz artificial tiene una notable ventaja sobre la luz del día en cuanto a la constancia de cantidad y calidad, y su color puede ajustarse satisfactoriamente en la mayor parte de las necesidades requeridas.

Los colores de los objetos que nos rodean, tal como aparecen a la luz normal del día-que es la que siempre se trata de igualar- son comúnmente aceptados como sus colores "naturales", y como ninguna fuente de luz artificial es exactamente igual a la luz del día en cuanto a su distribución espectral, estos colores "naturales" serán modificados en cierta medida por cualquier tipo de lámparas.

Las lámparas incandescentes por ejemplo, al producir más longitudes de onda largas que la luz del día y menos de las cortas, tienden a realzar los tonos rojos, naranjas y amarillos y degradar los azules y los verdes. Las lámparas fluorescentes--

en general tienden a acentuar los azules verdes y amarillos y a dar un aspecto grisáceo a los rojos.

Debido al uso común, estas ligeras modificaciones de color han llegado a ser generalmente aceptadas y a menudo pasan inadvertidas. Los colores casi duplican su apariencia de luz del día cuando se iluminan con lámparas fluorescentes, mejor que con lámparas incandescentes.

Cada tipo de fuente de luz tiene su propio efecto sobre el color, y cuando se observan muestras colocadas unas al lado de otras en zonas pequeñas iluminadas por distintas fuentes de luz, las diferencias de color y textura de los materiales idénticos son notables.

Sin embargo cuando una habitación se ilumina con cualquiera de las lámparas comunes, el ojo se adapta dentro de ciertos límites a la iluminación general de tal manera que los objetos coloreados tienden a aparecer iguales, independientemente de la calidad espectral de la fuente de luz. Este fenómeno es conocido como "constancia de color", en el proceso de adaptación, el ojo se vuelve más sensible a la energía de la longitud de onda que existe en menor cantidad en la fuente de luz. Por ejemplo bajo una luz incandescente que contiene relativamente poco azul, el ojo se vuelve más sensible al azul.

El nivel luminoso siempre deberá acercarse al requerido por la actividad visual que se esté realizando, aunque los niveles altos tienden a "diluir" los colores y los hacen aparecer más claros, llevando a conclusiones erróneas en la discriminación del color, y como el ojo ve los mismos colores de manera diferente según las distintas combinaciones, las variaciones en el color del fondo pueden ser otra causa de error al discriminarlos.

Predominan dos métodos de generación de la luz artificial; por incandescencia y por descargas de gas.

El primer método es simplemente una fuente incandescente que produce luz a través de un alambre de tungsteno dentro de un bulbo de vidrio. Aproximadamente el 7% de su rendimiento es en forma de energía visible -luz- el resto son radiaciones infrarrojas -calor.

Los principales inconvenientes de la lámpara incandescente son una vida corta y una baja eficiencia, sin embargo hay ventajas que las compensan como: tamaño compacto, bajo costo inicial, resistencia a la temperatura ambiental, no necesita accesorios de arranque o reactores, color cálido que da a los objetos un aspecto familiar y flujo luminoso fácilmente controlable en una gran variedad de gradaciones luminosas.

La luz emitida por las lámpara de descarga de gas, no se generan calentando un filamento, sino excitando un gas que puede ser mezcla de diferentes gases o de vapores contenidos en un tubo de descarga, dicho tubo está situado en el interior de una ampolla de vidrio.

Para que se produzca la descarga a través de un gas se necesita una cierta tensión mínima de encendido, después la corriente que circula por la lámpara crece rápidamente, debido a una avalancha de electrones que se libera en el interior del tubo de descarga, esta descarga se conecta a dicha corriente en un valor tal que conserva constante la descarga a través del gas contenido en el tubo.

Dentro de esta clase de lámparas tenemos las de sodio que tienen una luz monocromática amarilla - con una duración y rendimiento elevados, asegura los mejores contrastes, una elevada velocidad de percepción, incluso con bajos niveles luminosos, y --

por su bajo brillo no hay riesgos de deslumbramiento, sus apli caciones más usuales son en: calles, cruceros, locales indus-- triales, campos deportivos, etc.

Otro tipo de lámparas por descarga de gas, son las lámparas de mercurio, que generan la luz directamente de la luminosidad -- producida por el arco eléctrico, su emisión de luz es de color azul-verde, y han sido igualadas a las fluorescentes, al colo-- car polvos fluorescentes en la superficie interna del bulbo de vidrio, aunque con el inconveniente que se necesitan varios -- minutos para obtener su máxima emisión luminosa, sus ventajas son: larga vida con más de 16,000 Hrs., fuente luminosa concen-- trada que facilita un control preciso de los rayos luminosos, alta eficiencia luminosa, flujo luminoso inalterable por cam-- bios de temperatura y más resistentes que las lámparas incan-- descentes y fluorescentes, su aplicación es en fábricas de to-- das clases, escuelas, calles, etc.

Aunque hay toda una gama de lámparas por descarga para diferen-- tes usos, vamos a mencionar por último las lámparas fluorescen-- tes que son las más usuales en casi todo tipo de actividades - ya sean recreativas, culturales o laborales.

Las lámparas fluorescentes son de descarga mercurial de baja - presión, en las cuales la luz está generada mediante polvos -- fluorescentes, activados por la radiación ultravioleta de la - descarga. Estas lámparas cuya ampolla tiene generalmente la - forma de un tubo cilíndrico con un electrodo situado en cada - extremo, contienen vapor de mercurio a baja presión y una pe-- queña cantidad de gas inerte para facilitar el encendido, la - superficie interior del tubo está recubierta con un polvo fluo-- rescente cuya composición determina la cantidad y el color de la luz emitida. Sólo un tipo de lámparas, las llamadas fluo-- rescentes de la "nueva generación", ofrecen un excelente rendimi-- ento en color, al mismo tiempo que una elevada eficacia lumíni

ca, este nuevo tipo de lámparas fluorescentes pudo desarrollarse, una vez lograda una mejor comprensión del mecanismo de la percepción de los colores por el ojo humano, al desarrollarse nuevos fósforos.

Como sabemos la luz produce una impresión brillante en nuestros ojos, o sea la sensibilidad que varía para cada color, -- siendo más sensible al amarillo-verde, el cual se encuentra en el centro del espectro -550 nm.- Si nosotros conseguimos una fuente luminosa que radia una luz con una longitud de onda situada en el centro del espectro de tal forma que todos los colores excepto el amarillo-verde son suprimidos, esta luz nos creará una muy buena impresión de brillo, pero será imposible obtener con ella una buena reproducción de toda la gama de colores del espectro. Si deseamos conseguir un buen rendimiento de color, debemos radiar una cantidad adecuada de todos los colores del espectro, incluyendo los de los extremos a los que nuestros ojos son menos sensibles, aunque la claridad que --- notemos sea menor. No debemos olvidarnos del hecho de que el buen rendimiento de color de una lámpara se puede obtener, únicamente a expensas del flujo luminoso, podemos a pesar de ello encontrar un equilibrio entre un buen flujo luminoso y el óptimo rendimiento de color, estamos familiarizados con frases como "una impresión cálida" o una "impresión fría" para referirnos al hecho de que la luz tiene una impresión cálida cuando es rojiza, dando una impresión fría en caso de tener una tonalidad azul-verdosa.

¿Como se puede determinar esta sensación visual y psicológica?

Si una lámpara incandescente funciona a un voltaje muy bajo, - la temperatura del filamento es respectivamente baja e irradia una luz rojiza, por el contrario, si la lámpara funciona con un alto voltaje, la temperatura es relativamente alta y la luz es más blanca y más fría en color.

Esta relación se expresa por la "temperatura de color" en grados Kelvin. La temperatura de color es un término que se usa para describir el color de una fuente luminosa comparándola con el de un cuerpo negro, que es el teóricamente "radiante perfecto", como cualquier cuerpo incandescente, un cuerpo negro-metal cambia de color al aumentar su temperatura; poniéndose primero rojo oscuro y después rojo claro, naranja, amarillo y finalmente blanco, blanco azulado y azul. El color de la llama de una vela es igual al de un cuerpo negro a $1,800^{\circ}$ Kelvin.

La luz de una lámpara de filamento de tungsteno se acerca mucho más al blanco, y el cuerpo negro ha de ser elevado a $2,875^{\circ}$ K para igualarla, por lo tanto dicha lámpara tiene una temperatura de color de $2,875^{\circ}$ K.

Partiendo de la base de que el flujo de luz de las lámparas fluorescentes es el resultado de convertir la radiación ultravioleta en luz por medio de polvos fluorescentes, podemos dar a esta luz cualquier temperatura de color que queramos, usando diferentes clases de polvos.

Nuestros ojos interpretan el color de la luz artificial como natural, cuando ésta es análoga a fuentes de luz como: el fuego, velas, lámparas incandescentes o cuando armoniza con la luz del día.

Todo lo que vemos refleja selectivamente la luz, si vemos un objeto rojo es porque se observa bajo la luz de una fuente luminosa que produce radiación suficiente en la parte roja del espectro y para obtener un buen rendimiento de color de toda la gama de colores, es necesario que la luz de la lámpara incluya todos los colores del espectro, ya que si alguno de ellos no se halla en dicha luz, este no podrá ser reflejado.

Es el polvo fluorescente, de hecho, el que determina la composición del color de la luz y las proporciones de los colores presentes en dicho polvo lo que determinan las propiedades del rendimiento de color de una lámpara fluorescente.

Y ahora nos podemos preguntar ¿cómo medir las propiedades del rendimiento de color? hasta hace muy poco todo lo que podíamos decir es "buena", "regular", etc. actualmente se ha creado un método aceptado internacionalmente, el cual permite evaluar, las propiedades de rendimiento de color de una lámpara determinando el llamado "índice de rendimiento de color", para hallar este índice en una lámpara, se comparan sus propiedades de rendimiento de color a las de una fuente de luz con rendimiento de color natural, que puede ser una lámpara incandescente o de luz del día, para ello se utilizan algunas muestras de color bien definidas, estas muestras se observan primero bajo la luz de referencia, y después bajo la luz de la lámpara sometida a prueba y se determina el alcance de la desviación del color, a mayor desviación, menor índice de rendimiento de color, con estos cálculos podemos clasificar en tres grupos las lámparas, según los diversos usos.

Al seleccionar el color de una lámpara para un uso específico, se deben considerar tres factores: temperatura de color, flujo luminoso y rendimiento de color.

Cuando se va a seleccionar la temperatura de color se deben contestar las siguientes preguntas: ¿se van a combinar las lámparas con la luz solar?.

La presencia simultánea de la luz solar es un factor crítico en los lugares donde la luz artificial se utiliza como complemento, por ejemplo: Si se utiliza una lámpara incandescente que no armoniza con la luz del día, aparece una desagradable y falsa sensación de luz, debe evitarse esto armonizando la luz artificial con la luz solar.

La otra pregunta sería: ¿Que clase de "atmósfera" se desea --- crear en el espacio a iluminar?.

La "atmósfera" es un factor psicológico íntimamente relacionado con la creación de unas condiciones confortables de trabajo.

Para seleccionar las lámparas adecuadas en cuanto a temperatura de color, se pueden escoger entre las siguientes gamas:

- a) Lámparas con tonalidad de color cálida, que se desvía bastante de la luz solar, es apropiada en instalaciones donde no existe luz solar y donde se debe dar una impresión cálida, tienen aproximadamente $3,000^{\circ}\text{K}$.
- b) Lámparas con tonalidad de color fría, que armoniza bien con la luz solar, se recomienda en instalaciones para complementar la luz solar y donde se debe crear un ambiente fresco, tienen aproximadamente $4,500^{\circ}\text{K}$.
- c) Lámparas con tonalidad de color fría, aproximadamente igual que la luz solar, son adecuadas en instalaciones donde se necesita un sustituto de la luz solar para la comparación de colores, y en lugares donde se desea crear una impresión de luz solar fría, tienen aproximadamente $6,500^{\circ}\text{K}$.

Una vez tomada la decisión en lo que se refiere a temperatura de color, se deben escoger las lámparas en lo que se refiere a su flujo luminoso y su rendimiento de color, nuevamente debemos preguntarnos, ¿es el flujo luminoso de vital importancia? ¿es el rendimiento de color un factor primordial?, o ¿el flujo luminoso y el rendimiento de color son los dos de vital importancia?.

La investigación y la experiencia han demostrado que: el nivel de iluminación determina la calidad de la percepción, cuanto -

más alto sea el nivel de iluminación, mayor será el confort y la precisión con que podamos ver.

Aunque esto presentaría un problema técnico, y sería económicamente injustificable elevar el nivel de iluminación al de la luz solar, que es de 50,000 lux, por lo que se debe encontrar un promedio de visibilidad y una iluminación justificable económicamente.

Por lo que se ha podido obtener para cada una de las gamas de temperatura de color (3,000°K, 4,500°K y 6,500°K), tres grupos de lámparas con propiedades distintas de rendimiento de color y consecuentemente, distintas intensidades de flujo luminoso:

1. Lámparas con flujo luminoso muy alto y un rendimiento de color razonable, adecuadas para instalaciones donde se requiera un alto nivel de iluminación, son las llamadas lámparas "normales" y las hay con una temperatura de color de: 3,000, 4,500 y 6,500°K.
2. Lámparas con un flujo luminoso alto y un buen rendimiento de color, adecuadas para instalaciones donde el nivel de iluminación y el rendimiento de color tengan que satisfacer exigencias no demasiado grandes, son las llamadas lámparas "de lujo" y las hay también con las tres temperaturas antes mencionadas.
3. Lámparas con un flujo de luz razonable y un rendimiento de color muy bueno, adecuadas para instalaciones donde un rendimiento bueno de color es de vital importancia, son las llamadas "especiales de lujo", y las hay también en las tres temperaturas antes mencionadas.

Tipos de luminarias.

Podemos definir una luminaria como el artefacto que distribuye, filtra o transforma la iluminación procedente de una lámpara - o lámparas, y que incluye todos los elementos necesarios para fijar y proteger estas lámparas, y para conectarlas a la fuente de energía.

La iluminación de buena calidad y correcta cantidad puede obtenerse con cualquiera de los diferentes tipos de luminarias, -- clasificadas según las distribuciones verticales de la luz, dicha clasificación depende básicamente de las actividades específicas que se vayan a realizar, de las características físicas del local y de las condiciones de mantenimiento que se vayan a tener.

Se han clasificado según su distribución lumínica a partir de un plano horizontal de colocación:

Distribución del flujo respecto a la horizontal, en porcentajes.

	Encima de		Debajo de
Directa	0	10	90
Semidirecta	10	40	60
General difusa	40	60	40
Directa-indirecta	40	60	40
Semi-indirecta	60	90	10
Indirecta	90	100	0

Las luminarias pueden clasificarse también por su comportamiento y protección óptica, o por el tipo de lámparas que alojan: Fluorescentes, incandescentes, etc., o haciendo referencia a la aplicación para la cual fueron diseñadas: Industrial, Comercial, etc. El método de instalación empleado es otra característica importante: empotradas, colgantes, de brazo, de colum

Tipos de luminarias.

Podemos definir una luminaria como el artefacto que distribuye, filtra o transforma la iluminación procedente de una lámpara o lámparas, y que incluye todos los elementos necesarios para fijar y proteger estas lámparas, y para conectarlas a la fuente de energía.

La iluminación de buena calidad y correcta cantidad puede obtenerse con cualquiera de los diferentes tipos de luminarias, -- clasificadas según las distribuciones verticales de la luz, dicha clasificación depende básicamente de las actividades específicas que se vayan a realizar, de las características físicas del local y de las condiciones de mantenimiento que se vayan a tener.

Se han clasificado según su distribución lumínica a partir de un plano horizontal de colocación:

Distribución del flujo respecto
a la horizontal, en porcentajes.

	Encima de		Debajo de
Directa	0	10	90
Semidirecta	10	40	60
General difusa	40	60	40
Directa-indirecta	40	60	40
Semi-indirecta	60	90	10
Indirecta	90	100	0

Las luminarias pueden clasificarse también por su comportamiento y protección óptica, o por el tipo de lámparas que alojan: Fluorescentes, incandescentes, etc., o haciendo referencia a la aplicación para la cual fueron diseñadas: Industrial, Comercial, etc. El método de instalación empleado es otra característica importante: empotradas, colgantes, de brazo, de colum

na, catenarias, etc.

La lámpara empleada más frecuentemente en el alumbrado es la fluorescente, y para ésta hay luminarias llamadas reflectores de espejo, que son para concentrar la luz en un haz estrecho, tienen un reflector especular o de espejo, la luz toma un carácter direccional con un buen efecto de sombreado y tienen un apantallamiento adecuado para evitar resplandores en la línea normal de la visión. Otro tipo son los paneles refractores que dan a la luz un ligero carácter direccional con algún efecto de sombra. Existen paneles de diversas configuraciones ópticas para lograr distintos efectos, las rejillas, que normalmente están hechas de bandas de plástico opalescente o de metal pintado de blanco, son rejillas de apantallamiento para evitar -- que las lámparas fluorescentes sean visibles directamente bajo un determinado ángulo, para usos normales basta un ángulo de corte de 30° , pero para un alumbrado de alta calidad este ángulo deberá acercarse a los 45° .

Los paneles difusores tienen un panel con el cual la luz es -- propagada uniformemente en todas direcciones, y no permite el control direccional de la luz. En instalaciones de alta iluminación, este tipo de difusores de luz "envolvente" dan el mínimo efecto de sombra. La fuente de luz preferida para la aplicación industrial de interiores es la lámpara fluorescente con luminarias que van colocadas a veces con alturas superiores a los 6 metros, y se requieren luminarias capaces de alojar lámparas de descarga de elevada intensidad y con espejos reflectores.

Existen también luminarias para trabajar en lugares donde hay atmósferas explosivas, vapores o líquidos volátiles, pueden -- estar encapsuladas con resistencia a la presión y pueden soportar alguna presión eventual originada por una explosión, y son

de fabricación robusta.

Las hay también para atmósferas cargadas de humedad y polvo, - en donde se requieren luminarias, herméticas, las cuales tienen juntas elásticas entre la carcasa, la lámpara y la portaa-lámparas que las hacen resistentes al chorro del agua y polvo, este tipo de lámparas va encapsulada dentro de un difusor acrílico.

Respecto al mantenimiento, el intervalo más económico para --- efectuar la limpieza, de una instalación de alumbrado dependerá del tipo de luminaria, del grado de acumulación de polvo, y del costo de dicha limpieza. Es más económico que la limpieza coincida con el remplazo de las lámparas, ya que éstas pueden sustituirse individualmente, a medida que fallen, o todas al mismo tiempo.

Generalmente en las grandes instalaciones resulta más barato, un remplazo en grupo, eficientemente organizado, que la sustitución individual. Además así se puede aplicar un factor de -- mantenimiento más alto.

Puesto que la correcta planeación de una instalación de alumbrado depende del conocimiento del programa de mantenimiento, - hay que cumplirlo para mantener los niveles de iluminación --- precalculados.

Colocación de luminarias.

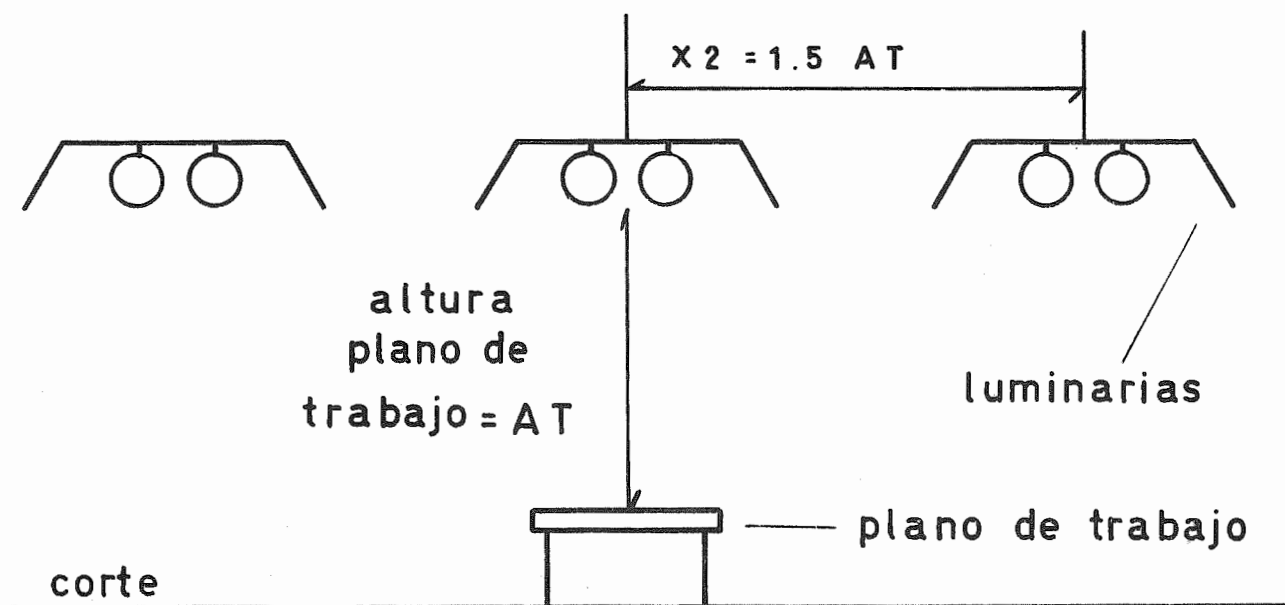
En cuanto a la colocación de luminarias, vamos a referirnos solamente al alumbrado industrial y al de oficinas, que son los más importantes en relación con la "ergonomía y el diseño gráfico", ya que existen infinidad de tipos de alumbrado que conllevan también infinidad de colocaciones de luminarias.

El trabajo realizado en la industria cubre una gama de actividades mucho más variada que cualquier otra. Las tareas visuales pueden ser extremadamente pequeñas o muy grandes, oscuras o claras y abarcar formas planas o contorneadas.

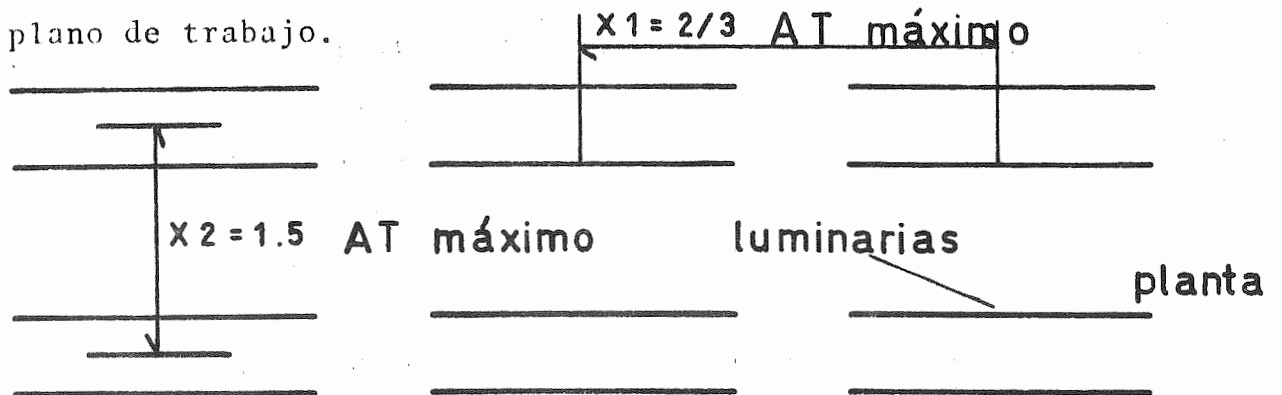
El sistema de alumbrado está determinado por la naturaleza del trabajo a realizar, la forma del espacio que se ilumina y el tipo de estructura del techo.

La mayor parte de las naves industriales tiene una altura del suelo al techo de 3.5 a 7 m., para estos locales, normalmente es aconsejable un sistema de alumbrado con lámparas fluorescentes, las luminarias requeridas se disponen en líneas continuas o discontinuas.

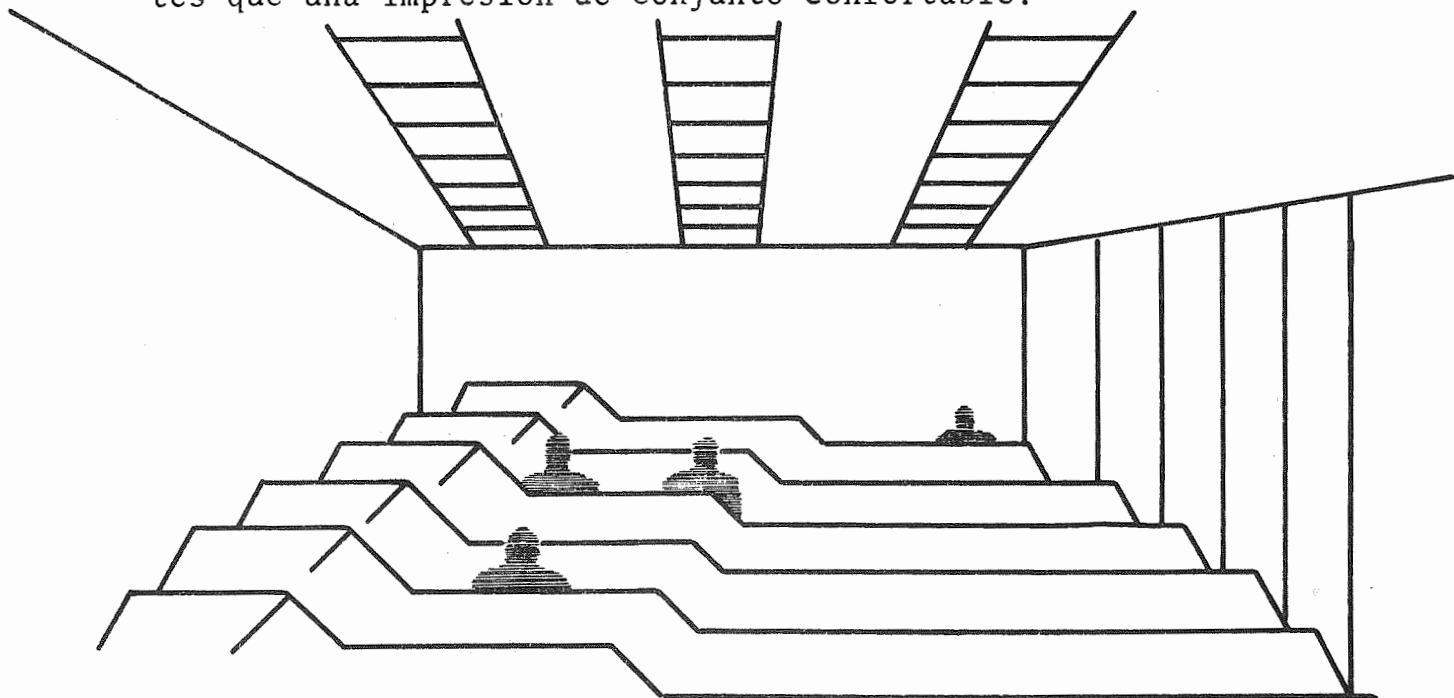
A fin de lograr un grado de uniformidad de la iluminación aceptable en el plano de trabajo (horizontal o vertical) se montan las líneas de luminarias lo más altas posible y se obtiene una uniformidad de iluminación cuando la distancia entre las filas de las luminarias no excede de 1,5 veces su altura sobre el plano de trabajo.



Con líneas discontinuas la distancia longitudinal entre luminarias contiguas, no debe ser mayor de $\frac{2}{3}$ su altura sobre el plano de trabajo.



Las líneas de luminarias se instalan normalmente perpendiculares a las filas de bancos de trabajo o máquinas, esto evita la formación de sombras en la tarea visual y al mismo tiempo reduce la posibilidad de luz reflejada en los ojos de los trabajadores. La disposición alternada de luminarias con difusores y paralelas a las filas de bancos de trabajo da una mejor impresión de conjunto y produce una mayor sensación de confort. Sin embargo, no siempre se pueden obtener los beneficios de ambas disposiciones al mismo tiempo. Por lo general, las correctas condiciones de visión en el plano de trabajo son más importantes que una impresión de conjunto confortable.

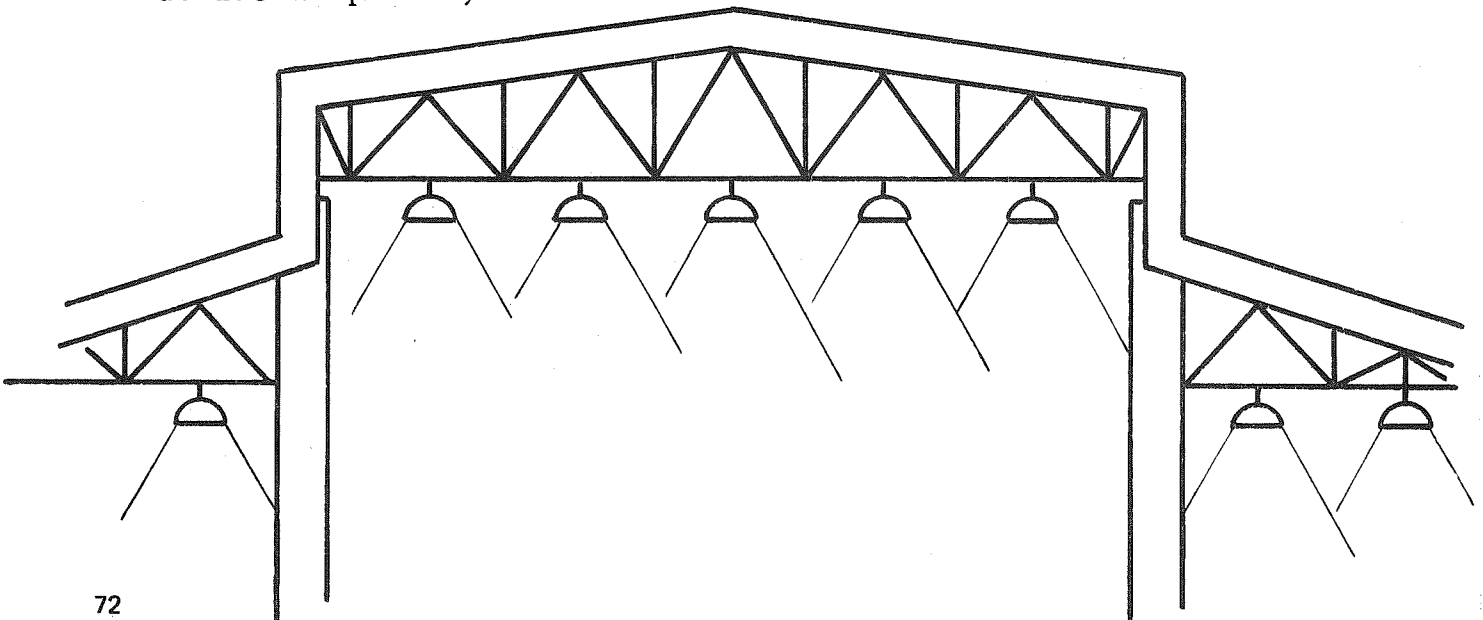


En locales en que sea frecuente el cambio de distribución de las zonas de trabajo se recomienda la utilización de sistemas que contengan el cableado de las luminarias, ésto facilita la colocación de luminarias adicionales, que proporcionen mayor nivel luminoso en las áreas en que se necesite.

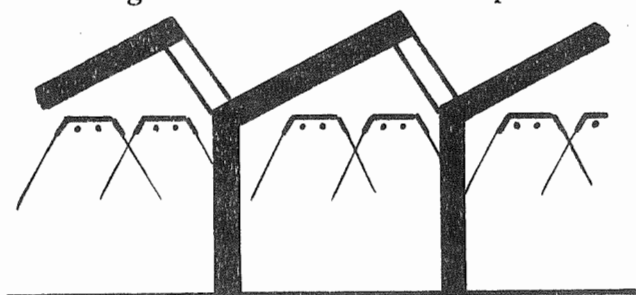
Se obtiene un apantallamiento adecuado de las lámparas fluorescentes empleando reflectores blancos esmaltados.

El uso de difusores o rejillas, que se utilizan en oficinas y centros comerciales, son muchas veces innecesarios en industrias, donde se instalan las luminarias a una altura bastante grande.

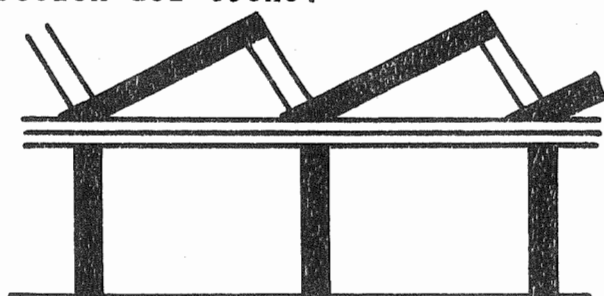
Las naves industriales de una planta, si son muy grandes, tienen muchas veces un techo en forma de lucernario o en diente de sierra, con el fin de admitir en su interior más luz procedente del exterior, cualquiera que sea el tipo de trabajo, es necesario añadir luz artificial a la natural, y esto se hace normalmente mediante luminarias con reflector. Los reflectores abiertos parcialmente en la parte superior se usan frecuentemente, ya que parte de la luz que emiten sale hacia arriba y se reduce de esta manera el contraste entre el techo y las luminarias, y de esta manera también se reduce el ensuciamiento de las lámparas y luminarias.



Las luminarias, pueden estar distribuidas en filas que formen ángulos rectos o sea paralelas a la sección del techo.



Paralelas a la sección del techo.



Perpendiculares a la sección del techo.

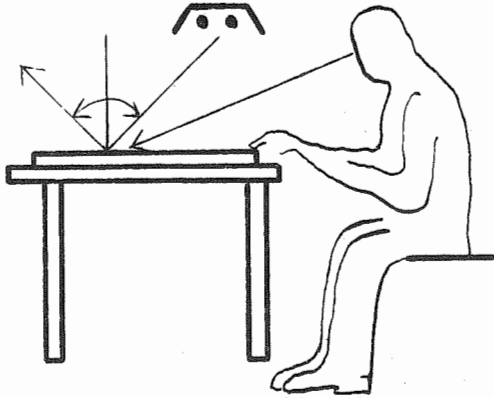
En las cubiertas en forma de bóveda no siempre se pueden fijar las luminarias al techo, en este caso las luminarias deben montarse en soportes especiales, colocados a lo largo de la dirección deseada.

Cuando se trate de naves de una planta de gran altura -más de 7 metros- las fuentes de luz deben colocarse también a gran altura, esto se hace así con el fin de mantener las fuentes de luz fuera del campo de acción de las grúas, maquinaria, etc., esto significa que se deben emplear reflectores de dispersión o de haz estrecho y provistos de lámparas de sodio o vapor de mercurio.

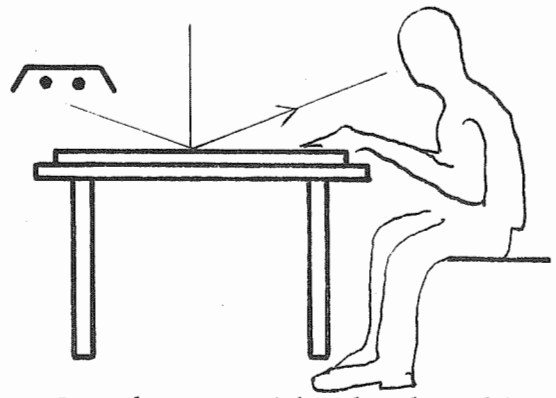
Las actividades de una fábrica consisten en tareas visuales -- que por razones económicas o técnicas, requieren especial atención visual. Con el fin de resolver las condiciones óptimas visuales en el desarrollo de determinada tarea, ésta debe de ser analizada de antemano, en la mayoría de los casos, la mejor manera de determinar las exigencias visuales es desarrollar la tarea uno mismo.

En ciertos procesos de fabricación, en la inspección de algunos artículos o en la percepción de señales, la instalación de alumbrado general no satisface los niveles requeridos, y en --

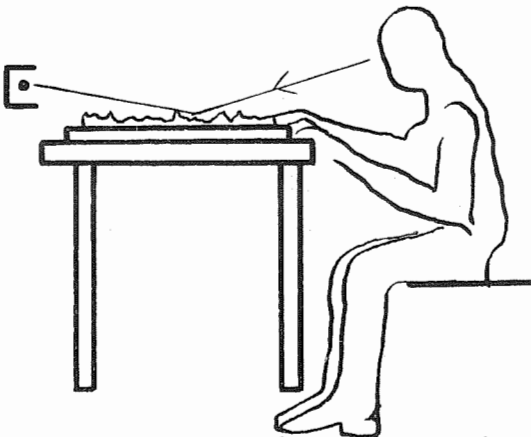
estos casos se han de encontrar soluciones especiales, como -- las que se muestran en los siguientes esquemas:



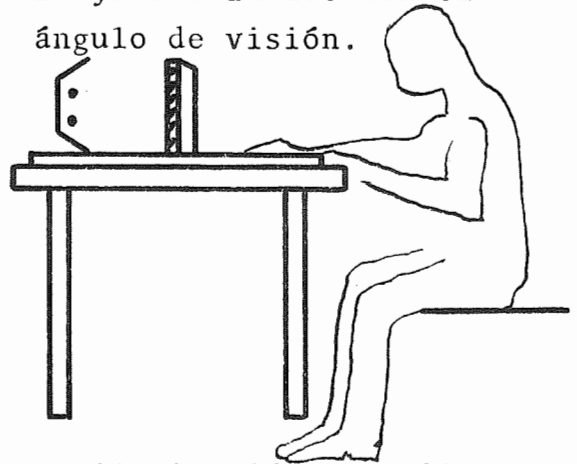
Para evitar reflexiones - especulares, la dirección de la luz reflejada no debe coincidir con el ángulo de visión.



La observación de detalles especulares contra un fondo difuso se facilita si - la dirección de la luz reflejada coincide con el -- ángulo de visión.

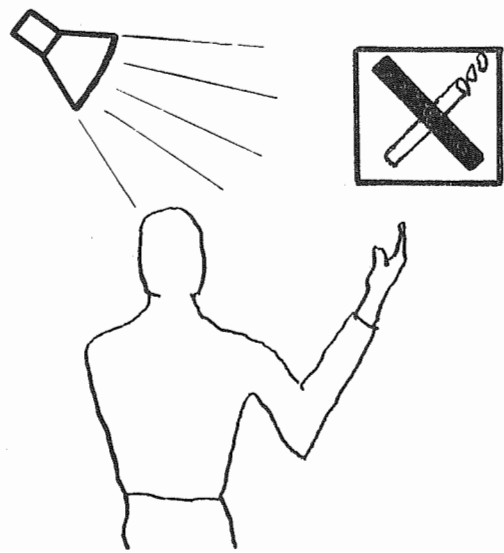


La iluminación rasante hace resaltar irregularidades de la superficie que se examina.



La iluminación por silueta es muy efectiva en el control de contorno.

La iluminación direccional es necesaria para poner de relieve la forma y textura de un objeto.



El alumbrado de oficinas puede resolverse de una manera más esquemática que el de otras instalaciones de alumbrado, porque: el número de tareas visuales que se realizan es limitado y --- bien definido, el plano horizontal de trabajo tiene una altura constante, aproximadamente de .75 metros sobre el nivel del piso y la altura de los techos es casi siempre la misma, aproximadamente de 3 metros.

Los requisitos en cuanto a iluminación los podemos resumir en cuatro puntos: Niveles de iluminación -500-1000 Lux-, luminarias de baja reflexión, ausencia de mesas de trabajo y papeles brillantes, aspecto cromático y rendimiento en color agradables.

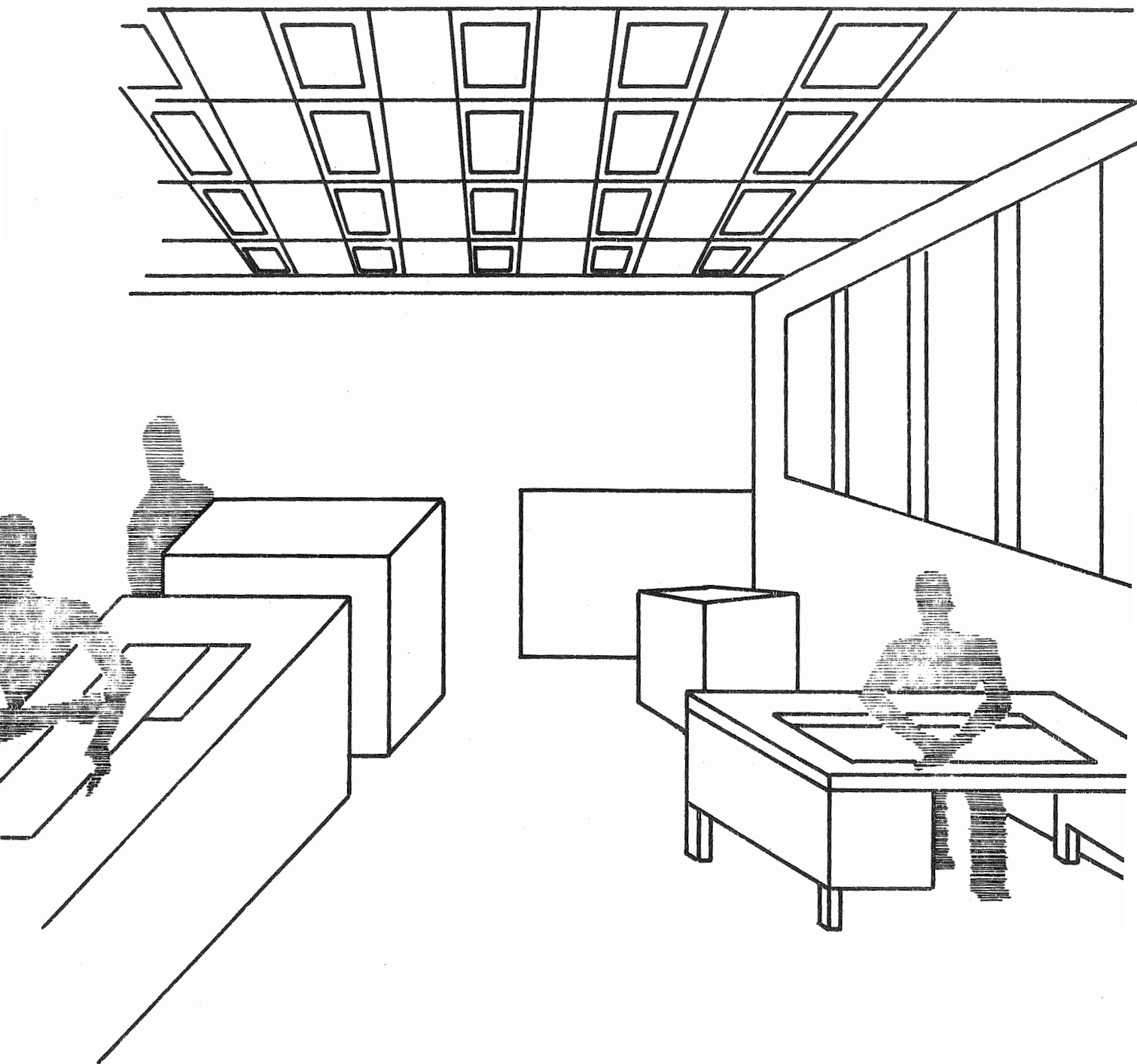
Para satisfacer estos requisitos casi todas las oficinas modernas están iluminadas mediante luminarias empotradas en el techo o adheridas a él, y con lámparas fluorescentes. Para controlar estas luminarias con respecto al deslumbramiento, se colocan rejillas, o difusores.

En estos locales las luminarias se disponen normalmente en el techo, siguiendo un modelo regular, preferiblemente en líneas rectas, al realizar el proyecto de iluminación de un edificio, la colocación de las luminarias debe coincidir con el módulo de las ventanas.

Los nuevos edificios de oficinas se planean frecuentemente con un sistema de techos integrados, con iluminación y aire acondicionado, en estos casos deben usarse luminarias integradas, las cuales, junto con ductos de aire y los paneles acústicos, forman un sistema integrado.

Si el edificio se ha estudiado teniendo prevista su futura división, utilizando paredes móviles a lo largo de los ejes o módulos, no se pueden disponer filas continuas de luminarias -

ya que se deben dejar espacios entre ellas para colocar las futuras separaciones.



El desarrollo de los anteriores temas relacionados con la iluminación nos da una base teórica con la cual podemos realizar un análisis real sobre los factores que intervienen en la iluminación de señales, o sea un análisis ergonómico sobre la visibilidad de señales en función de la iluminación.

El siguiente análisis ergonómico sobre iluminación fué realizado en un taller del centro de capacitación No. 11, dependiente de la Secretaría de Educación Pública.

En dicho taller se realizan prácticas de enseñanza sobre mantenimiento eléctrico, en las cuales se necesita un nivel de iluminación relativamente alto y la colocación de señales sobre paredes para información y seguridad de los estudiantes.

Los análisis se realizaron con el orden en que se desarrollaron los temas, o sea partiendo de los factores básicos en iluminación hasta llegar a los factores que giran alrededor de ella.

Prácticas realizadas.

1. Contraste.

Fórmula
$$C = \frac{B_1 - B_2}{B_1} \times 100$$

Donde: C = Contraste %

B_1 = La más brillante de las dos zonas.

B_2 = La más oscura de las dos zonas.

El valor de B_1 y B_2 se obtiene midiendo los porcentajes de reflexión de la zona más brillante y la más oscura.

B_1 zona más brillante, o sea la pared que tiene más claridad.

Para obtener el porcentaje de reflexión de una superficie se aplica la fórmula sobre la reflexión que es la siguiente:

$$\text{Reflexión \%} = \frac{\text{Lectura A}}{\text{Lectura B}} \times 100$$

La lectura A se obtiene colocando a la celda del luxómetro de cara a la superficie por medir, y se retira lentamente unos 5 a 15 cm., hasta que la lectura del aparato permanezca constante; y con la celda orientada en sentido contrario, se efectúa una segunda lectura B. La división entre las dos lecturas da un valor aproximado del porcentaje de reflexión de la superficie.

La lectura B_1 se efectuó sobre la pared donde está colocada la señal, o sea la zona más clara.

Lectura A = 175 lux.

Lectura B = 380 lux.

$$\frac{175}{380} = 46 \% \text{ de reflexión}$$

La lectura B_2 se efectuó sobre la señal que es la zona más --
oscura.

Lectura A = 120 lux.

Lectura B = 350 lux.

$$\frac{120}{350} = 34 \% \text{ de reflexión.}$$

Aplicando la fórmula del contraste tenemos:

$$C = \frac{46 - 34}{46} \times 100$$

$$C = \frac{12}{46} \times 100$$

$$C = .26 \times 100 = 26\% \text{ de contraste.}$$

Por lo que podemos deducir que el porcentaje de contraste en--
tre la pared y la señal es relativamente bajo, y su relación -
de luminancia es de 3 a 2 en el campo visual, o sea el contraste
no es muy marcado.

2. Luminancia o brillo.

Fórmula: $B = \frac{E \cdot R}{10}$

Donde: B = Lamberts (medida inglesa para medir la luminancia o brillo de una superficie mate - que es difusora de la luz).

E = Nivel de iluminación de la superficie en lux, en este caso la señal.

R = Porcentaje de reflexión de la señal.

E = 320 lux (tomado con el luxómetro).

R = Se aplica la fórmula para la reflexión.

Lectura A = 128 lux.

Lectura B = 340 lux.

$$\frac{128}{340} = .37\% \text{ de reflexión.}$$

$$B = \frac{320 \times .37}{10} = \frac{118.40}{10} = 11.84 \text{ lamberts.}$$

1 Lambert = 2 candelas por pulgada cuadrada.

1 Pulgada cuadrada = 6.452 cm².

Así:

$$11.84 \times 2 = 23.68 \text{ candelas.}$$

$$2 \text{ cd} \text{ ————— } 6.452 \text{ cm}^2.$$

$$23.68 \text{ cd} \text{ — } \times \text{ cm}^2.$$

$$6.452 \times 23.68 = 152.78.$$

$$152.78 \div 2 = 76.39 \text{ cm}^2.$$

Por lo que tenemos:

23.68 cd en $.763 \text{ m}^2$.

Y comparando estos valores con la tabla sobre luminancias interiores recomendadas en un local, podemos ver que apenas queda dentro de los límites de visibilidad satisfactoria.

La tabla sobre luminancias recomendadas se encuentra en el tema sobre luminancia o brillo.

3. Reflexión.

Fórmula:
$$R\% = \frac{\text{Lectura A}}{\text{Lectura B}} \times 100$$

a) Reflexión de la pared sobre la que está la señal = 46% - (este porcentaje se obtuvo al analizar la prueba de contraste).

b) Reflexión de la señal = 34%, también se obtuvo al analizar la prueba de contraste.

c) Reflexión del Piso.

Lectura A = 85 lux.

Lectura B = 540 lux.

$$R\% \frac{85}{540} = .15 \times 100 = 15\% \text{ de reflexión del piso.}$$

d) Reflexión del techo.

Debido a que el techo está demasiado alto, optamos por determinar el porcentaje de reflexión, guiándonos por la tabla de colores que tenemos donde hablamos sobre la reflexión.

El techo del local es azul claro, por lo tanto tenemos una reflexión de un 30 a 50%.

Los porcentajes de reflexión de las paredes, la señal muestreada, el piso y el techo, comparados con la tabla que tenemos al final del capítulo sobre porcentajes medios de reflexión recomendados para un local.

Pondremos los porcentajes obtenidos y los porcentajes recomendados:

Obtenidos	Recomendados
1. Paredes = 46%	40 ————— 60%
2. Señal = 34%	40 ————— 60%
3. Piso = 15%	20 ————— 40%
4. Techo = 30 a 50%	80 ————— 90%

Por lo que podemos concluir que se necesita en general una mayor reflexión de todas las superficies del local.

4. Deslumbramiento.

En cuanto al deslumbramiento se refiere, es difícil evaluar lo por medio de una fórmula precisa, como se menciona en el artículo sobre deslumbramiento.

Por lo tanto lo analizaremos en este taller en base a una serie de normas, que se han establecido en relación con él.

1. Forma y dimensiones del local.

En este taller la forma rectangular y sus dimensiones -- son correctas para las actividades por realizar, como -- son enseñanza sobre mantenimiento eléctrico.

Largo = 24 m.

Ancho = 12.30 m.

2. Reflexiones de las superficies del local.

Según los porcentajes de reflexión obtenidos en paredes 46%, señal muestreada-34%, piso-15% y techo 30 a 50%, se puede observar que las reflexiones de las superficies -- son de bajo nivel.

3. Niveles de iluminación.

Al conocer el nivel de iluminación medio del taller que es de: 360 lux, podemos asegurar que este nivel es bajo, ya que una actividad como la de este taller de mantenimiento eléctrico requiere un nivel más alto, alrededor - de los 500 lux.

4. Tipos de lámparas, dimensiones y distribución de la luz.

Las lámparas que están colocadas en este taller son fluorescentes, con una longitud de 2.36 m. cada una y distribuidas en forma lineal discontinua.

5. Número y colocación de las luminarias.

El total de lámparas fluorescentes encendidas en el taller es de 44, en cada luminaria se encuentran colocadas dos lámparas, estas lámparas están desnudas, es decir no tienen ningún aditamento que obstaculize la salida de su flujo luminoso. En el taller se encuentran luminarias que no tienen lámparas.

Las luminarias están colocadas paralelas a los bancos de trabajo y a diferentes separaciones y alturas.

6. Luminancia de todo el campo de visión.

La luminancia en el taller es baja, ya que al medirla sobre la señal apenas alcanzó los límites de visibilidad satisfactoria.

7. Posiciones de los observadores respecto a la línea de la visión.

Este puede ser el factor más determinante en cuanto a la evaluación sobre el deslumbramiento.

Este taller tiene una altura de 4.66 m., y las luminarias están colocadas a una altura alrededor de 4.00 m, por lo que quedan fuera de la línea de la visión.

8. Implementos y accesorios.

En este taller no existen implementos y accesorios que provoquen deslumbramiento en una forma notoria, como serían: superficies reflectantes, brillos, colores, etc.

Podemos concluir después de analizar estos puntos que este taller tiene un índice bajo de deslumbramiento, ya que en general todos los factores que intervienen en la iluminación tienen bajos niveles de luminancia e iluminancia.

5. Iluminancia -E- Media.

Fórmula:

$$E \text{ media} = \frac{\phi \text{ total}}{A} \text{ Cu M}$$

Donde:

E = Iluminancia media del local en lux.

ϕ = Flujo luminoso de todas las lámparas en lumenes.

Cu = Coeficiente de utilización.

M = Factor de Mantenimiento.

A = Area.

Datos:

ϕ = Flujo luminoso en lumenes.

a) 44 lámparas fluorescentes en todo el taller.

b) Cada lámpara tiene 2.36 m. de longitud.

c) La mayoría de las lámparas son de marca Philips, de 75 watts, luz de día y con un flujo luminoso de 5400 lumenes, cada lámpara.

$5,400 \times 44 = 237,600 \text{ Lm. de flujo total.}$

A = Area en m^2 .

Largo = 24 m.

= 295.2 m^2 .

Ancho = 12.30 m.

M = Factor de Mantenimiento.

d) El factor de mantenimiento lo podemos encontrar, en la tabla elaborada por la compañía "Philips", en el capítulo sobre fotometría.

Podemos aplicar un factor de .8, que es el que corresponde a un flujo luminoso de la lámpara a las 2,000 horas y en un local de mediana suciedad.

Cu = Coeficiente de utilización.

Para conocer el coeficiente de utilización, se necesita conocer primero el índice del local K, y la fórmula para conocerlo es:

$$K = \frac{L \times A}{HM (L+A)}$$

Donde:

L = Largo.

A = Ancho.

HM = Altura de montaje de las lámparas al plano de trabajo -
en este caso la señal muestreada-

L = 24 m.

A = 12.30 m.

HM = 2.10 m.

$$K = \frac{24 \times 12.30 = 295.2}{2.10 (24+12.30 = 36.30)} = \frac{295.2}{76.23} = 3.8 \text{ es el índice del local.}$$

Este índice se localiza en la tabla elaborada por la compa^ñía "Philips" y que está, en el capítulo sobre fotometría.

Para encontrar el coeficiente de utilización en la tabla mencionada es necesario conocer también las reflexiones -- del techo, paredes y piso del local.

Sabemos que las reflexiones son:

Techo = 30 a 50%.

Paredes = 46%.

Piso = 15%.

Por lo que localizando el índice del local que es 3.8 en - la parte izquierda de la tabla en la columna K, y este va- lor de 3.8, que sería 4 llevarlo hasta las columnas que co rrespondan a los porcentajes que se tienen de reflexión en

techo, paredes y piso, los cuales entrarían en la columna con un 30% de reflexión de techo, un 30% de reflexión en paredes y un 10% de reflexión en el piso, lo cual nos da un coeficiente de utilización de .56.

Así Podemos desarrollar la fórmula para la obtención de la iluminancia media del local.

$$E \text{ media} = \frac{\phi \text{ 237,600 Lm}}{A \text{ 295.2 m}^2} \text{ Cu.} .56 \times M .8.$$

$$E \text{ media} = \frac{237,600}{295.2} .56 \times .8$$

$$\frac{237,600}{295.2} = 804.87 \times .448 = 360.58$$

$$E \text{ media} = 360.58 \text{ lux.}$$

Sí comparamos este nivel de 360 lux con la tabla de niveles de iluminación que tenemos en el capítulo sobre niveles de iluminación, veremos que en un taller como éste se necesitaría elevar el nivel, ya que para realizar trabajos en los que sea preciso apreciar detalles medianos como los de éste taller es necesario tener un nivel de iluminación entre los 300 y los 500 lux.

6. Iluminancia - E - Vertical Media.

Fórmula:

$$E = \frac{\Phi \text{ total}}{A} \text{ Cu M.}$$

La iluminancia vertical media es el nivel luminoso medio - que tiene una superficie vertical, que en este caso sería la pared sobre la que está colocada la señal.

El desarrollo de esta fórmula es igual a la anterior, y la única diferencia es que el área corresponde a la pared y - el coeficiente de utilización se localiza en la sección de paredes de la tabla.

Datos:

A) Flujo total = 237,600 Lm.

b) Area de la Pared.

Largo = 24m. = 87.84 m².

Ancho = 3.66m.

c) Factor de mantenimiento = .8

d) Coeficiente de utilización

Indice del local -K- = 3.8

Reflexiones de:

Techo = 30 a 50%

Paredes = 46%

Piso = 15%

Buscando el coeficiente de utilización con los datos anteriores en la sección de paredes de la tabla, vemos que le corresponde . 43.

Por lo tanto:

$$E \text{ media} = \frac{\Phi \text{ 237,600 Lm.}}{A \text{ 87,84 m}^2} \text{ Cu. .43 x M .8}$$

$$E \text{ media} = \frac{237 \text{ 600}}{87.84} = 2704.9 \text{ x } .344 = 930.48$$

$$E \text{ media} = 930 \text{ lux.}$$

Sí el nivel de iluminancia de una pared está comprendido - entre los 500 y 2000 lux, se puede considerar que tiene dicha pared 100 cd/m^2 y este valor encontrándolo en la tabla de escala de luminancias, en el capítulo de luminancia o brillo, veremos que este nivel es el correcto para paredes y techos.

7. Tipos de lámparas.

Actualmente en dicho taller se tienen colocadas lámparas - fluorescentes de arranque instantáneo "Slimline", para uso con balastro.

- a) Con una vida promedio de 12,000 horas.
- b) 75 Watts.
- c) 2.36 m. de longitud y con 2.44 m. incluyendo el porta--lámparas.
- d) Con un flujo luminoso de 5,400 (Lm. por lámpara).
- e) El color de las lámparas es luz de día fría.
- f) Temperatura de color 6,500°K.
- g) Índice de rendimiento de color de 77%.

Este tipo de lámparas pertenecen a las "normales", que tienen un flujo luminoso muy elevado y un rendimiento de co--lor razonable, adecuadas para instalaciones donde se requiera un alto nivel de iluminación.

Tienen también una tonalidad de color fría, aproximadamente igual que la luz solar, son adecuadas en instalaciones donde se necesita un sustituto de la luz solar para la comparación de colores, y en lugares donde se desea crear una impresión de luz de día fría.

Este tipo de lámparas son adecuadas para el taller eléctrico que se está analizando, porque tienen un elevado flujo luminoso que es necesario para el tipo de actividades desarrolladas en el taller y un razonable rendimiento de color de un 77%, ya que con éste tipo de actividades eléctricas, el color no ocupa una posición crítica.

8. Tipos de luminarias.

Este taller tiene luminarias en las cuales se pueden colocar dos lámparas fluorescentes desnudas en cada luminaria.

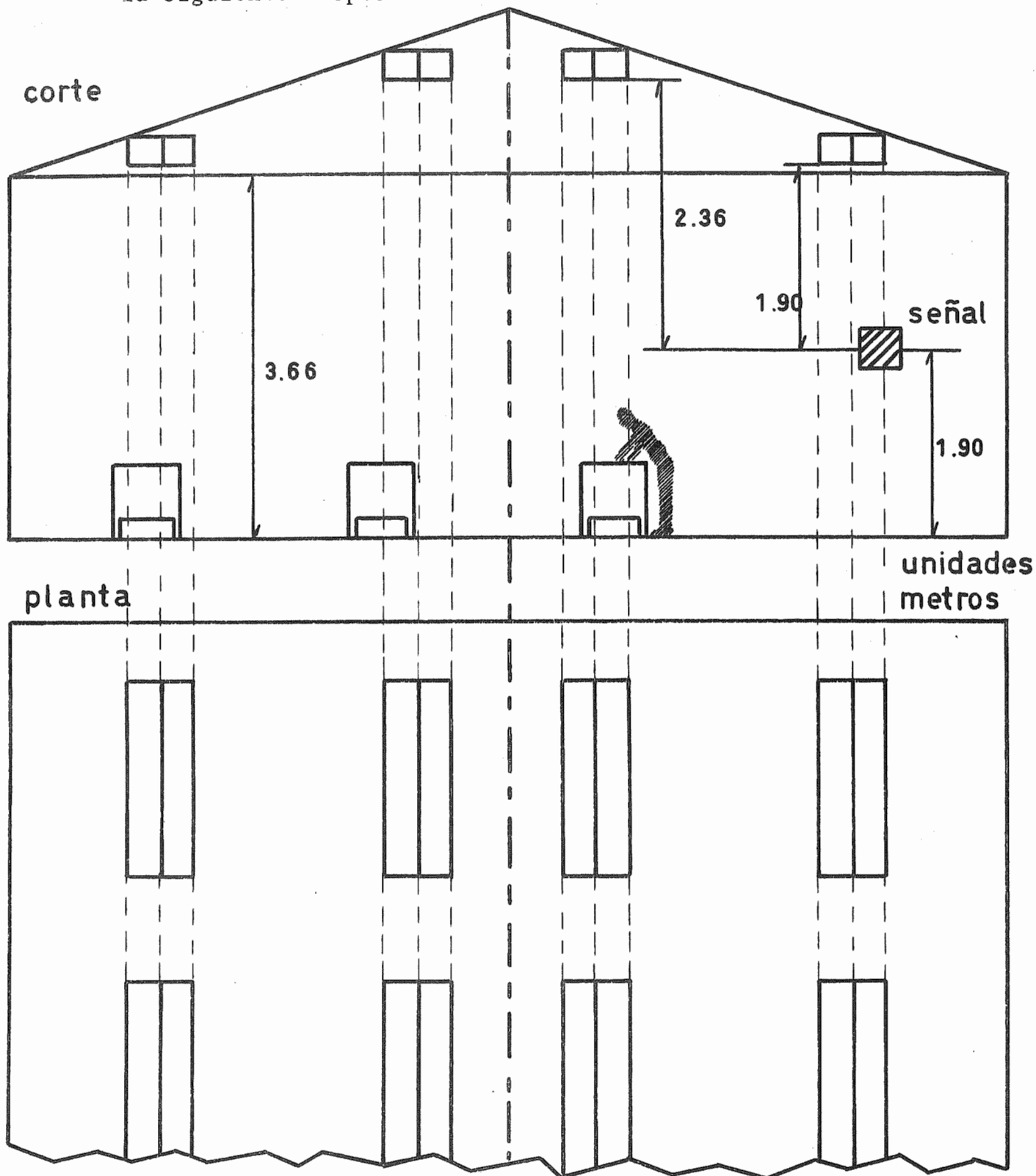
Estando las lámparas desnudas se puede aprovechar el flujo luminoso en su totalidad, aunque esto causa deslumbramiento y brillo en algunas superficies del taller.

Resultarían más confortables las labores en el taller si se colocaran rejillas de plástico con lo cual se evita que las lámparas fluorescentes sean visibles bajo un determinado ángulo, el cual debe de ser de 30° a 45° respecto a la línea de visión.

Debido a las actividades de mantenimiento eléctrico que se realizan en este taller sería conveniente la colocación de lámparas complementarias que ayudarían a la visión de actividades y objetos específicos, lográndose un contraste mayor entre los objetos y su fondo, pero cuidando que esta relación de contraste entre el alumbrado general y el complementario no fuera demasiado elevado ya que provocaría condiciones visuales desagradables.

9. Colocación de luminarias.

La colocación de las luminarias en este taller obedece a -
la siguiente disposición.



Como se puede ver en los esquemas anteriores las distancias entre las filas de las luminarias y las alturas a los planos de trabajo, ya sean el plano donde está colocada la señal o el plano donde se trabaja, no son iguales, por lo tanto la iluminancia que incide sobre dichos planos no es siempre la misma.

Para corregir las anteriores deficiencias se deben de tomar en cuenta las siguientes correcciones de acuerdo a lo mencionado en el capítulo sobre colocación de luminarias.

- a) Cuando se tengan techos en forma de lucernario como el de este taller, se deben colocar las luminarias en filas que formen ángulos rectos o sea paralelas a la sección del techo, para lo cual se deben colocar soportes especiales a lo largo de la dirección deseada.
- b) Las líneas de las luminarias se deben instalar perpendiculares a las filas de los bancos de trabajo, con esto se evita la formación de sombras sobre la tarea visual y se reduce la luz reflejada en los ojos de los trabajadores.
- c) Realizando los anteriores cambios se pueden controlar las alturas de las lámparas a los planos de trabajo. Para definir la distancia entre las filas de las luminarias, esta no debe exceder de 1.5 veces su altura sobre el plano de trabajo, y para definir la distancia longitudinal entre luminarias discontinuas, ésta no debe ser mayor de $2/3$ su altura sobre el plano de trabajo. Para definir la altura de las luminarias en un local que tenga una altura entre los 3.5 y 7 m., las luminarias por lámparas fluorescentes podrán ser colocadas a la altura necesaria, siempre y cuando no causen deslumbramiento en la línea de visión.