



118
21.

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN**

**ILUMINACION E INSTALACIONES ELECTRICAS.
"CRITERIOS DE ILUMINACION EN NAVES INDUSTRIALES"**

TRABAJO DE SEMINARIO

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA**

P R E S E N T A:

RAUL MORALES RUIZ

**ASESOR:
ING. CASILDO RODRIGUEZ ARCINIEGA**

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEX.

1997

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

U. N. A. M.
UNIVERSIDAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES CUAUTITLAN



DEPARTAMENTO DE
EXAMENES PROFESIONALES

DR. JAIME KELLER TORRES
DIRECTOR DE LA FES-CUAUTITLAN
PRESENTE.

AT'N: ING. RAFAEL RODRIGUEZ CEBALLOS
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la FES-C.

Con base en el art. 51 del Reglamento de Exámenes Profesionales de la FES-Cuautilán, nos permitimos comunicarle a usted que revisamos el Trabajo de Seminario:

Iluminación e Instalaciones Eléctricas.

"Criterios de Iluminación en naves industriales"

que presenta el pasante: Raúl Morales Ruiz

con número de cuenta: 8823641-4 para obtener el Título de:
Ingeniero Mecánico Electricista

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VISTO BUENO.

ATENTAMENTE.

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Comité: Icaeli, Eds. de México, a 10 de Septiembre de 19 97

MODULO:

PROFESOR:

FIRMA:

I Ing. Jaime Rodriguez Martinez

II y IV Ing. Pedro Guzman Tinajero

III Ing. Casildo Rodriguez Arciniega

DEP/VOBOSM

CUANTO MAS ALTO ASCIENDAS
EN LA MONTAÑA MAS
FUERTE SOPLARA EL VIENTO.
"ANÓNIMO"

A MIS PADRES
GLORÍA Y RAÚL
POR SUS CONSEJOS
Y
SU APOYO INCONDICIONAL.
A MIS HERMANOS
POR SU PACIENCIA.

ÍNDICE

TEMA	PAGINA
Introducción	4
Efecto del fondo	5
Cantidad de luz producida	5
Características de reflexión	5
Niveles de iluminación	6
Factores que intervienen en la visión	6
Diseño de luminarios	7
Brillantes promedio	7
Angulo de pantalla	9
Descripción del luminario	10
Espaciamiento máximo recomendado	10
Criterio de espaciamiento	11
Calculo de contribuciones relativas	14
Coefficiente de utilización.	15
Razon de cavidad	17
Reflectancias	18
Selección de luminarios	19
Metodos para el calculo de la iluminación	22
Metodo del lumen	23
Metodo punto por punto	25
Conclusiones	38
Bibliografía consultada	40

La electricidad.

Fue zenobio Gramme, un obrero belga que trabajaba en París, quien patentó en 1869 una máquina de inducción que al girar generaba una corriente continua.

En 1871, la primera dinamo movida por un motor de vapor y construida por Gramme, funcionaba perfectamente. Hacía milenios que se utilizaba la fuerza de los saltos de agua o de las presas para hacer girar las ruedas del molino. Pero en este caso, el trabajo suministrado por el agua debía ser utilizado allí mismo e inmediatamente. Se ideó entonces impulsar al dinamo de Gramme mediante ruedas de paletas que recibirían sobre estas el chorro de un torrente o el agua contenida por un dique. Esta rueda de paletas se llama turbina y las modernas descendientes de la máquina de Gramme han recibido la denominación de alternadores, por que producen una corriente alterna; la reunión de ambos ha sido bautizada como "TURBO GENERADOR".

Como era tan fácil procurarse de electricidad, se puso empeño en retener las aguas de los torrentes mediante la construcción de presas. También se taponó el lecho de los ríos. De este modo, el agua en movimiento fluyendo de los ventisqueros y descendiendo de las montañas se convirtió en una fuente de energía es la "HUYA BLANCA"

Lamentablemente la energía que se produce debe ser utilizada inmediatamente debido a que no es posible su almacenamiento, de aquí que se comprende fácilmente la correlación entre las demandas de los usuarios (fabricas, talleres, almacenes, particulares, alumbrado público, etc) y la producción a de calcularse al minuto con toda precisión, sin duda te molestarías que deseando tener energía eléctrica como para encender un equipo eléctrico no tuvieras y por lo tanto tu equipo no encendiera.

Gracias a la electricidad, podemos circular fácilmente durante la noche en las ciudades iluminadas, realizar nuestras actividades en el interior de oficinas, tiendas correctamente iluminadas o incluso ir al cine .

El color ha echo igualmente su aparición en los dominios de la iluminación y nadie se sorprende ya de ver rótulos luminosos multicolores, los tubos de neon, la base de vapor de mercurio o de sodio y hasta los fluorescentes, nos son ahora familiares. Tras la incandescencia de un filamento, en la clásica bombilla y tras la línea de luz en el tubo fluorescente, los ingenieros preparan la electro-luminiscencia, que engendra superficies luminosas.

Efecto del fondo:

Una fuente de luz focal o lineal puede instalarse frente a una superficie reflejante para producir un efecto intermedio entre focal y difuso. Esto tiende a reducir el contraste producido por la imagen reflejada de luz, pero también asegura que parte de la luz reflejada incida sobre la superficie de trabajo que se encuentra entre las imágenes de las lámparas desnudas.

Al pintar el techo de una planta industrial de blanco se obtiene un fondo claro para la iluminación y se consigue este efecto. A menor escala es posible instalar detrás de las lámparas un reflector o una tabla plana de color claro para obtener este mismo efecto. El resultado neto es similar al que se observa en un área abierta, cuando se combina la luz directa del sol con la luminosidad del cielo.

Por el contrario en la luna existe un marcado contraste entre las zonas iluminadas y las oscuras debido a la ausencia de la componente de luz difusa en la iluminación.

La cantidad de luz producida.

La cantidad de luz que produce una lámpara o luminario es proporcional a su brillantes y a su área.

La brillantez de las lámparas varía considerablemente entre una clase y otra.

El tipo de fuente de luz que se utiliza influye en el aspecto de todos los objetos que se encuentran dentro de la habitación iluminada. Si se reemplaza un sistema fluorescentes con un sistema de descarga de alta intensidad, cambia la visibilidad y apariencia del objeto sobre el que se trabaja, aun cuando el nivel de iluminación sea el mismo.

Por esto es muy importante conocer los efectos de diferentes tipos de sistemas de iluminación para asegurar que se puede ver adecuadamente el trabajo que se está realizando, así como sus detalles.

CARACTERÍSTICAS DE REFLEXIÓN DE LAS SUPERFICIES:

Otro factor que debe analizar el diseñador cuando está trabajando en el diseño de un sistema de iluminación complementario es el tipo de superficie y la manera en que esta refleja la luz. Ya que en superficies metálicas la luz se refleja directamente mientras que en una superficie no metálica penetra y se difunde.

La difusión que ocurre en una superficie metálica se debe principalmente a las asperezas, no a la penetración:

La difusión dentro de las superficies no metálicas es el principal factor que controla su apariencia.

NIVELES DE ILUMINACIÓN:

El nivel de iluminación para el maquinado de piezas pequeñas de metal así como para otras actividades industriales de precisión puede elegirse consultando las tablas que corresponden a los niveles recomendados por The Illuminating Engineering Society of North America.

FACTORES QUE INTERVIENEN EN LA VISIÓN

Para diseñar un sistema complementario de iluminación es necesario comprender los factores que intervienen en la visión. Esto es particularmente aplicable a la iluminación para inspección.

Los cuatro principales factores son:

- 1.-Tiempo.
- 2.- Tamaño.
- 3.- Brillantes.
- 4.- Contraste.

TIEMPO:

El ojo requiere cierta cantidad de tiempo para ver un objeto, aunque esta es menor cuando simplemente reconoce la presencia del objeto.

En cambio necesita más tiempo para enfocar al mismo objeto. Antes de enfocar el ojo debe encontrar el objeto. Esto lo hace recorriendo con pequeños movimientos el campo visual. Cuando encuentra el objeto entonces se detiene y permanece fijo.

Si el objeto se está moviendo el ojo se mueve con él para producir una imagen. Si el tiempo requerido para formar esta imagen es mayor que aquel durante el cual el objeto permanece dentro del campo visual, este no será visto.

TAMAÑO:

El tamaño visual de un objeto lo determina el tamaño del propio objeto y su distancia del observador. Si el objeto esta demasiado alejado o es de acceso difícil debe considerarse el uso de un circuito cerrado de televisión. Las técnicas de iluminación utilizadas para destacar detalles en la superficies son las mismas, ya sea que el detalle este en un trozo de tela o en la pared de un edificio iluminado con reflectores.

BRILLANTEZ:

La brillantes de un objeto la determina la cantidad de luz que este refleja hacia el ojo. La brillantez de un objeto afecta directamente su visibilidad. La cantidad de luz que una superficie refleja hacia el ojo esta determinada por las características de la superficie, la intensidad de la luz incidente y el ángulo formado por esta, la fuente de luz y el ojo.

CONTRASTE:

El contraste consiste en la diferencia visual entre un objeto y el área que lo rodea. Es el factor mas importante que considera cuando se resuelve un problema de visibilidad difícil. La visibilidad puede mejorarse con mayor facilidad si se incluye contraste que incrementando el nivel de luminosidad en el área de trabajo. El éxito de la solución final puede deberse al desarrollo de un buen contraste en el área de trabajo. El ojo es atraído hacia las cosas que tienen un mayor contraste o brillantez.

DISEÑO DE LUMINARIOS:

La illuminating Engineering Society of North America (IES) especifica varios métodos de prueba fotométrica para luminarios. Con base en estos métodos de prueba fotométrica para luminarios los fabricantes realizan pruebas cuyos resultados se publican en la forma de datos fotométricos. Los datos fotométricos son útiles para comparar el rendimiento de luminarios semejantes, no obstante hay que recordar que la elección no debe hacerse con base en ligeras diferencias. Cuando se prueba un luminario, este se coloca en el centro de una esfera imaginaria que tiene un radio igual a la distancia de prueba. La distancia de prueba debe ser de 5 a 10 veces el diámetro máximo de

el luminario, para que este parezca como una fuente de luz focal. Las mediciones de la intensidad de la luz en candelas se hacen en todas direcciones. Los reflectores circulares (simétricos) en ocasiones se rotan para obtener la intensidad promedio en cada ángulo vertical. Las mediciones de candela se trazan en coordenadas polares para mostrar la forma de la curva de distribución de candela. Esta curva indica la intensidad luminosa en cualquier dirección relativa a la posición convencional de el luminario en servicio

La distribución para cada una de las zonas se calcula de manera separada, ya que el área de cada zona se hace mas grande a medida que el ángulo vertical se aproxima a los 90 grados.

A veces se utilizan en los cálculos zonas con un diámetro mayor o menor de cinco grados. Si los valores de candela cambian rápidamente, se requieren zonas mas estrechas. Las zonas con una anchura de 5 a 10 grados son lo suficiente precisas para luminarios industriales.

Los lúmenes zonales se hacen bajo el supuesto de que el centro de cada zona la luminosidad es igual a la luminosidad promedio de toda la zona. Los lúmenes emitidos por luminario se calculan multiplicando el valor de candela por una constante zonal.

La constante zonal que convierte las candelas de la luminario en lúmenes zonales se puede calcular con la siguiente formula:

$$\text{Lumens} = \frac{cd \times \text{area}}{R^2}$$

En donde:

cd = Candelas en el centro de la zona.

área = Área total de cada zona.

R = Distancia de prueba.

La formula para el área de una zona esférica es :

$$A = 2\pi R^2 (\text{Cos}\theta_1 - \text{Cos}\theta_2)$$

En donde:

θ_1 = Angulo vertical del limite inferior de la zona circular.

θ_2 = Angulo vertical del limite superior de la zona circular.

Las dos fórmulas se combinan para obtener la fórmula de la constante zonal.

Como R^2 se suprime:

$$\text{lúmenes} = cd 2\pi R^2 (\text{Cos}\theta_1 - \text{Cos}\theta_2)$$

Los datos de distribución generalmente se calculan para lámparas de 1,000 lúmenes. El número total de lúmenes emitidos por luminario es la suma de los lúmenes de cada zona multiplicada por los lúmenes de la lámpara y divididos entre 1,000

La zona de 0 a 90° constituye el componente directo, el cual se dirigirá hacia el plano de trabajo.

La zona de 90 a 180° es el componente indirecto, el cual será irradiado a la cavidad del techo. Estos dos números combinados proporcionan el número total de lúmenes de 0 a 180°.

BRILLANTES PROMEDIO:

Los datos fotométricos generalmente incluyen una tabla que muestra la brillante promedio en la zona de destello, la cual se extiende desde la horizontal hasta el ángulo vertical de 65°.

La brillante fotométrica se mide en Lambert's-pie en unidades de luminancia.

La brillante promedio del luminario no se puede utilizar para evaluar la comodidad visual, ya que solo mide la luminosidad promedio. La brillante pico constituye un problema cuando hay destello.

ÁNGULO DE PANTALLA:

Es el ángulo formado por una línea horizontal trazada paralela al fondo del reflector y la línea de visión en la que la lámpara desnuda empieza a ser visible.

Para las fuentes de descarga de alta intensidad (DAI) o las incandescentes, se recomiendan ángulos de pantalla de 35° o más debido a la intensidad luminosa de la fuente. El ángulo de pantalla se mide desde el fondo del tubo del arco cuando se trata de lámparas con bombilla externa transparente o desde el fondo de esta cuando esta opacada con ácido o recubierta con fósforo.

DESCRIPCIÓN DEL LUMINARIO:

Una sección de los datos fotométricos se refiere al luminario y otra parte a la lámpara.

Estos datos incluyen la siguiente información: tipo de fuente de luz, número de sus partes, posición de operación de la lámpara, tipo de diseño y acabado del reflector.

La posición del porta lámpara indica el lugar donde esta el centro de la lámpara en relación con el borde del reflector.

En algunos luminarios, las lámparas pueden colocarse en varias posiciones. Cada posición diferente de la lámpara cambia la distribución fotométrica de la luminario, así como el ángulo de la pantalla.

COEFICIENTES DE UTILIZACIÓN MÉTODO DE CAVIDAD ZONAL

El coeficiente de utilizaciones es la razón de los lúmenes que inciden sobre la superficie de trabajo (generalmente un plano de 0.9 metros o 3 pies de suelo) y los lúmenes generados por la lámpara.

ESPACIAMIENTO MÁXIMO RECOMENDADO:

Los datos fotométricos siempre incluyen las recomendaciones del fabricante acerca de la razón máxima de espaciamiento a altura de montaje sobre el plano de trabajo.

La razón de espaciamiento a altura de montaje a menudo se utiliza para especificar el patrón del haz luminoso de el luminario. Estas razones se utilizan bajo el supuesto de que la calidad del sistema de iluminación no se vera afectada por el espaciamiento de los luminarios, siempre y cuando no se excedan las razones.

Sin embargo esto no ocurre así especialmente si el objeto sobre el que se trabaja es especular, como suele ocurrir en la industria metalúrgica y de maquinado.

Esto también puede ocurrir si la visibilidad es influida tanto por la luz que proviene por el luminario situado directamente sobre el plano de trabajo como por las demás fuentes de luz de lugar.

Criterio de espaciamento:

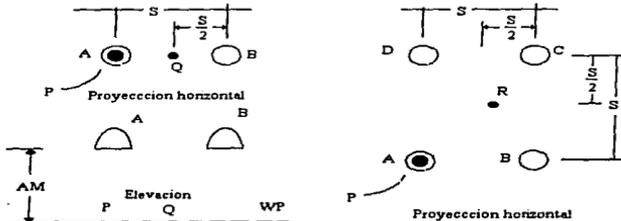
El criterio de espaciamento (CE) de los luminarios.

Es una técnica de clasificación para los luminarios de interiores y esta relacionado con la distribución fotométrica que proporciona el componente directo de los luminarios (de 0 a 90°).

En este análisis la altura de montaje se mide desde el plano de trabajo.

El criterio de espaciamento de los luminarios se basa en el supuesto de que toda la iluminación principal horizontal sobre el plano de trabajo, directamente bajo el luminario específico, es provista por este luminario.

Se espera que cada luminario aporte la suficiente luz de tal modo que el punto Q intermedio entre los luminarios:



En el gráfico anterior el punto Q o punto medio entre dos luminarios, el punto R o punto medio entre cuatro luminarios, pueden ser puntos de baja iluminación.

En cambio si se siguen las recomendaciones del CE, los puntos Q R y P tendrán igual iluminación.

Reciba tanta iluminación como el punto P directamente abajo de una de las luminarios. Esto implica que cada luminaire contribuirá con la mitad de la iluminación que contribuye en el punto P.

El punto medio entre luminarios o en la mitad del cuadrado formado por cuatro luminarios también puede ser un punto de baja iluminación. Sin embargo, si se sigue el procedimiento para el CE de los

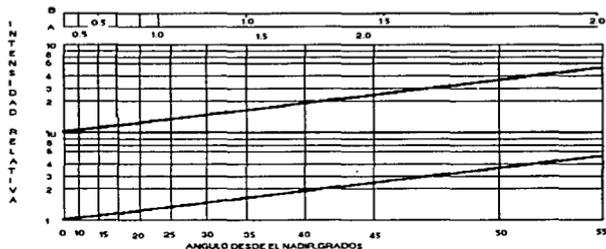
CRITERIOS DE ILUMINACIÓN EN NAVES INDUSTRIALES

luminarios, todos estos puntos tendrán la misma iluminación que el punto directamente bajo el luminario.

Para que los niveles de iluminación en los puntos R y P sean iguales, cada uno de los cuatro luminarios debe dirigir un cuarto de su producción total hacia el punto R

De esta manera, el objetivo es proporcionar a los puntos R y P una iluminación uniforme.

Utilizando la siguiente gráfica:



Es posible determinar el espaciamiento en el cual cualquier luminario satisface estas especificaciones. Lo único que se da por supuesto en los siguientes cálculos es la validez de la ley del cuadrado inverso.

Procedimiento:

A. -Para luminarios cuya distribución de la intensidad luminosa es nominalmente simétrica al rededor del nadir

1. Trazar la intensidad relativa de la luminario sobre la gráfica anterior.
2. Localizar el punto de un medio de la intensidad a cero grados sobre la ordenada y trazar una línea a través de ese punto, paralela a las líneas diagonales. Si la intensidad varía significativamente en la vecindad de cero grados, utilizar un promedio de la intensidad sobre el ángulo polar de los ceros a cinco grados.
3. Leer la escala A sobre la intersección de esta línea con la curva de intensidad.
4. Repetir el paso 2, utilizando el punto de un cuarto de la intensidad a cero grados.

5. Leer la escala B sobre la intersección de esta línea con la curva de intensidad.
 6. El valor mas bajo obtenido en los pasos 3 y 5 se tomara como el criterio de espaciamiento de los luminarios. Redondear el valor a la décima de una unidad mas cercana.
- B.- Para luminarios con una distribución de la intensidad luminosa sobre el nadir significativamente asimétrica:
- Evaluar independientemente las distribuciones de intensidad luminosa (paralela y perpendicular, cero y noventa grados, etc).
- Aplicar los pasos A.1, A.2, A.3 para cada una de las curvas de intensidad.
- Redondear a la décima de una unidad cercana.

INTERPRETACIÓN:

El valor de la escala A corresponde al criterio del punto Q (el punto medio entre dos luminarios). El valor de la escala B corresponde al criterio del punto R (el punto intermedio entre cuatro luminarios). Para un luminario con distribución simétrica, el nivel de intensidad en los puntos Q, R y P debe ser igual.

Para un luminario asimétrico, se recomienda hacer la prueba independiente en el punto Q, para que cada orientación sea adecuada.

El CE de los luminarios indica un espaciamiento máximo en el cual la iluminación horizontal será razonablemente uniforme. Este es un valor nominal, por lo que en la mayoría de los casos, una razón mas aproximada de espaciamiento a altura de montaje (E / AM) proporcionara mejores resultados.

La practica recomendada señala que 1.5 es el valor máximo para el criterio de espaciamiento de los luminarios, debido a otros factores tales como convergencia entre luminarios, iluminación vertical, sombras, distribución sobre el plano de trabajo, etc.

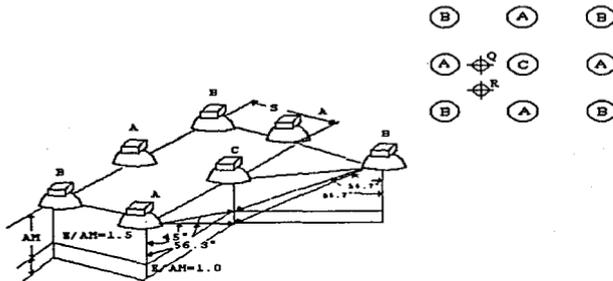
LIMITACIONES DEL CRITERIO DE ESPACIAMIENTO:

Dado que el haz luminoso de los luminarios puede tener muchas formas, y considerando la variedad de condiciones que pueden encontrarse en las instalaciones industriales, un criterio de espaciamiento de un solo numero puede no proporcionar una buena indicación del rendimiento de los luminarios.

CALCULO DE CONTRIBUCIONES RELATIVAS:

Todas las partes del plano de trabajo que sean iluminadas por mas de una luminario, el haz luminoso de estas debe ensancharse lo suficiente para que parte de su luz llegue hasta la zona situada bajo otros luminarios.

A continuación se presenta un área de 9 luminarios uno en el centro y ocho rodeándolo, en un patrón cuadrado.



Plano de 9 luminarios en un patrón cuadrado.

En el gráfico tridimensional se muestran los ángulos a los cuales la luz debe ser emitida para que pueda alcanzar el área bajo las luminarios adyacentes, a razones E/AM de 1.5 y 1.0:1

Para mejores resultados, las luminarios A y B deben contribuir con cierta luz para iluminar el área situada bajo el luminario C.

La intensidad luminosa debe estar dirigida a ciertos ángulos verticales a fin de proporcionar iluminación bajo los luminarios adyacentes. El ángulo vertical particular varía con la razón de altura de montaje como se indica en el gráfico anterior.

La luz dirigida directamente hacia abajo del luminario (del punto a cero grados) proporciona un nivel de iluminación más alto que la dirigida en cualquier otro ángulo vertical.

Las líneas diagonales representan las constantes de iluminación provenientes de el luminario.

CRITERIOS DE ILUMINACIÓN EN NAVES INDUSTRIALES

Si la distribución de la potencia luminosa coincide exactamente con una de las líneas diagonales, entonces el nivel de luz producido por este luminario será uniforme en cada punto del plano de trabajo.

COEFICIENTE DE UTILIZACIÓN

Es un factor muy importante en los cálculos de iluminación.

El método de cavidad zonal para determinación del CU esta basado en el concepto de que el área a iluminar esta formada por varios espacios cúbicos o cavidades cuya reflectancia afectara la cantidad total de luz que incidirá sobre el plano de trabajo. la contribución directa de el luminario se combina con la luz reflejada por las paredes, el piso y el techo a fin de determinar la iluminación total sobre el plano de trabajo.

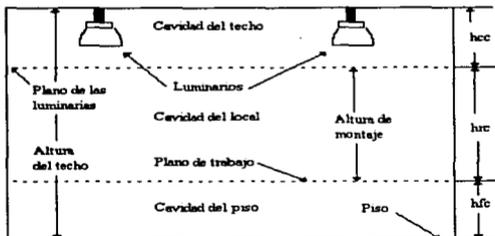
El C.U compara esta iluminación sobre el plano de trabajo con la producción de lúmenes iniciales de la lámpara.

Los datos necesarios para obtener el coeficiente de iluminación son:

- a) Conocer la razón de cavidad zonal.
- b) Reflectancia de las paredes.
- c) Reflectancias efectivas cavidades del techo.
- d) Reflectancias efectivas cavidades del piso.
- e) así como el tipo de lámparas y luminario tentativo.

CAVIDAD DEL LOCAL:

Para determinar el CU, el diseñador divide el espacio que será iluminado en tres cavidades, como se muestra a continuación :



La cavidad del techo es el espacio cúbico entre el techo y el plano de los luminarios (la parte inferior de los luminarios). La cavidad del local es el espacio entre el plano de los luminarios y el plano de trabajo. La cavidad del piso es el espacio entre el plano de trabajo y el piso. Si en la cavidad del techo, del piso o del local existen vigas, ductos, maquinaria u otras obstrucciones, por lo que el área a iluminar se debe dividir en secciones más pequeñas para los propósitos de diseño.

RAZÓN DE CAVIDAD:

Cuando se calculan las proporciones geométricas de la cavidad del local o del piso, los resultados constituyen relaciones numéricas denominadas razones de cavidad.

Las tres razones de cavidad se pueden denominar con la siguiente fórmula:

$$\text{Razón de cavidad} = \frac{5h(\text{altura del local} + \text{anchura del local})}{\text{longitud del local} \times \text{anchura del local}}$$

Donde:

h = Altura de cavidad que está siendo medida. Como se muestra en la gráfica anterior

hcc = Altura de cavidad del techo.

hrc = Altura de la cavidad del local.

hfc = Altura de cavidad del piso.

Las tres razones derivadas con las fórmulas son:

1. La razón de cavidad del techo (RCT)
2. La razón de cavidad del local (RCL)
3. La razón de cavidad del piso (RCP)

Si los luminarios se encuentran en la ras del techo, la RCT es cero.

Si el piso es el plano de trabajo, la RCP es cero.

Pero si el área que será iluminada es cuadrada, RCL se puede encontrar con la siguiente expresión:

$$RCL = 10 \times \frac{\text{altura}}{\text{anchura}}$$

Si el área a iluminar tiene forma irregular, las razones se determinarán con la siguiente expresión.

$$RCL = 2.5 \times \frac{\text{área de pared de la cavidad total}}{\text{área de la base de la cavidad total}}$$

El área de cada pared se calcula multiplicando la longitud por la altura. Las áreas de las cuatro paredes se suman y el resultado es el área de la pared de la cavidad total utilizada en la fórmula.

Las tres relaciones de cavidad mencionadas anteriormente se inter-relacionan quedando como sigue:

$$RCT = RCL \times \frac{h_{cc}}{h_{rc}} \quad \text{y} \quad RCP = RCL \times \frac{h_{rc}}{h_{fc}}$$

Una vez obtenido el valor de RCL las otras razones son obtenidas fácilmente.

REFLECTANCIAS:

En el interior de un local, todos los lúmenes emitidos por un luminario finalmente son absorbidos ya que el área se encuentra cerrada; sin embargo mientras más luz incidente es reflejada por el techo y las paredes, más energía radiante está cruzando continuamente el lugar.

En general mientras mayor es la reflectancia existe mayor utilización de la luz.

Debido a esto es importante determinar la reflectancia de los techos, paredes y pisos.

Para esto se deben utilizar los valores constantes esperados si es que se quieren obtener niveles constantes de iluminación.

Se pueden utilizar los valores de iluminación inicial si es que se desea calcular únicamente el nivel de iluminación inicial.

Las Reflectancias pueden estimarse o medirse. Si la pared de la cavidad del local en estudio la forma una enorme máquina o pilas de materiales, de todas maneras se le debe asignar un valor de reflectancia para que los cálculos sean precisos.

En ocasiones donde no sea posible estimar u obtener el nivel de reflectancia se aplicara un valor de 30 por ciento a las paredes, techo y un 20 por ciento al piso.

Si el edificio es nuevo, estos valores son más altos pero en un medio industrial como al que hacemos referencia disminuyen rápidamente a consecuencias del polvo.

Estas estimaciones son bajas debido a que tanto las fábricas como las naves industriales no tienen un buen mantenimiento debido a su labor ya que sería imposible vaciar una nave únicamente para su limpieza es incosteable lo mismo una fábrica.

Sin embargo en áreas de oficinas la reflectancia es mayor que en las fábricas y en las naves industriales.

Los valores de reflectancia se deben ajustar para calcular las Reflectancias efectivas. Los valores para la RCL y para la RCP se utilizan para ajustar la reflectancia del piso y del techo cuando estas cavidades son profundas. La profundidad de la cavidad del techo determina parcialmente la cantidad de luz que se refleja y regresara al plano de trabajo. Mientras más profunda es una cavidad, menor luz refleja esta. Lo anterior tiene el mismo efecto que una disminución en la reflectancia de la superficie del techo. Lo mismo puede aplicarse a la cavidad del piso.

La reflectancia de la pared esta relacionada con las Reflectancias tanto del techo como del piso, ya que una porción de la luz reflejada en la cavidad del techo o la del piso, es reflejada nuevamente a las paredes.

SELECCIÓN DE LAS FUENTES DE LUZ:

Los datos fotometricos ayudan en la selección de las fuentes de luz y las luminarios.

Para el diseño se debe efectuar una selección tentativa antes de proseguir con los cálculos para el diseño de la iluminación.

Las lámparas de sodio de alta presión (ASAP) son las fuentes de luz industrial mas eficientes; llegan a producir hasta 140 lúmenes por watt.

Se pueden utilizar tanto en interiores como en exteriores, excepto en los lugares donde es muy importante la distinción de colores. Este tipo de lámparas viene en un gran numero de tamaños, así que el nivel de iluminación puede combinarse con el numero de luminarios necesarios para producir una buena uniformidad.

SELECCIÓN DE LUMINARIOS.

Se debe hacer una selección tentativa de luminarios antes de empezar con los cálculos de la iluminación. La selección de luminarios esta basada en varios factores, entre los que se encuentran:

- Condiciones del medio ambiente.
- Altura de montaje.
- Dispersión del rayo de luz.
- Ángulos de pantalla.
- Forma del reflector.
- Así como también las necesidades de sistemas auxiliares o de emergencia.

MEDIO AMBIENTE.

Es un factor importante en la selección de luminarios, los lugares peligrosos en donde existen vapores potencialmente explosivos o fibras y polvos fácilmente inflamables, requieren equipo especial.

Los lugares húmedos o de atmósfera corrosiva también requieren luminarios especiales.

La temperatura del ambiente también influye en la selección. Algunas balastras pueden fallar o bien, tienen un rendimiento bajo a temperaturas demasiado altas o demasiado bajas.

Si el luminario será expuesto a vibraciones o impactos mecánicos, esto deberá tomarse en consideración.

Otro factor es el nivel de limpieza o contaminación del lugar. En los ambientes sucios siempre se utilizan luminarios sellados y con filtro.

ALTURA DE MONTAJE.

Algunos luminarios están diseñados para utilizarse a bajas alturas de montaje, esto es a menos de 7.6 metros .

Otros son diseñados para utilizarse a alturas superiores a los 7 metros. Estos pueden instalarse en las áreas muy altas divididos por secciones.

Algunos de los luminarios clasificados como de elevada altura de montaje se pueden utilizar a alturas mas bajas.

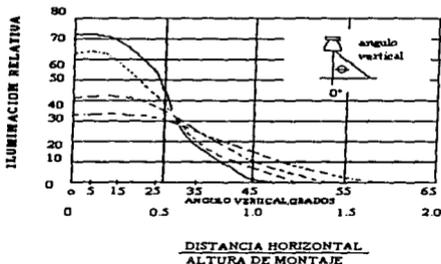
El grado de dispersión del haz luminoso varía entre los diferentes luminarios de descarga de alta intensidad DAI. En la mayoría de los casos, cualquier luminario de una familia tiene las mismas características generales que los demás.

Las variaciones de dispersión del haz luminoso dentro de una familia de luminarios pueden lograrse mediante cambios en la posición dentro del reflector. Por lo común se requieren dos o mas tamaños de reflectores para abarcar todas las variaciones en los niveles de iluminaciones (bajos, medianos, altos) en las áreas divididas por secciones. Generalmente si se coloca la lámpara a una distancia mayor del reflector, se produce un haz mas ancho.

DISPERSIÓN DEL HAZ LUMINOSO Y CRITERIO DE ESPACIAMIENTO.

Si el haz luminoso es ancho los luminarios se pueden instalar con un espaciamento mayor entre ellos.

GRAFICA DE ILUMINACION RELATIVA DE UNA FAMILIA DE LUMINARIAS SAI



Una familia de luminarios de sodio alta presión (SAP). De acuerdo con el grado de dispersión del haz luminoso, se recomienda un determinado criterio de espaciamento (CE). La ordenada inferior indica el ángulo vertical desde la luminaria, así como la razón del espaciamento a altura de montaje (E/AM). Cuando la dispersión del haz luminoso se amplía, como lo indica un mayor CE, la potencia luminosa se reduce esto es en el número de candelas que la luminaria dirige a cero grados es menor.

DISPERSIÓN DEL HAZ LUMINOSO Y COEFICIENTE DE UTILIZACIÓN:

La elección de los luminarios con un criterio de espaciamento elevado y haz luminoso ancho debe compararse con el coeficiente de utilización (CU). A medida que RCL aumenta, los luminarios de haz ancho pierden utilización más rápido que los luminarios que tienen un haz estrecho.

Cada luminario produce un patrón diferente de iluminación del plano de trabajo.

Ángulo de pantalla y forma del reflector. Las lámparas deben llevar pantalla de tal modo que no sean visibles desde los ángulos normales de visión, en particular a bajas alturas de montaje. Esto generalmente requiere un ángulo de pantalla de cuando menos 35° .

Mientras más ancho es el haz luminoso, más brillante parece el reflector de una luminaria.

En la práctica es conveniente que la zona de destello del reflector sea visible desde el mismo ángulo en que empieza a verse la lámpara.

El área de destello es el área donde los brillantes de la lámpara puede ser vista reflejada en la superficie del reflector.

Cuando aumenta la dispersión del haz luminoso, el área de destello se localiza en una zona más baja del reflector.

SISTEMAS DE EMERGENCIA Y AUXILIARES.

Las lámparas de descarga de alta intensidad tienen un periodo de calentamiento lento, por ello, generalmente se requiere de un sistema de iluminación auxiliar que funcione en coordinación con el sistema principal. Una manera de proporcionar esta iluminación auxiliar es la instalación de lámparas incandescentes en aproximadamente el diez por ciento de los luminarios DAI.

Estas iluminan parcialmente el lugar mientras las lámparas DAI del sistema principal estén en proceso de calentamiento y se apagaran automáticamente cuando estas alcancen el 60 por ciento de su producción total de luz.

La iluminación de emergencia es necesaria para proporcionar el mínimo de iluminación que permita a los obreros abandonar con seguridad un edificio cuando ocurra una falla en el suministro de energía eléctrica.

MÉTODOS PARA EL CÁLCULO DE LA ILUMINACIÓN:

Una vez hecha la selección tentativa de lámparas y luminarios el diseñado puede seguir con los cálculos de iluminación.

Existen dos métodos comúnmente utilizados para calcular la iluminación en los espacios cerrados.

- Método del lumen el cual incorpora el enfoque de la cavidad zonal para obtener el coeficiente de utilización.
 - Permite calcular el nivel promedio de iluminación horizontal en el espacio.
- Método punto por punto el cual utiliza las leyes del cuadrado inverso y del coseno.
 - Determina el nivel de iluminación de un punto, en particular, tanto de una superficie horizontal, como vertical.

Método de lumen.

El método de lumen es la manera de calcular el nivel esperado de iluminación sobre un plano horizontal, a partir de una combinación específica de la lámpara-luminario. Se basa en la premisa de que cada área recibe un determinado flujo o cantidad de luz.

En este caso el flujo luminoso está expresado en lúmenes.

La fórmula siguiente se utiliza para calcular los niveles esperados de luz por este método:

$$E = \frac{N \times LL \times CU \times LLF}{\text{área}}$$

En donde:

E = Iluminación.

N = Número de luminarios.

LL = Lúmenes de lámpara iniciales

CU = Coeficiente de utilización

LLF = Factor de pérdida de luz.

área = Tamaño del área que debe ser iluminada

Numero de luminarios (N) La formula puede plantearse nuevamente para calcular el numero de luminarios que van a ser utilizadas y no para E. Quedando de la siguiente manera:

$$N = \frac{Exarea}{LLxCuLLF}$$

- Lúmenes de lámpara (LL) :

Esta es la potencia luminosa inicial de las lámparas. Este valor lo proporcionan los fabricantes.

- Coeficiente de utilizan (CU) :

Es la razón de Lumens que llegan al plano de trabajo al total de lúmenes generados por la lámpara. El coeficiente de utilización toma en cuenta las interreflectancias de la luz en el local, la eficiencia y la distribución de el luminario, la altura de montaje y las proporciones del local.

- Factor de pérdida de la luz (LLF) :

Los factores pérdida de la luz son aquellos factores que al cabo de un tiempo, contribuyen a disminuir la producción de luz de una combinación dada de lámpara-luminario-balastras.

El factor pérdida de luz generalmente esta constituido por la depreciación de lúmenes de la lámpara (LLD) y la depreciación de luminarios por polvo (LDD), aunque existen otros componentes tales como caída del voltaje, depreciación por suciedad en las paredes del local.

La depreciación de Lumens por lámpara es un dato que proporciona el propio fabricante.

El valor de LLD es porcentaje de lúmenes que todavía emitirá una lámpara en el momento de ser sustituida. para que este valor sea preciso, se debe saber cada cuando se sustituirán las lámparas de un sistema.

Los valores de depreciación por polvo los proporciona el fabricante de manera aproximada para distintos ambientes de suciedad o limpieza que prvaran en el lugar donde se instalen las luminarios, sin embargo se puede utilizar un valor promedio para el diseño por lo cual el nivel de luminosidad de la instalación será el promedio sobre el periodo de sustitución de las lámparas, o bien el valor al final del periodo de sustitución. Por lo que el sistema solo funcionara correctamente en los periodos de limpieza y reposición de lámparas.

En la mayoría de los casos se debe estimar el factor de pérdida de la luz. Esto generalmente se logra multiplicando los distintos componentes que lo forman (LLD x LDD).

El área esta dada en metros cuadrados si el nivel de iluminación esta en lux o en pies cuadrados si el nivel de iluminación esta en candelas pie.

EJEMPLO DE APLICACIÓN

Un patio de almacenamiento de 3000 m² esta alumbrado por dos lamparas de alta intensidad con capacidad de 50,000 lúmenes (lm). El coeficiente de utilización es de 35 % y el factor de perdida luminosa es de 80 %.

Calcúlese el nivel promedio de iluminación que se mantiene:

DATOS:

FORMULA

N = 2 lamparas

LL= 50,000 lúmenes.

CU= 35 %

LLF= 80%

A= 3000 m²

E = ?

$$E = \frac{N \times LL \times CU \times LLF}{A}$$

SUSTITUCIÓN

$$E = \frac{2 \times 50000 \times 0.35 \times 0.80}{3000} = 9.3333 \text{ Lx}$$

NIVEL DE ILUMINACIÓN PUNTO POR PUNTO:

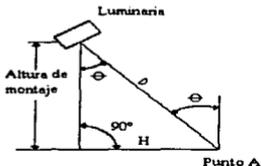
Se utiliza para determinar el nivel de iluminación esperado en un punto ya sea horizontal o vertical en particular. Se aplica cuando se diseña un sistema de iluminación para áreas largas, estrechas y profundas, como es el caso de bodegas y lugares peligrosos.

Se utilizan los cálculos del método punto por punto para determinar el nivel de iluminación en un punto determinado. Esto es útil para calcular la uniformidad de la iluminación, y también para seleccionar la apertura del haz y la potencia máxima en candelas de el luminario.

La iluminación que produce cualquier luminario en un punto es una función de su intensidad lumínica en cd, dividida entre la distancia D, al cuadrado:

$E = cd/D^2$. Si la iluminación incide en la superficie con cierto ángulo, el área iluminada se aumenta en una función del coseno del ángulo de incidencia teta

ver la siguiente figura :



Cuando la iluminación incide sobre una superficie con un ángulo el área iluminada se aumenta en función del coseno del ángulo de incidencia \ominus

EJEMPLO :

Una lámpara de alta intensidad que emite 25,000 candelas (cd) en el centro de su haz luminoso, esta orientada a 60° hacia un punto sobre el piso a 20 m de distancia.

¿Cual es la iluminación resultante en ese punto ?

DATOS:

FORMULA

SUSTITUCIÓN

cd = 25,000 candelas

teta = 60°

$$E = \frac{cd \times \text{Cos } \theta}{D^2}$$

$$E = \frac{25000 \times \text{Cos } 60^\circ}{20^2} = 31,25 \text{ lx}$$

D = 20 m

E = ?

Otra fórmula cuyo uso es más conveniente hace uso de la altura de montaje MH en lugar de la distancia diagonal D.

Esta fórmula es:

$$E = \frac{cd \times \text{Cos}^3 \theta}{MH^2}$$

Donde:

$$MH = (D \times \text{Cos} \theta) \quad \text{Y}$$

$$E = \frac{cd \times \text{Cos}^3 \theta}{MH^2}$$

Así Obtenemos:

$$MH = (20 \times \text{Cos} 60^\circ) = 10m$$

$$E = \frac{25000 \times \text{Cos}^3 60^\circ}{10^2} = 31.25 \text{ lx}$$

FACTORES IMPORTANTES A CONSIDERAR.

Los cálculos son afectados por los factores de pérdida luminosa y los niveles de iluminación recomendados para diferentes actividades.

Ocurren diferencias mayores debido a los tipos de luminarios y lámparas que se utilizan normalmente y a la manera en que se obtiene el coeficiente de utilización.

Factor de pérdida luminosa (LLF): también llamado factor de mantenimiento, se usa para aumentar el nivel inicial de iluminación y así compensar el deterioro normal del sistema de iluminación en uso. El valor se puede calcular para el nivel medio de iluminación, que ocurre normalmente en el punto medio del período de limpieza y cambio de luminarios.

El LLF también se puede calcular para el final del período de cambio de lámparas, que es cuando el luminario llega a su salida mínima y el nivel de iluminación está en su punto más bajo. El valor de LLF se puede obtener de la siguiente fórmula:

$$LLF = (LLD \times LDD)$$

SELECCIÓN DE LA FUENTE LUMINOSA.

El costo de la potencia para hacer trabajar un sistema de iluminación es un factor de gran importancia en la selección del tipo de lámpara o luminario. La eficacia mantenida de la lámpara (Lúmenes por watt,lm/W)

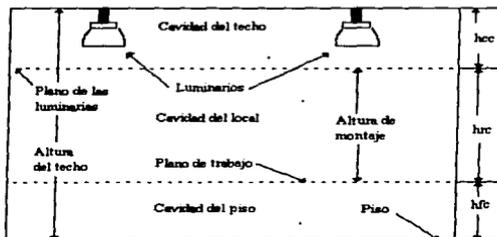
Y el coeficiente de utilización de el luminario y su eficacia mantenida son los factores clave.

Por bajo costo, los sistemas ineficientes se pueden justificar solamente si el uso anual es muy bajo. Las exigencias de iluminación pueden determinarse por mediciones y análisis. También se pueden hacer cambios si se determinan que las mejoras producirán mayor productividad o precisión. Los niveles de iluminación en áreas adyacentes no debe variar en proporciones mayores de 3:1

COEFICIENTE DE UTILIZACIÓN.

Es un factor importante en el método de cálculo de cavidad de zona. Existen tres factores mayores que influyen en el CU de un sistema de iluminación interior: la eficiencia y la distribución fotométrica del luminario, la forma relativa del cuarto o habitación y la reflectividad de las superficies del cuarto. Estos factores se combinan en un coeficiente de la tabla de utilización para cuatro tipos de luminarios utilizadas frecuentemente.

Para propósitos de cálculo, el espacio se divide en tres cavidades, como se muestra en la siguiente figura :



La utilización del sistema de alumbrado es una fusión de la relación de cavidad de cada sección, relación de cavidad del techo

$$CCR = 5 \text{ hcc} (L + W) / LW$$

Relación de cavidad del espacio del cuarto

$$RCR = 5 \text{ hrc} (L + W) / LW$$

Relación de cavidad de piso :

$$FCR = 5 \text{ hfc} (L + W) / LW$$

DONDE:

hcc, hrc, hfc son como se muestran en la figura anterior.

Las relaciones de cavidad de techo y de piso son útiles para ajustar la reflectividad real de las superficies del techo y del piso a su reflectividad real basada en el tamaño y la profundidad de la cavidad. Para cavidades poco profundas (2m o menos), la reflectividad real de la superficie se puede usar con poco error.

SISTEMA DE ILUMINACIÓN PARA UN ÁREA INDUSTRIAL (EJEMPLO).

Un sistema de alumbrado será diseñado para un taller de trabajo de metales.

El área del taller es de 12m por 60 m.El área total es de 720 m².

La altura de la cavidad del cuarto, hrc es de 4 m.

La altura de las cavidades de techo y de piso es de 1 m cada una.

En este taller se va a llevar a cabo trabajo de banco y de maquina típico.

Diseñe un sistema de alumbrado apropiado.

PROCEDIMIENTO:

Comenzaremos por obtener el nivel recomendado considerando el tipo de trabajo que se desarrollara ya que como vimos anteriormente es necesario saber si es importante la definición de contrastes y colores por lo que revisamos la siguiente tabla :

CATEGORIA	VARIEDAD DE ILUMINACIÓN EN LUXES (pie-candela)	TIPO DE ACTIVIDAD
A	20 - 30 - 50 ³	Áreas publicas con alrededores sombreados u oscuros.
B	50 - 75 - 100 ³	Orientación simple para visitas temporales. Espacios de trabajo donde se realizan solo ocasionalmente tareas visuales.
C	100 - 150 - 200 ³	Desarrollo de tareas visuales de alto contraste o de gran tamaño (lectura de material impreso originales mecanografiados.)
D	200 - 300 - 500 ⁴	Lectura de manuscritos con tinta y buena xerografía; trabajo en banco pesado de taller o en maquina de taller; inspeccion difícil; ensamble difícil.
E	500 - 750 - 1000 ⁴	Desarrollo de tareas visuales de contraste mediano o de tamaño pequeño (lectura de manuscritos con lápiz mediano; material mal impreso o definitivamente reproducido; trabajos medianos en banco y maquina de taller; inspeccion difícil; ensamble mediano.
F	1000 - 1500 - 2000 ⁴	Desarrollo de tareas visuales de bajo contraste y de tamaño pequeño en un periodo prolongado (lectura de manuscritos con lápiz o papel de muy mala calidad y material reproducido muy defidientemente; inspeccion altamente difícil.)
G	2000 - 3000 - 5000 ³	Desarrollo de tareas visuales de bajo contraste y de tamaño pequeño en un periodo prolongado (ensamble fino; inspeccion muy difícil; trabajo muy fino en banco y maquinas de taller)
H	5000 - 7500 - 10,000 ³	Desarrollo de tareas visuales muy prolongadas y exactas (Inspección mas difícil; trabajo extrafino en banco y maquinas de taller; ensamble extrafino)
I	10,000 - 15,000 - 20,000 ³	Desarrollo de tareas visuales muy especiales de contraste extremadamente bajo y tamaño pequeño (Procedimientos quirúrgicos)

El nivel recomendado de acuerdo con la tabla anterior para este tipo de trabajo en banco y maquina entra dentro de la categoría E y es de 100 fc para permitir que los trabajadores con mas edad puedan ver con precisión.

Pasamos a elegir el tipo de lámpara y la capacidad en lúmenes.

Un sistema de sodio alta presión (HPS) es una buena opción debido a su alta eficiencia y larga vida. Para talleres mecánicos o cualquier espacio de manufacturas que requiera una visión precisa con un mínimo

de sombras, el espaciamiento máximo de los luminarios debe ser cercano a la altura de montaje por arriba del plano de trabajo. El espaciamiento de luminarios a más de 1 1/2 veces la altura de montaje normalmente producirá pobres resultados en área de manufacturas. Como primera aproximación, la mitad de los lúmenes iniciales de las lámparas es efectiva para producir el nivel mantenido de iluminación. Esta cifra se puede utilizar para calcular los lúmenes máximos por lámpara que puede tener cada luminario.

El área por luminario es igual al espaciamiento al cuadrado.

La iluminación mantenida (Ix mantenidos) es $I_x \text{ mant} = 1/2 (LL / \text{área por luminario})$

Para una altura de cavidad de cuarto de 4 m y un nivel mantenido de iluminación de 1000 luxes, los lúmenes de lámpara para un espaciamiento de luminarios igual a la altura de montaje sería: $1000 = 1/2 (LL/4^2)$. Resolviendo, encontramos $LL = 32,000 \text{ LM}$.

Para un espaciamiento igual a 1 1/2 veces la altura de montaje, $LL = 72,000 \text{ lm}$.

CRITERIOS DE ILUMINACIÓN EN NAVES INDUSTRIALES

Una lámpara de sodio de alta presión de 400 W a 50,000 lúmenes como se muestra en la siguiente tabla sería mas que suficiente:

TIPO DE LAMPARA	Disminución de lúmenes de lámpara			WATS DE LINEA DE LOS LUMINARIOS
	LÚMENES INICIALES	LLD	VIDA HRS	
Incandescente				
200 W	4,010		750	200
500 W	10,850		1,000	500
1000 W	23,740		1,000	1000
Fluorescente (tipos de baja energía)				
48-in 40 W	3,050	0.88	20,000	91
línea esbelta (slimline) de 96 in de alta salida 96 in	6,000	0.92	12,000	158
96-in 1500 mA	9,100	0.87	12,000	253
Mercurio (cubierta de fosforo, posición vertical)	12,300	0.78	10,000	420
175 W	8,600	0.89	24,000 +	210
250 W	12,100	0.88	24,000 +	292
400 W	22,500	0.85	24,000 +	453
1000 W	63,000	0.75	24,000 +	1082
Metal halógeno (claro)				
175 W	17,500	0.75	15,000	210
250 W	20,500	0.83	10,000	300
400 W	40,000	0.75	20,000	465
1000 W	110,000	0.80	12,000	1090
Sodio de alta presión (claro)				
100 W	9,500	0.90	24,000 +	146
150 W	16,000	0.90	24,000 +	199
250 W	27,500	0.90	24,000 +	313
400 W	50,000	0.90	24,000 +	476
1000 W	140,000	0.90	24,000 +	1082

Selección del luminario

Cuando se va a trabajar sobre superficies metálica brillantes, es deseable tener un luminario con reflector.

El reflector esparce la luz sobre un área grande y evita que la luz se vea como un reflejo brillante sobre la superficie de trabajo.

En este caso un luminario de alta intensidad de descarga (HID) que combine un reflector con un reflector es lo que debe usarse .

CRITERIOS DE ILUMINACIÓN EN NAVES INDUSTRIALES

A una altura de montaje de 4 m, un luminario industrial encerrado, diseñado para bajas alturas de montaje es la mejor opción. Su amplio haz luminoso produce un traslape completo con la luz de los luminarios adyacentes.

- Encontrar el coeficiente de utilización:

De la tabla de coeficiente de utilización que se muestra a continuación:

Número típico	SC	FIGURA	coeficientes de utilización para una reflectividad efectiva del 20% en cavidad de peso (pc = 20%)												
			SC=1.4/1.2			SC=1.3			SC=1.2			SC=1.0			
UNIDAD	0%		30	50	70	30	50	70	30	50	70	30	50	70	
FLUORESCENTE CON LENTES SEMIRREFRÁCTICOS 4 LAMPARAS DE 2" DE LARGO MULTIPLIEZERE POR 1.10 PARAS 2 LAMPARAS	0%		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
REFLECTOR EMALTADO DE PORCELANA CON PANTALLA CV DE 14"	13%		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
REFLECTOR VENTILADO DE DISTRIBUCION AMPLIA CON LAMPARA HID CLARA	77 1/2%		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
REFLECTOR REFLECTOR DE BAJA ALTURA DE MONTAJE CON LAMPARAS HID CLARA	73%		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

De acuerdo a nuestro luminario, tiene un criterio de espaciamiento (SC) de 1.8

Supóngase una reflectividad de la cavidad del techo de 30 %

Una reflectividad de los muros de 30%

Una reflectancia de la cavidad del piso de 20%.

La relación de la cavidad del cuarto RCR es igual a:

$$RCR = \frac{5 \text{ hrc } (L + W)}{L \times W} = \frac{5 (4) (60 + 12)}{(60 \times 12)} = 2$$

De tablas CU = 0.58 para un luminario de 400 W.

- Determinación de los factores de pérdida luminosa

Existen diversos factores de pérdida luminosa que hacen disminuir el nivel de iluminación en servicio. De todos estos los dos que se utilizan más comúnmente son:

- 1.- Disminución de los lúmenes por lámpara.
- 2.- Disminución luminosa por suciedad.

El valor medio LDD para una lámpara de sodio de lata presión de 400 W es 0.9

Disminución del luminario por suciedad

Tipo de luminario	Poca	Mediana	Mucha
Encerrado y con filtro	0.97	0.93	0.88
Encerrado	0.94	0.86	0.77
Abierto y ventilado	0.94	0.84	0.74

Los valores LDD varían considerablemente y solo pueden predecirse con precisión por medio de la experiencia con luminarios de tipo semejante bajo condiciones semejantes de servicio

Si se conocen las condiciones dentro de la planta y causa un deterioro mayor, es más económico limpiar el sistema a intervalos frecuentes que aumentar el nivel inicial de iluminación para compensar la pérdida.

- Determinación de el número de luminarios (N)

Utilizando la siguiente fórmula :

$$N = \frac{EA}{LL \times CU \times LLF}$$

Donde:

N = Número de luminarios

- E = Nivel mantenido de iluminación.
A = Área del espacio que va a ser iluminado.
LL = Capacidad inicial de lúmenes de lámpara.
CU = Coeficiente de utilización.
LLF = Factor de pérdida luminosa

por lo que obtenemos:

$$N = \frac{1000 \times 720}{50000 \times 0.58 \times 0.84} = 29.556 \implies 30 \text{ Luminarios}$$

- Determinación de la cantidad final de luminarios y su espaciamento

El espaciamento promedio cuadrático del espaciamento S de los luminarios se puede determinar por medio de:

$$St = \sqrt{\frac{A}{N}} = \sqrt{\frac{720}{30}} = 4.89 \text{ m}$$

La cantidad final de luminarios es frecuentemente el termino medio entre la cantidad calculada y la forma del área que se va a iluminar.

En este caso, la longitud del área es de cinco veces el ancho, así que el número de luminarios por hilera debe ser aproximadamente cinco veces el número de hileras.

30 luminarios los podemos distribuir en dos hileras de 15 o en tres hileras de 10 luminarios cada una.

Puesto que la uniformidad del alumbrado y su cobertura será mejor con tres hileras a través del área.

$$\# \text{ de columnas} = \frac{\text{Ancho}}{S_t} = \frac{12}{4.89} = 2.45 \approx 3$$

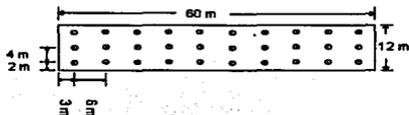
Espaciamiento máximo

$$S_{\max} = (S.C \times hcc)$$

$$S_{\max} = (1.8 \times 4) = 7.2 \text{ m}$$

$$6 \text{ m} \leq 7.2 \text{ m}$$

A continuación se muestra como quedaría finalmente el arreglo de los 30 luminarios distribuidos en 3 columnas:



CONCLUSIONES

Como podemos apreciar si queremos obtener una buena iluminación en una nave industrial, debemos considerar el medio ambiente que la rodeara así como si sera necesario o no iluminar toda la nave ó solo determinadas zonas.

Ademas debe considerarse el tipo de trabajo que se desarrollara para seleccionar el tipo de luminario que seria el mas adecuado para utilizar ya que depende del tipo de iluminacion que se requiera es decir si se necesitan o no luminarios con rendimiento en color o si a demas se requiere de un buen contraste en el area de trabajo, como se menciona anteriormente se debe tener en cuenta las condiciones de iluminacion si se llevara a cabo algun tipo de inspeccion ,ya que por lo regular el nivel de iluminación para efectuar trabajos de inspeccion requiere de un alto nivel de iluminación.

En cuanto al area de la nave no en todos los casos se ilumina con la misma intensiada ya que pueden requerirse diferentes niveles de iluminacion por secciones dependiendo del trabajo que se desempeñe en cada seccion y lograr así un ahorro tanto desde la planeacion de la instalacion de los luminarios como en un ahorro considerable de energía eléctrica evitando demasiada iluminacion en areas que por lo general solo se ocupan para almacenaje durante largos periodos de tiempo y que por su funcion no requieran de una iluminacion muy intensa es decir que sea suficiente con una iluminacion mínima y que en ocasiones no requiera de rendimiento en color, como sabemos habrá ocasiones en que por el tipo de materiales que se muevan en determinada nave si sera indispensable el rendimiento en color .

En el caso que manejamos a lo largo de este trabajo utilizamos una iluminación uniforme a lo largo de toda la nave por lo que la distribución de los luminarios fue repartida a lo largo de toda el area de toda el area consiguiendo así una iluminación uniforme en cualquier punto de la nave industrial.

En otras ocasiones cuando no se aplique una distribución de este tipo se dividirá el área total en secciones

que podrán tener diferentes niveles de iluminación.

Hay que considerar el mantenimiento de los luminarios para evitar pérdidas de iluminación que por causas normales de operaciones se van llenando de suciedad ya sea del ambiente o del trabajo que se desempeñe, como comente anteriormente sería incoesteable considerar desalojar la nave totalmente solo para su limpieza, por lo que consideramos al momento de efectuar los cálculos los factores de depreciación de lúmenes, sin embargo es recomendable la limpieza de los luminarios por lo menos 2 veces al año para evitar una depreciación mayor en el nivel de iluminación.

Además debe considerarse el tipo de color con que se pintara la nave industrial, por lo regular se recomiendan colores claros para aumentar el nivel de reflexión y ayudar así a la iluminación del lugar.

**ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

Sistemas de Iluminación

Frier

Instalaciones Eléctricas

Camarena

Enciclopedia CEAC de Electricidad

Ramírez J

Manual Marks del Ing Mecanico Electricista

Theodero Baumberster

Diseño de alumbrado

John P. Frier

Luz para interiores y exteriores

Osram

Catalogo condensado 1997

Holophane

Industrial Lighting Systems

Frier and Frier

Mc Graw Hill

IES Lighting handbook Application volume