



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN

"ILUMINACION E INSTALACIONES ELECTRICAS"

"LA ILUMINACION EN EL AMBITO DE LA PRODUCCION"

TRABAJO DE SEMINARIO
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE :
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
P R E S E N T A
ISMAEL LOPEZ GONZALEZ

ASESOR : ING. PEDRO GUZMAN TINAJERO

CUAUTITLAN IZCALLI EDO. MEX.

1997

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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 M.
FACULTAD DE ESTUDIOS
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES 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-Cuautitlán, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el Trabajo de Seminario:

Iluminación e Instalaciones Eléctricas.

*La iluminación en el ámbito de la producción:

que presenta el pasante: Ismael López González.

con número de cuenta: 8713855-9 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"

Cuautitlán local, Edo. de México, a 12 de septiembre de 19 97

MODULO:	PROFESOR:	FIRMA:
<u>I</u> Ing.	<u>Jaime Rodriguez Martinez.</u>	<u>JRM</u>
<u>II</u> Ing.	<u>Pedro Guzmán Tinajero,</u>	<u>PJT</u>
<u>III</u> Ing.	<u>Casildo Rodríguez Arciniega.</u>	<u>CR</u>

DEP/VOBOSEN



FOR ISMAEL LOPEZ GONZALEZ

Al llegar a la culminación de esta etapa de mi formación, es indudable que no es fruto sólo mío , sino de un grupo de personas que me apoyaron para lograrlo. Por este motivo es indispensable reconocer la gran colaboración de todas; en especial :

AGRADEZCO A MIS PADRES :

PABLO LOPEZ LOPEZ Y SERAFINA GONZALEZ CRUZ

Que sin embargo de aberrar drásticamente de sus ilusiones y esperanzas se encuentran a mi lado y en mi corazón formando el sustento a favor de mi lucha existencial; aun sin comprenderla.

A mis hermanos : JUANA , ROGELIO, DAVID , SUSANA.

Porque ellos me enseñaron sus obras, me abrieron sin reticencias sus casas, compartieron conmigo su alimento y su morada, me brindaron su tiempo y su amistad, - que conservaré siempre -.

A Emilio Navarrete bautista por ser parte de mi familia

Plasmar en este papel y al leer recordar lo inolvidable, como lo es la FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN y todo lo recorrido en esa institución que alberga grandes personalidades forjadoras de México, a los camaradas (los Holligans) :

Amando Calzada, Alejandro Rojas, Mario Alejandro , Fernando Farfan, Francisco Corona, Juan Rodríguez, Jesús Bravo, Eleuterio Pérez, Miguel Hernández, Alberto López, Ever Pérez, Manuel Man, Víctor Moreno, Jaime Greñas, Ramiro, Roman, Ernesto Aguilar, Cano Hernández, Chela, Camacho Pérez, Manuel, y los que escapan en estos momentos a mi memoria.

Acudimos a nuestro corazón como a una casa limpia
pero tenemos que dormir sobre montones de basura,
y cuando llega el día no podemos tomar leche al pie de la vaca
sino brebajes de perdición en manos de brujas,
en vano quieres sacar agua del pozo el ayer se ha secado,
sólo los rastros bostezan en su arsenal oscuro
y la gotera de los días sobre la cama donde se quiere dormir
la estúpida gota del tiempo cayendo sobre el corazón aturdido,
la vida pasa, como estas palabras extrañas en extinción.



Somos como una gota de agua que se revuelve contra corriente pero después esta termina por envolvernos.

PROLOGO

El presente texto aspira a introducir al lector en el estudio de aspectos fundamentales en iluminación de interiores; teniendo como punto de partida al hombre y sus necesidades biológico-funcionales.

La iluminación actualmente ha alcanzado una gran importancia y sofisticación, logrando extensa variedad en sus fuentes a la vez que ahorro de energía. Aplicándose en México con acierto en consorcios y grandes empresas, llegando solo vestigios de este desarrollo a una porción de la mediana y pequeña empresa donde en su mayoría puede notarse la aplicación de las técnicas de iluminación con una virtual ignorancia o desdén de los requisitos visuales humanos. Sin tomar en cuenta que la administración correcta de la energía eléctrica empleada para iluminación en la industria está ligada con los objetivos elementales de productividad, seguridad, confort y economía, en cuyas relaciones la calidad de iluminación es preponderante. Es decir cuando la iluminación es aplicada apropiadamente, puede ser un factor significativo en el logro de metas básicas como: alta productividad de los trabajadores y mayor uso eficiente de la energía eléctrica.

Sin embargo, muchas instalaciones de iluminación existentes están muy lejos de ser eficientes en cuanto a energía y costo. Se presentan con frecuencia oportunidades para convertir tales instalaciones empleando equipos más eficientes que proporcionan la misma o mejor iluminación, con un consumo y costo de energía menores. Sin olvidar que el ambiente debe ser apropiado para el trabajo; el ser humano en base a su constitución orgánica-funcional, psicológica, y en su preparación actuará de acuerdo con la adaptación del ambiente.

La iluminación es un factor preponderante en el área de trabajo los requisitos fundamentales que se consideran básicos en la elaboración de un proyecto son: seguridad, economía, eficiencia, flexibilidad y mantenimiento.

Todos los centros de actividades ocupacionales deben ser sitios de optimismo, bienestar y de estímulo para el trabajo.

CONTENIDO

ILUMINACION.....	1
SISTEMAS DE ALUMBRADO INDUSTRIAL	4
CATEGORIAS DE LOCALES INDUSTRIALES.....	6
FACTORES DE UNA BUENA ILUMINACION.....	9
EL COLOR Y SU RELACION CON LA ILUMINACION.....	15
NIVEL DE ILUMINACION.....	19
AHORRO DE ENERGIA EN ILUMINACION.....	22
METODOLOGIA PARA EL DIAGNOSTICO EN ILUMINACION INDUSTRIAL.....	26
DETERMINACION DEL NIVEL DE ILUMINACION.....	32
EJEMPLO.....	37
CONCLUSIONES.....	43
ANEXO.....	46
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	53

TEMA

1

ILUMINACIÓN

1 -ILUMINACIÓN

El propósito de la iluminación es proporcionar energía luminosa en cantidad y calidad suficiente para permitir una adecuada visibilidad, mejorar la productividad y la seguridad, dentro de un ambiente de trabajo agradable.

En numerosas investigaciones se ha podido comprobar que la capacidad visual depende de la iluminación y que está afecta el estado de ánimo de las personas, a su aptitud para desarrollar un trabajo, a su poder de relajación, etc. Cada actividad requiere una iluminación nominal que debe existir como valor medio para una determinada actividad en función de una serie de factores entre los que se puede citar:

- **Tamaño de los detalles a captar**
- **Distancia entre el ojo y el objeto observado**
- **Factor de reflexión del objeto observado**
- **Contraste entre los detalles del objeto y el fondo sobre el que se destaca**
- **Tiempo empleado en la observación**
- **Rapidez de movimiento del objeto**

La industria abarca diversos sectores donde se dan tareas visuales - consideraciones de operación y consideraciones económicas - en un amplio rango de posibilidades. Con cada

de las diferentes condiciones de las tareas, la iluminación debe ser conveniente para lograr una adecuada visibilidad y productividad.

Tomando en consideración los parámetros de seguridad e higiene industrial, podemos definir al trabajo: como un conjunto de esfuerzos orgánicos adaptados al medio, encaminados a la obtención de satisfactores con finalidad de beneficio individual y social. Un aspecto interesante de la definición es la adaptación de los esfuerzos al medio de trabajo, los esfuerzos orgánicos se van adaptando a las exigencias del propio medio y logran desarrollarse sin perjuicio vital para el organismo. Cuando la adaptación no se ha podido efectuar, el equilibrio se rompe y entonces pueden aparecer trastornos conocidos como riesgos de trabajo.

El Artículo 473 de la Ley Federal del Trabajo define al riesgo de trabajo como los accidentes y enfermedades a que están expuestos los trabajadores en ejercicio o con motivo del trabajo.

La iluminación industrial debe servir no solo como, un factor de producción y un factor de seguridad, sino también debe contribuir al total de condiciones ambientales del espacio de trabajo, de tal modo que este sea agradable a los trabajadores. En general el diseño de un sistema de iluminación y selección del equipo debe estar influenciado por factores luminicos económicos y factores relacionados con el manejo eficiente de la energía.

1.1.- LUMINARIAS

Se emplean para modificar la distribución del flujo luminoso emitido por las fuentes de luz con objeto de dirigirlo en determinadas direcciones (reflectores) o para atenuar el deslumbramiento, ocultando parcial o totalmente la visión de la lámpara (difusores). Asimismo protegen a las lámparas de daños de origen mecánico o ambiental e impiden el acceso evitando el contacto directo. Las luminarias se clasifican :

➤ Por su uso :

Comerciales

Industriales

Decorativas

➤ Por distribución del flujo luminoso que emiten :

Las luminarias se clasifican de acuerdo a la distribución del flujo luminoso que sale de la luminaria tomando como base una línea horizontal imaginaria que pasa por el centro focal de la luminaria. Esta clasificación se muestra en la tabla 5 del anexo.

En la siguiente sección se incluyen los aspectos luminicos y ambientales básicos, que se deben considerar en el análisis energético de una instalación de iluminación industrial cualquiera.

TEMA

2

**SISTEMAS DE ALUMBRADO
INDUSTRIAL**

2.- SISTEMAS DE ALUMBRADO INDUSTRIAL

Un análisis del local a iluminar y de las tareas visuales que se van a realizar en el mismo determinará la selección del sistema de alumbrado, así como de la distribución y disposición de las luminarias.

Los sistemas más comunes de alumbrado usados en la industria son los que proporcionan:

2.1.- ILUMINACIÓN GENERAL

Un sistema de alumbrado general proporciona la iluminación que se requiere sobre el plano horizontal con un determinado grado de uniformidad. La iluminación media deberá ser igual a la iluminación que requiera la tarea específica visual. La iluminación general se obtiene mediante la colocación regular de las luminarias en el área total del techo o en filas continuas de luminarias que mantienen la misma separación.

2.2.- ILUMINACIÓN LOCAL

Este sistema de alumbrado proporciona una iluminación no uniforme del local. En los puestos de trabajo de más interés, la iluminación debe ser lo suficientemente alta, mientras que en los alrededores y zonas de paso, la iluminación queda limitada normalmente al 50 % de la que correspondería a la zona de la tarea visual.

2.3.- ILUMINACIÓN GENERAL MÁS ILUMINACIÓN SUPLEMENTARIA

El alumbrado localizado se produce colocando luminarias cerca de la tarea visual, de manera que iluminen una pequeña área. Considerando las relaciones adecuadas entre la iluminación de la tarea y de las áreas circundantes, el alumbrado localizado deberá ser suplementario a un sistema de alumbrado general.

Este tipo de sistemas se recomienda cuando:

- El trabajo implica exigencias visuales muy críticas, con iluminancias de 1000 lux o más.
- La visión de formas y texturas requiera que la luz provenga de una dirección determinada
- La iluminación general no alcance ciertas zonas debido a los obstáculos existentes
- Se necesita mayor nivel de iluminación en beneficio de trabajadores de edad avanzada, o trabajadores con comportamiento visual deficiente.
- El área sólo esté ocupada parcialmente durante cortos periodos.

TEMA

3

**CATEGORIAS DE LOCALES
INDUSTRIALES**

3.- CATEGORIAS DE LOCALES INDUSTRIALES

El sistema de alumbrado que se emplea en una industria está determinado en gran medida por la naturaleza del trabajo, la forma del espacio a iluminar y el tipo de estructura de techo. Por ello es conveniente dividir los locales industriales en cuatro categorías básicas:

3.1.- NAVES DE UNA SOLA PLANTA SIN CLARABOYAS

La mayor parte de las naves industriales de este tipo tienen una altura de 3.5 a 7 metros. Para alturas de montaje de hasta 5 mts. En relación al plano de trabajo se prefiere el alumbrado que emplea luminarias con lámparas fluorescentes tubulares dispuestas en filas continuas o discontinuas.(claraboya ventana abierta en el techo, cubierta de vidrio u otro material que deje pasar la luz).

Se logra una uniformidad aceptable de iluminación empleando luminarias con reflector y lámparas fluorescentes tubulares si la separación entre las filas de luminarias no sobrepasa 1.5 veces su altura de montaje sobre el plano de trabajo. La líneas de luminarias se instalan habitualmente formando ángulo recto con las filas de bancos de trabajo o máquinas, ello evita la formación de sombras en la tarea visual y reduce la posibilidad de luz reflejada en los ojos del trabajador.

Para alturas de montaje superiores a los 5 mts. las lámparas de descarga de alta intensidad, ofrecen una solución más económica, aunque para lograr una iluminación uniforme en el plano de trabajo debe considerarse cuidadosamente las curvas fotométricas de distribución de luz de las luminarias.

3.2.- NAVES CON UNA SOLA PLANTA CON CLARBOYAS O TECHOS EN DIENTES DE SIERRA

Estas naves 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 existente, esto se hace normalmente mediante luminarias con reflector dispuestas en filas paralelas o perpendicularmente a las claraboyas.

3.3.- NAVES DE GRAN ALTURA

En este caso (naves de más de 7 mts.), 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 o maquinaria similar. Se deben emplear reflectores dispersivos o de haz estrecho, según las exigencias y provistos de lámparas de halogenuros, sodio de alta presión

o vapor de mercurio alta presión con color corregido, de aditivos metálicos, normales o con reflector interior. Desde el punto de vista técnico, económico y de mantenimiento, se pueden utilizar en este tipo de instalación cualquiera de estos tipos de lámparas de alta intensidad de descarga.

3.4.- NAVES CON VARIAS PLANTAS

Los edificios con varias plantas tienen generalmente techos blancos y rasos a una altura entre 2.8 y 3.5 mts., que pueden servir como reflectores extensos para obtener una mejor difusión de la luz y un esquema de iluminancias mejorado.

Se prefiere el alumbrado que usa lámparas fluorescentes tubulares en luminarias con reflector dispuestas en hileras continuas o discontinuas, con una separación lateral aproximadamente a $2/3$ de la altura de montaje sobre el plano de trabajo. A causa de que la altura de montaje está limitada, se recomienda el uso de luminarias con dispositivos de apantallamiento. Si el local está dotado de aire acondicionado, es preferible que el sistema se combine con el alumbrado para formar un techo integrado

TEMA

4

**FACTORES PARA UNA BUENA
ILUMINACION**

4. FACTORES PARA UNA BUENA ILUMINACION

4.1.- CANTIDAD DE ILUMINACIÓN

La cantidad deseable de luz para una instalación depende principalmente de la tarea visual, edad del trabajador y la importancia de la velocidad y exactitud en la ejecución de la tarea.

Para asegurar que un nivel de iluminación será mantenido, es necesario diseñar el sistema inicialmente con mayor luz que el valor requerido, considerando la depreciación; en lugares donde la suciedad se deposita muy rápidamente en las luminarias y superficies, y donde un adecuado mantenimiento no es proporcionado, el valor inicial debe ser aún más elevado.

4.2.- CALIDAD DE ILUMINACIÓN

La calidad de la iluminación concierne a la distribución de luminancias en el ambiente visual y debe considerarse como un complemento de los valores estipulados para los niveles de iluminación. El término es usado en un sentido positivo e implica que toda luminancia contribuye favorablemente a la ejecución y confort visual, facilidad de visión, seguridad y estética para una tarea visual determinada.

Factores como el deslumbramiento, difusión, dirección, uniformidad, color, luminancia y razón de luminancias; todos tienen un significativo efecto en la visibilidad y la capacidad para

ver fácil, exacta y rápidamente. Ciertas tareas visuales, tales como percepción de finos detalles requiere un análisis mucho más cuidadoso y una más alta calidad de iluminación que otras. Áreas donde las tareas visuales son intensas y su ejecución es en largos períodos de tiempo, requiere mucha más alta calidad que donde las tareas visuales son causales o de corta permanencia. Instalaciones industriales de muy pobre calidad son fácilmente reconocidas como incómodas y son posiblemente peligrosas.

Para llevar a cabo lo anterior en forma eficiente y económica, es necesario controlar los rayos luminosos de las lámparas en forma adecuada. El control de los rayos luminosos tiene dos objetivos :

- Dirigir los rayos luminosos hacia donde sea necesario
- Evitar que los rayos luminosos incidan directamente sobre los ojos de las personas, con el propósito de no causar deslumbramiento.

Se entiende por control de los rayos luminosos a la acción de cambiar la dirección a los mismos. Ese control puede lograrse por : reflexión, refracción, polarización, interferencia, difracción, difusión y absorción.

Los medios más empleados en iluminación para el control de la luz son la reflexión y la refracción.

4.3.- DESLUMBRAMIENTO

El deslumbramiento es cualquier brillo que produce molestias, interferencia con la visión o fatiga visual, debido a una inadecuada distribución o escalonamiento de luminancias, o como consecuencia de contrastes excesivos en el espacio. Este fenómeno actúa sobre la retina del ojo en el cual produce una reacción fotoquímica, insensibilidad durante un cierto tiempo transcurrido, en el cual vuelve a recuperarse. Los efectos que origina el deslumbramiento pueden ser de tipo psicológico (molesto) o fisiológico (perturbador).

En cuanto a la forma de producirse puede ser directo como la proveniente de lámparas, luminarias o ventanas, que se encuentran situadas dentro del campo visual o reflejado por superficies de gran reflectancia, especialmente superficies especulares como la del metal pulido.

Los principales factores que intervienen en el deslumbramiento son la brillantez de la fuente de luz o de las superficies iluminadas. A mayor luminancia corresponde mayor deslumbramiento, siendo el valor máximo tolerable para la visión directa de 7500 cd/mts (nits). Las dimensiones de la fuente de luz en función del ángulo subtendido por el ojo a partir de los 45 grados con respecto de la vertical, el cual depende de la profundidad y de la altura a que se encuentran las luminarias respecto al ojo. Para reducir el deslumbramiento directo en áreas industriales, los siguientes pasos pueden ser tomados :

- Disminuir la luminancia de la fuente o equipo de iluminación
- Reducir el área de alta luminancia que causa el deslumbramiento
- Incrementar el ángulo entre la fuente de deslumbramiento y la línea de visión
- disminuir el contraste de brillo entre una fuente que deslumbe y sus alrededores

Las luminarias brillantes producen deslumbramiento, este puede ocasionar molestias visuales sin interferir necesariamente con la actuación o visibilidad o también pueden reducir la visibilidad y el desempeño acompañado frecuentemente de molestias visuales. Para reducir el deslumbramiento directo, las luminarias deben ser montadas en lo posible sobre la línea normal de la visión, el uso de colores claros en techos y paredes para reducir el contraste y la reducción del brillo de las luminarias a límites razonables.

4.4.- CONTRASTE.

El ojo sólo aprecia diferencias de luminancia (brillantez) entre el objeto que se observa y su espacio inmediato. Es lo que se conoce por contraste.

La capacidad para ver detalles depende del contraste entre el detalle y su fondo ; a mayor contraste o diferencia en luminancia, la tarea visual es ejecutada con mayor facilidad. No obstante los ojos funcionan más confortable y eficientemente cuando las luminancias dentro del resto del ambiente son relativamente uniformes. Por lo tanto, todas las luminancias en el campo de la visión deben ser cuidadosamente controladas. Para lograr la relación de

luminancia recomendada, es necesario seleccionar las reflectancias de todas las superficies terminadas , de la maquinaria y equipo de trabajo.

Contraste de colores en orden decreciente

color de objeto

color de Fondo

Negro	Amarillo
Verde	Blanco
Rojo	Blanco
Azul	Blanco
Blanco	Azul
Negro	Blanco
Amarillo	Negro
Blanco	Rojo
Blanco	Verde
Blanco	Negro

Máximas relaciones de luminancia admisibles

Entre la tarea visual y la superficie de trabajo	3:1
Entre la tarea visual y el espacio circundante	7:1
Entre la fuente de luz y el fondo	4:1

Valores de reflectancia recomendadas

<i>Tipo de superficie</i>	<i>Reflectancia (%)</i>
Cielo raso , techos	50 a 80
Paredes	40 a 60
Escritorios y asientos, maquinaria , equipo.	25 a 45

4.5.- AMBIENTE CROMÁTICO

El color de la luz y los colores sólidos existentes en el espacio facilitan el reconocimiento de todo cuanto nos rodea. Los efectos psicofísicos que producen se definen como ambiente cromático.

El ambiente cromático tiene gran influencia en el estado de ánimo de las personas, por lo que, en la iluminación de un recinto, las intensidades de iluminación, el color de luz, su producción cromática y los colores de las superficies interiores, deben estar perfectamente armonizados y adaptados a la función visual o trabajo a desarrollar. Como indicación general, si las intensidades de iluminación son bajas, los colores apropiados den ser cálidos, y si son mayores, blancos o luz día.

TEMA

5

**EL COLOR Y EL AMBIENTE
RELACIONADO CON LA
ILUMINACIÓN**

5.- EL COLOR Y EL AMBIENTE RELACIONADO CON LA ILUMINACIÓN

El color ayuda a diferenciar las cosas, a conocer su morfología, su estructura, sus detalles, permitiéndonos captar un concepto más racional del ambiente donde vivimos. También sirve para mimetizar a los organismos en su hábitat. El ojo humano percibe los colores a través de los bastoncillos de la retina. La luz solar es absorbida al proyectarse sobre objetos, reflejándose sólo el color que los identifica. Para poder ver los objetos en su verdadero color, deben ser vistos con la luz solar. El espectro solar está compuesto por radiaciones luminosas y que comprenden el rojo, naranja, amarillo, verde, azul, y violeta. Antes del rojo los infrarrojos, después del violeta los ultravioletas. El daltonismo es un padecimiento congénito que evita la percepción clara y definida de los colores.

Los colores producen sensaciones psicológicas diversas que sirven de base para la selección de su uso.

La psicología personal obliga el uso preferido de determinados colores. Puede decirse: Dime los colores que prefieres y te diré quién eres.

- El rojo, el anaranjado, amarillo son excitantes.
- El rosa, el fresa y el durazno son oréxicos (estimulantes de l apetito).
- El verde y el azul son sedantes

- El violeta y el gris son deprimentes
- El negro da sensación de pesar

Los colores proporcionan sensaciones térmicas variables:

- El rojo, anaranjado y amarillo dan sensación de calor
- El verde y azul dan sensación de frío
- El blanco mate difunde la luz
- El negro absorbe la luz

El color del ambiente ayuda en buena parte al desarrollo del trabajo del hombre, considerando su triple aspecto: físico, psicológico y social.

La medicina ocupacional y la ergología fijan las normas sobre el empleo de los colores para mejorar la producción y mantener sano al hombre. Así a sugerido el código internacional de colores.

El código internacional de colores sugiere que :

- Los colores deben elegirse en función de su poder para difundir la luz. Deben preferirse los mates a los brillantes.

- **Techos:** blanco, gris
- **Paredes:** azul muy claro, verde, amarillo, rosa, beige, todos de tonos suaves.
- **Ventanas:** marcos de aluminio, blancos o grises claros.
- **Pisos:** gris claro con franjas blancas o amarillas para definir pasillos de tránsito, áreas de trabajo o almacenamiento.
- **Escaleras :** hueltes al color de los pisos con líneas antirresbalantes, de contraste; peraltes en color de contraste.
- **Señales de tránsito:** flechas rojas en las paredes, amarillas en los pisos. Franjas negras en los ángulos de cambio de dirección.
- **Maquinaria:** superficies a colores de contraste con el color de las materias primas o productos elaborados, de preferencia el verde olivo.
- **Sistemas de movimiento,** el amarillo. Cubiertas desmontables para revisión, limpieza y lubricación, anaranjado en su interior.
- **Avisos luminosos:** focos rojos en los sitios de peligro y verdes en las puertas de escape.

En términos generales, el uso eficiente de la energía en un sistema de iluminación industrial existente está determinado por su diseño. Sin embargo el usuario mantiene una considerable influencia sobre dicho uso, ya sea por estar condicionado por el diseño inicial o por su propio criterio de utilización del alumbrado. Como el diseño puede condicionar al usuario en sus hábitos de consumo (características del uso actual del alumbrado), en la

conservación y mantenimiento de la instalación (buen estado de las instalaciones de iluminación) y desde luego en la tecnología empleada (Tipos de lámparas, balastos luminarias empleadas), o por otra parte el usuario puede adoptar sus propios comportamientos respecto a estas variables.

El análisis de esta estructura de consumo, no solamente ilustra la relación entre iluminación y el uso de energía y potencia eléctrica, sino que también nos permite destacar áreas donde los esfuerzos de conservación de energía pueden ser concentrados.

TEMA

6

NIVEL DE ILUMINACION.

6.- NIVEL DE ILUMINACION.

Es la cantidad de luz requerida para iluminar la superficie donde se efectúa un trabajo determinado. El propósito de la instalación de iluminación en plantas industriales, es proporcionar suficiente luz para permitir la ejecución rápida y exacta de los trabajos visuales dentro de un ambiente de trabajo agradable.

Actualmente se ha establecido que la cantidad de luz necesaria para una tarea dada depende de numerosos factores de adecuación que incluyen:

- El despliegue visual que depende de los detalles del tipo de objeto que está siendo visto
- La edad de las personas que ejecutan la tarea
- La importancia de la velocidad y/o exactitud de la tarea visual
- La reflectancia de los alrededores de la tarea y de la tarea misma.

Se ha establecido que existe un nivel mínimo de iluminación para cada tarea visual específica. De esta manera, un adecuado o buen nivel de iluminación ha de cumplir cuatro condiciones esenciales:

- Suministrar una cantidad de luz necesaria y suficiente
- Eliminar en lo posible toda causa de deslumbramiento
- Prever aparatos de alumbrado apropiados para cada caso particular
- Utilizar fuentes luminosas que aseguren, para cada caso, una satisfactoria distribución de los colores.

6.1.- NIVELES DE ILUMINACION PARA INDUSTRIAS

El trabajo realizado en la industria cubre una gama extensa de actividades. Desde el punto de vista de la percepción visual, tales tareas se clasifican según su grado de finura. Cuanto menos crítica sea la tarea, menores serán las exigencias de nivel y calidad de iluminación. A la inversa, cuanto más fino sea el trabajo, mayor debe ser el nivel de iluminación y ausencia de deslumbramiento. Se consideran dos criterios para seleccionar niveles de iluminación en la industria:

- Niveles de iluminación mínimos, generalmente son los niveles obligatorios exigidos por la ley. En el caso de México, esto está establecido por el reglamento de construcciones. El criterio de estos niveles de iluminación mínimos es de percepción visual del rostro humano.
- Niveles de iluminación recomendables, que pueden considerarse como niveles promedios adecuados técnica y económicamente, ya que en estos tiene mayor importancia la iluminación de la tarea visual.

- Para el análisis de conservación, los niveles de iluminación que se establecen y que serán manejados, se basan en las categorías de actividad propuestas por el I.E.S. (Illuminating Engineering Society), para diferentes grupos de tareas que se incluyen en el anexo.

6.2.- DISEÑO DE LA INSTALACION DE ILUMINACION

La influencia del diseño en la operación y funcionamiento del sistema de iluminación es muy importante, especialmente en el comportamiento de cada uno de los elementos de la función de consumo de energía en iluminación. Esta influencia se presenta en cada una de las etapas del diseño de alumbrado, que son principalmente :

- Determinación de las necesidades de iluminación de la nave industrial y los factores operacionales respectivos.
- Selección del tipo de lámparas y tipo de luminarias.
- Cálculo del número de luminarias requeridas.
- Determinación de la distribución de luminarias en la nave industrial.

TEMA

7

**AHORRO DE ENERGIA EN
ILUMINACION**

7.- AHORRO DE ENERGIA EN ILUMINACION

La gestión del ahorro de energético en iluminación industrial, comprende esbozar ideas y ejecutar acciones orientadas al uso racional y eficiente de la electricidad satisfaciendo condiciones de iluminación especificadas.

La disminución del consumo de energía puede ser lograda reduciendo la cantidad de potencia instalada o de operación; entre las opciones para reducir el consumo de energía están, la modificación o remplazo de los sistemas de iluminación con otros más eficientes, usando componentes que usen menor potencia, o modificando las características de operación para reducir las horas de uso. Si la potencia y la energía son reducidas, el potencial de energía ahorrada se incrementa.

Esta claro que el objetivo total de la gestión de la energía en iluminación es proveer alumbrado, dentro de normas de calidad y cantidad, con el mínimo consumo de energía, para ello es imprescindible evaluar los equipos, la tecnología, los equipos de conservación disponibles y los hábitos de consumo, igual para instalaciones existentes que para instalaciones en vías de ejecución.

Se pueden establecer consideraciones básicas para lograr que el alumbrado sea energéticamente eficaz:

- Controlar el uso y conexión de la instalación
- Considerar el efecto de la decoración circundante y utilizar alumbrado decorativo donde sea apropiado

- Mantener el equipo de alumbrado en buen estado
- Utilizar la fuente de luz idónea más eficaz
- Utilizar el flujo luminoso de la lámpara eficazmente
- Utilizar diseños de alumbrado eficaces en ahorro energético

No hay respuesta simple ni universal para todas las situaciones, pero si la instalación existente o propuesta es examinada razonadamente en la mayoría de los casos habrá oportunidad para obtener ahorros tanto energéticos como económicos.

7.1.- MEDIDAS DE AHORRO Y USO EFICIENTE DE ENERGÍA EN ILUMINACION

Para la captura de las medidas potenciales de ahorro de energía eléctrica en iluminación, se agruparon en tres áreas:

- A.- Medidas de racionalización energética, que abarca todos los aspectos tendientes a lograr el uso racional de la iluminación y por lo tanto de la energía consumida utilizándola al máximo. Constituyen estas medidas los cambios en los hábitos actuales de consumo y son acciones a corto y largo plazo que no implican inversiones significativas.
- Medir cada 3 ó 6 meses los niveles de iluminación de acuerdo a las características ambientales de la industria.
 - Contrastar los valores medidos con los que se requiere en cada área, según su actividad.

- Comparar la evolución de las intensidades luminosas en periodos sucesivos.
- Recopilar datos mensuales sobre consumo de energía en iluminación.
- Alimentar las lámparas a la tensión mínima señalada.
- Establecer programas de sustitución de lámparas y accesorios por otros más eficientes.
- Establecer programas de limpieza de lámparas y luminarias.
- Establecer programas de pintura de paredes y techos.
- Programar los periodos de limpieza de cristales en ventanas.
- Poner fuera de servicio la iluminación no utilizada.
- Estimular al personal mediante carteles y otros medios a apagar el alumbrado no utilizado.
- Estimular al personal para que comunique al servicio de mantenimiento anomalías observadas en el alumbrado tales como: lámparas agotadas, dificultades en el cebado o parpadeo, luminosidad baja o inferior a la normal, falta de limpieza en lámparas, etc.

B.- Medidas de conservación y mantenimiento, comprenden todas las medidas relacionadas a mantener en buen estado las instalaciones de iluminación y los respectivos parámetros de eficiencia. Son medidas a corto plazo que no requieren inversiones adicionales.

- Reemplazar las lámparas que han cumplido su vida media probable, para mantener los niveles de iluminación.
- Cumplir los programas de limpieza de cristales .
- Limpiar lámparas y luminarias.
- Restablecer periódicamente la calidad reflectante de paredes y techos mediante limpieza.

- Controlar sensores y células fotoeléctricas.
- Sustituir arrancadores y balastos defectuosos
- Retirar condensadores defectuosos.

C.- Medidas que requieren análisis de rentabilidad, las que están constituidas por todos los cambios que se deben hacer en las instalaciones de alumbrado y complementarias, implicando por ello el requerimiento de inversiones de diferentes magnitudes con el respectivo análisis de rentabilidad. Generalmente son medidas a corto y mediano plazo y se dan como resultado de l análisis global y sectorial del sistema de alumbrado.

- Sustituir lámparas por otras más eficaces, atendiendo a criterios energéticos y económicos.
- Adecuar la potencia de alumbrado a los niveles de iluminación requeridos, en función del uso de los locales.
- Concentrar la potencia de iluminación en los lugares que por la actividad desarrollada así lo requiera dentro de un local y mantener el resto del local con iluminación reducida.
- Instalar equipos de control de arranque de la iluminación con células fotoeléctricas.
- Fraccionar los circuitos de alumbrado para que se pueden apagar o desconectar alumbrado innecesario.
- Instalar temporizadores de alumbrado en zonas de paso escaleras, garages y otros lugares de tránsito discontinuo.

TEMA

8

**METODOLOGIA PARA EL
DIAGNOSTICO EN
ILUMINACION
INDUSTRIAL**

8.- METODOLOGIA PARA EL DIAGNOSTICO EN ILUMINACION INDUSTRIAL

El primer paso del diagnóstico es analizar si la iluminación que proporciona la instalación de alumbrado actual, satisface las exigencias visuales de las tareas que se desarrollan en el centro laboral, con la creación de un ambiente lumínico que contribuya a la satisfacción y bienestar de los usuarios.

Por ello, en caso de que la iluminación actual no se adecue a los fines deseados, se harán estudios para establecer las correcciones necesarias que debieran efectuarse en la instalación o en su operación. La instalación actual, con estas correcciones o modificaciones, una vez analizadas y diagnosticadas, es la base para el análisis completo de la conveniencia o no de efectuar diversas reformas posibles, que permitan reducir el consumo energético o disminuir el costo del alumbrado.

El diagnóstico energético en iluminación abarca cinco etapas interrelacionadas entre sí:

8.1.- EVALUACIÓN DEL SERVICIO DE ILUMINACIÓN ACTUAL

comprende la evaluación de la situación actual real del servicio de alumbrado, analizando:

8.1.1- Exigencias visuales de Iluminación.

Abarca el análisis de los parámetros de la iluminación que condicionan la actuación visual del personal, y por lo tanto, incide en la seguridad y productividad con que se realizan las tareas laborales, determinándose el valor de cada parámetro para establecer si satisfacen los objetivos deseados.

Los parámetros que nos permiten evaluar las exigencias lumínicas del alumbrado son:

Establecer el nivel de iluminación recomendado.- el procedimiento se sustenta en la metodología de la I.E.S. que sirve para determinar niveles básicos objetivo de iluminación para una tarea visual definida. El método selecciona el nivel de iluminación basado en una categoría de actividad que se desarrolla en la zona de trabajo.

Cada categoría prescribe un rango de iluminación que permite establecer niveles óptimos, que responden a varias tareas visuales similares y características del observador, incluyendo la importancia de la velocidad y precisión en el desarrollo de la tarea, así como la edad del sujeto. La secuencia a desarrollar es :

8.1.2.- Identificar la zona de trabajo

Implica definir donde se efectúa una tarea o grupo de tareas similares y puede ser una oficina, nave industrial, sección de una nave industrial o simplemente una estación de trabajo.

Cuando en el local industrial se ejecutan tareas no muy similares, entonces conviene zonificarlo en función a tareas similares, tratando en lo posible de reagruparlas. A partir de este momento, el procedimiento de evaluación se repartirá para cada zona de trabajo definida.

8.1.3.- Definir la tarea visual

Establecer el tipo de tarea para la cual el nivel de iluminación será seleccionado.

8.1.4.- Seleccionar la categoría de actividad

En la tabla A se plantean las categorías de actividad para tareas industriales, cuyos valores son el resultado de una selección de las recomendaciones dadas por la I.E.S., SMII, Phillips y considerando el reglamento de construcciones del Distrito Federal.

De igual modo, en la tabla B se presentan los rangos de niveles de iluminación recomendados para áreas administrativas y generales de una industria.

Para seleccionar la categoría de actividad, emplear la tabla B para las tareas administrativas y áreas generales, y las tabla A para las tareas de planta; según el tipo de tareas que se defina para cada caso. Cuando la tarea definida no sea una de las incluidas en la tabla, seleccione la categoría que es más similar con la tarea definida.

8.1.5.- Determinar los rangos de Iluminación

A partir de la categoría de actividad, seleccionar el rango de iluminación que corresponde, usando tablas

**Tabla A. NIVELES DE ILUMINACION PARA TAREAS INDUSTRIALES
POR CATEGORIA DE ACTIVIDAD**

Categoría actividad	Descripción de la categoría y ejemplos	Rangos de iluminación (lux)	Tipo de alumbrado
C	Lugares no destinados para un trabajo continuo: almacenes, depósitos, etc.	100-150-200	General
D	Trabajos visuales que no requieren esfuerzo visual y que son ejecutados ocasionalmente como zonas de calderas, maquinaria pesada, tanques, etc.	200-250-300	General
E	Trabajos con necesidad visual normales: procesos continuos, industria química, acabados burdos y gruesos, maquinaria media, embalajes, etc.	300-500-750	General
F	Trabajos visuales difíciles y críticos, detalles semifinos y necesidades visuales especiales: montajes de maquinaria industrial, ensamble de busco, maquinado de taller, etc.	750-1000-1200	General
G	Trabajos visuales muy críticos, detalles finos, trabajo de precisión: inspección, ensamble fino, etc.	1200-1500-2000	General
H	Trabajos visuales extremos y minuciosos de fina precisión, detalle extrafino: micro electrónica, relojería, etc.	2000-3000-5000	General + localizada

**Tabla B NIVELES DE ILUMINACION RECOMENDADOS PARA
GENERALES DE UNA INDUSTRIA**

Categoría	Sección y tareas	Niveles de iluminación (lux)
A	Pasillos, escaleras, estacionamiento y similares	20-30-50
B	Baños y cuartos de aseo.	50-75-100
C	Salas de espera	100-150-200
D	Gerencia, administración, contabilidad, personal, salas de conferencias y similares	200-250-300

8.2.- ESTABLECER EL VALOR DEL NIVEL DE ILUMINACIÓN OBJETIVO RECOMENDADO

Se selecciona del rango establecido que depende de la tarea visual y categoría de la actividad. Esos factores se incluyen en la tabla B.

Para las categorías A, B, y C; los factores de influencia son la edad de los ocupantes y la reflectancia del local. Se determina los factores de ponderación para cada factor empleando la tabla 1. Después sumar algebraicamente esos factores y de acuerdo al resultado se elige el nivel de iluminación correspondiente. Si la suma es +2, el nivel de iluminación está dado por el valor de menor valor del rango seleccionado. Si la suma es +1, 0, ó -1, el nivel de iluminación es el valor medio del rango. Si la suma es -2, el nivel de iluminación es el valor más alto del rango.

**Tabla 1. FACTORES DE SELECCION DE NIVELES DE ILUMINACION
ACTIVIDADES TIPO A-B-C**

Edad de los ocupantes	Reflectancias de las superficies del local	Factores de ponderación
Menor de 40 años	Mayor que 70 %	-1
Entre 40 y 55 años	Entre 70 y 30 %	0
Mayor de 55 años	Menor de 30 %	+1

Para las categorías D, E, F, G y H; los factores de influencia son la edad, la velocidad y precisión de la tarea y la reflectancia de los alrededores de la tarea. Empleando la tabla 2 y procediendo como el caso anterior los niveles de iluminación estarán dados según: si la suma es +3 ó +2, se toma el valor menor. Si la suma es +1, 0, ó -1 se toma el valor medio. Si la suma es -2 ó -3, se toma el valor mayor.

**Tabla 2. FACTORES DE SELECCIÓN DE NIVELES DE ILUMINACION
ACTIVIDADES TIPO D-E-F-G-H**

Edad de los trabajadores	Velocidad y/o exactitud de la tarea	Reflectancia en los alrededores de la tarea	Factores de ponderación
Menor de 40 años	No importante	Mayor de 70 %	-1
Entre 40 y 55 años	Importante	Entre 70 y 30 %	0
Mayor de 55 años	Critica	Menor de 30 %	+1

TEMA

9

**DETERMINACION DEL NIVEL
DE ILUMINACION**

9.- DETERMINACION DEL NIVEL DE ILUMINACION

Se refiere al cálculo del nivel de iluminación máximo instalado o a instalar, con la posibilidad de que este valor sea logrado tanto con alumbrado artificial como natural. El nivel de iluminación se determina para una categoría de actividad que se desarrolla en una zona de trabajo.

Existen diferentes métodos para el cálculo. Programas tales como *CALA* (utilizado por Holophane.), *Sistemas expertos para racionalizar el uso de energía* (utilizado por Lumisistemas) entre otros y los de escritorio.

El procedimiento utilizado es una metodología de diseño de sistemas de iluminación que se encuentra en la literatura especializada. La secuencia es la siguiente:

9.1.- METODO LUMEN

Datos del área a analizar

A.- planos (planta y elevación) con cotas y escalas

B.- Dimensiones

Largo

Ancho

Altura

C.- Tipo de techo

Horizontal

Dos aguas

Diente de sierra

D.- Ubicación y altura de la maquinaria instalada en cada una de las áreas.

E.- Si existe grúa viajera, ubicación y altura.

F.- Si existen áreas clasificadas.

G.- Si existan racks o estanterías, conocer su ubicación, altura y ancho de rack y del pasillo.

H.- Acabados del local

Piso

Techo

Pared

Para determinar nivel de iluminación o cantidad de luminarias para un nivel deseado:

No. de luminarias = E * Area / lúmenes por luminaria * C.U. * F.M. * Factor de balastro

Donde:

lm = lúmenes

C.U. = Coeficiente de utilización

F.M. = Factor de Mantenimiento

E = Nivel de iluminación

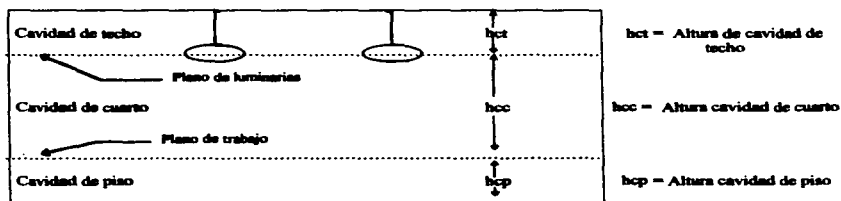
9.1.1.- Determinación del coeficiente de utilización

Por lo general, toda lámpara está dentro de un dispositivo apropiado llamado luminaria, lo que origina que parte del flujo luminoso emitido por la lámpara sea absorbido por la luminaria en la cual está instalada y no contribuya al alumbrado del local. El resto del flujo de la lámpara es radiado una parte hacia el techo y otra hacia abajo.

La parte de flujo radiada directamente sobre el plano de trabajo es la que contribuye en mayor cuantía a la iluminación. Solamente un parte del flujo dirigido hacia el techo y las paredes alcanza el plano de trabajo, algunas veces de varias reflexiones.

El coeficiente de utilización en el plano de trabajo, es la relación entre la cantidad de luz emitida por la lámpara y la luz que incide o llega al plano de trabajo.

Para su calculo se considera al local de trabajo dividido en tres zonas o cavidades: Cavidad del techo, cavidad del local y cavidad del piso, tal como se muestra en la figura.



Mediante la siguiente expresión , o por medio de tablas, calcular los índices de cavidad zonal:

Áreas regulares

$$R.C. = 5 * hcc \text{ (largo + ancho) } / \text{área}$$

Áreas irregulares

$$R.C. = 2.5 * hcc * \text{perímetro} / \text{área}$$

Después mediante el análisis de los colores de paredes, techo y piso; se determinan los valores de las reflectancias para cada uno de estos elementos. La reflectancia de una superficie se define como la razón entre el flujo luminoso reflejado por la superficie y el flujo que incide sobre ella. Con estos valores y el índice de cavidad de cuarto, se selecciona el C.U. del catálogo del fabricante para la luminaria utilizada.

9.1.2.- Determinación del factor de mantenimiento o factor de pérdida de luz

Los niveles de iluminación resultantes en la instalación de alumbrado disminuyen progresivamente en el curso de su funcionamiento por acumulación de polvo en las luminarias y otras superficies del espacio iluminado o por la disminución del flujo proporcionado por las lámparas a medida que estas envejecen.

El factor de mantenimiento o factor de pérdida de luz es la razón entre el nivel de iluminación medio en el plano de trabajo después de un periodo determinado de uso de una instalación y el nivel de iluminación medio obtenido al empezar a funcionar la misma recién instalada. Y es el producto de los siguientes factores:

FACTORES NO RECUPERABLES

Variación de tensión

Temperatura ambiente

Depreciación por deterioro en las superficies del luminario.

Factor de balastro

$F.M. = L.L.D. * L.D.D.$

FACTORES RECUPERABLES

Depreciación por suciedad acumulada en la superficie del local.

Lámparas quemadas o fundidas

Depreciación de lúmenes de la lámpara (L.L.D.)

Depreciación por suciedad acumulada en el luminario (L.D.D.)

El valor de l factor L.L.D. generalmente lo da el fabricante para cada tipo de lámpara, mientras que para obtener el valor de L.D.D. se recomienda emplear los valores dados en el anexo, que considera el tipo de ambiente atmosférico donde se realiza un trabajo y el tiempo entre cada limpieza.

9.1.3.- Especiamento entre Luminarias.

El espaciamento máximo entre luminarias conveniente para mantener un nivel de iluminación adecuado se obtiene:

$$S_{\text{máx}} = \sqrt{\text{Área} / \# \text{ de Luminarias}}$$

TEMA

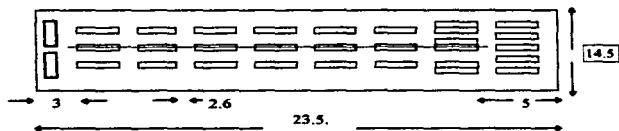
10

EJEMPLO PRACTICO

10.- EJEMPLO PRACTICO

Esta sección es enfocada al análisis de los efectos del cambio de sistema de iluminación en la empresa PROSONIC en una de sus naves industriales, donde se lleva acabo el ensamble de cassettes inicialmente eran tres las líneas de ensamble con iluminación localizada por medio de lamparas fluorescentes slim linee luz día con un arreglo mostrado en la fig. 1; debido a la demanda de producto se instalo una línea mas de ensamble y se cambio el tipo de iluminación localizada por una general con luminarias de aditivos metálicos en un arreglo como el mostrado en la fig. 2.

Figura 1



cota: mts.

En tal cambio se alabo la disminucion de luminarias tomando como un hecho el ahorro de energía, menor costo de mantenimiento, mayor nivel de iluminación y por consecuencia mayor calidad de la misma. Sin embargo los días posteriores a su puesta en servicio se recibieron quejas por parte del personal de deslumbramiento, calor, fatiga visual, entre otras; sospechando que tales síntomas eran debido a que no se realizo un estudio elemental de las principales características que debe tener la iluminación y el ambiente, que conforman este tipo de centros de trabajo llevándose a cabo el cambio de sistema de iluminación con un estudio superficial. A continuación realizare una comparación de los niveles de iluminación existentes antes del cambio de sistema y los actuales niveles de iluminación haciendo una comparación de ambos sistemas y sugiriendo el más apropiado para llevar acabo la iluminación del área correspondiente.

HOJA DE TRABAJO :

Nombre del proyecto : PROSONIC cambio de luminarias

Principal clase de trabajo realizado en el lugar : ensamble de cassette

Nivel de iluminación conservado recomendado : 500lx

Dimensiones del local

Altura de cavidad de piso : 0.80 mts.

Reflectancias

Del techo : 30 %

De las paredes : 50 %

Del piso : 20 %

Tipo de lámpara : fluorescente tubular 75 w

L.L.D. = 0.89

Lúmenes iniciales : 5460

Factor de balastra = 1

Tipo de luminaria : unidad fluorescente

tipo Gavilán rectangular Serie HIL - 274

Temperatura ambiente : menos de 38 °C

Nivel de contaminación del ambiente : Medio

Lugares peligrosos : ninguno

Calculando nivel de iluminación :

$$E = \text{Im. Iniciales} \cdot \text{C.U.} \cdot \text{F.M.} \cdot \text{F.Bal} \cdot \text{No. Láminarias./Área}$$

Coefficiente de utilización (C.U.) :

$$\text{R.C.R.} = 5 \cdot \text{hcc} \cdot (\text{Largo} + \text{Ancho}) / \text{Área}$$

$$\text{R.C.R.} = 5 \cdot 4.30 \cdot (15.5 + 14.5) / (15.5 \cdot 14.5) = 3$$

Donde : R.C.R. Razón cavidad de cuarto

Con este valor y además el de las reflectancias en la tabla del fabricante (tabla 3 anexo) obtenemos el C.U

$$\text{C.U.} = 3$$

Factor de mantenimiento (F.M.) :

$$\text{F.M.} = \text{L.L.D} \cdot \text{L.D.D.}$$

L.L.D. se obtiene de la tabla del fabricante (tabla 2 anexo) L.L.D. = 0.89

L.D.D. se obtiene primero la clase de la luminaria (tabla 4) clase 2 con este dato en la gráfica de curvas de degradación por suciedad (tabla 5) se obtiene :

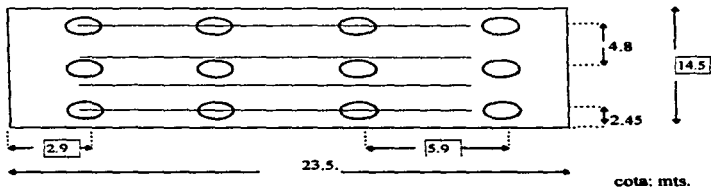
$$\text{L.D.D.} = 0.88$$

$$\text{F.M.} = 0.89 \cdot 0.88 = 0.783$$

$$E = 2 \cdot 5460 \cdot 0.47 \cdot 0.783 \cdot 1 \cdot 21 / 225 = 375$$

Espaciamiento máximo entre luminarios $S = \sqrt{\text{Área} / \# \text{ de luminarios}} = \sqrt{225/21} = 3.27$

Figura 2.



HOJA DE TRABAJO :

Nombre del proyecto : PROSONIC cambio de luminarias

Principal clase de trabajo realizado en el lugar : ensamble de cassette

Nivel de iluminación conservado recomendado : 500lx

Dimensiones del local

Altura de cavidad de techo : 0.76 mts.

Altura de cavidad del local : 4.30 mts.

Altura de cavidad de piso : 0.80 mts.

Reflectancias

Del techo : 30 %

De las paredes : 50 %

Del piso : 20 %

Tipo de lámpara : Aditivos Metálicos acabado claro 400w

L.L.D.= 0.75

Lúmenes iniciales : 36,000 V

Tipo de luminaria : Lexalite reflexor prismático modelo 816

Temperatura ambiente : menos de 38 ° C

Nivel de contaminación del ambiente : Medio

Lugares peligrosos : ninguno

Calculando nivel de iluminación :

E= Im. Iniciales * C.U. * F.M. * No. Luminarias /Area

$$\text{R.C.R.} = 5 * 4.30 * (23.5 + 14.5) / (23.5 * 14.5) = 2$$

Con este valor y además el de las reflectancias de la tabla del fabricante (tabla 6 anexo) obtenemos el C.U.

$$\text{C.U.} = 0.67$$

Factor de mantenimiento (F.M.):

L.L.D. se obtiene de la tabla del fabricante (tabla 1 anexo) L.L.D. = 0.75

L.D.D. se obtiene primero la clase de la luminaria (tabla 7 anexo) clase 3 con este dato en la gráfica de curvas de degradación por suciedad se obtiene :

$$L.D.D. = 0.87$$

$$F.M. = 0.89 * 0.87 = 0.774$$

$$E = 36000 * 0.67 * 0.77 * 12 / 341 = 654$$

Espaciamiento máximo entre luminarias = 7.65

El nivel de iluminación con lámparas fluorescentes era menor al recomendado por lo que fue conveniente rediseñar el sistema de iluminación. En el caso de las lámparas de aditivos metálicos, el nivel de iluminación es mayor y su altura de montaje (4.30 m) menor a la recomendada para el tipo de lámpara y luminario utilizados. Aunado a esto, la reflexión del material de ensamble y el color del mobiliario, ocasionan el deslumbramiento y malestar. El estudio detallado de las condiciones del local así como la obtención de información por parte de los proveedores acerca de las diversas opciones tecnológicas en iluminación, pudo reducir gastos y hacer la inversión más productiva.

CONCLUSIONES

La realización de un diagnóstico de iluminación y energético implica contar con recursos materiales, económicos y humanos. En lo que se refiere a este último, la ejecución de los estudios se puede hacer según las siguientes alternativas :

- > Utilizando personal de la planta, generalmente de mantenimiento, o de otras áreas relacionadas con la iluminación.

- > Haciendo uso de personal de contratación externa : consultores o similares.

El examen de la iluminación existente en una zona de trabajo puede poner de manifiesto que :

- > El diseño del sistema de alumbrado sea total o parcialmente ineficiente.

- > El nivel de iluminación no sea el adecuado para la zona de trabajo

- > La iluminación sea suministrada por lámparas no óptimas y luminarias con un control óptico inadecuado.

- **Teniendo acceso a luz natural, no se emplee adecuadamente.**
- **Programas inapropiados de mantenimiento**
- **No se cuente con programas para la utilización racional de la iluminación.**
- **No se cumple con las condiciones mínimas de reflectancia de techos, paredes, pisos y alrededores.**

Para llevar a cabo un análisis exhaustivo de una instalación de iluminación industrial a fin de identificar esta problemática y recomendar las acciones correctivas más apropiadas energética y económicamente se requiere principalmente :

- a) **Una metodología secuencial de evaluación y diagnóstico de sistemas de iluminación.**
- b) **Un inventario de todas las medidas relevantes de ahorro y uso eficiente de energía que puedan ser llevadas a cabo en sistemas de iluminación.**
- c) **Recursos humanos con conocimientos de sistemas de iluminación.**
- d) **Disponibilidad de tecnologías de iluminación en el mercado.**

Para llenar la escasez respecto a los requerimientos que posibilitan la creación óptima de iluminación en un ambiente de trabajo y el uso racional de energía en iluminación, en la pequeña y mediana empresa, se plantean tres aspectos principales :

1. Una metodología para efectuar un diagnóstico energético en sistemas de iluminación industrial.
2. La recopilación de las diferentes medidas potenciales de ahorro y uso eficiente de energía en iluminación.
3. La aplicación de un sistema de apoyo hacia el uso eficiente de energía y que llene el vacío de falta de expertos en el área.

La conclusión general de este trabajo respecto al rediseño o diseño de sistemas de iluminación y uso eficiente de energía se enmarca en :

- a) Contar con personal calificado o asesoría especializada en relación a toda modificación o diseño de cualquier situación que afecte el desempeño de toda acción productiva.
- b) Regular el mantenimiento y conservación de los niveles de iluminación
- c) La necesidad de la compatibilidad de nuevas tecnologías de iluminación.
- d) Promocionar el uso racional de la utilización del alumbrado.

ANEXO

NIVELES DE ILUMINACION RECOMENDADOS PARA INTERIORES.

Tipo de trabajo		Nivel de iluminación (lx)
Oficina	Salas de dibujo	750-1000-1200
	Locales donde se realiza un trabajo continuo (mecanografía, lectura, escritura, etc.)	300-450-750
	Locales de estancia esporádica (escaleras, pasillos, salas de espera)	200-2500-300
Industria	Extrema precisión (relojes, electrónica, grabados, instrumentación pequeña)	1200-1500-2000
	Alta precisión (ajuste, torno de precisión, ensamblaje fino, inspección, etc.)	750-1000-1200
	Normal (talleres de montaje , banco y soldadura de piezas medianas, embobinados, equipos de lectura, etc.)	300-500-750
	Pesado (forja, laminado, bastidores, molinos, tanques, maquinaria pesada, etc.)	200-250-300
Escuelas	Aulas de enseñanza	250-350-500
	Aulas de dibujo y trabajos manuales	300-500-750
Locales comerciales	Salas de ventas y exposición de grandes almacenes	500-1000
	Escaparates de grandes centros comerciales	1000-2000
	Escaparates de otros establecimientos	500-1000
	Transiendas	200-250-300
Vivienda	Sala	100-150-200
	Cocina	200-250-300
	Dormitorios baños	100-150-200
	Pasillos, escaleras, garaje, desván, sótano, etc.	50-75-100

**TABLAS DE REFLEXIONES APROXIMADAS
SUPERFICIES DE PINTURA**

<u>Tono</u>	<u>Color</u>	<u>Reflexión (%)</u>
Muy claro	Blanco nuevo	88
	Blanco viejo	76
	Azul verde	76
	Crema	81
	Azul	65
Claro	Miel	76
	Gris	83
	Azul verde	72
	Crema	79
	Azul	55
Mediano	Miel	70
	Gris	73
	Azul verde	54
	Amarillo	65
Obscuro	Miel	63
	Gris	61
	Azul	8
	Amarillo	50
	Café	10
	Gris	25
	Verde	7
	Negro	3

SUPERFICIES DE MADERA

<u>Color</u>	<u>Reflexión (%)</u>
Maple	43
Nogal	16
Caoba	12
Pino	48

ACABADOS METALICOS

<u>Color</u>	<u>Reflexión (%)</u>
Blanco polarizado	85-70
Esmalte hornado	75
Aluminio pulido	75
Aluminio mate	79
Aluminio claro	59

FUENTE : CATALOGO CONDENSADO HOLOPHANE 1997

TABLA 1 DATOS DE LAMPARAS DE ADITIVOS METALICOS

WATTS	ACABADO	LUMENES INICIALES	VIDA EN HORAS	EFICIENCIA (lm/W)	FACTOR DE DEPRECIACION (L. L. D.)	BASE	BULBO	LONGITUD (CM)
70	claro	5,200	15,000V-10,000H	74	0.81	E-26	DE-17	14.60
70	fosforado	4,800	15,000V-10,000H	74	0.75	E-26	DE-17	14.60
100	claro	7,800	10,000V-7,500H	78	0.75	E-26	DE-17	14.60
100	fosforado	8,000	15,000V-10,000H	78	0.73	E-26	DE-17	14.60
175	claro	14,000	10,000V-7,500H	80	0.77	MOGUL	BT-28	21.10
175	fosforado	13,000	10,000V-7,500H	80	0.73		BT-28	21.10
250	claro	22,000V-20,000H	10,000	82	0.83		BT-28	21.10
250	fosforado	22,000V-20,000H	10,000	82	0.78		BT-28	21.10
400	claro	36,000V-32,000H	20,000-15,000H	90	0.75		BT-37	29.20
400	fosforado	36,000V-32,000H	2,000V-1,500H	90	0.72		BT-37	29.20
400	claro	40,000	20,000	100	0.80		BT-37	29.20

TABLA 2 DATOS DE LAMPARAS FLUORESCENTES

WATTS	TIPO	ACABADO	LUMENES INICIALES	EFICIENCIA (LM/W)	FACTOR DE DEPRECIACION L. L. D.	BASE	BULBO	LONGITUD	ENCENDIDO
39	TUBULAR	B FRIJO DE LUJO	12,000	82	0.82	SLIMLINE UN ALFILER	T-12	117.00	INSTANTANEO
39	TUBULAR	B CALIDO DE LUJO	12,000	82	0.82	SLIMLINE UN ALFILER	T-12	117.00	INSTANTANEO
39	TUBULAR	BLANCO FRIJO	12,000	77	0.82	SLIMLINE UN ALFILER	T-12	121.92	INSTANTANEO
40	TUBULAR	BLANCO FRIJO	12,000	79	0.83	MEDIANA 2 ALFILERES	T-12	121.92	RAPIDO
40	TUBULAR	LUZ DIA	12,000	65	0.83	MEDIANA 2 ALFILERES	T-12	121.92	RAPIDO
59	TUBULAR	BLANCO FRIJO	6,000	102	0.81	SLIMLINE UN ALFILER	T-8	243.84	INSTANTANEO
60	TUBULAR	B FRIJO DE LUJO	6,100	102	0.82	SLIMLINE UN ALFILER	T-12	243.84	INSTANTANEO
60	TUBULAR	BLANCO CALIDO	6,100	102	0.82	SLIMLINE UN ALFILER	T-12	243.84	INSTANTANEO
75	TUBULAR	BLANCO FRIJO	6,300	84	0.89	SLIMLINE UN ALFILER	T-12	243.84	INSTANTANEO
75	TUBULAR	LUZ DIA	5,450	73	0.89	SLIMLINE UN ALFILER	T-12	243.84	INSTANTANEO
















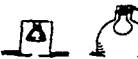








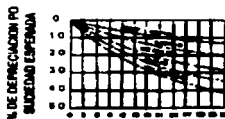
LUMINARIO TÍPICO	CURVA DE DISTR. Y % DE LUMENES		LUMINARIO TÍPICO	CURVA DE DISTR. Y % DE LUMENES		LUMINARIO TÍPICO	CURVA DE DISTR. Y % DE LUMENES	
	CAT.	ESPEC. BARRIDO		CAT.	ESPEC. BARRIDO		CAT.	ESPEC. BARRIDO
 DEFENSA DIFUSA CON MONTAJE COLGANTE	V	1.8 38% 45% 1	 GABINETE CUADRADO CON CONTROLLENTE PARA CURVA DE DISTRIBUCIÓN MEDIA	V	1.8 0% 54% 1	 UNIDAD TOTALMENTE CERRADA	V	1.6 0% 71% 1
 REFLECTOR ESMALTADO TIPO RLM	IV	1.2 0% 83% 1	 BOTE INTEGRAL DE 140 mm. DE Ø PARA LAMPARAS PAR-100 Y LAMPARA FLUORESCENTE AHORRADORA DE ENERGÍA.	IV	0.8 0% 82% 1	 UNIDAD TIPO INDUSTRIAL CON REFLECTOR PRISMÁTICO VENTILADO (EFECTO CHIMENEA).	III	1.8 3% 77% 1
 CUBICO UNIDAD CON ENVOLVENTE CUADRADO PRISMÁTICO	V	1.2 0% 60% 1	 BOTE INTEGRAL DE 140 mm. DE Ø PARA LAMPARA PAR-75	IV	0.8 0% 71% 1	 UNIDAD TIPO INDUSTRIAL CON REFLECTOR PRISMÁTICO CERRADA, POR MEDIO DE REFRACTOR PRISMÁTICO	V	1.8 0% 88% 1
 LAMPARA R-40 EN BOTE INTEGRAL	IV	0.8 0% 88% 1	 GABINETE CUADRADO CON CONTROLLENTE PARA CURVA DE DISTRIBUCIÓN ABIERTA	V	1.6 0% 85% 1	 UNIDAD CERRADA POR MEDIO DE REFRACTOR PRISMÁTICO	V	1.8 2% 88% 1
 LAMPARA R-40 CON REFLECTOR ESPECULAR AMOZGADO; CUTOFF A 48°	IV	0.7 0% 85% 1	 GABINETE CUADRADO CON GABINETE DIFUSO	V	1.2 1% 80% 1	 UNIDAD DE EMPOTRAR CON REFLECTOR PRISMÁTICO VENTILADO	IV	1.2 0% 85% 1
 PIN HOLE DE 22° DE ABERTURA	IV	0.7 0% 83% 1	 (MERCURIO) UNIDAD CON LAMPARA DE ALTA INTENSIDAD DE DESCARGA CON REFRACTOR INTERNO DE CRISTAL PRISMÁTICO Y CONTROLLENTE DE ACRILICO PRISMÁTICO EXTERIOR	V	1.2 0% 85% 1	 UNIDAD FLUORESCENTE TIPO INDUSTRIAL	II	1.8 22% 85% 1

Tabla 5

CLASIFICACION DE LUMINARIOS DE ACUERDO A SU CURVA DE DISTRIBUCION

CLASIFICACION	% DE LUZ RESPECTO A LA HORIZONTAL		DISTRIBUCION DE POTENCIA LUMINICA
	ARRIBA	ABAJO	
DIRECTA	0-10%	90-100 %	
SEMI-DIRECTA	10-40 %	60-90 %	
DIRECTA INDIRECTA	40-60 %	40-60 %	
GENERAL DIFUSA	40-60 %	40-60 %	
SEMI-INDIRECTA	60-90 %	10-40 %	
INDIRECTA	90-100 %	0-10%	

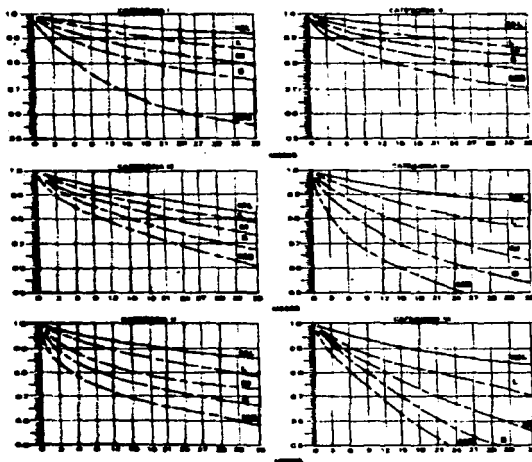


FACTORES DE DEPRECIACION POR SUCCESAS ACUMULADA EN LAS SUPERFICIES DEL CUARTO

MESES	TIPO DE DISTRIBUCION DE LUMINARIOS																			
	DIRECTO				SEMI-DIRECTO				GENERAL DIFUSA				SEMI-INDIRECTO				INDIRECTO			
	10	20	30	40	10	20	30	40	10	20	30	40	10	20	30	40	10	20	30	40
% DE DEPRECIACION POR SUCCESAS ACUMULADAS	10	20	30	40	10	20	30	40	10	20	30	40	10	20	30	40	10	20	30	40
RELACION DE CURVAS DE CUARTO	10	20	30	40	10	20	30	40	10	20	30	40	10	20	30	40	10	20	30	40
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Tabla 5.1

CURVAS DE DEGRADACION POR SUCIEDAD EN EL LUMINARIO



ML = MUY LIMPIO
 L = LIMPIO
 M = MEDIO
 S = SUCIO
 MS = MUY SUCIO

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Manuales técnicos y de instrucción para conservación y ahorro de energía

"Tomo 10 : Iluminación industrial"

Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía (I.D.E.A.)

Madrid España 1990

"Principios de iluminación y niveles de iluminación en México"

HOLOPHANE 1997

" Sistemas de iluminación industriales "

John P. Frier y Mary E. Gazley

Editorial LIMUSA 1987

" Ingeniería aplicada al control de luz "

Catálogo condensado

HOLOPHANE 1997

" Manual de alumbrado "

Westinghouse 3ª ed

Editorial Dossat 1987

" Manual de instalaciones de alumbrado y fotometría "

Chapa C. J.

Editorial LIMUSA S. A. y Noriega editores

México 1990