



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

---

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN

## ILUMINACION DE UN TALLER DE FABRICACION DE MUEBLES

### T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
**INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**  
P R E S E N T A  
**ABRAHAM LUEVANOS DE LA GARZA**

ASESOR: CASILDO RODRIGUEZ ARCINIEGA



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.

Dedicatorias.

A Mi esposa: Maria Infantita Martínez.

Por que tu me haz enseñado; que con pasión, logras lo que te propones, porque en ti veo todo la fuerza y la nobleza, la belleza y la inteligencia, la alegría y el amor. Por enseñarme a luchar, por compartir conmigo todo de ti, por guiarme con tu mano, por ser sincera y porque te amo.

A mis Hijos:

Porque sin saberlo, nos hacen mejor persona, traen momentos diferentes y hermosos en la vida, por quién nos desvelamos pensando en su bienestar, porque en sus pasos están los nuestros, porque en cada logro que tienen nos hacen sentir orgullosos.

A mi papá: Armando Lúevanos.

Ahora que concluyo una meta, mi siguiente meta; quizá la más difícil, seguirte tus pasos, alcanzar tus logros y superarlos. La más difícil, porque es un camino de trabajo, ingenio, sudor y creatividad. Lo que aligera el camino, es saber que es el correcto.

A mi mamá: El de la Garza Pedroza.

A mi mujer más valiente, segura, tenaz y fuerte, a ti todo mi amor hoy y siempre, porque tu me haz dado todo tu amor, en los momentos más precisos, como todo lo que planeas, siempre en el momento más preciso.

A mi hermano: Fernando Luévanos.

A ti que por tu inteligencia, y tu amistad, me hacen sentir orgulloso. Tu inteligencia es innata, difícil de obtener, tu amistad difícil comparar, y tus logros personales el mejor campeonato de tu vida.

A mi hermano: Gerardo Luévanos.

Con tu sonrisa y tu carisma, conquistas. A tu atracción, pocas personas se resisten, atrae a aquellas personas que te aman y no permitas que se alejen.

A Monica, Brian y Edrehel.

A mi padrino Othón Quiróz.

Por enseñarme que en la diferencia está la aceptación y en los retos la satisfacción, por ser ejemplo

A mi compadre Agustín Arvízu.

A ti que me haz acompañado hombro con hombro en la vida, a ti que me ofreces la mano cuando he caído, a ti que me dices que hay que continuar ... y continuar, a ti que levantas la cara al cielo, para recibir aplausos de quienes ya no están contigo, a ti, gracias.

A la Familia Martínez Mejía.

A la familia que me cobijó, que me dieron su apoyo y amor, quienes me han enseñado a divertirme y disfrutar de la vida, quienes no dejan morir las tradiciones de armonía, respeto y cariño.

A mis familiares y amigos.

A la REPRE-EST-IME. 95-99

A mis maestros.

A la UNAM.

A México.

## INDICE

<b>TITULO</b>	<b>PAGINA</b>
<b>I. Introduccion.....</b>	<b>7</b>
<b>El ojo humano.....</b>	<b>7</b>
<b>Forma y partes del ojo.....</b>	<b>8</b>
<b>Cornea.....</b>	<b>9</b>
<b>Pupila. ....</b>	<b>10</b>
<b>Cristalino. ....</b>	<b>10</b>
<b>Cuerpo ciliar.....</b>	<b>11</b>
<b>Retina. ....</b>	<b>11</b>
<b>Conos y Bastones.....</b>	<b>12</b>
<b>Nervio óptico.....</b>	<b>13</b>
<b>Punto ciego.....</b>	<b>13</b>
<b>Músculos propios del ojo. ....</b>	<b>14</b>
<b>Estructuras protectoras.....</b>	<b>14</b>
<b>Formación de imágenes en el ojo.....</b>	<b>15</b>
<b>Limites del efecto visible.....</b>	<b>16</b>
<b>Acción del ultravioleta en el ojo.....</b>	<b>16</b>
<b>Acción del infrarrojo en el ojo. ....</b>	<b>16</b>
<b>Efectos nocivos del ultravioleta e infrarrojo en el ojo humano. ....</b>	<b>17</b>
<b>Importancia de la luz en el ojo humano.....</b>	<b>18</b>
<b>II. Definición de la luz.....</b>	<b>19</b>
<b>III. Definición de la Iluminación. ....</b>	<b>20</b>
<b>IV. Teoría Ondulatoria de Huygens. ....</b>	<b>21</b>
<b>Espectro continuo.....</b>	<b>22</b>
<b>Espectro de líneas.....</b>	<b>22</b>
<b>Espectro Mixto. ....</b>	<b>22</b>
<b>Flujo radiante. ....</b>	<b>23</b>
<b>Flujo luminoso.....</b>	<b>23</b>
<b>Rendimiento Luminoso. ....</b>	<b>23</b>

<b>Rendimientos luminosos de algunas lámparas.....</b>	<b>23</b>
<b>V. Transmisión de la luz.....</b>	<b>24</b>
Transmisión dirigida. ....	24
Transmisión difusa.....	24
Transmisión semidirigida.....	25
Transmisión semidifusa.....	25
Reflexión. ....	25
<b>VI. Tipos de reflexión.....</b>	<b>25</b>
Reflexión regular o especular. ....	25
Reflexión difusa.....	25
Reflexión mixta.....	25
Absorción.....	26
Brillo.....	26
Color.....	26
Diferentes colores del espectro visible.....	27
Temperatura de color.....	27
Rendimiento en color.....	28
<b>VII. Procesos productores de la luz.....</b>	<b>28</b>
Piroluminiscencia.....	28
Incandescencia.....	28
Incandescencia con halógenos.....	30
Electroluminiscencia.....	32
<b>LASER.....</b>	<b>33</b>
Electroluminiscencia en gases.....	34
Lámparas de vapor de mercurios a alta presión.....	35
Lámpara de halógenos metálicos.....	36
Fotoluminiscencia.....	37
Las ventajas de la alimentación a alta frecuencia son las siguientes: .....	39
Lámparas fluorescentes compactas.....	39
Lámparas de sodio de baja presión.....	40
Lámpara de sodio alta presión.....	42

**Caraterísticas de las fuentes de luz.....43**

**Vida útil.....44**

**Datos Calorímetros.....44**

**VIII.Importancia de la Iluminación.....46**

**Estudios sistemáticos .....47**

**Mayor rendimiento en la tarea. ....48**

**Reducción de fatigas. ....48**

**Disminución de rechazos de piezas mal terminadas.....49**

**Menor número de accidentes. ....50**

**Aumento de la productividad. ....50**

**Higiene fisiológica en la tarea visual. ....52**

**IX. ILUMINACIÓN EN UN TALLER DE MUEBLES.....53**

**Para iluminar un área de trabajo.....54**

**Fachada del taller de Fabricación de Muebles.....57**

**Area de Fabricación y Area de Almacenamiento. ....58**

**Nivel de iluminación en el taller de fabricación. ....59**

**Trabajo fino de máquina y banco, lijado y acabado fino.....61**

**Lámpara y luminario.....61**

**Candelas Necesarias: .....62**

**Selección de la lámpara y el luminario. ....63**

**Factor de Corrección por diferencia de lúmenes.....65**

**Comparaciones de luminario 6250, con lámparas de 40 w y de 32 w. ....67**

**X. Método de lumen.....68**

**Cálculo de número de luminarios para la subárea de fabricación del taller. ....68**

**Coefficiente de Utilización (C.U).....68**

**Determinación del Coeficiente de Utilización.....68**

**Interpolación. ....71**

**Factor de Mantenimiento (FM). ....72**

**Datos de lámparas fluorescentes.....73**

**LDD: Para determinar este factor se debe de considerar los siguientes criterios. ....74**

**Tablas de Categoría de Mantenimiento.....75**

Curvas de degradación por suciedad en el luminario. ....	78
Sustituyendo todos los valores en la Ecuación 1. Número de luminarios.....	81
Arreglo de luminarios para la subárea de fabricación del taller.....	82
Espaciamiento teórico. $S_t$ .....	82
Espaciamiento máximo.....	83
Número de columnas. ....	84
Número de renglones. ....	84
Espaciamiento entre columnas. ....	84
Espaciamiento entre renglones. ....	85
Espaciamiento que debe tener las paredes a los luminarios mas cercanos a éstas. ....	85
XI. Programa de iluminación Visual. ....	86
Presentación de la pantalla del Programa Visual. ....	88
A continuación, presento los resultados de los cálculos del programa visual, para la subárea de fabricación del taller de muebles. ....	89
XII. Iluminación del área del almacén de muebles.....	92
Determinar el nivel de iluminación en el área.....	92
BODEGAS O CUARTOS DE ALMACENAMIENTO.....	92
Cálculo de Candelas necesarias:.....	93
Cálculo del número de luminarios en almacén. ....	95
Arreglo de luminarios para el almacén.....	100
Espaciamiento teórico. $S_t$ .....	101
Espaciamiento máximo.....	101
Número de columnas. ....	102
Número de renglones. ....	102
Espaciamiento entre columnas .....	102
Espaciamiento entre renglones. ....	103
Espaciamiento que debe tener las paredes a los luminarios más cercanos a éstas. ....	103
Cálculo de luminarios en almacén con programa visual basic. ....	105
Arreglo general de luminarios fluorescentes.....	107
XIII. Iluminación con otro luminario. ....	108



<b>El proyectista debe comparar lo siguiente.....</b>	<b>108</b>
<b>Iluminación de la subárea de fabricación del taller de muebles.....</b>	<b>108</b>
<b>Selección de lámpara y luminario. ....</b>	<b>108</b>
<b>Small Prismpack. ....</b>	<b>109</b>
<b>Cálculo de número de luminarios en almacén .....</b>	<b>111</b>
<b>Curvas de degradación por suciedad en el luminario. ....</b>	<b>114</b>
<b>Arreglo de luminarios para la subárea del taller .....</b>	<b>116</b>
<b>Espaciamiento teórico. <math>S_t</math> .....</b>	<b>116</b>
<b>Espaciamiento máximo.....</b>	<b>116</b>
<b>Número de columnas. ....</b>	<b>117</b>
<b>Número de renglones. ....</b>	<b>117</b>
<b>Espaciamiento entre columnas. ....</b>	<b>117</b>
<b>Espaciamiento entre renglones. ....</b>	<b>118</b>
<b>Iluminación del área de almacén, del taller de muebles.....</b>	<b>199</b>
<b>Selección de lámpara y luminario. ....</b>	<b>119</b>
<b>Comparativo de Cálculo de iluminación small prismpack, por medio de Programa Visual Basic</b>	
<b>2.1. En la Subárea del taller de fabricación.....</b>	<b>120</b>
<b>XIV.Cálculo de número de luminarios en almacén. ....</b>	<b>123</b>
<b>Arreglo de luminarios para la subárea del taller.....</b>	<b>125</b>
<b>Comparativo de Cálculo de iluminación small prismpack, por medio de Programa Visual Basic</b>	
<b>2.1. En almacén del taller de fabricación.....</b>	<b>129</b>
<b>XV. Conclusiones .....</b>	<b>132</b>
<b>Elección de luminario. ....</b>	<b>132</b>
<b>Costo del luminario.....</b>	<b>133</b>
<b>Costo de instalación. ....</b>	<b>133</b>
<b>Ahorro de energía. ....</b>	<b>133</b>
<b>Costo por sustitución de lámpara.....</b>	<b>134</b>
<b>Costo por Mantenimiento.....</b>	<b>135</b>
<b>Calidad de iluminación.....</b>	<b>135</b>
<b>Luminario HID.....</b>	<b>135</b>
<b>Luminario fluorescente. ....</b>	<b>136</b>

**Nos inclinaremos en este aspecto por elegir el luminario HID por su mejor rendimiento de color, mejor nivel de iluminación por que mantiene un adecuado control de iluminación. ....136**

**Las mayores inversiones y gastos de operación para obtener mejores niveles de iluminación, son ampliamente compensados y superados por los siguientes beneficios: .....137**

**Finalmente se presenta la distribución de iluminación general en el Taller de Fabricación de Muebles, de acuerdo a las Conclusiones. ....138**

**XVI.Apéndice. ....139**

**XVII.Bibliografía. ....153**

## I. Introducción.

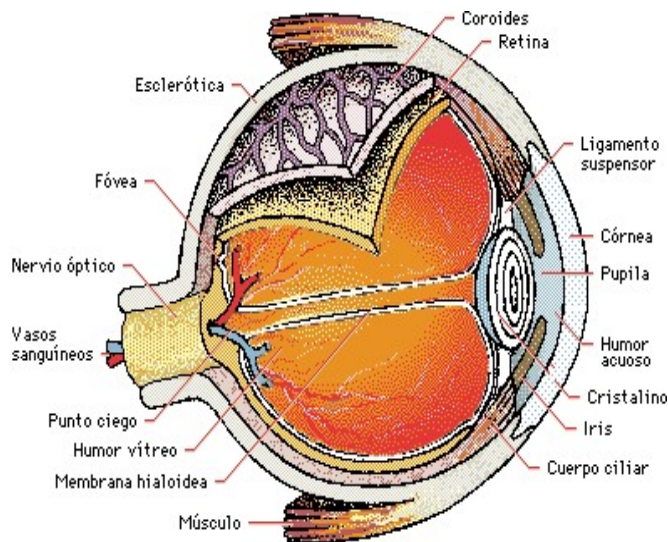
Es de suma importancia, que el lector que desee consultar esta tesis, lea y atienda la introducción, para así tener una idea clara de la importancia de la iluminación en la tarea visual que el ser humano desempeña, así como las ventajas que se obtiene con una adecuada iluminación, y las desventajas sin ella.

### El ojo humano.

El ojo es el órgano exterior del sentido de la vista responsable de la transformación de la energía radiante visible en energía nerviosa.

Aunque el ojo es denominado a menudo el órgano de la visión, en realidad, el órgano que efectúa el proceso de la visión es el cerebro; la función del ojo es traducir las vibraciones electromagnéticas de la luz en un determinado tipo de impulsos nerviosos que se transmiten al cerebro.

Esa transformación no es inmediata, sino que se consigue a través de un complicado mecanismo iniciado con una acción fotoquímica que origina unas variaciones de potencial eléctrico, causante del nacimiento de unos impulsos nerviosos que al llegar al cerebro desencadenan el proceso de la sensación visual.



## **Forma y partes del ojo.**

El ojo humano es una esfera de 12 mm de radio, con un abombamiento en su parte anterior, que forman un casquete esférico de 8 mm de radio.

La pared externa es una túnica fibrosa que protege el ojo manteniendo su forma y sirviéndole de esqueleto. Sirve de sostén a los músculos extrínsecos que permiten los movimientos del ojo. Comprende dos partes: la esclerótica y la córnea, esta última transparente. El abombamiento anterior del que ya hemos hablado es sólo 1/6 parte de la esfera total.

La esclerótica está tapizada en su parte posterior por la coroides, que contiene los vasos sanguíneos alimentadores del ojo y por la parte anterior termina en el iris, paralelo al plano ecuatorial que forma los bordes de un orificio llamado pupila. El iris está unido a la coroides por el cuerpo ciliar compuesto de músculos responsables del proceso de acomodación.

La coroides está recubierta por una membrana nerviosa llamada retina en donde se ubican las células visuales (fotorreceptores que transforman la excitación luminosa en influjo nervioso).

La retina en su parte central tiene una pequeña depresión llamada fovea de un diámetro aproximado de cinco grados.

El interior o núcleo del globo ocular comprende una lente biconvexa blanda, el cristalino encerrado en una vaina o cristaloides suspendido del cuerpo ciliar. El cristalino se apoya en la cara posterior del iris. El espacio comprendido entre la córnea, el iris y el cristalino, está lleno de un líquido llamado humor acuoso. El espacio limitado por el cristalino y la retina está lleno de humor vítreo, una sustancia gelatinosa y transparente que es el constituyente más abundante del ojo.

**El conjunto de córnea, humos acuoso, cristalino y humor vítreo, llamado a veces ojo medio, constituye el sistema óptico que permitirá la formación de imágenes en la retina.**

El ojo puede variar el enfoque a voluntad mediante la facultad conocida con el nombre de acomodación.

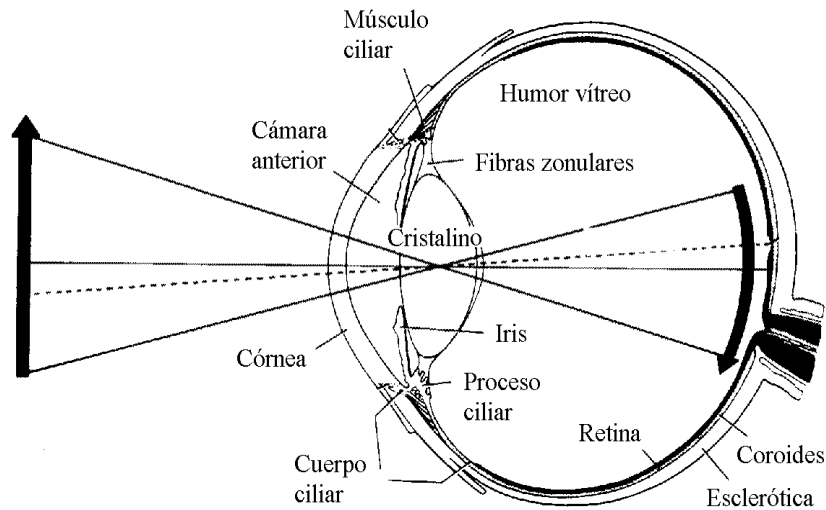
El mecanismo de la visión nocturna implica la sensibilización de las células en forma de bastones gracias a un pigmento, la púrpura visual o rodopsina, sintetizado en su interior. Para la producción de este pigmento es necesaria la vitamina A y su deficiencia conduce a la ceguera nocturna. **La rodopsina se blanquea por la acción de la luz y los bastones deben reconstituirla en la oscuridad, de ahí que una persona que entra en una habitación oscura procedente del exterior con luz del sol, no puede ver hasta que el pigmento no empieza a formarse; cuando los ojos son sensibles a unos niveles bajos de iluminación, quiere decir que se han adaptado a la oscuridad.**

En la capa externa de la retina está presente un pigmento marrón o pardusco que sirve para proteger las células con forma de conos de la sobreexposición a la luz. Cuando la luz intensa alcanza la retina, los gránulos de este pigmento emigran a los espacios que circundan a estas células, revistiéndolas y ocultándolas. De este modo, los ojos se adaptan a la luz.

### *Córnea.*

En la córnea se aprecian cinco capas bien diferenciadas por su anatomía y comportamiento filológico. De ellas, las que en aspecto óptico interesan principalmente son las que forman las caras el dioptrio, los epitelios anterior y posterior. El epitelio anterior con un subcapa exterior de células planas responsables de la impermeabilidad y forma lisa de la superficie, está cubierta por una capa lacrimal, renovable en cada parpadeo, que además de nivelar las pequeñas irregularidades superficiales, alimenta a la córnea con su absorción de oxígeno exterior que necesita en gran cantidad para su buen funcionamiento.

El epitelio posterior, está caracterizado por su impermeabilidad al humor acuoso. La transparencia de la córnea es buena si contiene un 75% de agua. La córnea carece de vasos sanguíneos, siendo en cambio muy rica en el sistema nervioso, lo que justifica la extraordinaria sensibilidad del epitelio exterior que como acto reflejo, ante menor excitación exterior, produce el cierre de los párpados.



### *Pupila.*

**A la pupila se le atribuye el papel de regulador de la iluminación retiniana. Además la pupila influye enormemente en la información proporcionada por la imagen retiniana, su papel es decisivo en la visión de contrastes (visión de grises).**

La pupila varía el diámetro, en función de los niveles de iluminancia a medida que ocurre el tiempo de adaptación cuando se pasa de la oscuridad a la luz y viceversa. También influyen en el diámetro la fatiga visual, la edad, las drogas, los medicamentos y los estados emocionales. El tamaño de la pupila puede indicar el interés de la persona de acuerdo al objeto que mira.

### *Cristalino.*

El cristalino es un elemento en forma de lenteja, que con la córnea constituye la parte más importante del sistema óptico ocular. Evoluciona durante toda la vida formando nuevas capas superficiales, aumentando su espesor y diámetro. Su gran cantidad de fibras, extremadamente ordenadas, le proporcionan una gran transparencia que va perdiendo con la edad y es causante también del endurecimiento progresivo y la lenta pérdida de la elasticidad. El cristalino no contiene ni vasos sanguíneos ni nervios, nutriéndose de humos acuoso por ósmosis.

### *Cuerpo ciliar.*

Es esencialmente un músculo “el músculo ciliar “, formado de fibras lisas en las que se distinguen tres direcciones principales; las más cercanas a la esclerótica, delgadas y por lo numerosas son paralelas a ésta (fibras meridianas), a continuación la dirección viene a ser más bien radial y los haces musculares están separados por un tejido de relleno elástico (tejido conjuntivo), que aumenta con la edad y puede originar en los ancianos la atropía muscular. Estas fibras meridianas y radiales constituyen el músculo de Wallace.

### *Retina.*

Es una membrana delgada y transparente. Alrededor del polo posterior se encuentra la mácula, de color amarillo, de forma elíptica con su eje mayor de 2 a 3 mm. En el centro de la mácula está la pequeña cavidad que hemos llamado fovea (5°). En su centro nos encontramos con la foveola, una zona de diámetro aproximado de 1°, caracterizada porque en ella sólo existen conos (unos 25000) y por ser el lugar en que fijamos la imagen del objeto que queremos ver, en condiciones normales de visión.

La retina está formada por:

- I. Epitelio pigmentario, conjunto de células pigmentadas adheridas a la coroides, para evitar difusiones parasitas de luz.
- II. La capa de células visuales (fotorreceptores) sensibles a la luz. Estas células son de dos tipos: los conos y los bastones.
- III. En la superficie una serie de capas, formada por los elementos que conducen al nervio óptico el influjo nervioso originado en las células visuales. La luz antes de atravesar los fotorreceptores debe de atravesar estas capas, lo que parece una disposición poco favorable; esta retina invertida proviene de que en realidad, en los vertebrados la retina es una envoltura de la pared cerebral embrionaria, **es como si dijésemos que el cerebro se prolonga hasta la propia retina.**

**La luz, una vez que atraviesa la córnea, el iris y el cristalino, es absorbida por los pigmentos visuales de las células receptoras de la retina, codificando las imágenes ópticas en impulsos nerviosos, cuya actividad eléctrica varía con la cantidad de luz recibida.**

### *Conos y Bastones.*

En la retina los fotorreceptores se dividen en dos grandes grupos: los conos y los bastones. **Los primeros situados en la fóvea son menos sensibles a la luz que los bastones y son los que rigen la visión diurna**, estos últimos mucho más sensibles, están ubicados en la extrafóvea, aumentando a medida de que nos alejamos de la fóvea. **La existencia del color es gracias a la existencia de los conos, mientras que los bastones son ciegos al color.**

En estos receptores se distinguen las siguientes partes principales:

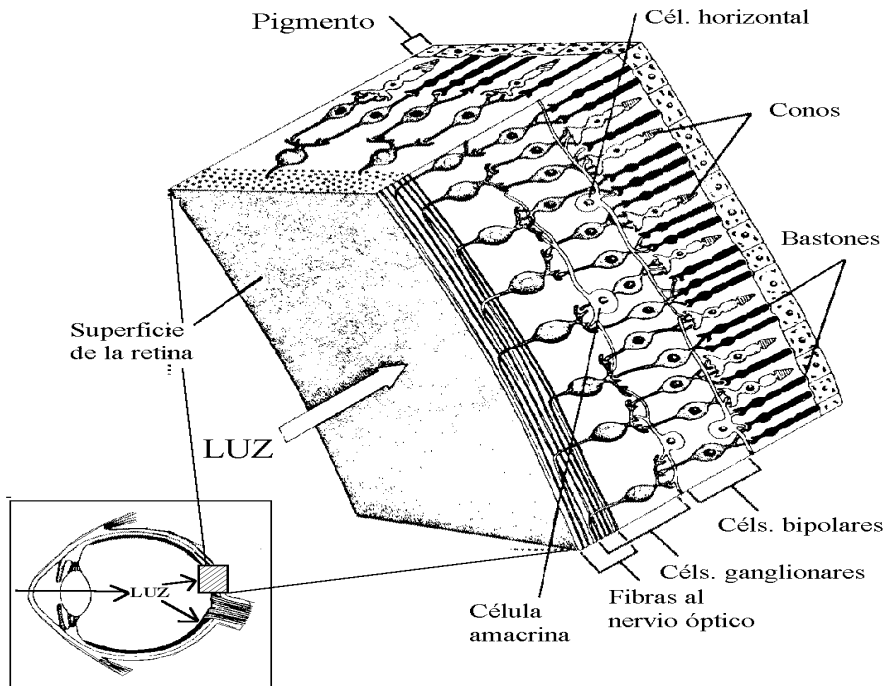
- ❑ El segmento externo, cónico o cilíndrico, según se trate de un cono o un bastón.
- ❑ El segmento interior separado por un disco de índice de refracción muy elevado
- ❑ El núcleo directamente unido al segmento interno en los conos, mientras que en los bastones esta unión se hace a través de una fibra terminada en la esférula: En los conos ésta fibra está a continuación del núcleo y termina por un pie cuadrangular de bordes redondeados.

Las dimensiones de los bastones son relativamente constantes alrededor de 60 mn de diámetro. El tamaño de los conos es más variable.

Los bastones no existen en el centro de la fóvea, aumentando en proporción a medida que nos alejamos de ella.

Funcionalmente, los bastones son más sensibles a la luz que los conos, se encuentran por toda la retina y son más importantes para la percepción visual cuando la luz es de baja intensidad, como ocurre en el crepúsculo y al amanecer. Son receptores de baja frecuencia (380 a 600 nm de longitud de onda). Los conos no son tan sensibles a la luz como los bastones, y son funcionalmente más importantes cuando la intensidad luminosa es alta, como sucede durante el día (receptores de alta frecuencia, 450 a 780 nm). Los conos son también los únicos responsables de la visión del color en los animales que poseen ese poder de discriminación.





### *Nervio óptico.*

Es una sucesión de células nerviosas separadas (las neuronas) que transmiten la señal recibida, pasándola de una a otra a través de los contactos llamados *synapsis*. Cada neurona es una célula independiente compuesta de un cuerpo que contiene el núcleo celular, las dendritas que reciben la señal y una fibra más larga, el axón o cilindro eje que transmite a la dendrita (a veces al cuerpo o al axón) de la neurona que le sigue en la cadena de la conducción nerviosa. Existen en la retina tres neuronas sucesivas, el cono o el bastón (células receptoras), las células bipolares con función de relé que reúnen *synapticamente* a varios conos y bastones y por último la célula ganglionar que recibe las señales de diferentes bipolares. Los axones de los ganglionares, en número de aproximadamente 800000 forman el nervio óptico.

### *Punto ciego.*

Es el lugar de la retina por donde el nervio óptico entra en el ojo. La carencia de sustancia fotosensible es la causa de la ceguera del mismo.

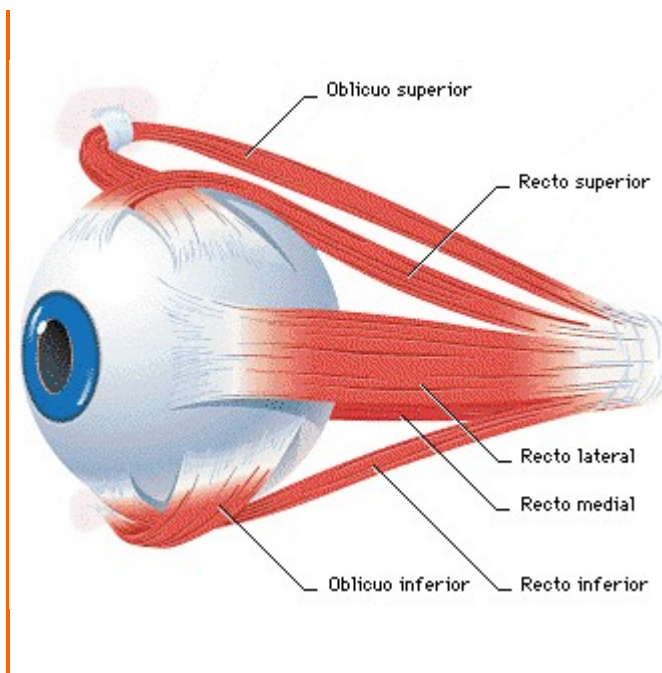
### *Músculos propios del ojo.*

Vista lateral del ojo, donde se puede observar los músculos extrínsecos unidos directamente al globo ocular que permiten el movimiento del ojo. Los cuatro rectos están alineados con sus puntos de origen, mientras que los dos oblicuos se insertan en la superficie ocular formando un ángulo.

### *Estructuras protectoras.*

Diversas estructuras, que no forman parte del globo ocular, contribuyen en su protección. Las más importantes son los **párpados superior e inferior**. Estos son pliegues de piel y tejido glandular que pueden cerrarse gracias a unos músculos y forman sobre el ojo una cubierta protectora contra un exceso de luz o una lesión mecánica.

Las **pestañas**, pelos cortos que crecen en los bordes de los párpados, actúan como una pantalla para mantener las partículas y los insectos fuera de los ojos cuando están abiertos. Detrás de los párpados y adosada al globo ocular se encuentra la conjuntiva, una membrana protectora fina que se pliega para cubrir la zona de la esclerótica visible.



## **Formación de imágenes en el ojo.**

**El ojo actúa como una cámara fotográfica. El sistema óptico, integrado principalmente por el cristalino, converge los rayos luminosos que llegan del objeto y forma una imagen real del mismo en la retina. Esta imagen, mediante un proceso fotoquímico, origina un conjunto de impulsos nerviosos que al llegar al cerebro son los que hace que “veamos” el objeto en cuestión. La retina en el ojo sustituye a la película sensible de la cámara fotográfica. Cabe preguntarse si nosotros vemos un mundo invertido.**

Como ya se ha dicho, el enfoque del ojo se lleva a cabo debido a que la lente del cristalino se aplana o redondea; este proceso se llama acomodación. En un ojo normal no es necesaria la acomodación para ver los objetos distantes, pues se enfocan en la retina cuando la lente está aplanada gracias al ligamento suspensorio. Para ver los objetos más cercanos, el músculo ciliar se contrae y por relajación del ligamento suspensorio, la lente se redondea de forma progresiva. Un niño puede ver con claridad a una distancia tan corta como 6,3 cm.

**Al aumentar la edad del individuo, las lentes se van endureciendo poco a poco y la visión cercana disminuye hasta unos límites de unos 15 cm a los 30 años y 40 cm a los 50 años.** En los últimos años de vida, la mayoría de los seres humanos pierden la capacidad de acomodar sus ojos a las distancias cortas. Esta condición, llamada presbiopía, se puede corregir utilizando unas lentes convexas especiales.

**El ver un color u otro depende de la proporción con que estas sustancias son excitadas por la radiación incidente.**

Cada radiación monocromática es vista con un color que depende de la longitud de onda. Si un espectro continuo, lo separamos mediante un medio dispersivo, en distintas radiaciones monocromáticas que las componen, vemos como los colores van cambiando de uno a otro modo continuo.

La estimulación de los fotorreceptores se inicia por la absorción de la luz por el pigmento visual y el efecto fotoquímico correspondiente; ello lleva consigo cambios de permeabilidad iónica y génesis de potencial receptor que, desde el segmento externo, pasa al segmento interno y se transmite a la región

sináptica donde, mediada por un transmisor, la señal alcanza otras neuronas retinianas (bipolares y horizontales).

Los fotorreceptores son distintos al resto de receptores sensoriales pues no detectan impulsos nerviosos típicos; sin embargo, en los bastones y conos, al ser alcanzados por la luz, se establecen unas ciertas condiciones físico-químicas que van a desencadenar el impulso de otras células nerviosas. Donde si se detectan los impulsos nerviosos es en el nervio óptico, por fibras nerviosas de las células ganglionares. Sin lugar a equivocarnos, la fotoquímica de la visión es el mecanismo más complicado y preciso de los sentidos. Este complejo mecanismo lo estudiamos en tres apartados: ciclo del pigmento visual, generación del potencial receptor y adaptación a la luz y oscuridad.

### *Limites del efecto visible.*

**Las únicas radiaciones visibles son aquellas cuya longitud va desde  $\lambda = 400 \text{ nm}$  (violeta) hasta  $\lambda = 700 \text{ nm}$  (rojo).** Ahora bien, el no ver el ultravioleta ni el infrarrojo, ¿es debido a que la retina es insensible a estas radiaciones o a que éstas son absorbidas por el ojo medio (córnea, cristalino, humos acuoso y vítreo)?

### *Acción del ultravioleta en el ojo.*

Bajo la acción de la ultravioleta, el cristalino se hace fluorescente y emite una radiación continua que llega hasta los 600 nm, pero esta fluorescencia en el cristalino no produce más que la visión de un velo luminoso.

A esta misma fluorescencia se atribuye la luminosidad percibida en la oscuridad cuando tenemos cerca del ojo una fuente radioactiva emitiendo. El **limite inferior del ultravioleta visible** para el ojo puede fijarse en unos **310 nm**, y **en cuanto al color con el que son vistos es el gris lavanda.**

### *Acción del infrarrojo en el ojo.*

El ojo humano pudiera percibir la acción del infrarrojo pero debido a los pigmentos que existen en la retina, estos son los causantes de que no veamos el infrarrojo, surgiendo la duda de que ocurrirá en los animales cuyos ojos poseen otros pigmentos distintos de los nuestros.

Diferentes estudios en los diámetros pupilares, deducen que los que más perciben el infrarrojo son los búhos, después de los halcones y, por último, cierto pájaros. Estas radiaciones sirven más que para ver, distinguir detalles, para orientarse y en este aspecto tienen gran utilidad la sensibilidad a estas radiaciones por su gran poder de penetración a través de la niebla.

### **Efectos nocivos del ultravioleta e infrarrojo en el ojo humano.**

Para resumir los efectos perjudiciales que estas radiaciones pueden producir nos limitaremos a reproducir una parte del trabajo del Dr. Aguirre aparecido en el Boletín de Seguridad e Higiene del trabajo del año 1944.

Las radiaciones ultravioletas de mayor longitud de onda no son nocivas para la visión, las radiaciones de más de 314 nm no provocan trastornos. Las ultravioletas de menor longitud de onda se encuentran en la luz solar en grandes alturas, por ejemplo en la de la lámpara de arco y en la de vapor de mercurio y así se explica la de la fotoftalmia de las alturas y de la industrial.

Estas oftalmias, producidas por los ultravioletas de menor longitud de onda, son esencialmente queratitis con participación conjuntival. Irradiaciones muy intensas y prolongadas provocan en la córnea además, necrosis del parénquima y descamación del endotelio. Al mismo tiempo el humor acuoso aparece lleno de exudados con una gran turbidez.

El iris se presenta con un aspecto congestivo, los vasos muy dilatados, producen pequeñas hemorragias, granos de pigmento salpican la cristaloides interior.

En el cristalino la hinchazón de la cápsula en el área pupilar, dieciséis a treinta horas después de la radiación, mientras que el epitelio subcapsular prolifera activamente.

En la retina es muy difícil la producción de lesiones, ya que está protegido por ese filtro natural que es el cristalino. En el ojo afáquico es más fácil la producción de estas lesiones, por la acción repetida de los ultravioletas, y seguramente esta es una de las causas de la retinitis macular senil.

Las radiaciones infrarrojas de gran longitud de onda no son penetrantes y únicamente a grandes intensidades pueden resultar peligrosas para el órgano visual. Las lesiones que producen son siempre superficiales y limitadas a córnea y conjuntiva. Estas que efectivamente podemos llamar quemaduras, también se producen por infrarrojos de menor longitud de onda. Los infrarrojos de una longitud de onda menor a 1600 nm son nocivos y presentan lesiones superficiales, además de coagulaciones, edemas y vasodilatación. En la córnea producen opacidades.

El iris reacciona con fuertes congestiones y hemorragias, más tarde a estos fenómenos suceden la despigmentación y la atrofia.

En el cristalino, que es el tejido ocular de mayor absorción de estas radiaciones aparecen ligeras exfoliaciones de las laminillas zonulares de los cristaloides y coagulación de las proteínas cristalinas que evolucionan con mucha rapidez a la opacificación.

La retina recibe solo una pequeña porción de radiaciones incidentes, pero si la intensidad de ésta es suficiente, se pueden producir verdaderas quemaduras con necrosis. La energía calórica absorbida por el epitelio pigmentario lesiona los conos y bastones y más tarde la coroides.

### **Importancia de la luz en el ojo humano.**

Tanto para los telescopios como para el ojo, la sensibilidad depende en gran medida del área dedicada a la captación de la luz, en un caso el diámetro de espejo y en el otro la apertura de la pupila. Mientras que los espejos astronómicos tienen diámetros de varios metros, la apertura de la pupila varía entre dos y ocho milímetros, dependiendo del nivel de iluminación. A niveles más bajos de luz, mayor es la apertura de la pupila. En términos generales, el área de la pupila es un millón de veces menor y por tanto sobre él incide un millón de veces menos luz.

**El ojo es un "instrumento" notable por su versatilidad, capaz de funcionar en condiciones de muy alta o muy baja iluminación. El ojo puede trabajar en una noche clara sin Luna, donde el nivel de iluminación es un millón de veces mas baja que durante un día soleado. Cuando en la noche salimos de una habitación iluminada, tenemos que esperar unos diez minutos para adaptarnos a la oscuridad y adquirir el estado de visión "fotópica" (traduciendo directamente el término en inglés, "photopic"). Si uno permanece otra media hora en la oscuridad se alcanza un nivel de sensibilidad aun mayor, denominado visión "escotópica" (en inglés "scotopic"). La visión fotópica requiere de por lo menos 10 a 15 fotones para que el ojo detecte la fuente luminosa. La visión escotópica requiere tan solo cinco fotones, y en ocasiones basta uno solo. Su eficiencia es comparable a la de los mejores detectores optoelectrónicos. Como curiosidad, la respuesta óptima de la visión fotópica se da para luz amarilla de 555 nanómetros, mientras que para visión escotópica es en luz un poco mas verde, de 507 nanómetros.**

El ojo tiene una respuesta rápida, necesaria para la supervivencia del hombre en la Tierra, pero desventajosa cuando se le compara con instrumentos electrónicos. El tiempo necesario para formar una imagen es de aproximadamente una décima de segundo. En experimentos de laboratorio individuos logran distinguir separadamente flashes emitidos por una misma fuente de luz con veinte milisegundos de diferencia.

## **II. Definición de la luz.**

**La Comisión Internacional de la Iluminación (CIE), define la luz como: “La energía radiante que es capaz de excitar la retina del ojo humano y producir una sensación visual”.**

Por tanto, de esta definición se deduce que aquellas radiaciones que no exciten la retina del ojo humano, no se pueden considerar luz, y por tanto resulta del todo incorrecto realizar expresiones tales como “luz ultravioleta” y “luz infrarroja”, cuando lo correcto es decir “radiación ultravioleta y radiación infrarroja”.

**Esto permite considerar que, para que en un lugar cualquiera se pueda decir que existe luz, es necesario la presencia de la retina del ojo humano.**

### III. Definición de la Iluminación.

**La Comisión Internacional de la Iluminación (CIE) define la iluminación** como: “La emisión o transporte de energía en forma de ondas electromagnéticas con los fotones asociados.

De esta forma, cualquier proceso de producción de radiación es una transformación de una de las formas de energía en energía radiante.

Como ejemplo de lo expuesto puede ser:

1. Si la energía radiante es el calor, se obtiene una radiación térmica.
2. Si la energía la suministra una radiación química se obtiene la quimiluminiscencia.
3. Si el proceso lo provoca la energía eléctrica, se dice que esto es una electroluminiscencia.

En todos los ejemplos se cumple el principio de la conservación de la energía.

Por lo tanto, las dos características que definen la radiación son:

$C$  = velocidad de propagación.

$\lambda$  = longitud de onda.

La velocidad de propagación en el vacío, es la misma para todas las radiaciones, siendo por lo tanto, una constante cuyo valor es:

$$C = 299.792.458 \text{ m/s} \quad \text{o comúnmente} \quad c = 300.000 \text{ km/s}$$

Si la radiación pasa del vacío a otro medio distinto, su velocidad de propagación cambia, manteniéndose constante su frecuencia.

Al cociente entre la velocidad de propagación en el vacío y la velocidad de propagación en un medio cualquiera recibe el nombre **índice de refracción (n)** del medio considerado.



$$N = c / v$$

V = velocidad de propagación del medio considerado.

Este índice siempre es superior a la unidad para el agua, vidrio y aire:

$$N(\text{agua}) = 1.33$$

$$N(\text{vidrio}) = 1.4 \text{ a } 1.7$$

$$N(\text{aire}) = 1.00027 \text{ a } 1.00029$$

La longitud de onda, es la distancia entre dos ondas consecutivas, y suele expresar siempre referida al vacío. Si se quiere determinar la longitud de onda de un medio cualquiera, ésta será igual a la del vacío, dividida por el índice de refracción del medio considerado.

$$\lambda_m = \lambda_v / N$$

donde:

$\lambda_m$  = longitud de onda medio

$\lambda_v$  = longitud de onda vacío

#### **IV. Teoría Ondulatoria de Huygens.**

Según la teoría Ondulatoria de Huygens (1629-1695), las radiaciones electromagnéticas se clasifican, bien por su longitud de onda en el vacío, o por su frecuencia. A esta ordenación se le conoce con el nombre de espectro de la radiación electromagnética.

El conocimiento y estudio de los diferentes espectros de emisión de las diversas fuentes de luz que existen, permiten conocer:

- El color de la luz emitida
- La temperatura de color

Al cociente entre la velocidad de propagación en el vacío y la velocidad de propagación en un medio cualquiera recibe el nombre **índice de refracción (n)** del medio considerado.

$$N = c / v$$

V = velocidad de propagación del medio considerado.

Este índice siempre es superior a la unidad para el agua, vidrio y aire:

$$N(\text{agua}) = 1.33$$

$$N(\text{vidrio}) = 1.4 \text{ a } 1.7$$

$$N(\text{aire}) = 1.00027 \text{ a } 1.00029$$

La longitud de onda, es la distancia entre dos ondas consecutivas, y suele expresarse siempre referida al vacío. Si se quiere determinar la longitud de onda de un medio cualquiera, ésta será igual a la del vacío, dividida por el índice de refracción del medio considerado.

$$\lambda_m = \lambda_v / N$$

donde:

$\lambda_m$  = longitud de onda medio

$\lambda_v$  = longitud de onda vacío

#### **IV. Teoría Ondulatoria de Huygens.**

Según la teoría Ondulatoria de Huygens (1629-1695), las radiaciones electromagnéticas se clasifican, bien por su longitud de onda en el vacío, o por su frecuencia. A esta ordenación se le conoce con el nombre de espectro de la radiación electromagnética.

El conocimiento y estudio de los diferentes espectros de emisión de las diversas fuentes de luz que existen, permiten conocer:

- El color de la luz emitida
- La temperatura de color
- El rendimiento en color

Los tres tipos de espectros de emisión de las lámparas más utilizadas son:

- Espectro continuo
- Espectro de líneas
- Espectro mixto

### ***Espectro continuo.***

Es aquél, en que la distribución espectral de la radiación, es función continua de la longitud de onda, como es el caso de las lámparas de incandescencia.

### ***Espectro de líneas.***

Está formado por un conjunto de radiaciones monocromáticas de longitudes de onda que se encuentran separadas por zonas en las cuales no hay ninguna emisión.

Este tipo de espectro se presenta en las lámparas de vapor de mercurio y las lámparas de halogenuros metálicos.

### ***Espectro Mixto.***

Como su nombre indica. Están formados a la vez por un espectro de líneas, superpuesto a uno continuo. Las lámparas fluorescentes son las que presentan este tipo de espectro.

Considerando que el ojo humano no tiene la misma respuesta para las distintas radiaciones del espectro electromagnético, se hace necesario disponer de una función, que permita evaluar una radiación compleja. Esta función está formada por dos factores, una función relativa y una constante.

La función relativa se conoce con el nombre de eficiencia luminosa espectral y se designa por  $V(\lambda)$  para el caso de visión fotópica (niveles de emergencia altos).

La constante ( $K_m$ ) se denomina **eficacia luminosa espectral máxima**, y es igual al cociente del flujo luminoso por el flujo radiante correspondiente, y su valor es **683 lm · W** que produce una radiación monocromática de una frecuencia de  $540 \times 10^6$  Hz y longitud de onda 555 nm.

### *Flujo radiante.*

Se define como la potencia emitida, transportada o recibida en forma de radiación. Su símbolo es  $\Phi$  y la unidad es el Watt (W).

### *Flujo luminoso.*

Se define como una magnitud que deriva del flujo radiante, al evaluar su acción sobre el observador, su unidad es el **lúmen** (lm) y se define como:

**“El flujo luminoso emitido en un ángulo sólido de un esterradian por una fuente puntual, que está situada en el vértice del ángulo sólido, y tiene una intensidad luminosa de una candela”.**

La cantidad de luz es la integral en función del tiempo del flujo luminoso, durante una duración dada de tiempo su unidad es el lumen / segundo.

### *Rendimiento Luminoso.*

El rendimiento luminoso, conocido también como eficacia luminosa, indica el flujo emitido por una fuente de luz por unidad de potencia eléctrica consumida, su unidad es el lumen / watts.

### *Rendimientos luminosos de algunas lámparas.*

TIPO DE LAMPARA	POTENCIA EN (WATTS)	RENDIMIENTO $L_m / W$
INCANDESCENCIA DE 40 W	40	11
FLUORESCENCIA DE 35 W	36	80
MERCURIO ALTA PRESION	400	58
HALOGENUROS METALICOS	400	78
SODIO ALTA PRESION	400	120
SODIO DE BAJA PRESION	180	175

En resumen todo proyecto de luminotécnica es preciso conocer y manejar correctamente las cinco magnitudes siguientes:

- Flujo luminoso = lumen
- Intensidad luminosa = Candela
- Iluminancia = cd.  $m^2$
- Rendimiento Luminoso  $lm / w$

**Se concluye que el ojo humano solo es capaz de apreciar luminancias, es decir, la luz reflejada por una superficie o la emisión por una fuente externa.**

## **V. Transmisión de la luz.**

Dependiendo de la constitución de los cuerpos, se distinguen los siguientes tipos de transmisión:

### ***Transmisión dirigida.***

Se produce en los cuerpos transparentes, como el vidrio claro.

### ***Transmisión difusa.***

En el caso de cuerpos translúcidos muy densos, como el vidrio opal, evita el deslumbramiento por ser todos los rayos refractados de la misma intensidad.

TIPO DE LAMPARA	POTENCIA EN (WATTS)	RENDIMIENTO Lm / W
INCANDESCENCIA DE 40 W	40	11
FLUORESCENCIA DE 35 W	36	80
MERCURIO ALTA PRESION	400	58
HALOGENUROS METALICOS	400	78
SODIO ALTA PRESION	400	120
SODIO DE BAJA PRESION	180	175

En resumen todo proyecto de luminotécnica es preciso conocer y manejar correctamente las cinco magnitudes siguientes:

- Flujo luminoso = lumen
- Intensidad luminosa = Candela
- Iluminancia = cd. m<sup>2</sup>
- Rendimiento Luminoso lm / w

**Se concluye que el ojo humano solo es capaz de apreciar luminancias, es decir, la luz reflejada por una superficie o la emisión por una fuente externa.**

## V. Transmisión de la luz.

Dependiendo de la constitución de los cuerpos, se distinguen los siguientes tipos de transmisión:

### *Transmisión dirigida.*

Se produce en los cuerpos transparentes, como el vidrio claro.

### *Transmisión difusa.*

En el caso de cuerpos translúcidos muy densos, como el vidrio opal, evita el deslumbramiento por ser todos los rayos refractados de la misma intensidad.

***Transmisión semidirigida.***

Tiene lugar en los cuerpos menos transparentes, como es el caso del vidrio mateado.

***Transmisión semidifusa.***

Se produce en los cuerpos translúcidos menos densos como es el caso del vidrio ligeramente opalizado.

***Reflexión.***

Es el proceso por el cual, la radiación es devuelta por una superficie o por un medio sin cambiar la frecuencia de sus componentes monocromáticos

**VI. Tipos de reflexión.**

***Reflexión regular o especular.***

Este tipo de reflexión obedece a las dos leyes de la óptica geométrica.

La primera indica que el ángulo de incidencia es igual al de reflexión. La segunda ley establece que, tanto el rayo incidente como la normal y el rayo reflejado, están en un mismo plano. Este tipo de reflexión se produce en superficies brillantes, o muy pulidas como espejos, vidrio negro, metales etc.

***Reflexión difusa.***

En ésta reflexión se produce difusión de la radiación, por lo que a un rayo incidente le corresponden infinitos rayos reflejados en múltiples direcciones. La reflexión difusa se produce en superficies mates o rugosas, como papel, yeso, tela, pintura, etc.

***Reflexión mixta.***

Es la que se comporta como parcialmente especular y parcialmente difusa. La mayoría de las superficies presentan este tipo de reflexión y generalmente, se da en aquellas superficies rugosas y brillantes, o blancas y esmaltadas.

**Absorción.**

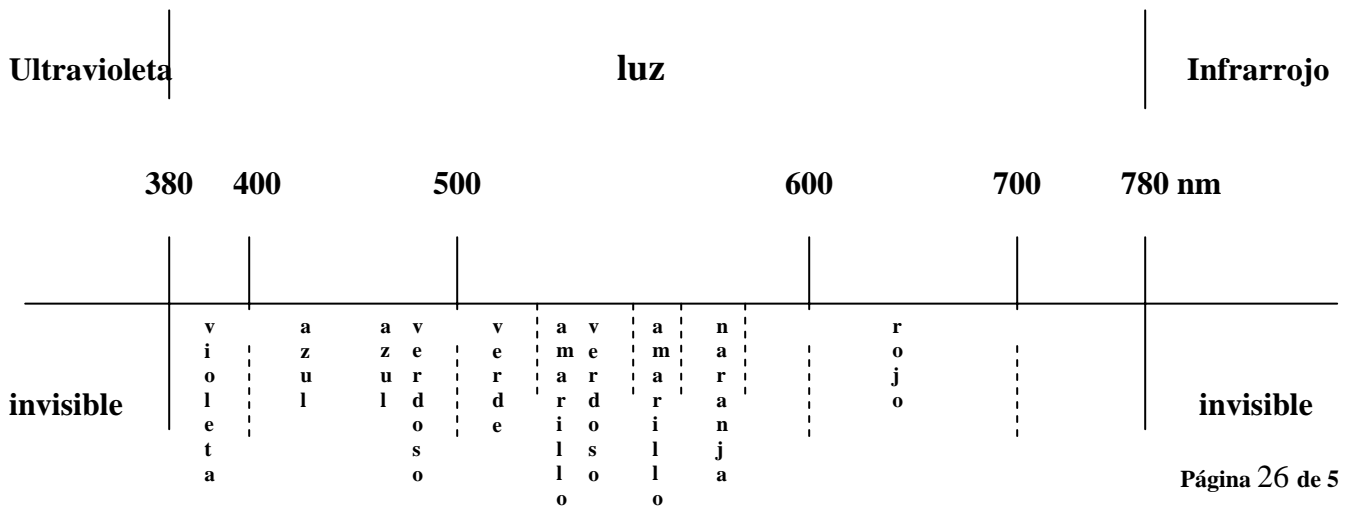
Según el principio de conservación de la energía, la suma de la reflexión, transmisión y absorción de un medio cualquiera, debe ser igual a la unidad. Los cuerpos opacos no transmiten nada de radiación.

**Brillo.**

Es el modo de apariencia en el cual los reflejos luminosos de objetos se perciben como superpuestos a la superficie, aquellas superficies muy pulidas presentan mucho brillo. El elemento a utilizar para medir el brillo, es un vidrio negro perfectamente pulido.

**Color.**

En los proyectos e instalaciones de alumbrado, la luz es la gran protagonista, sin olvidarnos que la luz presenta colores y son éstos los que ven nuestros ojos, a fin de que podamos evaluar la calidad del sistema de alumbrado. **Los estímulos que la luz produce en la retina, origina unas reacciones en el sistema nervioso, las cuales se transmiten al cerebro, a través del nervio óptico, dando lugar a un conjunto de sensaciones cromáticas (colores), lo que permite afirmar que el color es una interpresentación psicológica del espectro electromagnético visible.**





### *Diferentes colores del espectro visible.*

Los cuerpos poseen determinadas propiedades de reflejar transmitir o absorber los colores de la luz que incide sobre ellos. Por lo tanto, cuando decimos que un cuerpo presenta un color determinado, es falso, ya que el color, como tal, no existe ni se produce en ellos.

La impresión de color que nos da un cuerpo, depende de la composición espectral de la luz que recibe y de las propiedades de reflexión, absorción y transmisión que posea.

De esta forma si un cuerpo tiene la propiedad de reflejar todos los colores comprendidos en el espectro visible y se ilumina con la luz blanca, éste aparece de color blanco.

Igualmente si se ilumina con luz monocromática, éste reflejará dicho color, por lo que se verá de color amarillo.

Por el contrario si en vez de poseer la propiedad de reflejar todos los colores, posee la de absorberlos. El cuerpo en este caso aparecerá de color negro, se ilumine con la luz que sea.

### *Temperatura de color.*

La temperatura de color cumple con la conocida ley de Planck de la radiación térmica, que establece que la radiación emitida es función de la temperatura absoluta y de la longitud de onda.

La temperatura del color se expresa en Kelvin sin anteponer la palabra grados. Las lámparas de incandescencia con filamento de wolframio emiten casi igual que un radiador completo, con una pequeña diferencia de 50 k más alta que la temperatura del radiador.

Concluimos que la temperatura del color es la apariencia de la fuente respecto a un patrón.

### ***Rendimiento en color.***

En todos los catálogos de fabricantes de lámparas, se encuentra la frase de rendimiento en color, cuyo significado es importante conocerlo para un buen aprovechamiento de los sistemas de alumbrado. Se sabe que el color de algo cambia se se cambia la fuente de luz que lo ilumina, de tal forma que si el cambio de color es pequeño, se dice que la segunda fuente tiene un buen Índice de Rendimiento en Color (IDC), y por el contrario si el cambio es grande, el índice de rendimiento en color es grande.

Para poder distinguir entre el índice bueno o malo, la C.I.E. asignó el número 100 a índice bueno y 0 a índice muy malo.

## **VII. Procesos productores de la luz.**

La luz siempre se produce por una transformación de algún tipo de energía radiante, mediante un proceso que recibe distintos nombres según cual sea la energía inicial.

### ***Piroluminiscencia.***

La piroluminiscencia es la obtención de la luz mediante la combustión de un material, generalmente un compuesto de carbono en el aire atmosférico.

Como ejemplos se pueden citar la antorcha, el candil de aceite o grasa animal ; el quinqué si el material es petróleo y la luz producida por gas, si lo que se quema es gas natural o petróleo.

### ***Incandescencia.***

En el proceso de la incandescencia la luz se obtiene por agitación térmica de los átomos del material con que está hecho el filamento. Los componentes principales de una lámpara de incandescencia son el filamento, el pie para soportarlo, la ampolla y el casquillo para conectarlo a la red eléctrica.

### ***Rendimiento en color.***

En todos los catálogos de fabricantes de lámparas, se encuentra la frase de rendimiento en color, cuyo significado es importante conocerlo para un buen aprovechamiento de los sistemas de alumbrado. Se sabe que el color de algo cambia se se cambia la fuente de luz que lo ilumina, de tal forma que si el cambio de color es pequeño, se dice que la segunda fuente tiene un buen Índice de Rendimiento en Color (IDC), y por el contrario si el cambio es grande, el índice de rendimiento en color es grande.

Para poder distinguir entre el índice bueno o malo, la C.I.E. asignó el número 100 a índice bueno y 0 a índice muy malo.

## **VII. Procesos productores de la luz.**

La luz siempre se produce por una transformación de algún tipo de energía radiante, mediante un proceso que recibe distintos nombres según cual sea la energía inicial.

### ***Piroluminiscencia.***

La piroluminiscencia es la obtención de la luz mediante la combustión de un material, generalmente un compuesto de carbono en el aire atmosférico.

Como ejemplos se pueden citar la antorcha, el candil de aceite o grasa animal ; el quinqué si el material es petróleo y la luz producida por gas, si lo que se quema es gas natural o petróleo.

### ***Incandescencia.***

En el proceso de la incandescencia la luz se obtiene por agitación térmica de los átomos del material con que está hecho el filamento. Los componentes principales de una lámpara de incandescencia son el filamento, el pie para soportarlo, la ampolla y el casquillo para conectarlo a la red eléctrica.

Los filamentos se hacen enrollados en espiral sencilla o en doble espiral. La doble espiral tiene la ventaja de que aumenta la temperatura del filamento y por tanto la eficacia, pero tiene el inconveniente que al fundirse se puede producir un arco con la correspondiente sobrecarga y corto-circuito en la instalación eléctrica. Para evitar esto se montan unos fusibles de protección en los conductores que van dentro del pie.

Respecto al gas de llenado de la ampolla, lo más corriente es utilizar una mezcla de argón (90%) y de nitrógeno 10%.

El papel que juega el gas de llenado es evitar la vaporización del filamento al aumentar la presión inferior y simultáneamente evitar que el wolframio vaporizado se deposite sobre la pared interna de la ampolla gracias a las corrientes de convección dentro de ésta. Como el gas de llenado aumenta la transmisión de calor entre el filamento y las paredes de la ampolla es necesario recurrir a la doble espiral en el filamento para reducir las pérdidas por convección.

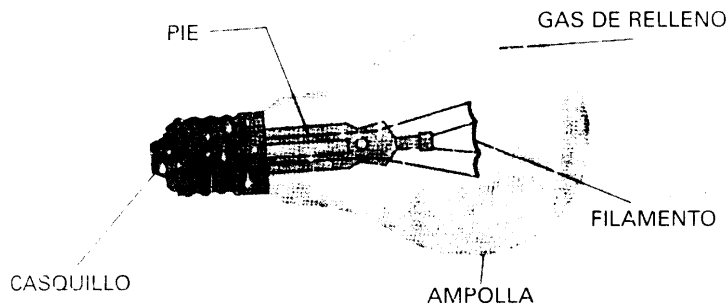


Figura 6.22. Lámpara de incandescencia.

Entre las lámparas de incandescencia, se han desarrollado en los últimos años, aquellas que llevan un reflector incorporado en la propia ampolla denominadas PAR (Parabolic Aluminized Reflector). Se fabrican de dos tipos: con haz concentrado (15%) y con haz extenso (35° a 80°).

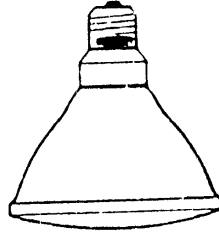


Figura G.24. Lámpara par.

### *Incandescencia con halógenos.*

Como es sabido los halógenos son elementos químicos muy activos, que normalmente actúan como monovalentes aunque también hay combinaciones de mayor valencia. Con el wolframio se forma un halogenuro de wolframio que a baja temperatura es estable pero cuando la temperatura aumenta se disocia dejando libres los dos iones.

En las lámparas de incandescencia con halógenos se introduce un halógeno (generalmente yodo o bromo) en la ampolla con los gases nobles. Durante el funcionamiento de la lámpara los átomos del wolframio que se desprenden del filamento caliente reaccionan con los átomos del halógeno para formar el halogenuro. Este halogenuro es movido por las corrientes de convección no depositándose en la pared interna de la ampolla, y al acercarse al filamento, la molécula de halogenuro se disocia en halógeno y en el wolframio metálico, el cual se deposita sobre el propio filamento, mientras que el halógeno queda libre para repetir el proceso.

Gracias a este ciclo del halógeno se evita que se ennegrezca la ampolla y simultáneamente se va regenerando el filamento. La vida de una lámpara de incandescencia estándar es de 1,000 horas, mientras que la vida de una lámpara de incandescencia halógena llega a 2,000 horas y algunas a 4,000 horas.

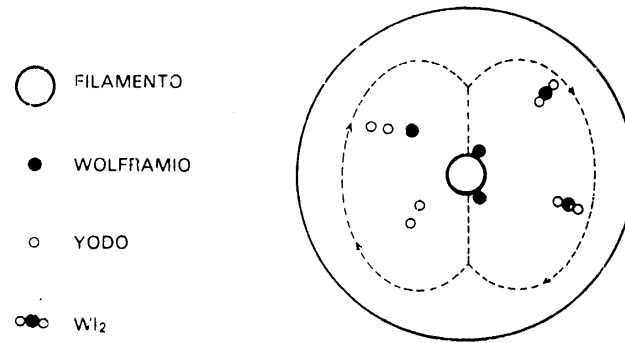


Figura 6.26. Ciclo de halógeno.

Para conseguir que el ciclo del halógeno funcione correctamente es necesario que la ampolla sea de menores dimensiones y de un material que soporte altas temperaturas, por lo que se hace de cuarzo. Gracias a estos condicionantes se ha logrado miniaturizar las ampollas, aumentar la eficacia, hasta 25 o 30 lm / w, aumentar la temperatura de color (3,300 K) y alargar la vida 2,000 horas.

En los últimos años, las lámparas de incandescencia con halógenos funcionando a baja tensión han revolucionado el mercado. Entre ellas se encuentran las denominadas H1, H2, H3 y H4 para el alumbrado del automóvil, para tensiones de 12 o 24 V.

Prácticamente, en la actualidad todos los proyectores de cine de película estrecha y las diapositivas van equipados con lámparas de halógeno de baja tensión.

Algunas lámparas de reflector incorporado, y tipo PAR llevan en lugar de filamento una pequeña ampolla con una lámpara de halógeno. Por ejemplo un PAR de 90 W con halógenos es equivalente a un PAR de 150 W convencional, alcanzándose una vida de la lámpara de 3,500 horas.

Para alumbrados especiales se han construido lámparas de incandescencia con halógeno que lleva un reflector selectivo de forma parabólica con facetas. Este reflector deja pasar la radiación infrarrojo y sólo refleja la radiación visible para el ojo humano, con lo cual se evita que se deterioren los artículos expuestos.

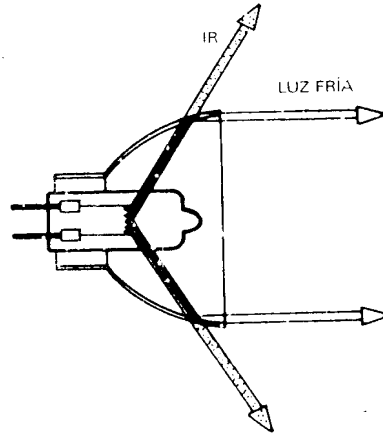


Figura 6.28. Reflector de luz fría.

Las lámparas de incandescencia con halógenos con reflector parabólico, están desplazando a las lámparas PAR en muchas aplicaciones, fundamentalmente debido a su reducido tamaño. En general, los reflectores tienen un diámetro de 50 mm, aunque hay ya lámparas de 35 mm de diámetro.

### *Electroluminiscencia.*

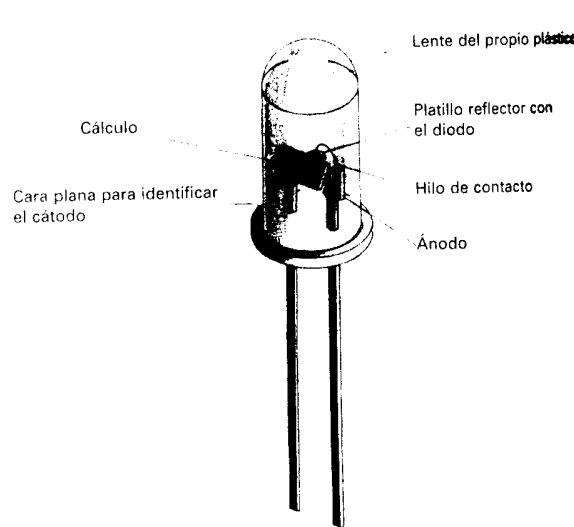
Diodos emisores de luz. Los diodos emisores de luz también conocidos como LED (Light Emitting Diodes) se produce la luz por electroluminiscencia cuando se aplica la tensión apropiada en corriente continua a un cristal que está formada por la unión P-N

Cuando en un cristal de un semiconductor, por ejemplo el silicio que tiene valencia 4, se introduce una impureza de un elemento pentavalente, quedando electrones libres y el cristal se vuelve conductor. A éste cristal que tiene exceso de cargas negativas se le llama n. Por el contrario, si la impureza es un elemento trivalente (Al, Bo, In) entonces hay un defecto de electrones y se dice que el cristal es rico en huecos o cargas positivas, denominándose cristal tipo p.

Cuando se aplica una tensión de modo que el material tipo n sea negativo y el tipo p sea positivo, los electrones y los huecos se ven forzados a encontrarse en la superficie de unión, en donde al combinarse producen fotones luminosos.

En los diodos emisores de luz se utilizan cristales más complejos que los descritos anteriormente. Por ejemplo para obtener luz amarilla se emplea la unión fosfoarseniuro de galio con fosfuro de galio; para los diodos de luz verde es un cristal de fosfuro de galio n con ligera diferencia en sus componentes.

Generalmente los diodos emisores de luz funcionan a tensiones que van desde 3 a 12 voltios en corriente continua y necesitan una resistencia para limitar la corriente que pasa por ellos.



### ***LASER.***

Cuando un átomo pasa del estado excitado al estado normal emite al azar un fotón. Esta forma de emisión se denomina espontánea. Einstein demostró en 1917 que si un fotón choca con un átomo excitado entonces hay una emisión estimulada, que se caracteriza porque el fotón emitido tiene la misma dirección que el incidente y su fase es la misma que la de la onda asociada al fotón incidente.

El láser es un dispositivo en el que se logra intensificar un haz luminoso, mediante la emisión estimulada de radiación. La palabra LASER se ha formado tomando las iniciales de la frase inglesa Light Amplification by stimulated of radiation.

Desde el punto de vista óptico, la luz del láser tiene las características siguientes: muy alta intensidad, muy monocromática, perfectamente colimada y altamente coherente. La coherencia consiste en que



todas las ondas están en fase respecto al tiempo y al espacio, por eso la luz del láser produce todos los fenómenos de interferencia.

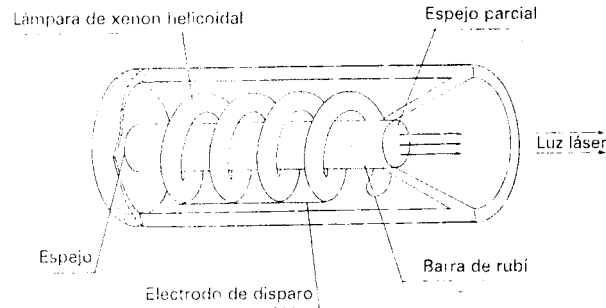


Figura 6.31. Láser de rubí.

Existen láseres de sólidos, por ejemplo los de rubí, que emiten una luz roja, de gases, por ejemplo de HeNe en que la luz roja, de Ar que da varias líneas espectrales, de  $CO_2$  con emisión en el rojo y en el infrarrojo.

### *Electroluminiscencia en gases.*

La materia se encuentra en la naturaleza, entendiéndose por naturaleza la superficie terrestre, en tres estados: sólido líquido y gaseoso. Si extendemos el concepto de naturaleza a todo el universo, entonces tenemos que añadir un cuarto estado de la materia que es el estado de plasma. El estado del plasma es parecido al estado gaseoso con la única diferencia de que en lugar de átomos, el plasma está formado por iones positivos y electrones.

El plasma es el estado en que se encuentra la materia cuando la temperatura es muy elevada. Por ejemplo. En el sol y en todas las estrellas, los elementos químicos se encuentran en estado de plasma. Cuando la temperatura llega a millones de grados de temperatura, se puede lograr el plasma perfecto en el que sólo existen núcleo de átomos y electrones.

En el interior de todas las lámparas de descarga, cuando están funcionando, el gas o vapor se encuentra en estado de plasma incompleto, pues además de iones quedan átomos.

Al estar el plasma constituido por iones positivos y electrones, funciona como un buen conductor de electricidad. La diferencia respecto a los metales es que al aumentar la intensidad de la corriente, debido a los choques, se forma cada vez más iones y electrones siendo cada vez mejor conductor.

Para estudiar las lámparas que se basan en la descarga a través del plasma, podemos considerar primero si el plasma está en contacto con la atmósfera (lámpara de arco) o si el plasma está encerrado en una ampolla. En este segundo caso se tiene en cuenta el elemento químico (mercurio, sodio o xenón) y también según sea la presión de vapor, baja o alta.

### ***Lámparas de vapor de mercurios a alta presión.***

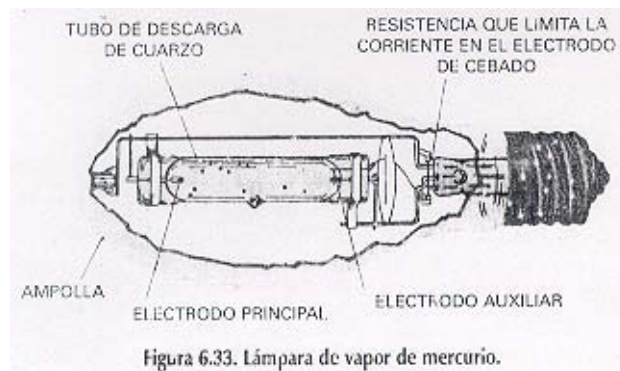
El elemento más esencial de estas lámparas es un pequeño tubo de cuarzo, generalmente llamado “quemador” , que lleva en ambos extremos sendas parejas de electrodos, ambos de wolframio. El electrodo principal en forma de espiral va impregnado de un material emisor de electrones y el auxiliar es un hilo de wolframio conectado a través de una resistencia de alto valor (25 K $\Omega$ ). Dentro del quemador hay unos miligramos de mercurio exactamente dosificados y gas argón para iniciar la descarga.

Cuando la lámpara está funcionando a régimen, el vapor de mercurio adquiere una alta presión (del orden de 5 atmósferas) y como consecuencia del espectro de emisión del mercurio cambia ligeramente, reduciéndose la intensidad de la línea de resonancia de 253.7 nm. Las líneas azules, verdes y amarillas siguen emitiéndose, dando a la luz de la lámpara un color verdoso.

El tubo de descarga alcanza temperaturas bastante altas (del orden de 750°C) por eso se hace de cuarzo y para protegerlo y aislarlo térmicamente se envuelve con una ampolla de vidrio de forma oval. La ampolla va llena de un gas inerte, para evitar la oxidación de los conductores y se recubre interiormente con un luminóforo que emite fundamentalmente en la zona roja del espectro.

Las lámparas de mercurio de color corregido tienen un periodo de arranque que dura unos 5 o 6 minutos, en el cual las características eléctricas varían mucho. Fundamentalmente la intensidad de la corriente sufre una subida inicial de hasta un 150% de su valor en régimen, lo cual es interesante conocer para el cálculo de las líneas de transmisión.

Cuando se apaga la lámpara es necesario dejarla enfriar cierto tiempo, para que la presión del vapor de mercurio descienda al valor aproximado para el encendido. Este inconveniente de no tener un reencendido inmediato es común a otros tipos de lámparas de descarga.



### *Lámpara de halógenuros metálicos.*

Estas lámparas son básicamente lámparas de vapor de mercurio a alta presión a las que se les han añadido otros metales en forma de ioduros, que modifican sensiblemente el espectro de emisión, mejorando la eficacia luminosa y el rendimiento en color. Inicialmente se añadían ioduros de sodio, indio y talio, a los que últimamente se han sumado halógenuros de torio, escandio, disprosio y estaño.

Como derivadas de las lámparas de mercurio de alta presión, su constitución es muy similar a éstas. El tubo de descarga es también de cuarzo, y dentro del tubo además del mercurio lleva los aditivos correspondientes, en forma de halógenuros. **El motivo de utilizar halógenuros, es porque estos compuestos se disocian al elevarse la temperatura y el propio halógeno se encarga de evitar que se depositen sobre las paredes del tubo de cuarzo los átomos de los metales añadidos que lo atacarían.**

La ampolla exterior es de vidrio duro y como los espectros de emisión son ricos en todas las radiaciones no es necesario que vaya recubierto de luminóforo. Generalmente las ampollas son de forma cilíndrica aunque también se construyen de forma ovoide, con un recubrimiento interior fotoluminiscente, para sustituir a las lámparas de mercurio convencionales en las luminarias de alumbrado vial.

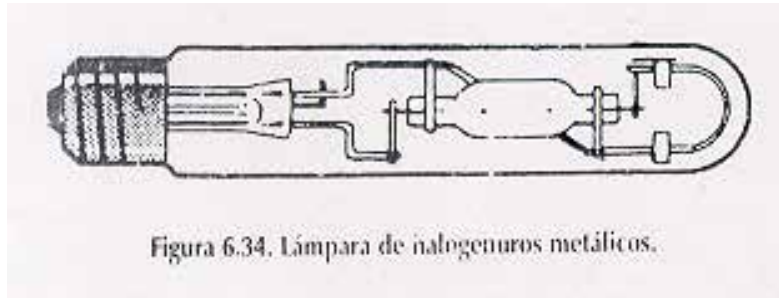


Figura 6.34. Lámpara de halógenos metálicos.

### ***Fotoluminiscencia.***

**Lámparas fluorescentes tubulares.** En 1937 se logró construir la primera lámpara fluorescente de luz blanca a base de dos wolframatos de calcio y un silicato de calcio.

En el desarrollo de las lámparas fluorescentes se pueden distinguir dos etapas: de 1940 a 1978, en que los únicos cambios fueron las sustancias luminiscentes empleadas; y de 1978 a 1984, en que hubo cambios de formas, diámetros y luminóforos.

Las lámparas fluorescentes normales están constituidas por un tubo de vidrio, antiguamente de 38 mm de diámetro y ahora de 26 mm. La longitud del tubo varía según la potencia aunque las longitudes más utilizadas son 590, 1,200 y 1,500 mm y que corresponden a 18.36 y 58 W de potencia. En ambos extremos del tubo están situados los electrodos constituidos por una doble espiral de wolframio, impregnada de óxido emisor de electrones. El tubo está recubierto interiormente de un luminóforo en polvo y contiene argón a baja presión y una gota de mercurio puro. Los extremos de cada electrodo se conectan al exterior a dos clavijas y otros contactos según el modelo de casquillos.

El equipo eléctrico necesario para que funcione una lámpara fluorescente está formado por un cebador y un balastro. El cebador va montado en paralelo con la lámpara uniendo dos terminales de distinto extremo del tubo. A las otras dos terminales se conecta la corriente del balastro.

El funcionamiento durante el período de arranque es el siguiente. Al conectar la corriente en el cebador se produce un arco entre la laminilla y el electrodo que están en una atmósfera de neón. Esta descarga en el neón hace que se caliente la laminilla bimetálica, se deforme hasta tener contacto con electrodo y de esta manera se cierra el circuito. Al cerrarse el circuito se ponen incandescentes los filamentos de los electrodos de la lámpara y se forma a su alrededor una nube de iones de Ar y Hg. Como el arco de neón del cebador se ha apagado, la lamina se enfría y se abre el circuito. El balastro actúa como reactancia limitadora de la corriente en el circuito.

La sustancia luminiscente que recubre el interior del tubo se excita con la radiación de 253,7 nm y emite luz en otras zonas del espectro visible.

Posiblemente en el desarrollo de las lámparas fluorescentes puedan señalarse como más importantes dos fechas.

En 1948, se descubrieron los halofosfatos que no eran nocivos para la salud y que permitieron construir las llamadas lámparas de lujo con un alto rendimiento IRC = 85, aunque su eficacia era algo inferior (45 lm/ W) a la de las lámparas estándar (60 lm / W).

En 1973, con el desarrollo de los aluminatos de magnesio activados con tierras raras, que tiene una mayor resistencia a la radiación de 185 nm, que han permitido reducir el diámetro de los tubos. Aunque los aluminatos son más caros que los antiguos luminóforos, el cambio de diámetro ha reducido la superficie en un factor de 4, con lo cual se ha compensado la diferencia de precios. También es interesante notar que el flujo luminoso de las lámparas fluorescentes dependen de la temperatura del exterior.

Para temperaturas por debajo de 0 °C el flujo luminoso puede llegar a ser el 10% del valor nominal. Por esto, no es recomendable el uso de las lámparas fluorescentes en lugares donde hay heladas. O recomendar protegerlas con tubos de plástico para su autocalentamiento.

Finalmente, otra característica muy importante es la influencia que tiene el número de encendidos en la vida. Si la vida media se determina para encendidos de tres horas, al pasar a un encendido cada 10 horas, la vida se prolonga un 40%, por el contrario, si se hacen encendidos muy cortos, la vida puede reducirse a la mitad o a la cuarta parte.

***Las ventajas de la alimentación a alta frecuencia son las siguientes:***

Se reduce la potencia consumida por la lámpara (por ejemplo de 58 W pasa a 55 W).

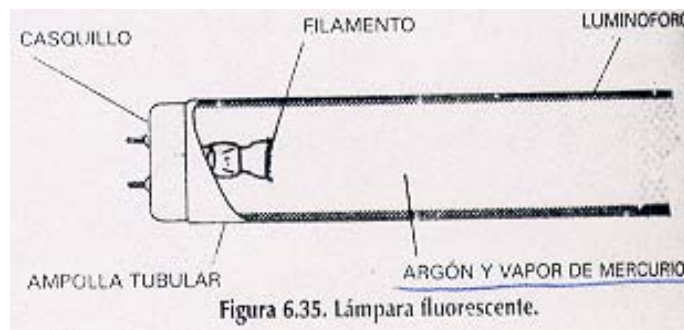
Aumenta el flujo luminoso ( de 5,400 lm se pasa a 6,000 lm, aumentó el 11%).

Se reducen las pérdidas en el balastro (de 12 W se baja a 7 W).

Se elimina totalmente el parpadeo.

Existe la posibilidad de reducir el flujo mediante un sencillo potenciómetro.

La vida de la lámpara no es afectada por el número de encendidos.



***Lámparas fluorescentes compactas.***

En estas lámparas se disminuye el diámetro interior del tubo, y así se aumenta la intensidad de la corriente y para ello hay que aumentar el peso y volumen del balastro, al aumentar la corriente, aumenta la eficacia pero se reduce la vida de los luminóforos. El voltaje de trabajo de la lámpara es proporcional a la longitud del tubo, pero la tensión entre electrodos debe ser inferior a la mitad de la tensión de la red para poder utilizar balastros inductivos pequeños. A esto hay que añadir la mayor estabilidad de silicatos de magnesio a las radiaciones ultravioletas.

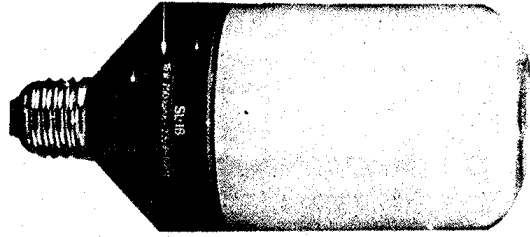


Figura 6.36. Lámparas fluorescentes compactas.

**Las lámparas fluorescentes compactas se pueden clasificar en dos modelos:**

**Las compactas cilíndricas.** Están formadas por un tubo de vidrio de 10 mm de diámetro interior doblado en forma de U por dos veces. El tubo el balastro y el cebador quedan encerrados en un cilindro de 72 mm de diámetro y una longitud que depende de la potencia. Se fabrican en potencias de 9, 13, 18 y 25 W y por su alta eficacia (del orden de 98 lm/w). Pueden reemplazar a las lámparas incandescentes de 4 veces su potencia. La ampolla exterior puede ser opalo prismatizada. Sus principales inconvenientes son: el peso, ya que el balastro incorporado pesa bastante, además cuando se funden hay que cambiar la lámpara con cebador y balastro, cosa que no sucede con las fluorescentes tubulares.

**Lámparas de tubos paralelos.** En éstas lámparas el balastro hay que montarlo en el circuito. El casquillo es conocido como G-23, con dos contactos metálicos y un receptáculo intermedio donde están alojados el cebador y el condensador. La presión del vapor de mercurio se regula gracias a los extremos de los tubos que quedan por encima de la unión en las lámparas de dos tubos o en las esquinas en las lámparas en U. Las potencias más usuales son 5, 7, 9, 11, 13 y 18 Watts y sus eficacias oscilan entre 40 y 50 lm/W.

***Lámparas de sodio de baja presión.***

Aunque las lámparas de sodio a baja presión son las que tienen mejor eficacia, su porvenir ha sido bastante incierto por la única razón de emitir una luz amarilla prácticamente monocromática, por lo que todos los colores se ven alterados y su rendimiento en color es casi nulo.

Aun así se sigue utilizando en el alumbrado de las autopistas y las carreteras en donde la identificación de los colores no es crítica y además como cada vehículo lleva su alumbrado de incandescencia las señales de tránsito pueden observarse.

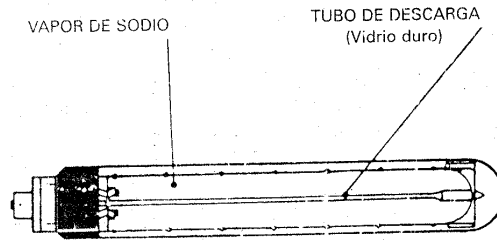


Figura 6.38. Lámpara de sodio de baja presión.

El tubo de descarga es un tubo de vidrio doblado en forma de U con un electrodo en cada uno de sus extremos. Cuando la lámpara está fría, puede verse en el interior del tubo unas gotas de sodio metálico pegadas a la pared.

El gas que se ocupa para iniciar la descarga es una mezcla de argón y neón. Para que la distribución del sodio sea más uniforme en el tubo, se hacen unos pequeños salientes en la lámpara para que se deposite el sodio no vaporizado y actúe como puntos fríos para regular la presión del vapor. Los electrodos son una doble espiral de wolframio bañada con óxidos de alta emisión de electrones.

Para que el tubo de descarga no pierda calor se encierra en una ampolla cilíndrica y se hace un vacío muy elevado. En el momento de conectar la lámpara se inicia la descarga a través del neón que contiene el tubo, dando una luz color rojizo típica de este gas. A medida que se va calentando se va evaporando el sodio y hay un cambio progresivo del color de la luz emitida, desde el rojo hacia el amarillo. Simultáneamente la intensidad luminosa va aumentando exponencialmente. En el período de calentamiento va variando del mismo modo que lo hace el color.

Un inconveniente que tiene las lámparas de sodio es que no pueden funcionar en todas las posiciones, Generalmente solo funcionan en posición horizontal o acercándose a ésta.



***Lámpara de sodio alta presión.***

Aunque la rama del sodio a baja presión se halla unido a la de sodio de baja presión, la realidad es que las lámparas de sodio de alta presión son una variante de las de mercurio de alta presión. Si se aumenta la presión del vapor dentro del tubo de descarga, inicialmente aparece una autoabsorción selectiva de las líneas emitidas, pero al aumentar mucho más la presión se produce un ensanchamiento, apareciendo una banda ancha y al mismo tiempo aparecen otras líneas. La consecuencia es que mejora notablemente el rendimiento en color hasta un 25.

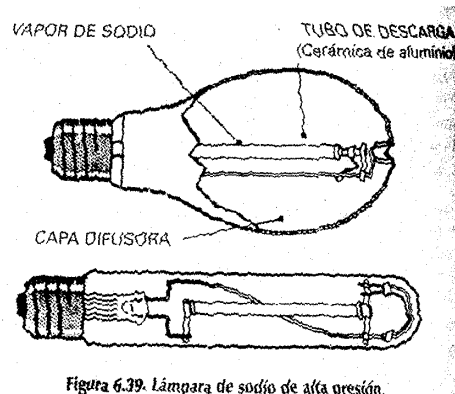


Figura 6.39. Lámpara de sodio de alta presión.

En el interior del tubo se encuentra sodio, mercurio y xenón. Este último sirve para iniciar la descarga aunque la temperatura exterior sea baja.

Se fabrican desde 30 a 1000 wats. Posiblemente el mayor logro de los últimos años haya sido conseguir lámparas de sodio de potencias bajas que permiten reemplazar a las lámparas de vapor de mercurio de mayor potencia, conservando el mismo nivel luminoso.

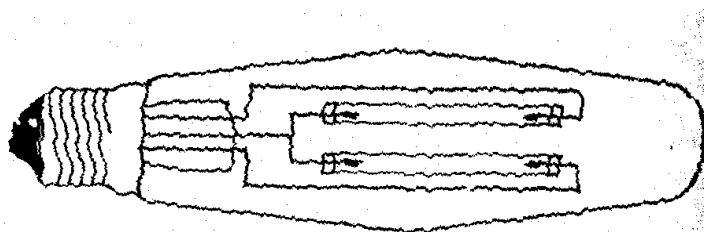


Figura 6.40. Lámpara de sodio de alta presión gemela.

Aumentando la presión del vapor de sodio, se ha conseguido aumentar el rendimiento en color hasta  $R_a = 65$  y la eficacia a  $100 \text{ lm/w}$  para una lámpara de  $250 \text{ W}$  con  $10,000$  horas de vida. Las lámparas de  $30, 50$  y  $75 \text{ W}$  han tenido mucha aceptación en el alumbrado de zonas peatonales, parques y jardines y alumbrados de seguridad.

También existe en el mercado una lámpara de sodio de “muy alta presión”, ya que al aumentar la presión se ha conseguido que la luz emitida tenga un color muy parecido a la luz de la lámpara incandescente. Son una serie de  $35 \text{ W}, 50\text{W}$  y  $100\text{W}$ , con eficacias luminosas entre  $40$  y  $50 \text{ lm/w}$ , temperatura de color correlacionada de  $2,500 \text{ K}$ , un índice del rendimiento en color de  $80$  y una vida media de  $5,000$  horas.

La distribución espectral relativa de la luz emitida por estas lámparas presenta una fuerte banda de absorción en la zona amarilla del espectro, pero debido a la emisión en las zonas azules y verdes, el color de la luz es blanco – anaranjado.

***Caraterísticas de las fuentes de luz.***

<b>TIPO</b>	<b>POTENCIA</b>	<b>FLUJO LUMINOSO</b>	<b>EFICACIAS.</b>
INCANDESCENCIA	1 – 2000	6 – 40000	8 – 20
INCANDESCENCIA CON HALOGENOS	3 – 10000	36 – 220000	18 – 22
FLUORESCENTES TUBULARES	4 – 215	1000 – 15500	40 – 93
FLUORESCENTES COMPACTAS	5 – 36	250 – 2000	50 – 82
VAPOR DE MERCURIO	50 – 2000	1800 – 125000	40 – 50
HALOGENUROS METALICOS	75 – 3500	5 – 300000	60- 95
SODIO ALTA PRESION	50 – 1000	3500 – 130000	66 – 130
SODIO BAJA PRESION	18 – 180	1800- 33000	100 – 183

Como puede observarse, a medida que aumenta la potencia de cualquier tipo de lámpara, la eficacia luminosa también aumenta, de ahí que sea más rentable utilizar una lámpara de una potencia cualquiera, que dos juntas, sumen la misma potencia. También se observa que el orden de eficacia de mayor a menor se da, primero sodio de baja presión, fluorescente, sodio de alta presión, halógenos metálicos, vapor de mercurio, halógenos e incandescencia.

#### *Vida útil.*

TIPO	VIDA UTIL (HORAS)	PERDIDA FLUJO	LUMINANCIA
INCANDESCENCIA	1000	20	CLARAS 2 X 10
INCANDESCENCIA CON HALOGENOS	2000	0	
FLUORESCENTES TUBULARES	12000 *	25	
FLUORESCENTES COMPACTAS	6000 *	25	
VAPOR DE MERCURIO	16000 *	30	
HALOGENUROS METALICOS	1000 – 6000 *	40	
SODIO ALTA PRESION	16000 *	40	
SODIO BAJA PRESION	10000 *	15	

La vida útil de las lámparas se debe a diferentes causas según el tipo, Por regla las de incandescencia mueren porque una zona del filamento se evapora más de prisa, En las de descarga, generalmente la causa de la “muerte” es la pérdida de sustancia emisores de electrones de los electrodos y la disminución de la presión del vapor metálico. **En todos los tipos de lámparas hay una pérdida paulatina del flujo por envejecimiento.**

#### *Datos Calorímetros.*

**La temperatura de color es un modo abreviado de indicar el color de la luz emitida;** lo que sucede es que sólo es rigurosa la expresión para las lámparas de incandescencia, pues para la descarga en gases hay que dar lo que se conoce como temperatura de color correlacionada.

<b>FUENTES DE LUZ</b>			
TIPO	COLOR	TEMPERATURA DE COLOR	IRC %
INCANDESCENCIA	BLANCO CÁLIDO	2600 - 2800	85
INCANDESCENCIA CON HALOGENOS	BLANCO	3000	98
FLUORESCENTES TUBULARES	DIFERENTES BLANCOS	2600 – 6500	50 – 97
FLUORESCENTES COMPACTAS	BLANCO CALIDO	2700	80
VAPOR DE MERCURIO	BLANCO	4000 – 4500	48 – 50
HALOGENUROS METALICOS	BLANCO FRIO	4800 – 6500	67 – 95
SODIO ALTA PRESION	BLANCO AMARILLENTO	2100	25
SODIO BAJA PRESION	AMARILLO MONOCROMATICO	1800	PRÁCTICAMENTE NULO

Es importante definir que el uso de estas lámparas son utilizadas en conjunto con otros accesorios. Por lo que tendremos que mencionar la **definición de Luminaria, de acuerdo con la CIE:**

**Luminaria: Aparatos que distribuyen, filtran o transforman la luz emitida por una o varias lámparas y que contienen todos los accesorios necesarios para fijarlos, protegerlas y conectarlas al circuito de alimentación.**

Condiciones que deben de cumplir las luminarias.

Las luminarias deben de cumplir las siguientes condiciones:

- Ser fáciles de montar, desmontar y limpiar.
- Asegurar una cómoda y fácil reposición de la lámpara, así como de los accesorios.

- ❑ Permitir que la lámpara funcione en condiciones apropiadas de temperatura, para lo cual debe asegurarse la necesidad de un aire acondicionado.
- ❑ Proteger a la lámpara de humedad y demás agentes atmosféricos.
- ❑ Proteger del polvo y efectos mecánicos.
- ❑ Proteger al portalámparas y sus conexiones eléctricas, con la lámpara y la red.
- ❑ Permitir un buen rendimiento de la potencia luminosa instalada.

### **VIII. Importancia de la Iluminación.**

Actualmente, en función de forma de vida, se exige la actividad del hombre durante horas en lugares en que la luz diurna es deficiente, o falta en absoluto. En consecuencia se hace necesario considerar el desarrollo del alumbrado artificial dentro de particulares exigencias de calidad, con el objeto de complementar adecuadamente la iluminación natural o reemplazarla totalmente en determinadas circunstancias.

Entre los aspectos más salientes, merece destacarse el nivel de iluminación, el adecuado balance de luminancias dentro del campo visual, la eliminación de fuentes primarias y secundarias de deslumbramiento, y la adecuada reproducción de colores.

En la actualidad éstos requerimientos cualitativos y cuantitativos pueden ser satisfechos con soluciones técnico-económicamente convenientes, como consecuencia de la alta tecnología alcanzada en el tema.

Un alumbrado eficaz, debe también acentuar las cualidades y carácter confortable de un ambiente, en particular, para oficinas e **industrias**, ya que en ellos, el hombre de trabajo intelectual o artesanal pasa más del 70% de su vida activa, en función de creatividad y productividad.

Las principales cualidades de un alumbrado, se pueden definir de la siguiente forma:

Adecuada intensidad de iluminación.

Conveniente distribución espacial de la luz que comprende la combinación de la luz general y la luz dirigida o funcional.

- ❑ Permitir que la lámpara funcione en condiciones apropiadas de temperatura, para lo cual debe asegurarse la necesidad de un aire acondicionado.
- ❑ Proteger a la lámpara de humedad y demás agentes atmosféricos.
- ❑ Proteger del polvo y efectos mecánicos.
- ❑ Proteger al portalámparas y sus conexiones eléctricas, con la lámpara y la red.
- ❑ Permitir un buen rendimiento de la potencia luminosa instalada.

### **VIII. Importancia de la Iluminación.**

Actualmente, en función de forma de vida, se exige la actividad del hombre durante horas en lugares en que la luz diurna es deficiente, o falta en absoluto. En consecuencia se hace necesario considerar el desarrollo del alumbrado artificial dentro de particulares exigencias de calidad, con el objeto de complementar adecuadamente la iluminación natural o reemplazarla totalmente en determinadas circunstancias.

Entre los aspectos más salientes, merece destacarse el nivel de iluminación, el adecuado balance de luminancias dentro del campo visual, la eliminación de fuentes primarias y secundarias de deslumbramiento, y la adecuada reproducción de colores.

En la actualidad éstos requerimientos cualitativos y cuantitativos pueden ser satisfechos con soluciones técnico-económicamente convenientes, como consecuencia de la alta tecnología alcanzada en el tema.

Un alumbrado eficaz, debe también acentuar las cualidades y carácter confortable de un ambiente, en particular, para oficinas e **industrias**, ya que en ellos, el hombre de trabajo intelectual o artesanal pasa más del 70% de su vida activa, en función de creatividad y productividad.

Las principales cualidades de un alumbrado, se pueden definir de la siguiente forma:

Adecuada intensidad de iluminación.

Conveniente distribución espacial de la luz que comprende la combinación de la luz general y la luz dirigida o funcional.

Conveniente ángulo de incidencia del flujo luminoso, adecuada distribución de luminancias y eliminación de toda fuente de deslumbramiento en el campo visual.

Adecuado color de la radiación luminosa y conveniente reproducción de colores.

Ajustada elección de la fuente luminosa con su particular característica de distribución.

Con referencia a la intensidad de iluminación, tres aspectos deben ser considerados para cumplir una tarea manual.

El primero y más preponderante se relaciona con la higiene fisiológica en la tarea visual.

En segundo lugar deben ser tenidas en cuenta las razones técnicas y económicas que puedan limitar la calidad de iluminación para una tarea determinada.

En tercer lugar, considerar la relación entre la calidad de una instalación de alumbrado y la productividad.

### ***Estudios sistemáticos***

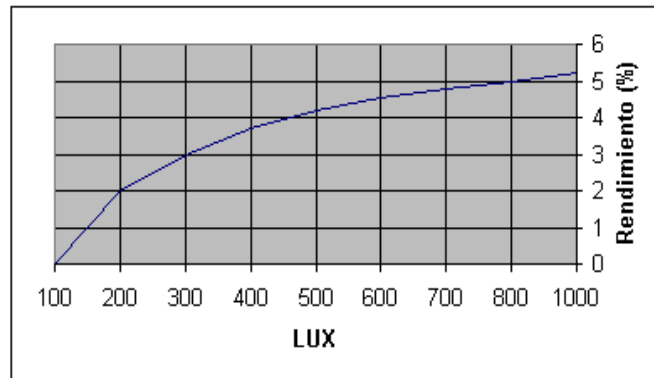
Realizados por "Centros de Estudios de Alumbrado" de Alemania e institutos similares de otros países europeos y los E.E.U.U. tendieron a determinar qué, una medida en el mejoramiento de la iluminación en industrias y ambientes de trabajo, llegaría a contribuir al incremento de las cifras de producción.

El Centro de Alemania, seleccionó tipos de industrias apropiadas para éste tipo de experiencias, creando ambientes con iluminación totalmente artificial en cualquier hora del día, con prescindencia total de la iluminación natural. Estos trabajos se realizaron para las distintas industrias en períodos que abarcaron lapsos de dos a cuatro años. En dicho lapso, el tipo de trabajo fue el mismo, y se trató de evitar innovaciones tecnológicas que introdujeran cambios en la producción, y se establecieron condiciones de sueldo que no modificaran la incentivación en las tareas. Se trató asimismo que el cambio del personal se redujera al mínimo, antes y después de las mejoras introducidas en el alumbrado artificial.

Los sistemas de iluminación utilizados alcanzaron niveles luminosos de 1000 lux a 1200 lux, que en ese momento se los consideraba muy elevados. Los ensayos se realizaron entre las más variadas industrias, y líneas de producción. Los resultados obtenidos tuvieron las siguientes tendencias:

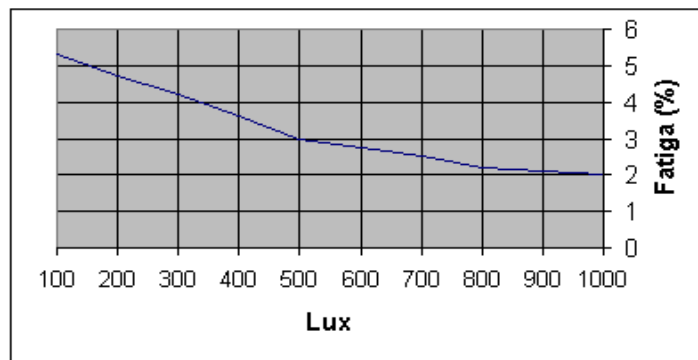
***Mayor rendimiento en la tarea.***

Obsérvese en primer lugar el elevado crecimiento del rendimiento en función del incremento del nivel de iluminación. El incremento de rendimiento no es asintótico con el nivel de 1000 lux, lo que implica que a mayores niveles luminosos puede corresponder mayor productividad, criterio éste sustentado en los E.E.U.U.



***Reducción de fatigas.***

Se observa como un elevado nivel luminoso preserva la salud psíquica y física del trabajador al reducir la fatiga del mismo.



En efecto, puede decirse de acuerdo a otras experiencias realizadas que los niveles de iluminación ejercen los siguientes resultados desde el punto de vista que estamos considerando:

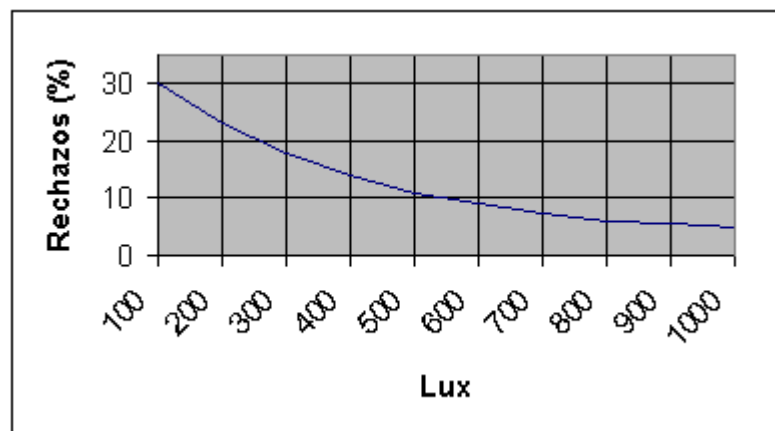


	NIVELES DE ILUMINACIÓN (LUX)		
<b><u>Capacidad del sentido de la vista:</u></b>	<b>10</b>	<b>100</b>	<b>1000</b>
<b>Agudeza visual relativa</b>	100	130	170
<b>Sensibilidad al contraste relativa</b>	100	280	450
<b><u>Efectos fisiológicos:</u></b>			
<b>Contracción muscular promedio</b>	100	86	68
<b>Decrecimiento de los latidos del corazón en porcentaje.</b>	10	6	2
<b>Decrecimiento de la reserva convergente de los músculos del ojo en porcentaje.</b>	23	15	7
<b>Grado de parpadeo involuntario relativo.</b>	100	77	65

Los valores anteriores corresponden a la tarea visual de lectura en letra tamaño pequeño de diario impreso con tinta negra sobre papel blanco, a lo largo de una hora.

***Disminución de rechazos de piezas mal terminadas.***

La gráfica es de por sí suficientemente elocuente para hacer cualquier comentario al respecto.



***Menor número de accidentes.***

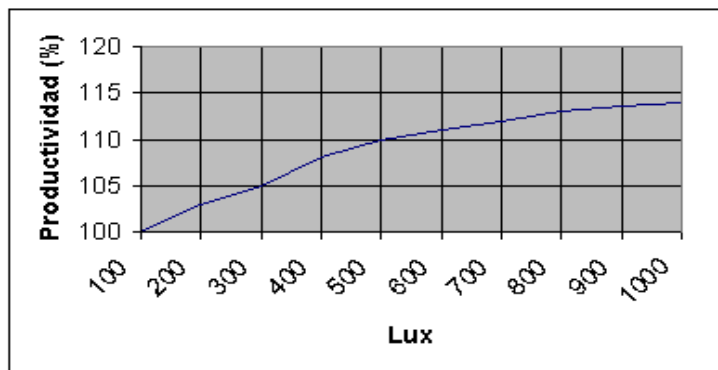
Finalmente es importante observar que el número porcentual de accidentes decrece notablemente.

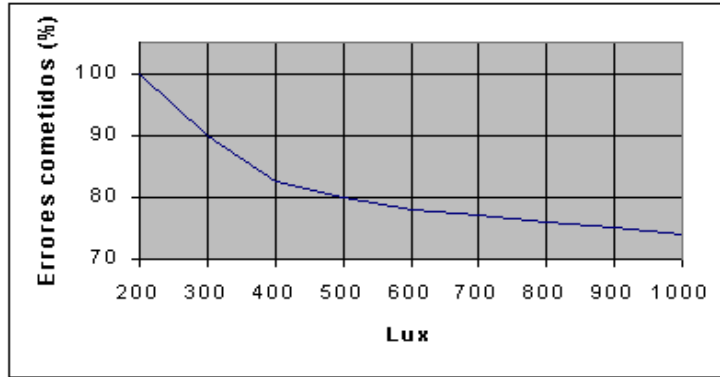
Por otra parte se realizaron sistemáticos estudios para verificar si es posible utilizar un nivel de iluminación más alto para acelerar y mejorar la calidad de los trabajos más sencillos, en los que la visión no desempeña sino un papel secundario.

***Aumento de la productividad.***

Se realizaron tareas de clasificación de seis tipos de tornillos fáciles de diferenciar, a través de las mismas personas y locales. Lo único que se modificó fue el nivel luminoso, y en función de éste se trazó la curva de aumento de productividad, y la curva de reducción de la proporción de errores cometidos al llevar a cabo la tarea.

Los resultados obtenidos pueden observarse en las siguientes figuras:





Se observa asimismo en la figura, la tendencia a la reducción proporcional de errores en función del crecimiento del nivel luminoso de los lugares de trabajo.

Los resultados obtenidos con los estudios desarrollados, demuestran que en toda tarea artesanal, de trabajo fino o rutinario, todo incremento de nivel luminoso trae aparejado:

**Aumento de la productividad.**

**Reducción de fatiga en el trabajador.**

**Menor cantidad de piezas rechazadas.**

**Menor número de accidentes.**

**Disminución porcentual de errores al llevar a cabo una determinada tarea.**

La naturaleza de éstos estudios se extendió también en ambientes donde se desarrollaban labores intelectuales. Al efecto se pasó de un nivel luminoso de 90 lux a una iluminación media de 550 lux, manteniendo constantes las restantes condiciones ambientales y las personas sometidas al ensayo.

Este estudio se realizó en 5 cursos de nivel primario, 5 cursos de nivel medio y 7 cursos de alto nivel, con un total de 468 jóvenes con edades comprendidas entre 9 y 18 años. Se escogieron 23 pruebas de adecuada valoración psicológica definida. Cada prueba fue repetida por dos cursos diferentes, una vez con nivel luminoso 90 lux y luego con 550 lux. Los índices de eficiencia mejoraron con el incremento del nivel luminoso en niveles que variaron entre 2,9 a 15,9 %, con un valor promedio de 7,7 %.

*Higiene fisiológica en la tarea visual.*

El sentido de la vista se halla adaptado desde su origen, a los elevados niveles de iluminación natural, para lo cual la naturaleza lo dotó de un sistema o red adecuada de conos y bastoncillos en su órgano de la visión. Ello permite el desarrollo de visión fotópica o escotópica, según se trate de ejercer la tarea visual en horas diurnas y nocturnas (Elevados o casi nulos niveles de iluminación).

Intensos y sistemáticos estudios internacionales permitieron establecer que el sentido de la visión funciona en las mejores condiciones cuando el nivel de luminancia en el campo visual está comprendido entre 10 y 1000 candelas por metro cuadrado, es decir, con intensidades de iluminación mínimas de 100 a 200 lux, y valores máximos de 10000 a 20000 lux, con factores medios de reflexión del 30% al 60%, y sin superficies especulares o fuentes de deslumbramiento en el campo visual.

Se ha comprobado y demostrado que la necesidad de luz de cada individuo, aumenta con la edad, para cada tarea visual, y es obvio destacar que en la actividad industrial encontramos personal con edades que van de los 18 años, hasta personas con 60 o más años de edad.

Las personas de edad más avanzada necesitan mayor nivel de iluminación que los jóvenes para realizar una tarea visual con igual facilidad. Los investigadores Fortuin y Weston llegaron a las siguientes conclusiones:

Los niveles luminosos para iguales condiciones de reflexión, tamaño y posición de una lectura con buena impresión, son los siguientes:

**Edad: 10 años; nivel luminoso requerido 175 lux**

**Edad: 40 años; nivel luminoso requerido 500 lux**

**Edad: 60 años; nivel luminoso requerido 2500 lux**

Es de suma importancia, tener presente la edad del personal, ya que resulta inadecuado y deprimente para un trabajador de avanzada edad, generalmente de alta especialización artesanal o avanzado

desarrollo intelectual, tener que trabajar en inferioridad de condiciones por malas previsiones en los niveles de iluminación.

Sabemos que las tareas se desarrollan en dos turnos de cuatro horas o más, o uno de ocho horas o más diarias. Por lo tanto para determinados locales y tareas, la iluminación natural no debe ser tenida en cuenta como posible fuente luminosa.

Concluimos que los resultados obtenidos como consecuencia de una mejora en la calidad de la iluminación, con adecuado balance en la relación de la luminancias en el campo visual y ausencia de deslumbramiento, tienen por resultado un incremento de la productividad y un mejoramiento de la calidad de los productos elaborados, para todos los tipos de trabajos, artesanales o intelectuales.

Las mayores inversiones y gastos de operación para obtener mejores niveles de iluminación, son ampliamente compensados y superados por los siguientes beneficios:

**Mayor economía en la operación de una industria o gabinete donde se realice el más variado tipo de labor artesanal o intelectual.**

**Amortización rápida de la inversión requerida en la mejora de las instalaciones de iluminación.**

**Mayor higiene visual en el desarrollo de una tarea, con la consiguiente preservación de la salud psíquica y física del trabajador artesanal o intelectual, aumentando los años de vida útil de los órganos de la visión, lo que implica la preservación de la salud en el ser humano, ya sea que se la considere desde el punto de vista sociológico o económico.**

## **IX. ILUMINACIÓN EN UN TALLER DE MUEBLES.**

El proyecto para iluminar un taller de muebles, Es con el interés de solucionar una necesidad fabril. La cual consiste en diseñar y calcular una correcta y adecuada iluminación. Esto para que el personal de la empresa desempeñe su trabajo con comodidad y eficiencia.

desarrollo intelectual, tener que trabajar en inferioridad de condiciones por malas previsiones en los niveles de iluminación.

Sabemos que las tareas se desarrollan en dos turnos de cuatro horas o más, o uno de ocho horas o más diarias. Por lo tanto para determinados locales y tareas, la iluminación natural no debe ser tenida en cuenta como posible fuente luminosa.

Concluimos que los resultados obtenidos como consecuencia de una mejora en la calidad de la iluminación, con adecuado balance en la relación de la luminancias en el campo visual y ausencia de deslumbramiento, tienen por resultado un incremento de la productividad y un mejoramiento de la calidad de los productos elaborados, para todos los tipos de trabajos, artesanales o intelectuales.

Las mayores inversiones y gastos de operación para obtener mejores niveles de iluminación, son ampliamente compensados y superados por los siguientes beneficios:

**Mayor economía en la operación de una industria o gabinete donde se realice el más variado tipo de labor artesanal o intelectual.**

**Amortización rápida de la inversión requerida en la mejora de las instalaciones de iluminación.**

**Mayor higiene visual en el desarrollo de una tarea, con la consiguiente preservación de la salud psíquica y física del trabajador artesanal o intelectual, aumentando los años de vida útil de los órganos de la visión, lo que implica la preservación de la salud en el ser humano, ya sea que se la considere desde el punto de vista sociológico o económico.**

## **IX. ILUMINACIÓN EN UN TALLER DE MUEBLES.**

El proyecto para iluminar un taller de muebles, Es con el interés de solucionar una necesidad fabril. La cual consiste en diseñar y calcular una correcta y adecuada iluminación. Esto para que el personal de la empresa desempeñe su trabajo con comodidad y eficiencia.

La iluminación adecuada donde se desarrolla tarea visual, permite que el trabajador no tenga trastornos visuales, y aumenta en términos generales su productividad. De acuerdo a la Introducción de ésta tesis, el lector entenderá, la importancia de este trabajo.

Una correcta iluminación depende de la actividad que se desarrolla y de las dimensiones del taller, Se debe de calcular la iluminación considerando este factor como principal, y de igual importancia otros, en distinto orden.

Con los cálculos se determina cuanta intensidad en candelas requerimos para iluminar cierta área. Pero nunca que tipo de luminario instalar u ocupar, por lo que es de interés, llevar al lector a conocer dos tipos de luminarios, ambos solucionan nuestra necesidad, iluminar un taller de fabricación de muebles, pero sólo uno debemos de elegir, comparando; los costos de mantenimiento, vida de la lámpara, costo de instalación, costo de energía watts/hora, calidad de luz y productividad.

***Para iluminar un área de trabajo.***

Lo principal es conocer:

Datos del cliente:

- a) Razón social.
- b) Dirección.
- c) Código postal.
- d) Teléfono.
- e) Nombre de la persona (del contacto).
- f) Puesto que desempeña.
- g) Otros datos para la mejor identificación de nuestros cliente.

**¿Que actividad se desarrolla, o se va a desarrollar en el lugar de trabajo?**

**Características físicas del lugar**, como son: área, altura del local, bancos o mesas de trabajo, distribución de maquinaria, equipo, herramientas y materiales, tipo de techo (horizontal, dos aguas, diente de sierra, tipo butler), si existe grúa viajera, si existen áreas clasificadas, acabados del local (piso, techo, pared).

**La obtención de planos a escala o descriptivos**, sino se tienen hacer un levantamiento físico.

**Determinar el nivel de iluminación recomendado por el I.E.S. o por la S.M.I.I.**

Nota: otros parámetros intervienen en el cálculo de la iluminación, que se explicarán a detalle en el transcurso de la tesis.

Demos comienzo a solucionar la iluminación del taller de fabricación de muebles.

Contestando.

**¿Quién es nuestro cliente, domicilio, giro, actividad, etc.?**

De la Garza Muebles.

**¿Que actividad se desarrolla, o se va a desarrollar?**

Fabricación de muebles y almacenamiento.

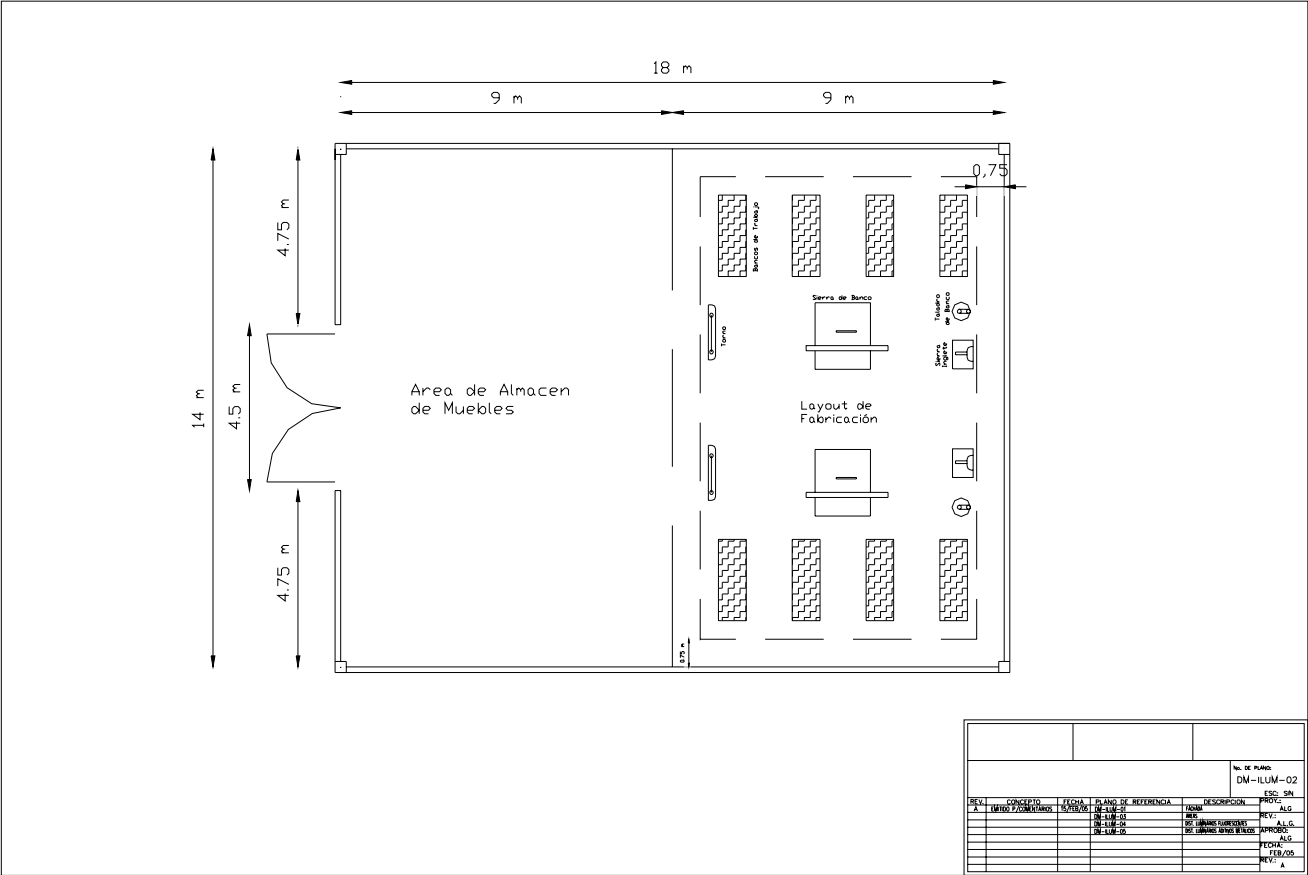
Siguiente:

Debemos **conocer el área de trabajo**, si es posible personalmente, sino, con planos que puedan detallar al máximo el layout, y los acabados de piso, pared y techo.

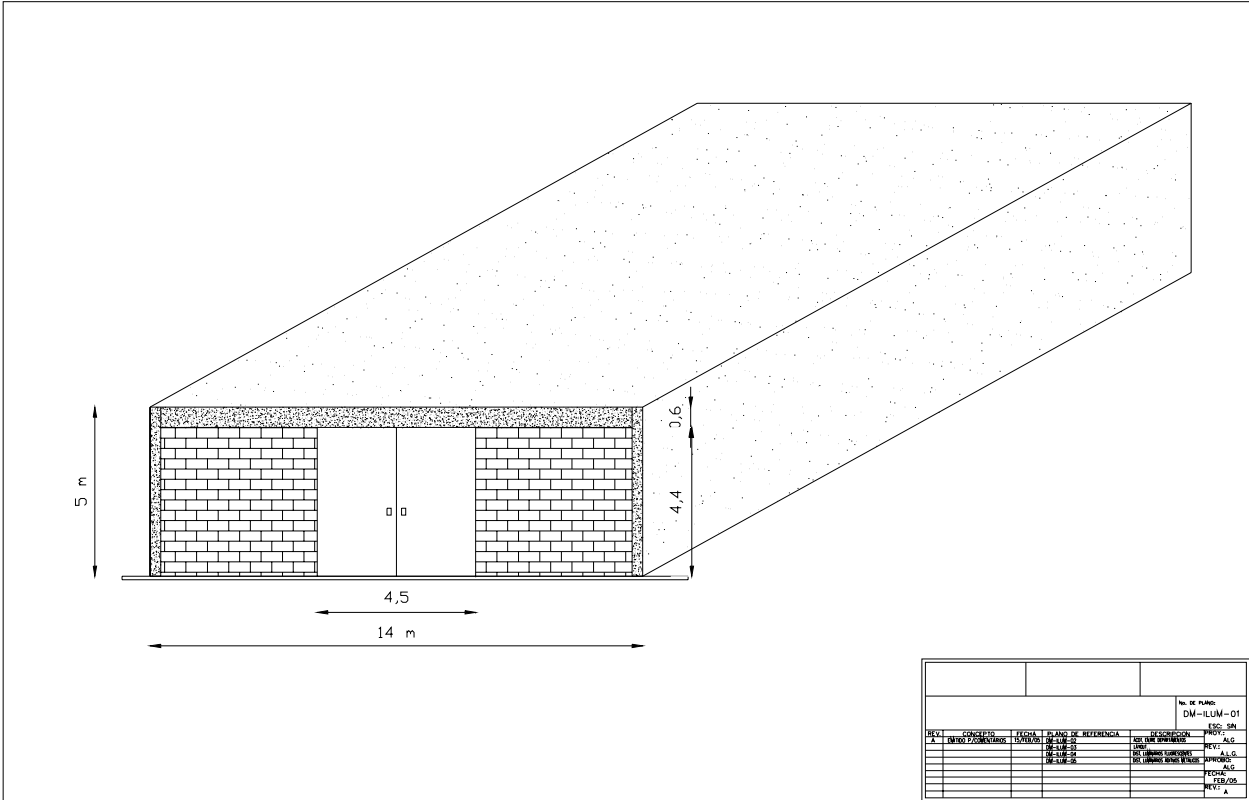
Si es un proyecto nuevo, se deberá conocer los planos arquitectónicos y estructurales así como también la distribución de maquinaria y equipo, así como otros planos que requiera el proyectista.



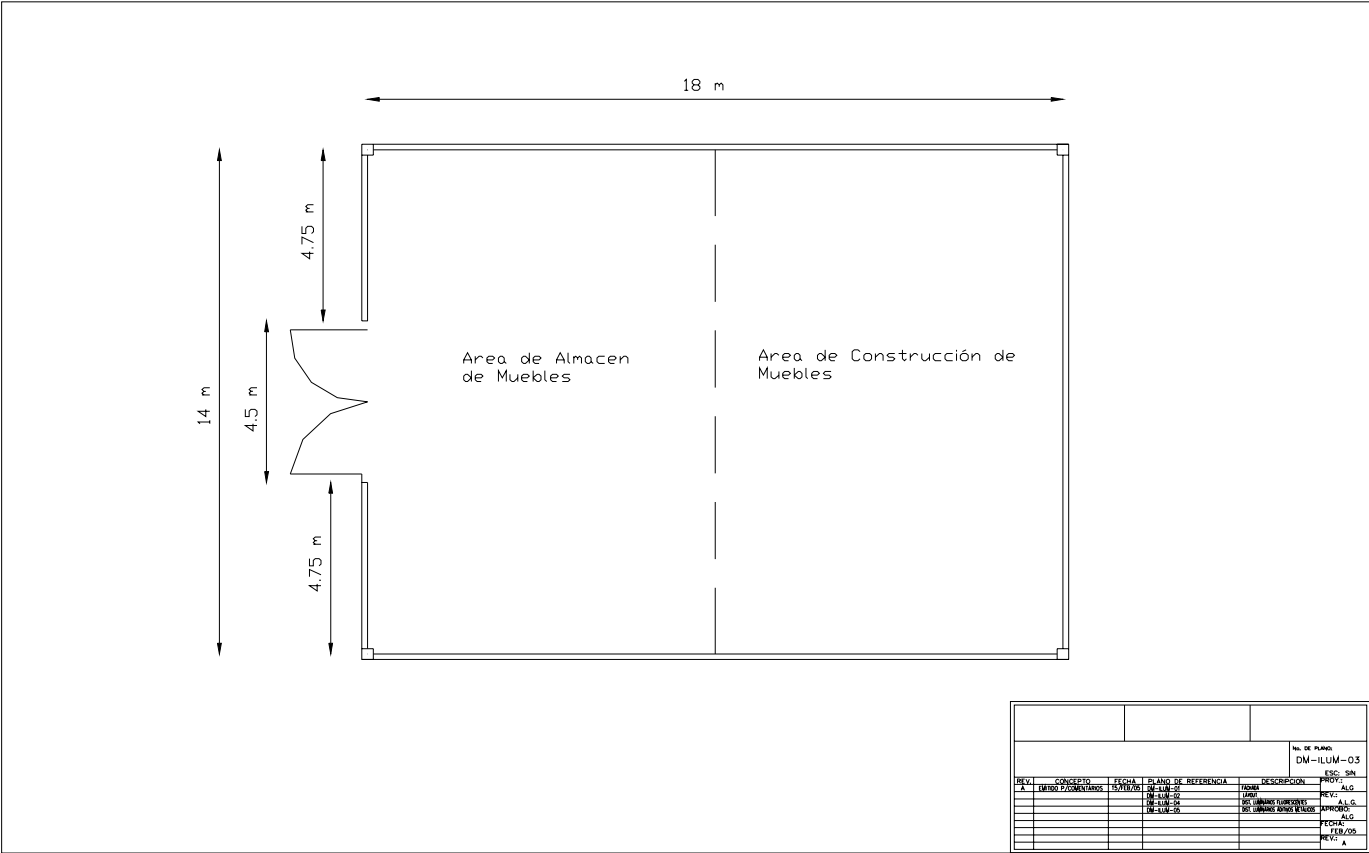
A continuación se presenta, con planos el layout del taller de fabricación de muebles, y su descripción.



Fachada del taller de Fabricación de Muebles.



Area de Fabricación y Area de Almacenamiento.



Ya que hemos mencionado el layout del taller de fabricación. Un proyectista debe plantearse paso a paso como va a calcular la iluminación.

*Nivel de iluminación en el taller de fabricación.*

La primero es saber cuantos luxes se deben tener en labores como la nuestra. ¿Como saberlo?. Esta respuesta se encuentra en tablas de la Sociedad Mexicana de Ingeniería e Iluminación A.C.

A continuación presentaremos una breve parte de los niveles de iluminación de la S.M.I.I empezando por las categorías en donde se puede localizar nuestra actividad a desarrollar.

Las categorías son:

**Edificios Industriales.**

Oficinas, escuelas y edificios Públicos.

Hospitales.

Hoteles, Restaurantes, tiendas y residencias.

Áreas comunes.

Alumbrado exterior.

Alumbrado de áreas deportivas.

Alumbrado de transporte.

El taller de fabricación se encuentra en la **categoría de edificios Industriales.**

La tabla donde determinaremos el nivel de iluminación en el taller de fabricación de muebles se presenta con tres columnas.

**La primera lleva por encabezado la categoría,** aquí encontraremos la actividad a desarrollar.

**La segunda columna lleva por encabezado, Luxes (I.E.S. 99%)** y está formada por los niveles de iluminación determinados por la teoría del Dr. H. R. Blackwell, publicados por la (I.E.S.N.A.) Lighting Handbook edition 1959, con las dos consiguientes características: un 99% de rendimiento visual y 5

asimilaciones por segundo. Entendiéndose por 5 asimilaciones por segundo, el promedio de percepciones visuales de un objeto, que puede hacer una persona por un segundo.

**La segunda columna S.M.I.I. 95%**, está formada por los niveles de eliminación con un rendimiento visual de 95% y las otras 5 asimilaciones por segundo. Esta columna se determinó por medio de un divisor de conversión, que fue encontrado después de hacer interpolaciones entre curvas dadas por el DR. Blackwell, para 3 asimilaciones por segundo y para 10 asimilaciones por segundo; usando como par.-metro valores de brillantez (B) expresados en footlamberts y rendimientos visuales en porciento. El divisor es 1.75.

En este caso se acordó un 95% de rendimiento visual, para recomendar como valor mínimo en actividades que ocasionalmente se desarrollan bajo iluminación artificial, con lo que se baja la iluminación a valores aplicables en forma económica en México, sin que provoque con ello, niveles de iluminación que causarían cansancio visual a las personas que trabajan en estos locales, ya que de ser así la eficacia del personal bajaría en igual proporción que los rendimientos visuales. En el caso de que S.M.I.I. y el I.E.S. sean iguales, significa que es el valor mínimo que se debe recomendar.

<b>Edificios Industriales</b>	<b>LUXES I.E.S. 99%</b>	<b>LUXES S.M.I.I. 95 %</b>
ASERRADEROS		
Clasificación de la madera	2000	1700
AZUCAR, REFINERÍAS DE		
Clasificación	500	300
Inspección color	2000	1100
CAJAS DE CARTÓN, MANUFACTURA		
Área General de Manufactura	500	300
CARBON VERTEDEROS DE		
Quebradores, cernidos y limpiado	100	60
Selección	3000a	1700 <sup>a</sup>
<b>CARPINTERÍAS</b>		
Trabajo burdo de banco y sierra	300	200
Encolado, cepillado, lijado, trabajo de mediana calidad en	500	300

máquinas y banco		
Trabajo fino de máquina y banco, lijado y acabado fino	1000	<b>600</b>
Cerveceras Industrias		
Elaboración y lavado de barriles	300	200
Llenado (de botellas, lata, barriles)	500	300

Por lo anterior queda claro que la respuesta a cuántos luxes debemos tener en nuestra actividad es:

$$\text{Nivel de iluminacion} = 600 \text{ luxes}$$

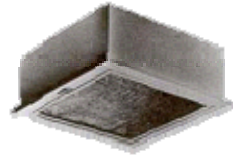
### *Lámpara y luminario.*

Talvez se pregunte el lector ¿Cuál es la diferencia entre lámpara y luminario?, porque de forma coloquial se utiliza, cualquiera de estas dos expresiones para definir el elemento general que nos proporciona la iluminación. Así que es conveniente definirlo antes de elegir la lámpara y el luminario.

**Lámpara.** Es un dispositivo que transforma la energía eléctrica en energía lumínica.



**Luminario.** Dispositivo que se utiliza para controlar y dirigir el flujo luminoso generado por una o más lámparas.



**Candelas Necesarias:**

Con la siguiente ecuación se calcula las candelas necesarias en  $0^0_v$  (cero grados vertical), que nos dará la primera pauta para elegir un tipo de luminario.

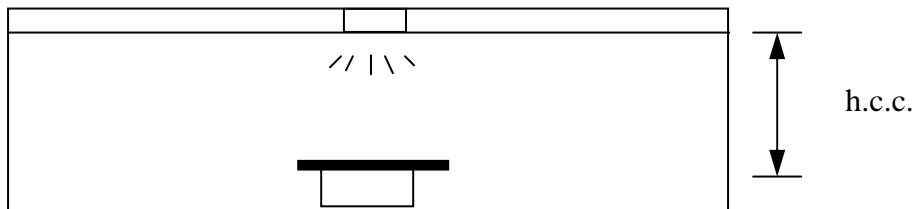
$$I_{0^0_v} = Exh .c.c^2$$

Donde:

$I_{0^0_v}$  Candelas a cero grados vertical

E Nivel de iluminación en esa actividad (600 luxes)

$hcc = 3.4$  m altura de cavidad de cuarto (distancia entre parte baja de luminario y plano de trabajo) .



Nota: De aquí en adelante, las dimensiones de cada unidad no se indicarán en las formulas, para que de esta manera sean más claras, y se pide al lector que en forma de ejercicio, las analice y practique. Las unidades únicamente se indicarán en los valores finales.

Sustituyendo:

$$I_{0^0_v} = 600 \times 3.40^2$$

Tenemos que:

$$I_{0^0_v} = 6936 \text{ cd}$$

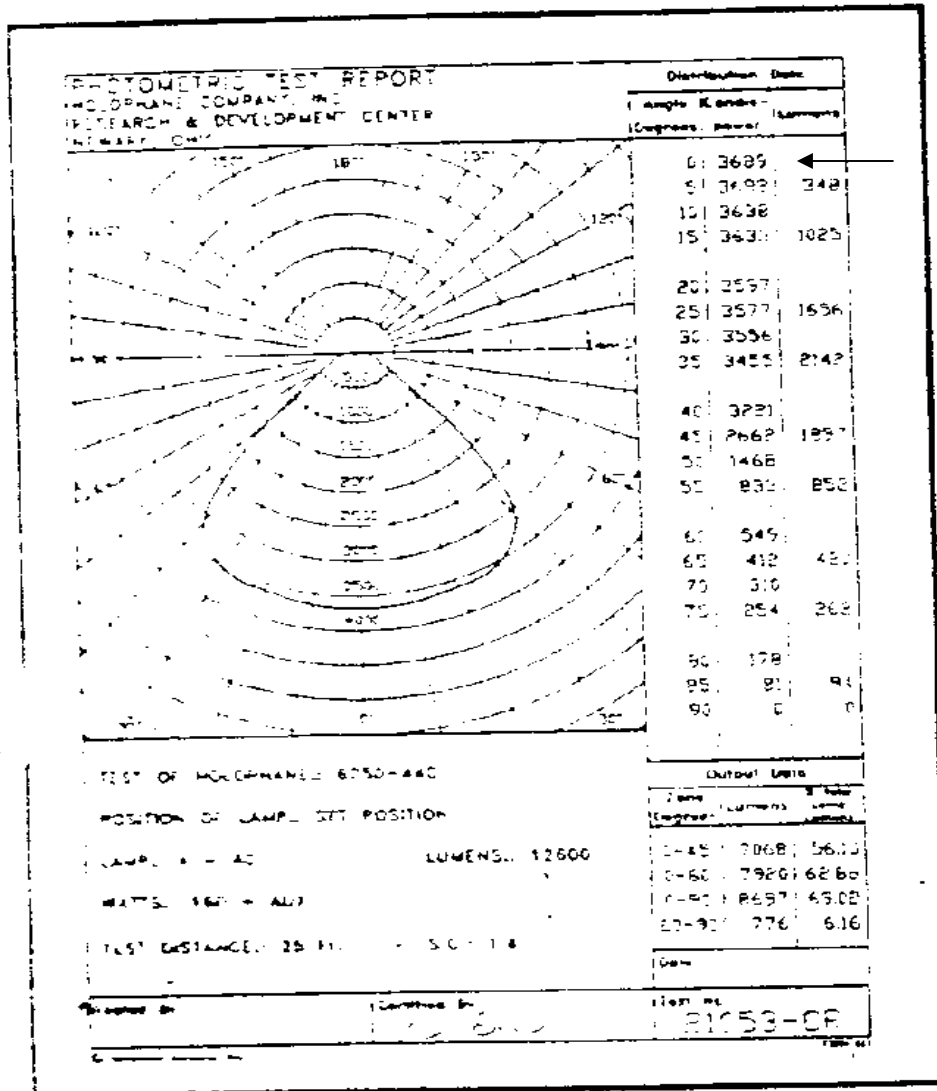
El luminario que ~~escojamos debe de tener al menos~~ 50% o más de las candelas  $I_{0^0_v}$ , por recomendación, ya que si nos aproximamos más a el valor de  $I_{0^0_v}$  digamos al 100% o mayor a 100% tendríamos en  $0^0_v$  muy iluminado, y alrededor penumbras entre uno y otro luminario.

### ***Selección de la lámpara y el luminario.***

Elegiremos un luminario, entre una gama de luminarios que presenta la empresa de iluminación Holophane. En uno de sus tantos catálogos. El luminario de la serie 6250. En sus características, menciona que es un equipo técnicamente diseñado para aplicarse en la iluminación general de oficinas, salones de clase, bancos, tiendas de autoservicios, hospitales, auditorios, bibliotecas, vestíbulos, corredores, cuartos de control, sala de máquinas y en general donde se requiera tener una iluminación uniforme y un confort visual óptimo.

El luminario cumple  $I_{0^0_v}$  calculado. Este catálogo nos ofrece la curva de distribución del luminario 6250.





En el proyecto para iluminar el área de fabricación requerimos  $I_{0^0_v} = 6936cd$

En la curva de distribución de la serie 6250 del catálogo que presenta holophane, tenemos que

en:  $I_{0^0_v} = 3689 cd$ ,

La lámpara de 40 watts será, sustituida por otra de mayor ahorro de energía, como lo es, la lámpara de 32 watts. **Porque un criterio por demás importante es el ahorro de la energía.**

Esto se menciona, porque algunas de las veces, no se cuenta con toda la información en catálogos, por lo que tenemos que comparar los beneficios entre uno y otro luminario.

Por lo tanto el luminario será el mismo (6250), lo que cambia es la lámpara, por lo que la curva de distribución no se altera.

Las  $I_{0^\circ}$  de la lámpara de 32 w se calculan por medio de un factor de corrección, con la de 40 w

$$I_{0^\circ} = 3689 \text{ cd, éste es:}$$

**Factor de Corrección por diferencia de lúmenes.**

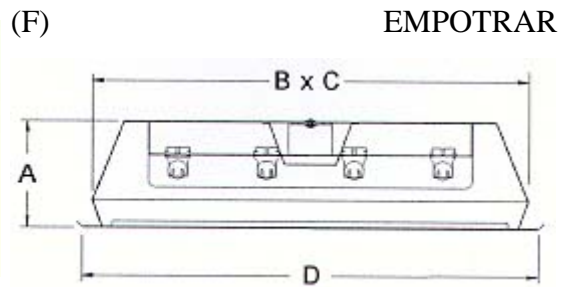
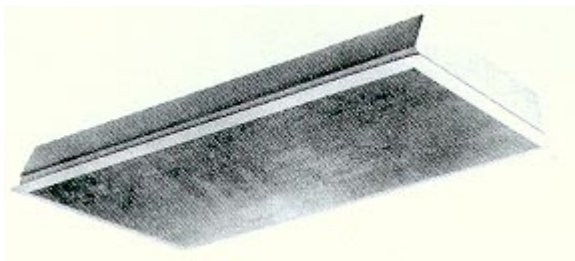
$$\text{El factor de corrección por diferencia de lúmenes} = \frac{\text{lúmenes de 32 watts}}{\text{lúmenes de 40 watts}} = \frac{12200}{12600} = 0.968$$

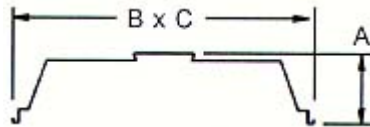
$FCDL = 0.968$
----------------

Ahora la intensidad en candelas del luminario 6250, con lámpara de 32watts es de:

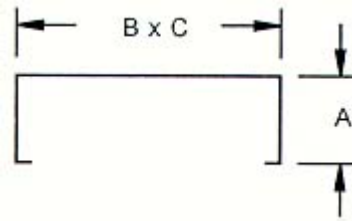
$$I_{0^\circ \text{ v } 32 \text{ watts}} = (3689 \text{ cd}) \times FCDL$$

$I_{0^\circ \text{ v } 32 \text{ watts}} = 3570.9 \text{ cd (son más de la mitad requerida, OK)}$
---





(G) PLAFON RETICULAR



(E) SOBREPONER

Catálogo	Descripción	Espaciamiento	Peso Aprox. Kg.
<b>SERIE 6250<sup>UR</sup></b>			
F-6250-438	4 lámparas de 38 W (T-8) 2 Balastos 2 x 38 Compuesto de: F-12-438 Gabinete con Equipo Eléctrico. 6250 Controlente de Acrílico Prismático.	1.5:1	20.200
F-6250-232	2 lámparas de 32 W (T-8) 1 Balastro 2 x 32 W Compuesto de: F-6-232 Gabinete con Equipo Eléctrico. 6250 Controlente de Acrílico Prismático.	1.5:1	18.500
F-6250-332	3 lámparas de 32 W (T-8) 1 Balastro 3 x 32 W Compuesto de: F-16-332 Gabinete con Equipo Eléctrico. 6250 Controlente de Acrílico Prismático.		
F-6250-432	4 lámparas de 32 W (T-8) 2 Balastos 2 x 32 W ← Compuesto de: F-4-432 Gabinete con Equipo Eléctrico. 6250 Controlente de Acrílico Prismático.		
F-6250-234	2 lámparas de 34 W (T-12) 1 Balastro 2 x 34 W Compuesto de: F-6-234 Gabinete con Equipo Eléctrico. 6250 Controlente de Acrílico Prismático.	1.5:1	18.500
F-6250-334	3 lámparas de 34 W (T-12) 1 Balastro 3 x 34 W Compuesto de: F-16-334 Gabinete con Equipo Eléctrico. 6250 Controlente de Acrílico Prismático.		
F-6250-434	4 lámparas de 34 W (T-12) 2 Balastos 2 x 34 W Compuesto de: F-4-434 Gabinete con Equipo Eléctrico. 6250 Controlente de Acrílico Prismático.		

**Opción de Controlente.**

Opción	Descripción
6251	Controlente de Acrílico Prismático

Opciones de Tipos de Balastro.

Opción	Descripción
MI	Bajas Pérdidas Encendido Instantáneo
MR	Bajas Pérdidas Encendido Rápido
EI	Electrónico Encendido Instantáneo
ER	Electrónico Encendido Rápido

Opciones de Voltajes.

Opción	Voltaje
27	127
22	220
54	254
77	277

*Comparaciones de luminario 6250, con lámparas de 40 w y de 32 w.*

Luminario 6250 con lamp. De 40 watts	Luminario con Lamp. De 32 watts
4 lámparas de 40w, T12	4 lámparas de 32w, T8
Blanco frío	Blanco frío
Encendido rápido.	Encendido rápido.
Mediana de 2 alfileres	Mediana de 2 alfileres
2 balastos 2 x 40 w	2 balastos 2 x 32 w
2 controlentes 6000	2 controlentes 6000
Un criterio de espaciamiento de (S.C. = 1.4)	Un criterio de espaciamiento de (S.C. = 1.4)
Peso aprox de 19.4 kg.	Peso aprox de 19 kg.
$I_{0^0 v} = 3689 \text{ cd,}$	$I_{0^0 v} = 3570.9 \text{ cd,}$
Lúmenes por lámpara = 3150	Lúmenes por lámpara = 3050
Lúmenes por luminario = 12600	Lúmenes por luminario = 12600x.968
Eficacia = 79 lm/watt	Lúmenes por luminario = 12200
Vida en horas = 12,000	Eficacia = 95 lm/watt
L.L.D = 0.83	Vida en horas = 20,000
	L.L.D = 0.82

Con éstas características es posible calcular el número de luminarios por el siguiente método.

**X. Método de lumen.**

Este método calcula la cantidad de luminarios que se ocupan, El arreglo (los espaciamentos entre luminarios).

*Cálculo de número de luminarios para la subárea de fabricación del taller.*

$$\text{Número de luminarios} = \frac{ExArea}{\text{lúmenes del Luminario} \times C.U \times F.M} \dots\dots\dots 1$$

Donde:

**C.U.**= Coeficiente de utilización.

**E** = Nivel de luxes.

**F.M** = factor de mantenimiento.

*Coeficiente de Utilización (C.U)*

El C.U es la relación entre el flujo luminoso (lúmenes) emitidos por un luminario que incide sobre el plano de trabajo y el flujo luminoso emitido por las lámparas solas del luminario.

El C.U depende de los acabados del cuarto, para cuartos con superficies claras (superficies con alta reflectancia), el C.U. será mayor, con respecto a superficies menos claras, asimismo este factor depende de la forma del cuarto, para cuartos altos y estrechos el C.U. será menor en relación a cuartos que no lo son.

Para calcular el C.U. Existen dos maneras.

*Determinación del Coeficiente de Utilización.*

<b>Método de índice de cuarto</b>	<b>Método de cavidad Zonal.</b>
	AREAS REGULARES

$I_c = \frac{Area}{hcc(L \text{ arg } o + ancho)}$	$R.C.R = \frac{5xhcc(l \text{ arg } o + ancho)}{Area}$ <p>AREAS IRREGULARES</p> $R.C.R = \frac{2.5xhcc(perímetro)}{Area}$
--	---

Se tomará el **método de cavidad zonal**.

La subárea del taller de fabricación es un área regular.

$$R.C.R = \frac{5xhcc(l \text{ arg } o + ancho)}{Area}$$

$$hcc = 3.40 \text{ m}$$

$$largo = 12.5 \text{ m}$$

$$ancho = 7.5 \text{ m}$$

$$área = 93.750 \text{ m}^2$$

$$R.C.R = \frac{5x3.40(7.5 + 12.5)}{93.75} = \frac{340}{93.75} = 3.62$$

$R.C.R = 3.62$
----------------

Con este valor podemos ir a la curva de distribución de los diferentes luminarios en los catálogos del fabricante, en tablas, determinamos el c.u que le corresponde al R.C.R calculado.

Coefficiente de utilización

Holophane

No 6250 – 432

4-32 w / blanco frío

Piso		20%									
Techo		80%			50%			10%			0%
Pared		50%	30%	10%	50%	30%	10%	50%	30%	10%	0%
<b>R</b>	0	.82	.82	.82	.77	.76	.76	.70	.70	.70	.69
<b>C</b>	1	.74	.71	.69	.69	.67	.66	.64	.63	.62	.61
<b>R</b>	2	.66	.62	.59	.62	.59	.57	.58	.56	.54	.53
	3	.59	.54	.50	.556	.52	.49	.53	.50	.48	.4
	4	.53	.48	.44	.51	.46	.43	.48	.45	.42	.41
	5	.48	.43	.39	.46	.42	.38	.44	.40	.37	.36
	6	.44	.38	.34	.42	.37	.34	.40	.36	.33	.32
	7	.40	.34	.31	.38	.34	.30	.37	.33	.30	.29
	8	.37	.31	.28	.35	.31	.27	.34	.30	.27	.26
	9	.34	.28	.25	.33	.28	.25	.31	.27	.24	.23
	10	.31	.26	.23	.30	.26	.23	.29	.25	.22	.21

La Aportación por **reflectancia** para una nave industrial, usualmente se considera; piso 20%, techo 50%, pared 30%.

Del lado izquierdo, se encuentran los valores del **R.C.R**, donde el **R.C.R.** calculado para la **subárea es de 3.62**.

En la tabla se presentan valores para 3 y 4 por lo tanto tendremos que interpolar entre ellos para calcular el **C.U.** deseado.

**Interpolación.**

3-----	0.52
3.62-----	0.4828
4-----	0.46

Para encontrar este valor primero se hace la diferencia entre 0.52 y 0.46 que nos da por resultado .060.

De 3 a 4 hay una unidad (1.)

Entonces:

$$x = \frac{.060 \times 0.62}{1} = 0.0372$$

1-----	.060
0.62-----	x

Por último, la diferencia de 0.52 - 0.0372 = **0.4828** que es el valor de C.U y corresponde al R.C.R calculado.

<b>C.U = 0.4828</b>
---------------------

*Verán que el proceso es laborioso cuando el R.C.R no se encuentra en tablas. También este proceso se dificulta cuando no se tienen ni siquiera esta información. pero hoy en día, existen muchos programas de iluminación que facilitan estos valores de una forma directa, ya que la computadora desarrolla estos proceso de una forma veloz.*

*Este problema de iluminar la subárea de fabricación del taller de muebles, se desarrolla paso a paso, para que usted sepa cuales son los procedimientos que la computadora ejecuta, Por lo tanto, más adelante cuando se mencione que un valor se obtuvo del apoyo de un programa, usted sabrá como es que se obtiene ese valor. \*ver en indice programa visual.*



Ya que se obtuvo el C.U. ahora es necesario saber como se obtiene el F.M. (Factor de Mantenimiento).

***Factor de Mantenimiento (FM).***

O factor de pérdida de luz (light loss factor LLF). Es el utilizado en el cálculo de iluminancia bajo condiciones dadas de tiempo y de uso. En él se toma en cuenta las variaciones de temperatura y tensión, acumulaciones de suciedad en las superficies del cuarto y en el luminario, depreciación de la emisión luminosa de la lámpara, procedimientos de mantenimiento y condiciones atmosféricas.

El F.M es el **producto de la depreciación de lúmenes de la lámpara (L.L.D) Lamp Lumen Depreciation** y a la **depreciación por suciedad acumulada en el luminario (L.D.D) Luminaire Dirt Depreciation**.

$$F.M = L.L.D. \times L.D.D$$

El L.L.D se calcula de la manera siguiente.

$$LLD = \frac{\text{flujo a } 70\% \text{ hrs de vida}}{100\% \text{ flujo inicial}}$$

De la ecuación anterior, se calculan todos los valores de LLD. Y se vacían en la siguiente tabla

*Datos de lámparas fluorescentes.*

WATTS	TIPO	ACABADO	LUMENES INICIALES	VIDA EN HORAS	EFICIENCIA LUMENES/WATTS	FACTOR DE DEPRECIACION (L.L.D.)	BASE	BULBO	LONGITUD EN CENTIMETROS	ENCENDIDO
22	CIRCULAR	LUZ DE DIA	895	12,000	41	0.72	4 ALFILERES	T-9	20.96 Ø	RAPIDO
22	CIRCULAR	B. FRIO DE LUJO	875	12,000	40	0.72	4 ALFILERES	T-9	20.96 Ø	RAPIDO
22	CIRCULAR	B. CALIDO DE LUJO	785	12,000	36	0.72	4 ALFILERES	T-9	20.96 Ø	RAPIDO
32	CIRCULAR	BLANCO FRIO	1,850	12,000	58	0.82	4 ALFILERES	T-9	30.48 Ø	RAPIDO
32	CIRCULAR	LUZ DE DIA	1,590	12,000	50	0.82	4 ALFILERES	T-9	30.48 Ø	RAPIDO
40	CIRCULAR	BLANCO FRIO	2,650	12,000	66	0.77	4 ALFILERES	T-9	40.64 Ø	RAPIDO

17	TUBULAR	BLANCO CALIDO	1,400	20,000	82	0.80	MEDIANA 2 ALFILERES	T-8	60.20	RAPIDO
17	TUBULAR	BLANCO FRIO	1,400	20,000	82	0.80	MEDIANA 2 ALFILERES	T-8	60.20	RAPIDO
20	TUBULAR	BLANCO CALIDO	1,300	9,000	65	0.85	MEDIANA 2 ALFILERES	T-12	60.96	CON ARRANCADOR
20	TUBULAR	BLANCO FRIO	1,300	9,000	65	0.85	MEDIANA 2 ALFILERES	T-12	60.96	CON ARRANCADOR
20	TUBULAR	LUZ DE DIA	1,075	9,000	54	0.85	MEDIANA 2 ALFILERES	T-12	60.96	CON ARRANCADOR
21	TUBULAR	LUZ DE DIA	1,030	7,500	49	0.81	SLIMLINE UN ALFILER	T-12	60.96	INSTANTANEO
30	TUBULAR	LUZ DE DIA	1,900	7,500	63	0.81	MEDIANA 2 ALFILERES	T-8	60.00	CON ARRANCADOR
32	TUBULAR	BLANCO CALIDO	3,050	20,000	95	0.82	MEDIANA 2 ALFILERES	T-8	122.00	RAPIDO
32	TUBULAR	BLANCO FRIO	3,050	20,000	95	0.82	MEDIANA 2 ALFILERES	T-8	122.00	RAPIDO
32	TUBULAR	BLANCO CALIDO	3,050	15,000	95	0.83	MEDIANA 2 ALFILERES	T-8	122.00	INSTANTANEO
32	TUBULAR	BLANCO FRIO	3,050	15,000	95	0.83	MEDIANA 2 ALFILERES	T-8	122.00	INSTANTANEO
32	TUBULAR	B. FRIO DE LUJO	2,700	12,000	84	0.84	SLIMLINE UN ALFILER	T-12	116.80	INSTANTANEO
32	TUBULAR	BLANCO CALIDO	2,700	12,000	84	0.84	SLIMLINE UN ALFILER	T-12	116.80	INSTANTANEO
34	TUBULAR	BLANCO LIGERO	2,700	20,000	79	0.80	MEDIANA 2 ALFILERES	T-12	121.90	RAPIDO
34	TUBULAR	BLANCO FRIO	2,700	20,000	79	0.80	MEDIANA 2 ALFILERES	T-12	121.92	RAPIDO
39	TUBULAR	B. FRIO DE LUJO	3,200	12,000	82	0.82	SLIMLINE UN ALFILER	T-12	117.00	INSTANTANEO
39	TUBULAR	B. CALIDO DE LUJO	3,200	12,000	82	0.82	SLIMLINE UN ALFILER	T-12	117.00	INSTANTANEO
39	TUBULAR	BLANCO FRIO	3,100	12,000	77	0.82	SLIMLINE UN ALFILER	T-12	121.92	INSTANTANEO
39	TUBULAR	LUZ DE DIA	2,600	12,000	64	0.82	SLIMLINE UN ALFILER	T-12	121.92	INSTANTANEO
40	TUBULAR	BLANCO FRIO	3,150	12,000	79	0.83	MEDIANA 2 ALFILERES	T-12	121.92	RAPIDO
40	TUBULAR	LUZ DE DIA	2,600	12,000	65	0.83	MEDIANA 2 ALFILERES	T-12	121.92	RAPIDO
31	TIPÒ "U" 1 5/8"	BLANCO FRIO	2,800	20,000	90	0.90	MEDIANA 2 ALFILERES	T-8	57.15	RAPIDO
32	TIPÒ "U" 6"	BLANCO FRIO	3,000	20,000	94	0.80	MEDIANA 2 ALFILERES	T-8	57.15	RAPIDO
40	TIPÒ "U" 6"	BLANCO FRIO	2,900	12,000	73	0.84	MEDIANA 2 ALFILERES	T-12	57.15	RAPIDO
59	TUBULAR	BLANCO FRIO	6,000	15,000	102	0.81	SLIMLINE UN ALFILER	T-8	243.84	INSTANTANEO
60	TUBULAR	B. FRIO DE LUJO	6,100	12,000	102	0.82	SLIMLINE UN ALFILER	T-12	243.84	INSTANTANEO
60	TUBULAR	BLANCO CALIDO	6,100	12,000	102	0.82	SLIMLINE UN ALFILER	T-12	243.84	INSTANTANEO
75	TUBULAR	BLANCO FRIO	6,300	12,000	84	0.89	SLIMLINE UN ALFILER	T-12	243.84	INSTANTANEO
75	TUBULAR	LUZ DE DIA	5,450	12,000	73	0.89	SLIMLINE UN ALFILER	T-12	243.84	INSTANTANEO

$$LLD = 0.82$$

El siguiente paso es calcular el **LDD**. Luminaire Dirt Depreciation. (depreciación por suciedad acumulada).

*LDD: Para determinar este factor se debe de considerar los siguientes criterios.*

Determinar los meses que el luminario tiene que tener mantenimiento, se recomienda 18 meses.

El ambiente en donde se instalará el luminario debido a su actividad es:

Muy sucio

- Sucio
- **Medio**
- Limpio
- Muy limpio

Que categoría tiene el luminario

Categoría I

Categoría II

Categoría III

Categoría IV

**Categoría V**

Por lo tanto, el mantenimiento que deberá tener nuestro luminario es de 18 meses, en un ambiente medio, y categoría V.


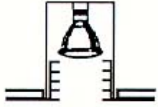
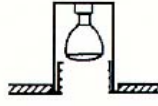



Conociendo esto, nos apoyamos en las curvas de degradación por suciedad del tipo de luminario. Para calcular el LDD.




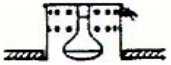

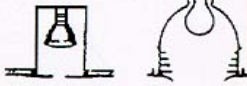
**Tablas de Categoría de Mantenimiento.**


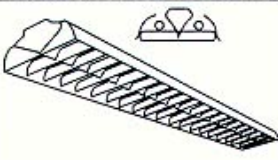

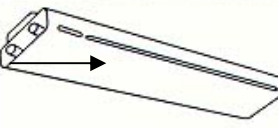
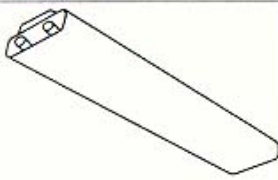
CATEGORIAS DE MANTENIMIENTO	ENVOLVENTE SUPERIOR	ENVOLVENTE INFERIOR
I	1) NINGUNA	1) NINGUNA
II	1) NINGUNA 2) TRANSPARENTE CON 15% O MAS DE COMPONENTE DE LUZ HACIA ARRIBA A TRAVES DE ABERTURAS 3) TRANSLUCIDO CON 15% O MAS DE COMPONENTE DE LUZ HACIA ARRIBA A TRAVES DE ABERTURAS 4) OPACO CON UN 15% MAS DE COMPONENTE DE LUZ HACIA ARRIBA A TRAVES DE ABERTURAS	1) NINGUNA 2) LOUVERS O BAFLES (REJILLAS) O (DEFLECTORES)
III	1) TRANSPARENTE CON MENOS DE 15% DE COMPONENTE DE LUZ HACIA ARRIBA A TRAVES DE ABERTURAS 2) TRANSLUCIDO CON MENOS DE 15% DE COMPONENTE DE LUZ HACIA ARRIBA A TRAVES DE ABERTURAS 3) OPACO CON 15% DE COMPONENTE DE LUZ HACIA ARRIBA A TRAVES DE ABERTURAS	1) NINGUNA 2) LOUVERS O BAFLES (REJILLAS) O (DEFLECTORES)
IV	1) TRANSPARENTE SIN ABERTURAS 2) TRANSLUCIDO SIN ABERTURAS 3) OPACO SIN ABERTURAS	1) NINGUNA 2) LOUVERS (REJILLAS)
V	1) TRANSPARENTE SIN ABERTURAS 2) TRANSLUCIDO SIN ABERTURAS 3) OPACO SIN ABERTURAS	1) TRANSPARENTE SIN ABERTURAS 2) TRANSLUCIDO SIN ABERTURAS
VI	1) NINGUNO 2) TRANSPARENTE SIN ABERTURAS 3) TRANSLUCIDO SIN ABERTURAS 4) OPACO SIN ABERTURAS	1) TRANSPARENTE SIN ABERTURAS 2) TRANSLUCIDO SIN ABERTURAS 3) OPACO SIN ABERTURAS







DETERMINACION DE LAS CONDICIONES DE SUCIEDAD EN LOS LUMINARIOS					
	MUY LIMPIO	LIMPIO	MEDIO	SUCIO	MUY SUCIO
SUCIEDAD GENERADA	NINGUNA	MUY POCO	NOTORIA PERO NO PESADA	SE ACUMULA CON RAPIDEZ	ACUMULACION CONSTANTE
SUCIEDAD AMBIENTE	NINGUNA O NO SE LE PERMITE ENTRAR	ALGUNA (CASI NO ENTRA NADA)	ALGO ALCANZA A ENTRAR EN EL AREA	GRANDES CANTIDADES	EXISTE DE TODO
REMOCION O FILTRACION	EXCELENTE	MEJOR QUE EL PROMEDIO	MAS BAJO QUE EL PROMEDIO	SOLO VENTILADORES SI ES QUE HAY	NINGUNA
ADHESION	NINGUNA	LIGERA	SUFICIENTE PARA QUE SEA VISIBLE DESPUES DE ALGUNOS MESES	ALTA PROBABLEMENTE CAUSADO POR ACEITES, HUMEDAD O ESTÁTICA	ALTA
EJEMPLOS	OFICINAS DE ALTA CATEGORIA ALEJADAS DE LAS ZONAS DE PRODUCCION; LABORATORIOS, QUIRÓFANOS, SALAS DE COMPUTO	OFICINAS EN EDIFICIOS VIEJOS O CERCANAS A LAS ZONAS DE PRODUCCION, ENSAMBLE SENCILLO, INSPECCION, SALAS GENERALES	OFICINAS DE MAQUINADO Y MOLINOS, PROCESAMIENTO DE PAPEL Y MAQUINADO LIGERO	TRATAMIENTO TECNICO, IMPRESION A ALTA VELOCIDAD PROCEDIMIENTO DE HULES, FUNDICION, TUNELES DE MINAS	SIMILAR A SUCIO PERO LOS LUMINARIOS SE ENCUENTRAN INMEDIATAMENTE AL LADO DE LA FUENTE DE CONTAMINACION

Tablas de Categoría de Mantenimiento.

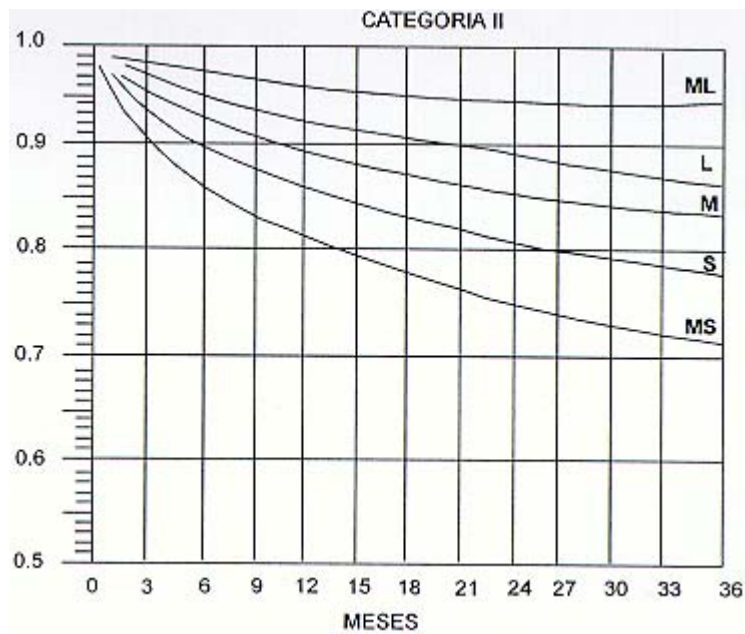
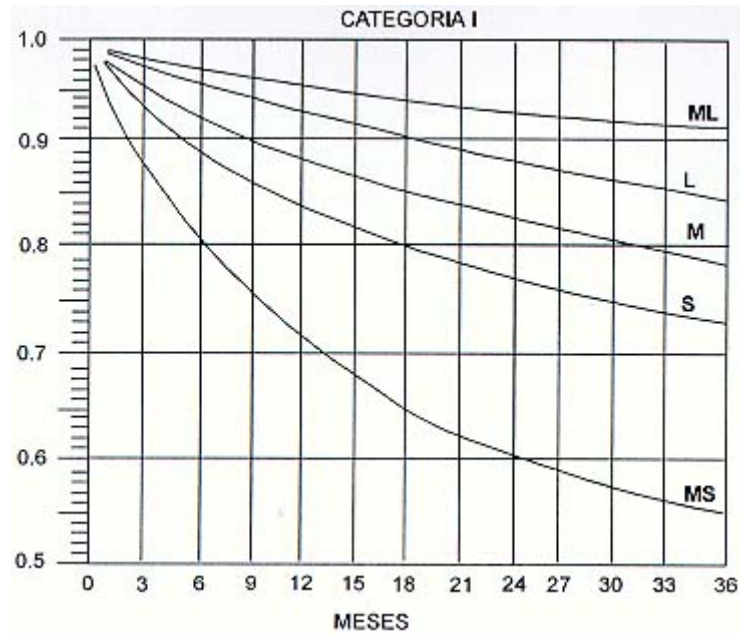
LUMINARIO TIPICO	CURVA DE DIST. Y % DE LUMENES	
	CAT.	ESPAC. MAXIMO
 <p>GABINETE CUADRADO CON CONTROLANTE PARA CURVA DE DISTRIBUCION MEDIA</p>	V	1.0
 <p>BOTE INTEGRAL DE 140 mm. DE Ø PARA LAMPARAS PAR-100 Y LAMPARA FLUORESCENTE AHORRADORA DE ENERGIA.</p>	IV	0.5
 <p>BOTE INTEGRAL DE 140 mm. DE Ø PARA LAMPARA PAR-75</p>	IV	0.5
 <p>GABINETE CUADRADO CON CONTROLANTE PARA CURVA DE DISTRIBUCION ABIERTA</p>	V	1.4
 <p>GABINETE CUADRADO CON GABINETE DIFUSO</p>	V	1.3
 <p>(MERCULUME) UNIDAD CON LAMPARA DE ALTA INTENSIDAD DE DESCARGA CON REFRACTOR INTERNO DE CRISTAL PRISMATICO Y CONTROLANTE DE ACRILICO PRISMATICO EXTERIOR</p>	V	1.3

LUMINARIO TIPICO	CURVA DE DIST. Y % DE LUMENES	
	CAT.	ESPACIA. MAXIMO
 <p>ESFERA DIFUSA CON MONTAJE COLGANTE</p>	V	1.5
 <p>REFLECTOR ESMALTADO TIPO RLM</p>	IV	1.3
 <p>(CUBIC) UNIDAD CON ENVOLVENTE CUADRADO PRISMATICO</p>	V	1.3
 <p>LAMPARA R-40 EN BOTE INTEGRAL</p>	IV	0.8
 <p>LAMPARA R-40 CON REFLECTOR ESPECULAR ANODIZADO: CUTOFF A 45°</p>	IV	0.7
 <p>PIN HOLE DE 22" DE ABERTURA</p>	IV	0.7

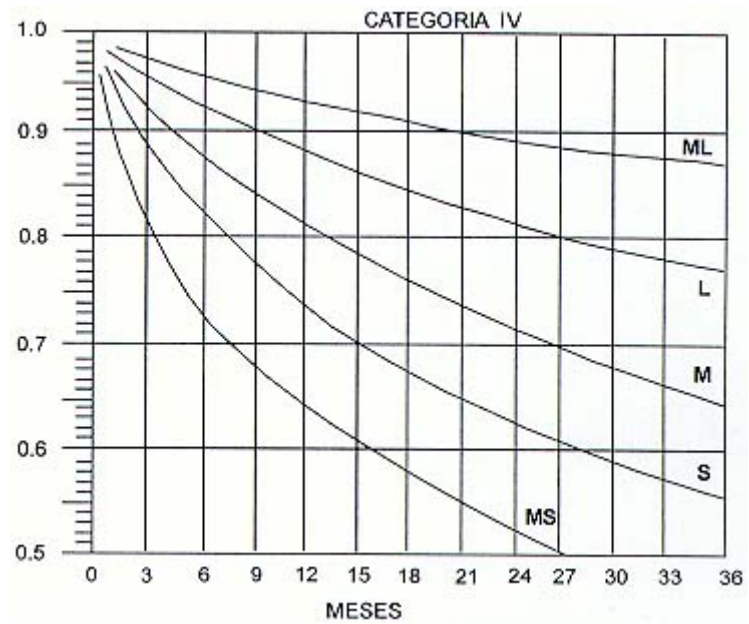
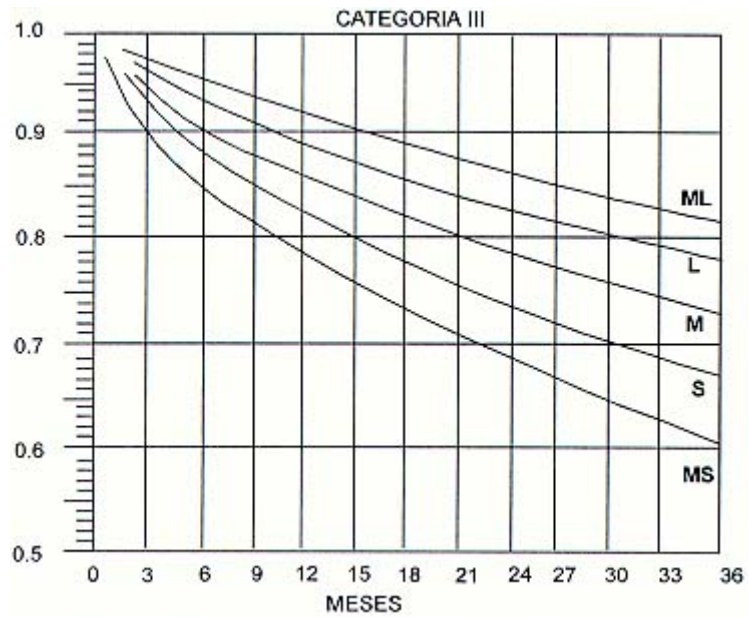
LUMINARIO TIPICO	CURVA DE DIST. Y % DE LUMENES	
	CAT	ESP. MAX.
 <p>CANALES PARA 1 O 2 LAMPARAS FLUORESCENTES</p>	I	1.6/1.2
 <p>UNIDAD FLUORESCENTE CON REJILLA DE 30 x 30</p>	II	1.0
 <p>UNIDAD FLUORESCENTE CON REJILLA DE 45 x 45</p>	IV	1.0
 <p>UNIDAD PARA 2 LAMPARAS FLUORESCENTES CON CONTROLANTE PRISMATICO ENVOLVENTE</p>	V	1.5/1.2
 <p>UNIDAD PARA 2 LAMPARAS FLUORESCENTES</p>	V	1.3

LUMINARIO TIPICO	CURVA DE DIST. Y % DE LUMENES	
	CAT.	ESPAC. MAXIMO
 <p>UNIDAD TOTALMENTE CERRADA</p>	V	1.4
 <p>UNIDAD TIPO INDUSTRIAL CON REFLECTOR PRISMATICO VENTILADO (EFECTO CHIMENEA).</p>	III	1.5
 <p>UNIDAD TIPO INDUSTRIAL CON REFLECTOR PRISMATICO CERRADA. POR MEDIO DE REFRACTOR PRISMATICO</p>	V	1.8
 <p>UNIDAD CERRADA POR MEDIO DE REFRACTOR PRISMATICO</p>	V	1.9
 <p>UNIDAD DE EMPOTRAR CON REFLECTOR PRISMATICO VENTILADO</p>	IV.	1.7
 <p>UNIDAD FLUORESCENTE TIPO INDUSTRIAL</p>	II	1.3

*Curvas de degradación por suciedad en el luminario.*

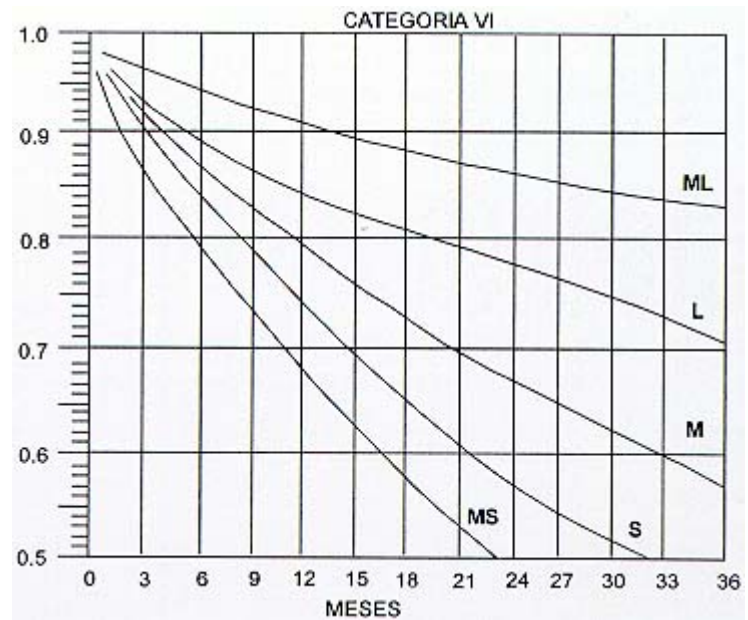
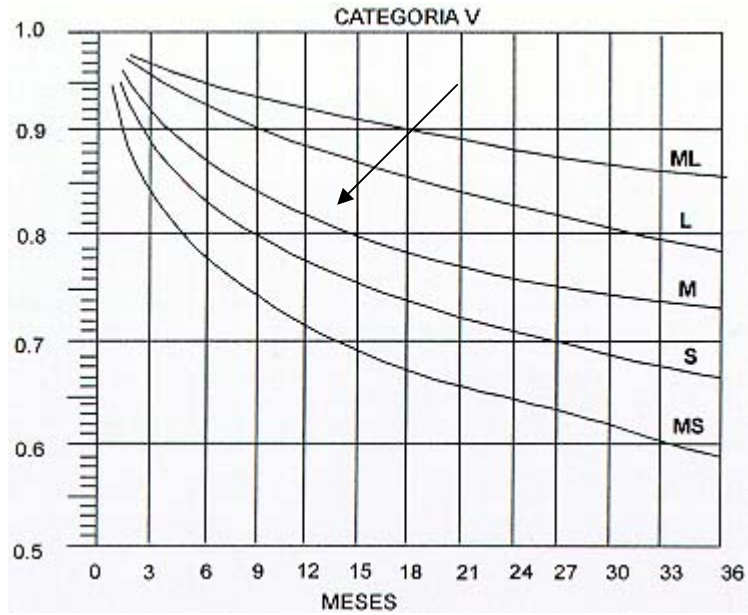


*Curvas de degradación por suciedad en el luminario.*





*Curvas de degradación por suciedad en el luminario.*



ML = Muy Limpio      M = Medio      MS = Muy Sucio  
 L = Limpio              S = Sucio

En tablas observamos, que en la categoría V, el luminario fluorescente tiene un LLD (luminaire dirt depreciation) igual a:

$$\text{LLD} = 0.79$$

Con estos valores ya es posible calcular el factor de mantenimiento.

$$FM = LLD \times LDD$$

$$FM = 0.82 \times 0.79$$

$$FM = 0.6478$$

*Sustituyendo todos los valores en la Ecuación 1. Número de luminarios*

$$\text{Número de luminarios} = \frac{ExArea}{\text{lúmenes de Lu min arios} \times C.U \times F.M} \dots\dots\dots 1$$

$$\text{Número de luminarios} = \frac{600 \times 93.75}{12200 \times 0.4828 \times 0.6474}$$

$$\text{Número de luminarios} = \frac{56250}{3813}$$

$$\text{Número de Luminarios} = 14.75$$

Cerramos el número de luminarios a 15, no se debe bajar a 14, porque tendríamos menos de los luxes mínimos establecidos por la Sociedad Mexicana de Ingeniería e Iluminación A.C. Con el número de luminarios debemos visualizar el arreglo y no utilizar un número de luminarios que lo dificulte.

**Número de Luminarios = 15**

***Arreglo de luminarios para la subárea de fabricación del taller.***

Calcular:

- Espaciamento teórico.
- Espaciamento máximo.
- Número de columnas.
- Número de renglones.
- Espaciamento entre columnas.
- Espaciamento entre renglones.
- El espaciamento que debe tener de los muros a los luminarios más cercanos.

***Espaciamento teórico.***  $S_t$

Como su nombre lo indica, es el espaciamento que debe existir entre los 15 luminarios, repartidos en la subárea. Además es un cálculo que requerimos para determinar el número de columnas y el número de renglones del arreglo de los luminarios.

$$S_t = \sqrt{\frac{\text{área}}{\text{númerodelu min arios}}} ; S_t = \sqrt{\frac{93.75}{15}}$$

$$S_t = \sqrt{6.250} ;$$

$$S_t = 2.5 m$$

***Espaciamiento máximo.***

Es el máximo espaciamiento entre centros de luminarios, ya que si es mayor, pueden existir penumbras entre ellos.

$$S_{\max} = hcc \times s.c$$

donde:

*hcc.* Altura de cavidad de cuarto, *hcc = 3.4m*

*S.C.* criterio de espaciamiento que se da en el catálogo para cada curva de distribución, en éste caso para el luminario utilizado es de:

$$S.C. = 1.4$$

Sustituyendo.

$$S_{\max} = 3.4 \times 1.4$$

$$S_{\max} = 4.76m$$

***Número de columnas.***

Con la siguiente ecuación se determina, cuántas columnas de luminarios van a existir en nuestro arreglo dentro de la subárea.

$$\boxed{\# \text{ columnas} = \frac{\text{largo}}{s_t}} \quad \# \text{ columnas} = \frac{12.5}{2.5}$$

$$\boxed{\# \text{ columnas} = 5}$$

***Número de renglones.***

Con la siguiente ecuación encontramos, cuántos renglones de luminarios van a existir en nuestro arreglo dentro de la subarea.

$$\boxed{\# \text{ renglones} = \frac{\text{ancho}}{s_t}} ; \quad \# \text{ renglones} = \frac{7.5}{2.5}$$

$$\boxed{\# \text{ renglones} = 3}$$

***Espaciamiento entre columnas.***

Distancia entre centros de luminarios a lo largo.

$x$  = espaciamiento entre columnas

$$5x = 12.5$$

despejando  $x$

$$x = \frac{12.5}{5} ;$$

$$x = 2.5m$$

**Espaciamiento entre renglones.**

Distancia entre centros de luminarios a lo ancho.

$y$  = espaciamento entre renglones.

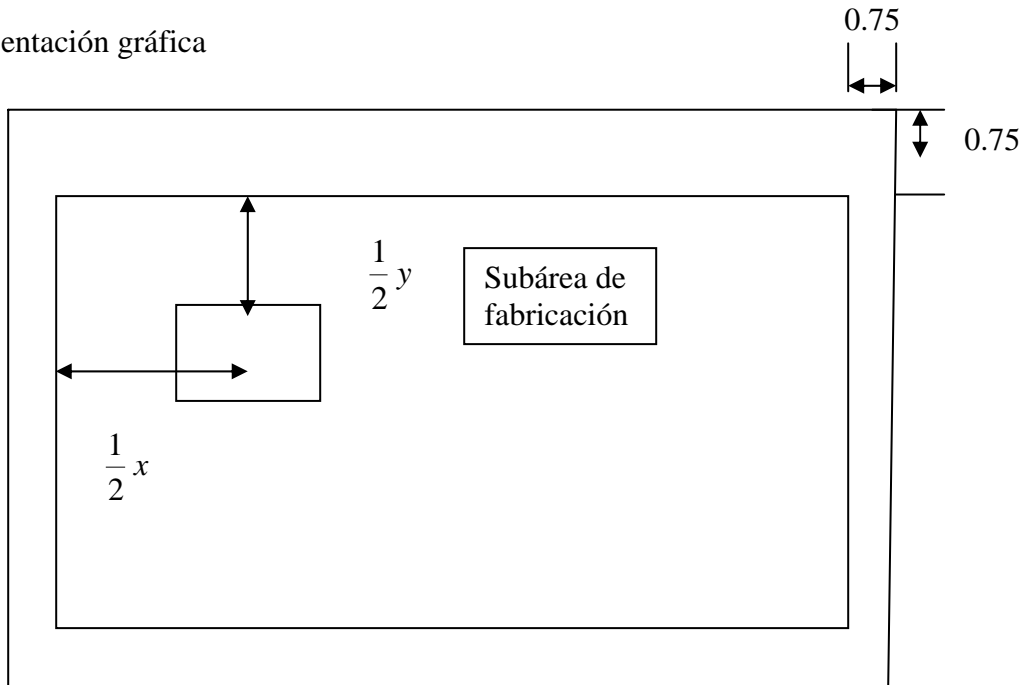
$$3y = 7.5$$

$$y = \frac{7.5}{3} ;$$

$$y = 2.5m$$

**Espaciamiento que debe tener las paredes a los luminarios mas cercanos a éstas.**

Representación gráfica



Recuerde que la iluminación se calcula para la subárea, así que, a las distancias

$$\frac{1}{2}x \quad \frac{1}{2}y$$

Y se deben de sumar a las distancias de 0.75 m hacia las paredes.

Por lo tanto  $\frac{1}{2}x = 1.25 \text{ m}$

y  $\frac{1}{2}y = 1.25 \text{ m}$

La distancia del centro del luminario a una pared es de

$$\frac{1}{2}x + 0.75 \text{ m} = 2 \text{ m}$$

y a la otra pared es de

$$\frac{1}{2}y + 0.75 = 2\text{m}$$

## **XI. Programa de iluminación Visual.**

Por medio del programa de iluminación visual. Haremos una comparación de los cálculos obtenidos anteriormente, con los cálculos desarrollados por la computadora. Y presentaremos los Resultados en forma impresa.

Al final de cada cálculo de luminarios para las diferentes áreas, se presentará a modo de comparación y estudio, páginas impresas de los valores y datos, que el programa visual nos proporciona.

Brevemente describiré los datos y valores que se deben de “introducir” a él programa para que este simule los luminarios en el cuarto.

Medidas del cuarto. En éste caso son las medidas de la subárea que es la que nos interesa iluminar.

Reflectancia de techo, paredes y pisos.

Altura del plano de trabajo, altura de montaje del luminario.

Photometry (características de iluminación del luminario).

Light loss factor.

Los luxes que requerimos en nuestra tarea visual.

Los valores calculados por el programa y que pueden ser impresos son los siguientes:

**Número de luminarios necesarios.**

**Promedio de lux en cuarto.**

**Lux max. y lux min.**

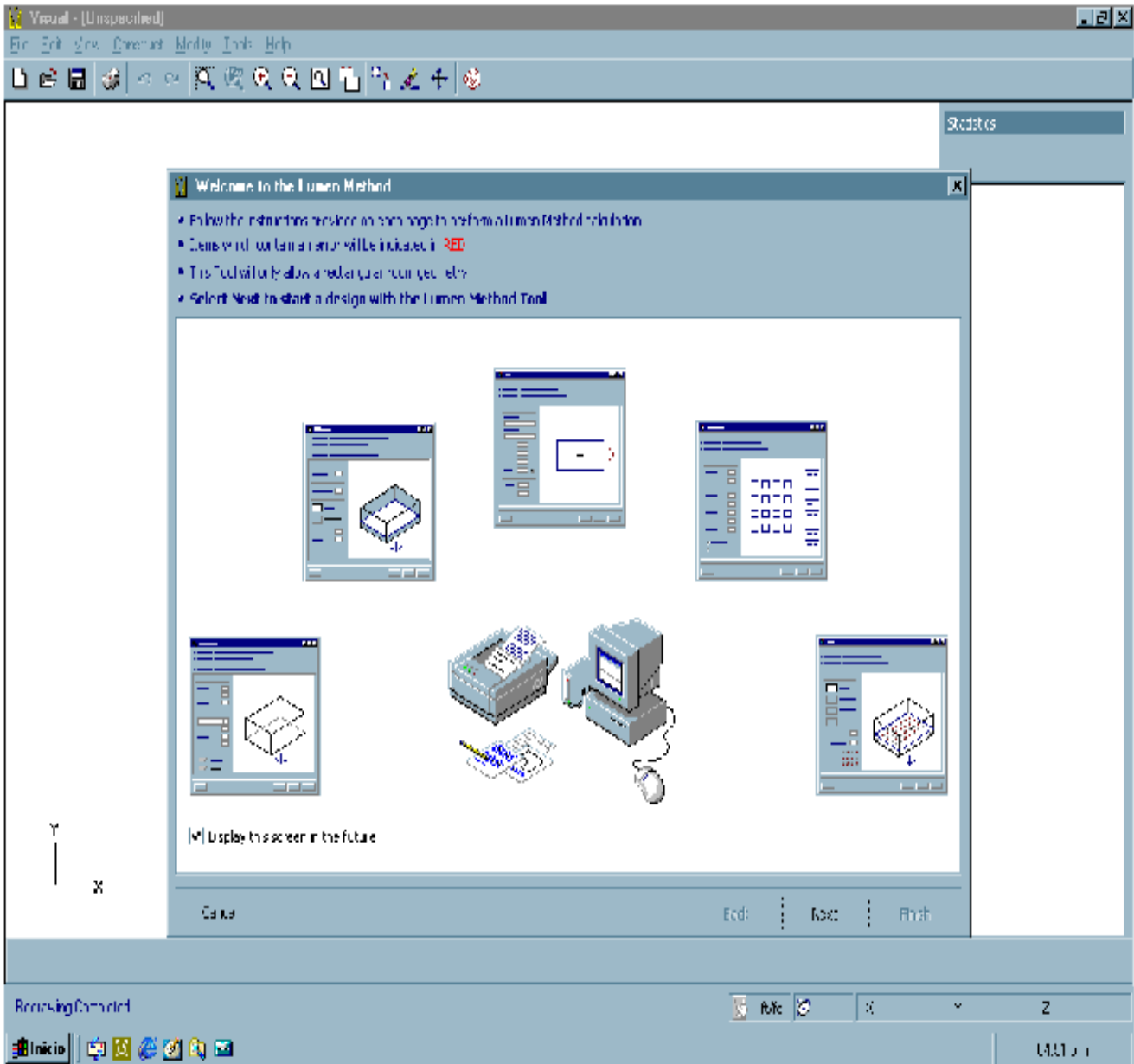
**Curvas isolux.**

**Representación de luminarios en el área.**

**Promedio de luxes máximo y mínimo**



*Presentación de la pantalla del Programa Visual.*



A continuación, presento los resultados de los cálculos del programa visual, para la subárea de fabricación del taller de muebles.

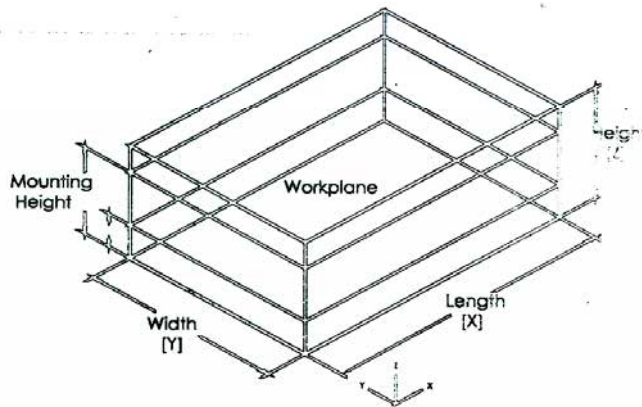
Lumen Method Summary

Project

Title  
Number  
Company  
Designer

Room

Length [X] 7.5 m  
Width [Y] 12.5 m  
Height [Z] 5 m  
RCR 3.63  
Ceiling 50 %  
Walls 30 %  
Floor 20 %  
Workplane Height 1 m



Luminaire

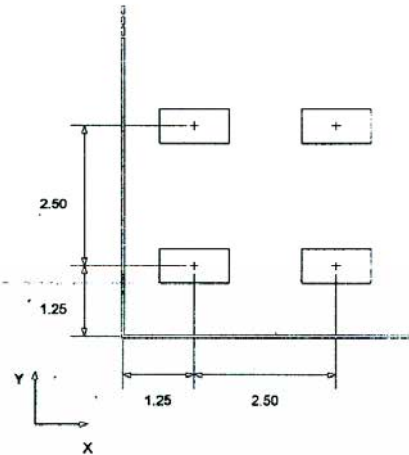
Mounting Height 4.4 m  
Catalog Number 6281-438  
Manufacturer  
IES File Name 23127-b

Lamp Description  
Number of Lamps 4  
Lamp Lumens 3050  
Light Loss Factor 0.65

Coefficient of Utilization 0.49

Output

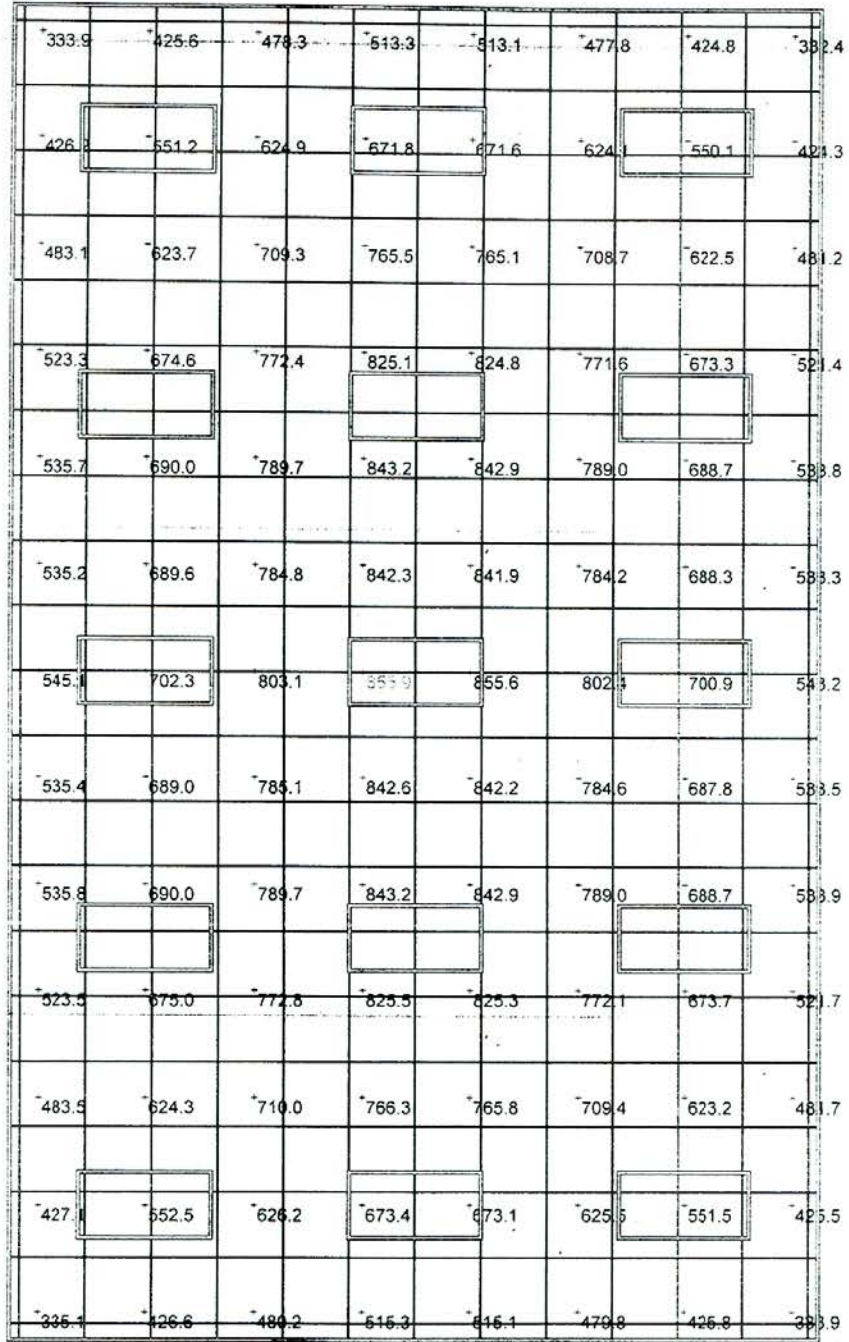
Illuminance 822 lux  
Number of Luminaires 16  
Number of Columns [X] 3  
Number of Rows [Y] 5  
Column Spacing [X] 2.50 m  
Row Spacing [Y] 2.50 m  
Column Start [X] 1.25 m  
Row Start [Y] 1.25 m  
Power Density 5.12 Watts/sq. m



Note: Calculations are based on procedures established by the Illuminating Engineering Society of North America, or standard industry practice. Visual computes output performance based on input data as provided by, and which is the sole responsibility of, the user. The Lithonia Lighting Group cannot be held responsible for the variations in actual situations which can effect calculated output.

Visual

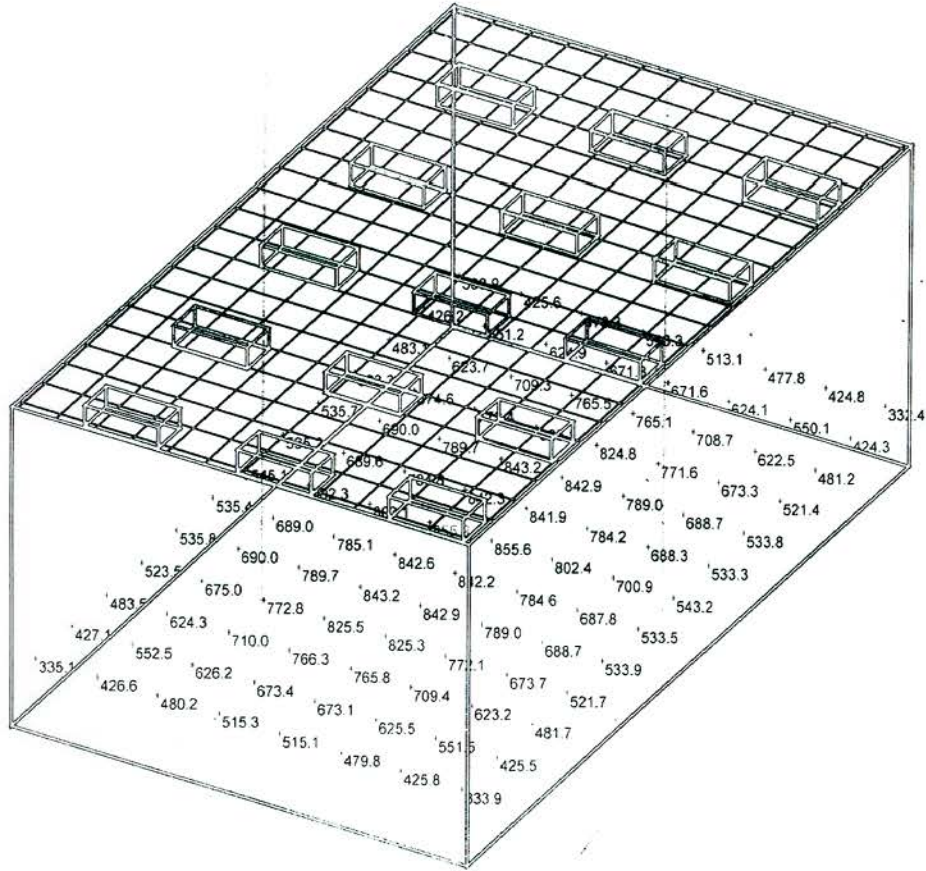
Area de Produccion 12.5x7.5m  
Fluorescents.



Plan View  
Scale 1 : 60

Calculated values include direct and interreflected components.

Area de Producción 12.6x7.8m  
Fluorescente. Isométrico



Southwest View  
Met. for Scale

\* Calculated with use of computer program and information provided on page 20.

Se ha determinado la iluminación en la subárea de fabricación del taller de muebles. Es momento ahora, de iluminar el área del almacén donde se tendrán los muebles fabricados.

Para este problema se desarrollan los mismos pasos que anteriormente se hicieron, con el mismo luminario.

## XII. Iluminación del área del almacén de muebles.

*Determinar el nivel de iluminación en el área.*

Categorías.

Edificios Industriales

Oficinas, escuelas y edificios Públicos

Hospitales

Hoteles, Restaurantes, tiendas y residencias

**Áreas comunes**

Alumbrado exterior

Alumbrado de áreas deportivas

Alumbrado de transporte

Nuestra actividad se encuentra en áreas comunes.

V. AREAS COMUNES	LUXES I.E.S. 99%	LUXES S.M.I.I. 95 %
<b>BODEGAS O CUARTOS DE ALMACENAMIENTO.</b>		
Inactivas	50	30
<b>Activas:</b>		
Piezas toscas	100	60
<b>Piezas medianas</b>	200	<b>100</b>
<b>Piezas finas</b>	500	<b>300</b>
ELEVADORES DE CARGA Y PASAJERO	200	100
ESCALERAS	200	100
PASILLOS Y CORREDORES	200	100

Se ha determinado la iluminación en la subárea de fabricación del taller de muebles. Es momento ahora, de iluminar el área del almacén donde se tendrán los muebles fabricados.

Para este problema se desarrollan los mismos pasos que anteriormente se hicieron, con el mismo luminario.

## XII. Iluminación del área del almacén de muebles.

*Determinar el nivel de iluminación en el área.*

Categorías.

Edificios Industriales

Oficinas, escuelas y edificios Públicos

Hospitales

Hoteles, Restaurantes, tiendas y residencias

**Áreas comunes**

Alumbrado exterior

Alumbrado de áreas deportivas

Alumbrado de transporte

Nuestra actividad se encuentra en áreas comunes.

V. AREAS COMUNES	LUXES I.E.S. 99%	LUXES S.M.I.I. 95 %
<b>BODEGAS O CUARTOS DE ALMACENAMIENTO.</b>		
Inactivas	50	30
<b>Activas:</b>		
Piezas toscas	100	60
<b>Piezas medianas</b>	200	<b>100</b>
<b>Piezas finas</b>	500	<b>300</b>
ELEVADORES DE CARGA Y PASAJERO	200	100
ESCALERAS	200	100
PASILLOS Y CORREDORES	200	100

El proyectista muchas veces se encuentra, que en tablas no esta definida la actividad que se va a desarrollar en su proyecto, por lo que debe preguntarse **¿Qué cantidad de luxes se pueden establecer en esa área, en comparación con otras actividades que se encuentran en tablas?.**

En el proyecto para calcular los luxes del almacén pasa lo siguiente:

Un mueble puede ser una pieza tosca, si se considera su tamaño.

Un mueble no es una pieza fina, si hablamos del tamaño.

Un mueble puede ser una pieza mediana.

Un mueble requiere que se distinga su acabado y color.

En un almacén se requieren 300 luxes para una pieza fina y 100 para una pieza mediana.

**Por lo que determinamos, que para este proyecto, un promedio de 240 luxes son suficientes en el almacén de muebles.**

*Nivel de Iluminación requerido= 240 Luxes*

*Cálculo de Candelas necesarias:*

Con la siguiente ecuación se calcula las candelas necesarias en  $0^0_v$  (cero grados vertical).

$$I_{0^0_v} = E \cdot x \cdot h \cdot c \cdot c^2$$

Donde:

$I_{0^0_v}$  ; Candelas a cero grados vertical

E; Nivel de iluminación en esa actividad (600 luxes)

hcc = 4.4. Altura de cavidad de cuarto (distancia entre parte baja del luminario al nivel del piso), ya que en esta área no existen bancos o mesas de trabajo.

Sustituyendo

$$I_{0^0_v} = 240 \times 4.40^2$$

Tenemos que

$$\underline{I_{0^0_v} = 4646.4cd}$$

El luminario que escojamos debe de tener al menos 50% o más de las candelas, calculadas, por recomendación, ya que si nos aproximamos más a el valor de  $I_{0^0_v}$  digamos al 100% o mayor a 100% tendríamos en  $I_{0^0_v}$  muy iluminado, y alrededor penumbras entre uno y otro luminario.

Elegiremos un luminario, entre una gama de luminarios que presenta la empresa de iluminación Holophane. En uno de sus tantos catálogos.

El luminario de la serie 6250. En sus características menciona que es un equipo técnicamente diseñado para aplicarse en la iluminación general de oficinas, salones de clase, bancos, tiendas de autoservicios, hospitales, auditorios, bibliotecas, vestíbulos, corredores, cuartos de control, sala de máquinas **y en general donde se requiera tener una iluminación uniforme y un confort visual óptimo.**

En el proyecto para iluminar el área de Almacén requerimos  $I_{0^0_v} = 3872cd$

En la curva de distribución de la serie 6250 del catalogo que presenta holophane, tenemos que en

$$I_{0^0_v} = \underline{3689 cd},$$

Lámpara de 40 watts se cambio por una de 32 watts, en la solución de la iluminación de la subárea del taller, para un mayor ahorro de energía, y que se hicieron sus comparaciones respectivamente. Por lo tanto ese mismo luminario es el que se ocupará para iluminar el almacén.

$I_{0^0_v \ 32 \ watts} = 3570.9cd \text{ (son más de la mitad requerida, OK)}$
---



Luminario con Lamp. De 32 watts
4 lámparas de 32w, T8
Acabado blanco frío
Encendido rápido.
Mediana de 2 alfileres
2 balastos 2 x 32 w
2 controlentes 6000
Un criterio de espaciamiento de (S.C. = 1.4)
Peso aprox de 19 kg.
$I_{0^0 v} = \underline{3570.9 \text{ cd}}$ ,
Lúmenes por lámpara = 3050
Lúmenes por luminario = 12600x.968
Lúmenes por luminario = 12200
Eficacia = 95 lum/watt
Vida en horas = 20,000
L.L.D = 0.82

**Método de lumen.**

*Cálculo del número de luminarios en almacén.*

$$\text{Número de luminarios} = \frac{\text{ExArea}}{\text{lúmenes del } Lu \text{ min ario} \times C.U \times F.M} \dots\dots\dots 1$$

Donde:

C.U = Coeficiente de utilización.

**E** = Nivel de luxes.

**F.M** = factor de mantenimiento.

Calcular el C.U.

Método de índice de cuarto	Método de cavidad Zonal.
$I_c = \frac{Area}{hcc(L \text{ arg } o + ancho)}$	<p>AREAS REGULARES</p> $R.C.R = \frac{5xhcc(l \text{ arg } o + ancho)}{Area}$ <p>AREAS IRREGULARES</p> $R.C.R = \frac{2.5xhcc(perímetro)}{Area}$

El Almacén es un área regular. Por lo tanto:

$$hcc = 4.40 \text{ m}$$

$$largo = 14 \text{ m}$$

$$ancho = 9 \text{ m}$$

$$R.C.R = \frac{5xhcc(l \text{ arg } o + ancho)}{Area}$$

$$\text{área} = 126 \text{ m}^2$$

$$R.C.R = \frac{5x4.40(9 + 14)}{126} = \frac{506}{126} = 4.015$$

$$R.C.R = 4.015$$

Con este valor podemos ir a la curva de distribución de los diferentes luminarios en los catálogos del fabricante, en las tablas, determinamos el c.u que le corresponde al R.C.R calculado.

Coficiente de utilización

Holophane

No 6250 – 432

4-32w / blanco frío

Piso		20%									
Techo		80%			50%			10%			0%
Pared		50%	30%	10%	50%	30%	10%	50%	30%	10%	0%
	0	.82	.82	.82	.77	.76	.76	.70	.70	.70	.69
	1	.74	.71	.69	.69	.67	.66	.64	.63	.62	.61
	2	.66	.62	.59	.62	.59	.57	.58	.56	.54	.53
<b>R</b>	3	.59	.54	.50	.556	.52	.49	.53	.50	.48	.4
	4	.53	.48	.44	.51	.46	.43	.48	.45	.42	.41
<b>C</b>	5	.48	.43	.39	.46	.42	.38	.44	.40	.37	.36
	6	.44	.38	.34	.42	.37	.34	.40	.36	.33	.32
<b>R</b>	7	.40	.34	.31	.38	.34	.30	.37	.33	.30	.29
	8	.37	.31	.28	.35	.31	.27	.34	.30	.27	.26
	9	.34	.28	.25	.33	.28	.25	.31	.27	.24	.23
	10	.31	.26	.23	.30	.26	.23	.29	.25	.22	.21

La Aportación por reflexión para una nave industrial usualmente se considera.

Piso 20%

Techo 50%

Pared 30%

El RCR calculado se encuentra entre los valores 4 y 5, por lo tanto tendremos que interpolar entre ellos para calcular el C.U deseado.

Interpolación.

4 ----- 0.46

4.015-----0.4594

$$5 \text{ ----- } 0.42$$

Para encontrar este valor primero se hace la diferencia entre 0.46 y 0.42 que nos da por resultado .040

De 4 a 5 hay una unidad 1.

Entonces:

$$1 \text{-----} .040 \qquad x = \frac{.040 \times 0.015}{1} = 0.0006$$

$$0.015 \text{-----} x$$

Por último la diferencia de 0.46 - 0.0006 = **0.4594** que es el valor de C.U y corresponde al R.C.R que calculamos.

Por lo tanto **C.U = 0 .4594**

**Factor de Mantenimiento (FM)** o factor de perdida de luz (light loss factor LLF).

$$F.M = L.L.D. \times L.D.D$$

De tablas el L.L.D es el mismo de la lámpara anterior

$$\text{LLD} = 0.82$$

El siguiente paso es calcular el **LDD**. Luminaire Dirt Depreciation. (depreciación por suciedad acumulada).

Para determinar este factor se debe de considerar los siguientes criterios.

Determinar los meses que el luminario tiene que tener mantenimiento, se recomienda 18 meses.

El ambiente en donde se instalará el luminario debido a su actividad es :

- Muy sucio (cocinas, cochambre, hornos, vapores, etc)
- Sucio (industrias, talleres, bodegas, etc.)
- **Medio** (talleres, bodegas, Estacionamientos, etc)
- Limpio (oficinas, centros comerciales, etc.)
- Muy limpio (hospitales, laboratorios electrónicos, etc.)

Que categoría tiene el luminario.

Categoría I

Categoría II

Categoría III

Categoría IV

**Categoría V**

Por lo tanto, el mantenimiento que deberá tener nuestro luminario es de 18 meses, en un ambiente medio, y categoría del luminario V.

Usted dirá que el almacén es un tanto más limpio que el taller de fabricación, el almacén no se encuentra alejado del taller, y puede transmitirse el polvo, es por eso, que lo podemos considerar como nivel medio.

Sabiendo esto nos apoyamos en las curvas de degradación por suciedad en el luminario. Para calcular el LDD. Que por lo tanto será el mismo que el caso de la subárea del taller.

En las tablas observamos que en la categoría V, el luminario fluorescente tiene un LLD (luminaire dirt depreciation) igual a:

$$\text{LLD} = 0.79$$

**Factor de mantenimiento.**

$$FM = LLD \times LDD$$

$$FM = 0.82 \times 0.79$$

$$FM = 0.6478$$

Sustituyendo todos los valores en la Ecuación 1.

$$\text{Número de luminarios} = \frac{\text{ExArea}}{\text{lúmenes de Lu min arios} \times C.U \times F.M} \dots\dots\dots 1$$

$$\text{Número de luminarios} = \frac{240 \times 126}{12200 \times 0.4594 \times 0.6474}$$

$$\text{Número de luminarios} = \frac{30240}{3628.469}$$

$$\text{Número de Luminarios} = 8.33$$

Cerraremos el número de luminarios a 9. Con este número de luminarios debemos visualizar el arreglo y no utilizar un número de luminarios que lo dificulte.

$$\text{Número de Luminarios} = 9$$

**Arreglo de luminarios para el almacén.**

Calcular:

- Espaciamiento teórico.
- Espaciamiento máximo.

- Número de columnas.
- Número de renglones.
- Espaciamiento entre columnas.
- Espaciamiento entre renglones.
- El espaciamiento que debe tener de los muros a los luminarios más cercanos

***Espaciamiento teórico.  $S_t$***

Como su nombre lo indica, es el espaciamiento que debe existir entre los 8 luminarios, repartidos en el área del almacén. Además es un cálculo que requerimos para determinar el número de columnas y el número de renglones del arreglo de los luminarios.

$$S_t = \sqrt{\frac{\text{área}}{\text{númerodelu min arios}}}$$

$$; S_t = \sqrt{\frac{126}{9}}$$

$$S_t = \sqrt{14} ;$$

$$S_t = 3.74 \text{ m}$$

***Espaciamiento máximo.***

Es el máximo espaciamiento entre centros de luminarios, ya que si es mayor, pueden existir penumbras o zonas oscuras entre ellos.

$$S_{\max} = hccxsc$$

donde:

$hcc$ . Altura de cavidad de cuarto,  $hcc = 4.4$

$S.C.$  criterio de espaciamiento que se da en el catalogo para cada curva de distribución.

$$S.C. = 1.4$$

Sustituyendo.

$$s_{\max} = 4.4 \times 1.4$$

$$s_{\max} = 6.16m$$

**Número de columnas.**

Con la siguiente ecuación encontramos, cuántas columnas de luminarios van a existir en nuestro arreglo, dentro del almacén.

$$\# \text{columnas} = \frac{\text{largo}}{s_t}$$

$$\# \text{columnas} = \frac{14}{3.74} \quad \# \text{columnas} = 3.74$$

$$\# \text{columnas} = 3$$

**Número de renglones.**

Con la siguiente ecuación encontramos, cuántos renglones de luminarios van a existir en nuestro arreglo, dentro del almacén

$$\# \text{renglones} = \frac{\text{ancho}}{s_t} ;$$

$$\# \text{renglones} = \frac{9}{3.96}$$

$$\# \text{renglones} = 2.40$$

$$\# \text{renglones} = 3$$



Distancia entre centros de luminarios a lo largo.

$x$  = espaciamento entre columnas

$$3x = 14$$

despejando  $x$

$$x = \frac{14}{3} ;$$

$$x = 4.66 \text{ m}$$

***Espaciamento entre renglones.***

Distancia entre centros de luminarios a lo ancho.

$y$  = espaciamento entre renglones.

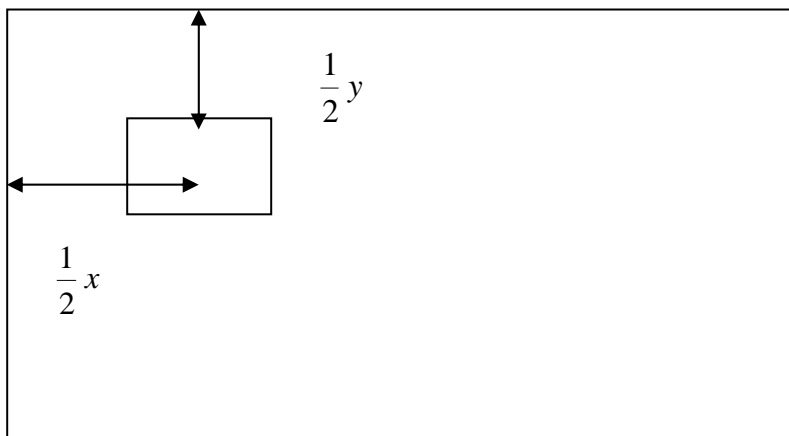
$$3y = 9$$

$$y = 3 \text{ m}$$

$$y = \frac{9}{3} ;$$

***Espaciamento que debe tener las paredes a los luminarios más cercanos a éstas.***

Representación gráfica.



Por lo tanto  $\frac{1}{2}x = 2.33$  y  $\frac{1}{2}y = 1.5$  m Concluimos:

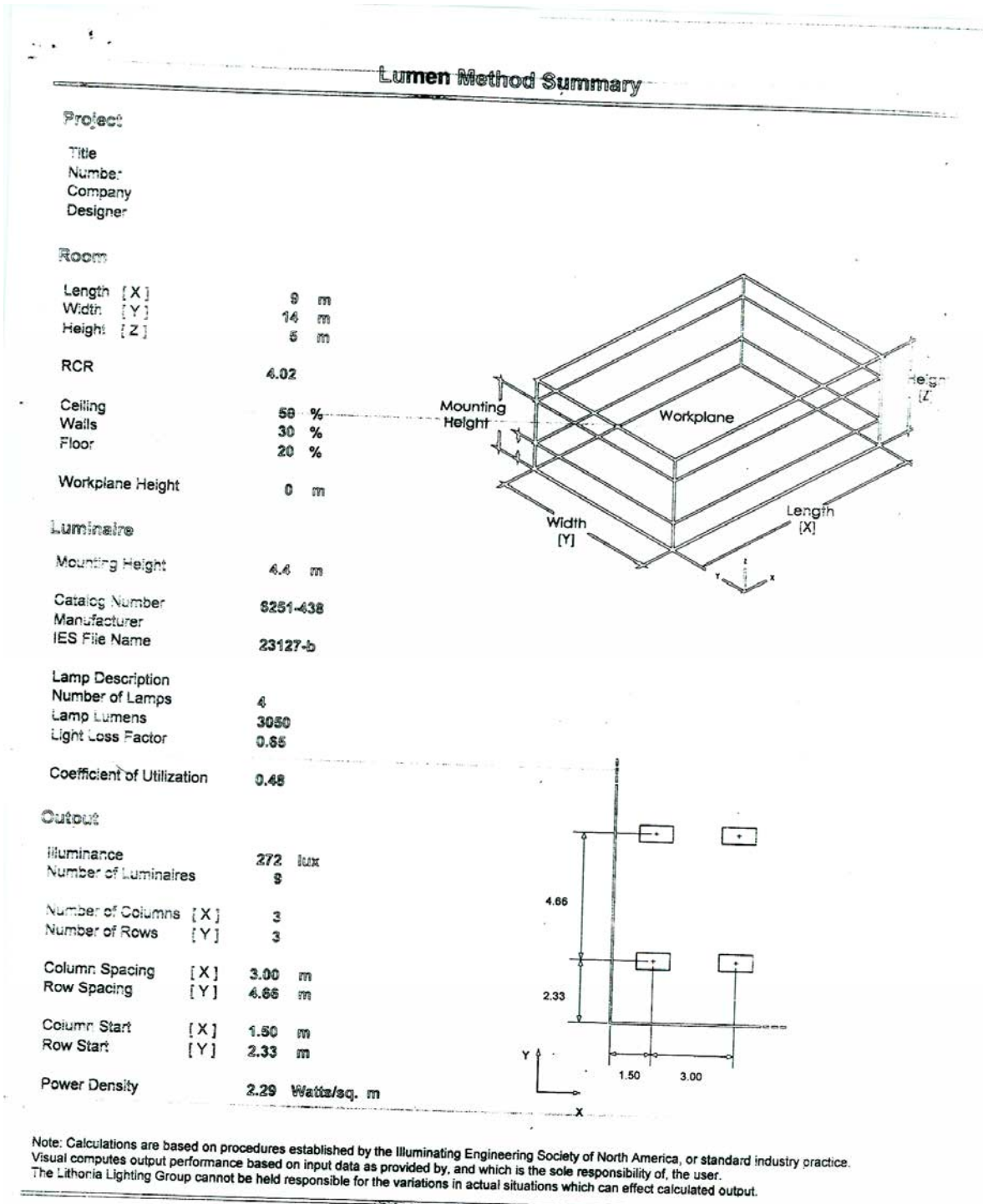
En la subárea del taller requerimos.

**Número de Luminarios = 15**

Y en el área del almacén.

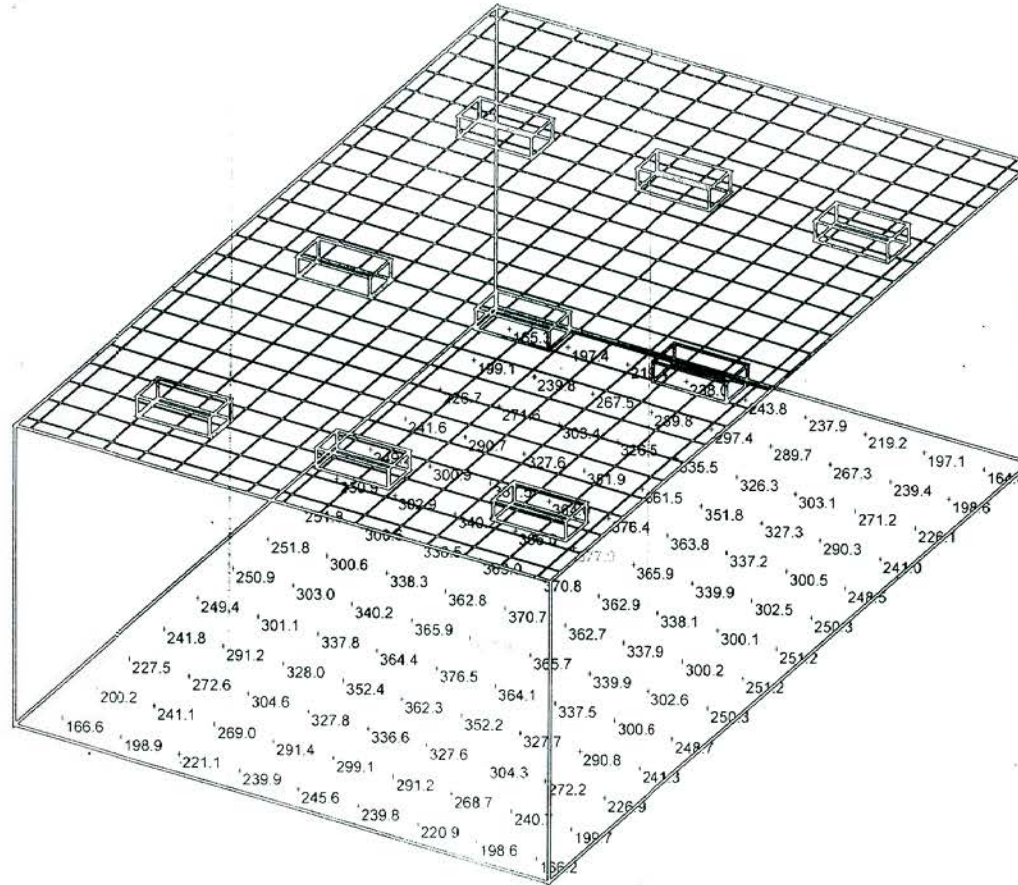
**Número de Luminarios = 9**

*Cálculo de luminarios en almacén con programa visual basic.*



Visual

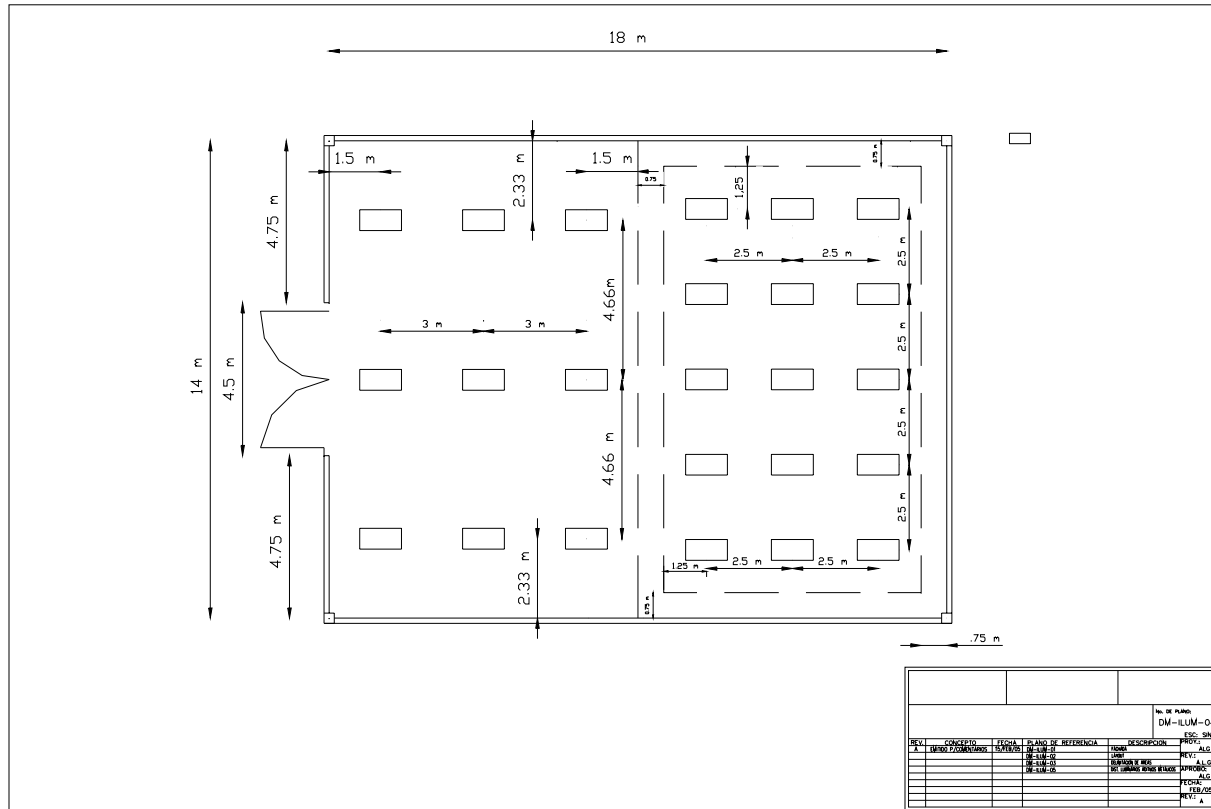
Area de Almacen 14x9m  
Fluorescente. Isométrico



Southwest View  
not to Scale

Calculated values include direct and interreflected components

Arreglo general de luminarios fluorescentes.



REV.	CONCEPTO	FECHA	PLANO DE REFERENCIA	DESCRIPCION	EST.
A	MEJOR PLANTEAMIENTO	15/07/05	DM-ILUM-04	TODA LA ILUMINACION	ALG.
				REVISAR PLANOS	ALG.
				REVISAR PLANOS	ALG.
				REVISAR PLANOS	ALG.
				REVISAR PLANOS	ALG.
				REVISAR PLANOS	ALG.
				REVISAR PLANOS	ALG.
				REVISAR PLANOS	ALG.
				REVISAR PLANOS	ALG.
				REVISAR PLANOS	ALG.

*El luminario que anteriormente se ocupó para iluminar el taller de fabricación de muebles, es uno, de varios que se pueden utilizar para iluminar esa área.*

***XIII. Iluminación con otro luminario.***

***El proyectista debe comparar lo siguiente.***

- Costo del luminario.
- Costo de la instalación.
- Ahorro de energía. (costo)
- Costo de sustitución de lámpara
- Mantenimiento.
- Calidad de iluminación.

A modo de comparar lo anterior, elegiremos otro luminario, Desarrollando los mismos pasos. Al final repetiremos este cuadro y realizaremos las comparaciones, para elegir el mejor tipo de luminario para el taller de fabricación de muebles.

***Iluminación de la subárea de fabricación del taller de muebles.***

***Nivel de iluminación requerido = 600 luxes***

***Selección de lámpara y luminario.***

Las candelas necesarias en  $0^0_v$  (cero grados vertical).

$$I_{0^0_v} = Exh .c.c^2 ; \quad I_{0^0_v} = 6936 \text{ cd}$$

El luminario que seleccionemos debe de tener al menos 50% o más de las candelas, calculadas, por recomendación, ya que si nos aproximamos más a el valor de  $I_{0^0_v}$  digamos al 100% o mayor a 100% tendríamos en  $0^0_v$  muy iluminado, y alrededor penumbras entre uno y otro luminario.

Elegiremos un luminario, entre una gama de luminarios que presenta la empresa de iluminación Holophane.

### **Small Prismpack.**

Los luminarios prismpack proporcionan un adecuado control de luz, **sus coeficientes de utilización son tan altos como 0.96** porque los reflectores de cristal prismático Holophane están acoplados específicamente a la lámpara.

Los reflectores de cristal prismático, proporcionan un excelente control de brillantez. Una selección de curvas de distribución de varias combinaciones de reflector / lámpara, hace posible una excelente iluminación.

En general los luminarios prismpack V están diseñados para trabajar en ambientes pesados con un bajo mantenimiento y ofrecen diferentes curvas de distribución fotométrica.

El reflector de cristal prismático ENDURAL, es termorresistente y no es atacado por corrosión. Está provisto de una cubierta de metal sellada para soporte mecánico y mantener limpia la parte externa del reflector de cristal prismático. El reflector está preparado para soportar las más adversas condiciones ambientales.

Las instalaciones y el costo de operación son bajos por la poca cantidad de luminarios que se necesitan para el mantenimiento de los niveles de iluminación.

A través del efecto chimenea la acción de autolimpieza de los reflectores de cristal prismático en los luminarios, crea una corriente de aire a través del reflector llevando las partículas de polvo hacia fuera por la parte superior del luminario.

La baja depreciación por suciedad y escasa necesidad de limpieza significan más luz al más bajo costo de operación. Cuando la limpieza es requerida, una simple pasada con un paño sobre la superficie pulida interna del reflector de vidrio, restaurará su eficiencia inicial.

**Cuando se instalan a una altura de 3.70 a 3 m. Los luminarios prismatic, tienen una larga vida y requieren un bajo mantenimiento. Las lámparas de aditivos metálicos dan un excelente rendimiento para color.**

Se pueden ocupar en:

- |                     |   |
|---------------------|---|
| Naves industriales. | Almacenes o bodegas                           |
| Areas de máquinas.  | Hangares                                      |
| Inspección.         | Centros de convenciones                       |
| Líneas de ensamble. | Gimnasios                                     |
| Producción.         | Centros comerciales o tiendas de autoservicio |
| Area de fundición.  |   |
| Terminales áreas.   | Central de autobuses                          |

<b>Luminario small prismatic. Equipado con lámparas de aditivos metálicos de 250 watts.</b>
Lámpara de 250 watts
Acabado fosforado
Eficacia 82 lm/watt
Factor de depreciación LLD = 0.78
Base Mogul
Longitud en centímetros 21.10
Bulbo BT-28
Lúmenes iniciales = 20500
Vida en horas 10,000



# HOLOPHANE



Small Prisma pack



### Cálculo de número de luminarios en almacén

$$\text{Número de luminarios} = \frac{Ex \text{Area}}{\text{lúmenes de Luminario} \times CUF \times M} \dots\dots\dots 1$$

Determinación del coeficiente de utilización.

Método de índice de cuarto	Método de cavidad Zonal.
$Ic = \frac{Area}{hcc(L \text{ arg } o + ancho)}$	<p style="text-align: center;">AREAS REGULARES</p> $R.C.R = \frac{5xhcc(l \text{ arg } o + ancho)}{Area}$ <p style="text-align: center;">AREAS IRREGULARES</p> $R.C.R = \frac{2.5xhcc(perímetro)}{Area}$

La subárea es un área regular.

Por lo tanto.

$$R.C.R = \frac{5xhcc(l\ arg\ o + ancho)}{Area}$$

$$hcc = 3.40\ m$$

$$largo = 12.5\ m$$

$$ancho = 7.5\ m$$

$$área = 93.75\ m^2$$

$$R.C.R = \frac{5x3.40(7.5 + 12.5)}{93.75} = \frac{340}{93.75} = 3.62$$

$$R.C.R = 3.62$$

Con este valor podemos ir a la curva de distribución. Pero en este caso no se cuenta con esta información en catálogo, así que ocupando la información **que nos facilita el programa de iluminación, tenemos :**

Reflectancia en:

Piso 20%

Techo 50%

Pared 30%

$$C.U = 0.48\ (Programa\ Visual)$$

Posteriormente, compararemos los valores con el cálculo del programa visual.

**Factor de Mantenimiento (FM)** o factor de pérdida de luz (light loss factor LLF).

$$F.M = L.L.D. \ x \ L.D.D$$

De tablas el L.L.D.

**DATOS DE LAMPARAS DE VAPOR DE MERCURIO**

WATTS	ACABADO	LUMENES INICIALES	VIDA EN HORAS	EFICIENCIA LUMENES/WATTS	FACTOR DE DEPRECIACION (L.L.D.)	BASE	BULBO	LONGITUD EN CENTIMETROS
100	BLANCO DE LUJO	4,400	24,000	44	0.82	MOGUL	BT-25	19.10
175	BLANCO DE LUJO	8,500		49	0.89		E-28	21.00
250	BLANCO DE LUJO	12,775		51	0.84		E-28	21.00
400	BLANCO DE LUJO	23,000		58	0.86		BT-37	29.20
1000	BLANCO DE LUJO	63,000		63	0.77		BT-56	39.00






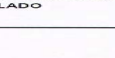
**DATOS DE LAMPARAS DE ADITIVOS METALICOS**

70	CLARO	5,200	15,000V - 10,000H	74	0.81	E-26	ED-17	14.60
70	FOSFORADO	4,800	15,000V - 10,000H	74	0.75	E-26	ED-17	14.60
100	CLARO	7,800	10,000V - 7,500H	78	0.75	E-26	ED-17	14.60
100	FOSFORADO	8,000	15,000V - 10,000H	78	0.73	E-26	ED-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	20,000V - 15,000H	90	0.75		BT-37	29.20
400	FOSFORADO	36,000V-32,000H	20,000V - 15,000H	90	0.72		BT-37	29.20
400	CLARO	40,000	20,000	100	0.80		BT-37	29.20*
1000	CLARO	110,000V-107,800H	12,000V - 9,000H	110	0.80		BT-56	39.00
1000	FOSFORADO	105,000 V-100,000H	12,000V - 9,000H	105	0.78		BT-56	39.00
1500	CLARO	155,000V	3,000	103	0.92		BT-56	39.00*
1500	CLARO	155,000V-150,000H	3,000	103	0.92	BT-56	39.00**	

**DATOS DE LAMPARAS DE HALOGENUROS METALICOS "H.Q.I."**

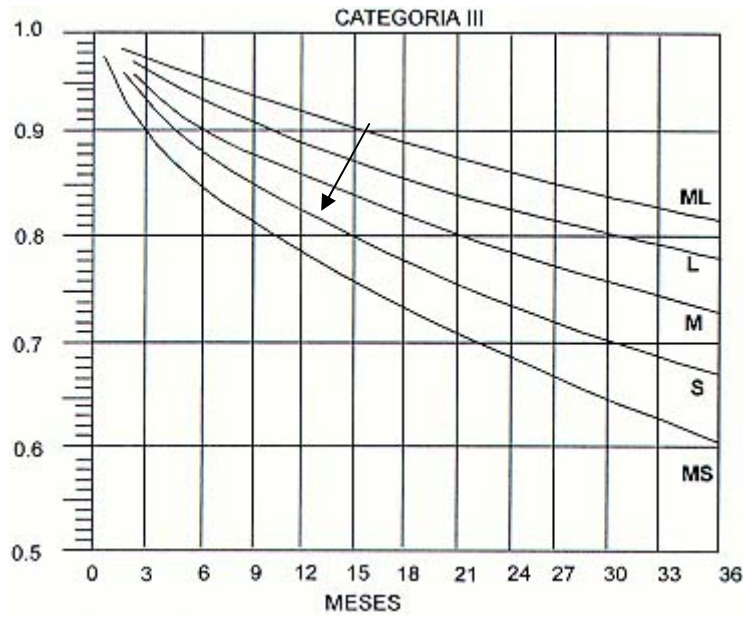
70	BLANCO CALIDO	5,200	10,000	74	0.80	G-12	SINGLE ENDED "T"	8.40
70	BLANCO FRIO	5,500	10,000	79	0.80	RX-7S	DOUBLE ENDED "TS"	11.42
70	BLANCO CALIDO	5,000	10,000	71	0.80	RX-7S	DOUBLE ENDED "TS"	11.42
150	BLANCO CALIDO	12,000	10,000	80	0.80	G-12	SINGLE ENDED "T"	8.40
150	BLANCO FRIO	12,500	10,000	83	0.80	G-12	SINGLE ENDED "T"	8.40
150	BLANCO CALIDO	11,000	10,000	73	0.80	RX-7S	DOUBLE ENDED "TS"	13.20
150	BLANCO FRIO	11,250	10,000	75	0.80	RX-7S	DOUBLE ENDED "TS"	13.20
250	LUZ DE DIA	19,000	10,000	76	0.80	MOGUL	T-14	22.50
400	LUZ DE DIA	33,000	10,000	83	0.80	MOGUL	T-14	28.50

El siguiente paso es calcular el **LDD**. El ambiente en donde se instalará el luminario, como anteriormente debido a su actividad es **Medio**.

LUMINARIO TÍPICO	CURVA DE DIST. Y % DE LUMENES	
	CAT.	ESPAC. MÁXIMO
 UNIDAD TOTALMENTE CERRADA	V	1.4 0% 71%
 UNIDAD TIPO INDUSTRIAL CON REFLECTOR PRISMÁTICO VENTILADO (EFECTO CHIMENEA).	III	1.5 36% 77%
 UNIDAD TIPO INDUSTRIAL CON REFLECTOR PRISMÁTICO CERRADO. POR MEDIO DE REFRACTOR PRISMÁTICO	V	1.8 0% 45% 11.4
 UNIDAD CERRADA POR MEDIO DE REFRACTOR PRISMÁTICO	V	1.5 3% 68%
 UNIDAD DE EMPOTRAR CON REFLECTOR PRISMÁTICO VENTILADO	IV	1.7 0% 56%
 UNIDAD FLUORESCENTE TIPO INDUSTRIAL	II	1.3 22% 65%

Categoría III

Curvas de degradación por suciedad en el luminario.



ML = Muy Limpio; M = Medio; MS = Muy Sucio

L = Limpio; S = Sucio

La degradación por suciedad en el luminario a 18 meses, en la categoría III en un ambiente medio es de:

$$LLD = 0.82$$

**Factor de Mantenimiento.**

$$FM = LLD \times LDD$$

$$FM = 0.78 \times 0.82$$

$$FM = 0.6396$$

Sustituyendo todos los valores en la Ecuación 1.

$$\text{Número de luminarios} = \frac{ExArea}{\text{lúmenes de } Lu \text{ min arios} \times C.U \times F.M} \dots\dots\dots 1$$

$$\text{Número de luminarios} = \frac{600 \times 93.75}{20500 \times 0.4778 \times 0.6396}$$

$$\text{Número de luminarios} = \frac{56250}{6264.8180}$$

$$\text{Número de luminarios} = 8.99$$

Cerraremos el número de luminarios a 9.

$$\text{Número de luminarios} = 9$$

*Arreglo de luminarios para la subárea del taller*

*Espaciamiento teórico.  $S_t$*

$$S_t = \sqrt{\frac{\text{área}}{\text{númerodelu min arios}}} ; S_t = \sqrt{\frac{93.75}{9}}$$

$$S_t = \sqrt{10.41} ;$$

$$S_t = 3.227 \text{ m}$$

*Espaciamiento máximo.*

$$S_{\max} = hccxs.c$$

donde:

$hcc$ . Altura de cavidad de cuarto,  $hcc = 3.4 \text{ m}$

$S.C. = 1.4$

Sustituyendo.

$$S_{\max} = 4.76 \text{ m}$$

$$s_{\max} = 3.4 \times 1.4$$

*Número de columnas.*

$$\# \text{ columnas} = \frac{\text{largo}}{s_t} \qquad \# \text{ columnas} = \frac{12.5}{3.227}$$

$$\# \text{ columnas} = 3.87$$

$$\mathbf{N\acute{u}mero de Columnas = 3}$$

*Número de renglones.*

$$\# \text{ renglones} = \frac{\text{ancho}}{s_t} ;$$

$$\# \text{ renglones} = \frac{7.5}{3.227}$$

$$\# \text{ renglones} = 2.32$$

$$\# \text{ renglones} = 3$$

*Espaciamiento entre columnas.*

Distancia entre centros de luminarios a lo largo.

$x$  = espaciamiento entre columnas

$$3x = 12.5$$

despejando x

$$x = \frac{12.5}{3} ;$$

$$x = 4.16 \text{ m}$$

**Espaciamiento entre renglones.**

Distancia entre centros de luminarios a lo ancho.

y = espaciamento entre renglones.

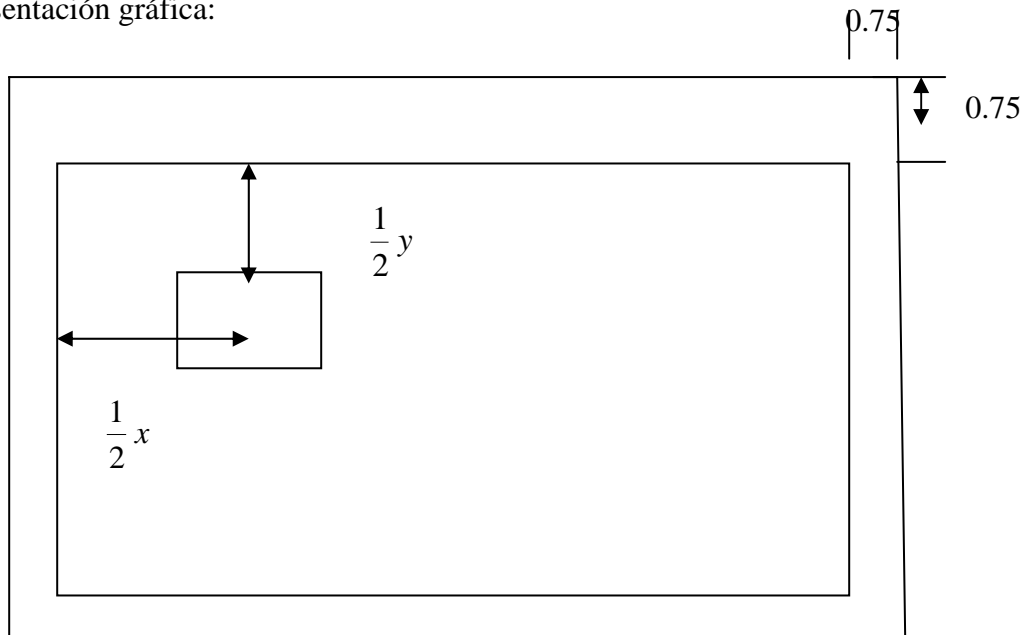
$$3y = 7.5$$

$$y = \frac{7.5}{3} ;$$

$$y = 2.5 \text{ m}$$

**Espaciamiento que debe tener las paredes a los luminarios más cercanos a éstas.**

Representación gráfica:





Recuerde que la iluminación la estamos calculado para la subarea, así que a las distancias

$\frac{1}{2}x$  Y  $\frac{1}{2}y$  se deben de sumar a las distancias de 0.75 m hacia las paredes.

Entonces:  $\frac{1}{2}x = 2.08 \text{ m}$  y  $\frac{1}{2}y = 1.25 \text{ m}$

**La distancia del centro de luminario a las paredes más cercanas es:**

$\frac{1}{2}x + 0.75 \text{ m} = 2.83 \text{ m}$	y	$\frac{1}{2}y + 0.75 = 2\text{m}$
--	---	-----------------------------------

*Iluminación del área de almacén, del taller de muebles.*

<b><i>Nivel de iluminación requerido = 240 luxes</i></b>
--

*Selección de lámpara y luminario.*

$I_{0^0_v} = 240 \times 4.4^2$ ;	$I_{0^0_v} = 4646.4cd$
----------------------------------	------------------------

<b>Luminario smallprism-pack V. Equipado con lámparas de aditivos metálicos de 250 watts.</b>
Lámpara de 250 watts
Acabado fosforado
Eficacia 82 lm/watt
Factor de depreciación LLD = 0.78
Base Mogul
Longitud en centímetros 21.10
Bulbo BT-28
Lúmenes iniciales = 22000
Vida en horas 10,000

*Comparativo de Cálculo de iluminación small prismatic, por medio de Programa Visual Basic 2.1. En la Subárea del taller de fabricación.*

Lumen Method Summary

Project

Title  
Number  
Company  
Designer

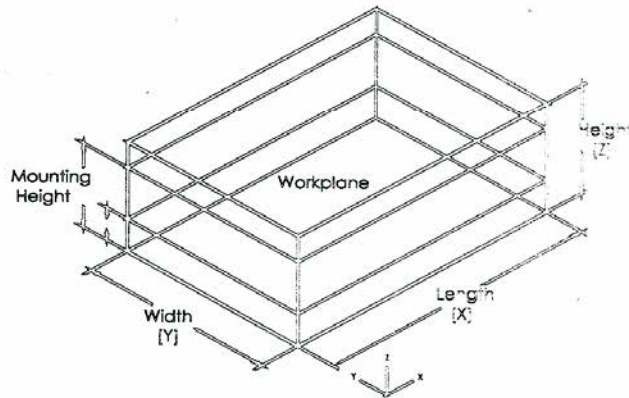
Room

Length [X] 12.5 m  
Width [Y] 7.5 m  
Height [Z] 5 m

RCR 3.93

Ceiling 60 %  
Walls 30 %  
Floor 20 %

Workplane Height 1 m



Luminaire

Mounting Height 4.4 m

Catalog Number EGK250MH00XXZ35  
Manufacturer HOLOPHANE  
IES File Name 42861.IES

Lamp Description SC=1.6  
Number of Lamps 1  
Lamp Lumens 20500  
Light Loss Factor 0.84

Coefficient of Utilization 0.48

Output

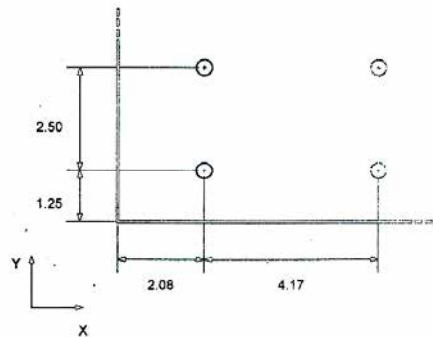
Illuminance 805 lux  
Number of Luminaires 9

Number of Columns [X] 3  
Number of Rows [Y] 3

Column Spacing [X] 4.17 m  
Row Spacing [Y] 2.50 m

Column Start [X] 2.08 m  
Row Start [Y] 1.25 m

Power Density 0.10 Watts/sq. m



Note: Calculations are based on procedures established by the Illuminating Engineering Society of North America, or standard industry practice. Visual computes output performance based on input data as provided by, and which is the sole responsibility of, the user. The Lithonia Lighting Group cannot be held responsible for the variations in actual situations which can effect calculated output.

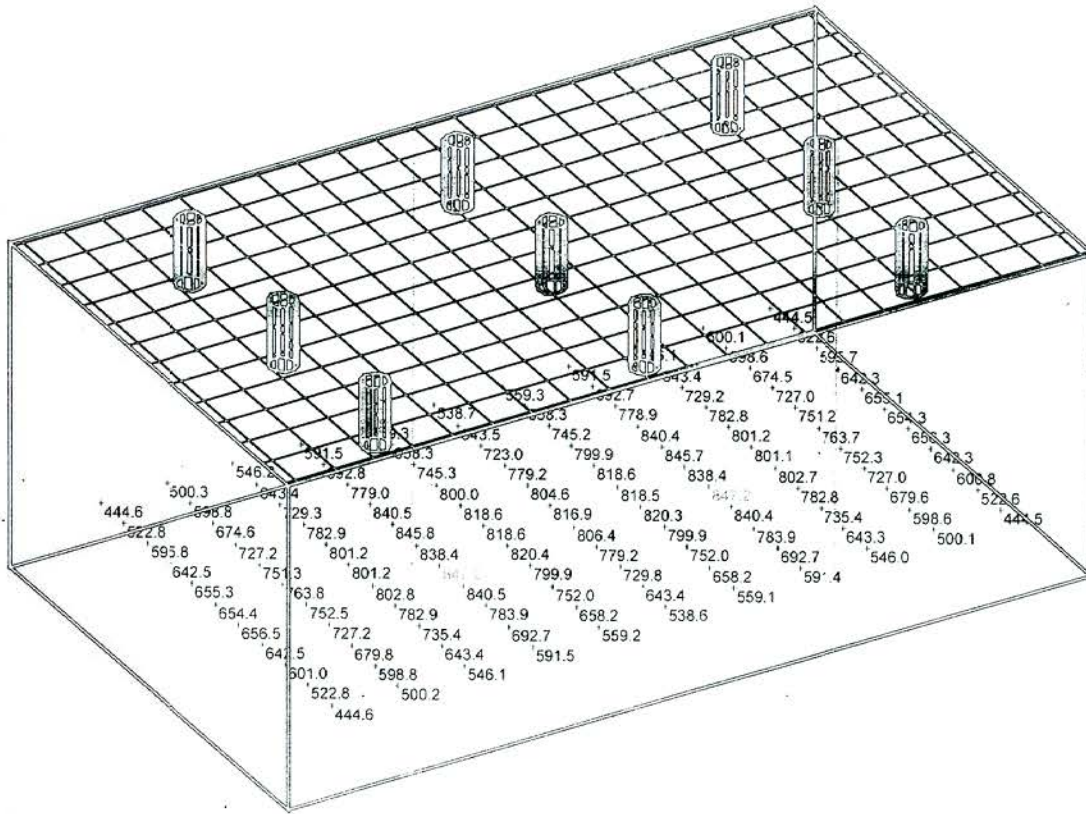
Visual

Area de Produccion 12.4x7.5m  
Aditivos Metálicos

	444.6	500.3	546.2	591.5	559.3	538.7	559.3	591.5	546.1	500.1	444.5
	522.8	598.8	643.4	692.8	658.3	643.5	658.3	692.7	643.4	598.6	522.6
	595.8	674.6	729.3	779.0	745.3	723.0	745.2	778.9	729.2	674.5	595.7
	642.5	727.2	782.9	840.5	800.0	779.2	799.9	840.4	782.8	727.0	642.3
	655.3	751.3	801.2	845.8	818.6	804.6	818.6	845.7	801.2	751.2	655.1
	654.4	753.8	801.2	838.4	818.6	806.9	818.5	838.4	801.1	753.7	654.3
	656.5	752.5	802.8	841.2	820.4	806.4	820.3	841.2	802.7	752.3	656.3
	642.5	727.2	782.9	840.5	799.9	779.2	799.9	840.4	782.8	727.0	642.3
	601.0	679.8	735.4	783.9	752.0	729.8	752.0	783.9	735.4	679.6	600.8
	522.8	598.8	643.4	692.7	658.2	643.4	658.2	692.7	643.3	598.6	522.6
	444.6	500.2	546.1	591.5	559.2	538.6	559.1	591.4	546.0	500.1	444.5

Plan View  
Scale 1 : 60

Area de Produccion 12.6x7.6m  
Aditivos Metálicos  
Isométrico



Southwest View  
Not to Scale

(Note: Listed values include direct and reflected light components)

**XIV. Cálculo de número de luminarios en almacén.**

$$\text{Número de luminarios} = \frac{ExArea}{\text{lúmenes de Luminario} \times C.U.F.M} \dots\dots\dots 1$$

Determinación del coeficiente de utilización.

Método de índice de cuarto	Método de cavidad Zonal.
$I_c = \frac{Area}{hcc(Largo + ancho)}$	<p>AREAS REGULARES</p> $R.C.R = \frac{5xhcc(largo + ancho)}{Area}$ <p>AREAS IRREGULARES</p> $R.C.R = \frac{2.5xhcc(perímetro)}{Area}$

La subárea es un área regular.

Por lo tanto.

$$R.C.R = \frac{5xhcc(largo + ancho)}{Area}$$

$$hcc = 4.4 m$$

$$largo = 14 m$$

$$ancho = 9 m$$

$$área = 126 m^2$$

$$R.C.R = \frac{5x4.40(9 + 14)}{126} = \frac{506}{126} = 4.01$$

$R.C.R = 4.01$
----------------

Con este valor podemos ir a la curva de distribución. Pero en este caso no se cuenta con esta información en catálogo, así que ocupando la información **que nos facilita el programa de iluminación, tenemos :**

Reflectancia:

Piso 20%

$$C.U = 0.46$$

Techo 50%

Pared 30%

**Factor de Mantenimiento (FM)** o factor de pérdida de luz (light loss factor LLF).

$$F.M = L.L.D. \times L.D.D$$

De tablas el L.L.D.

$$LLD = 0.78$$

El siguiente paso es calcular el **LDD**. Luminaire Dirt Depreciation. (depreciación por suciedad acumulada).

El ambiente es: **Medio**

Categoría del luminario: **Categoría III**

La degradación por suciedad en el luminario a 18 meses, es de:

$$LLD = 0.82$$

**Factor de mantenimiento.**

$$FM = 0.78 \times 0.82$$

$$FM = 0.6396$$

Sustituyendo todos los valores en la Ecuación 1.

$$\text{Número de luminarios} = \frac{Ex \times \text{Area}}{\text{lúmenes de Lu min arios} \times C.UXF.M} \dots\dots\dots 1$$

$$c \text{ Número de luminarios} = \frac{240 \times 126}{20500 \times 0.4625 \times 0.6396}$$

$$\text{Número de luminarios} = \frac{30240}{6064.2075}$$

$$\text{Número de luminarios} = 4.986$$

Cerraremos el número de luminarios a 6.

$$\text{Número de luminarios} = 6$$

*Arreglo de luminarios para la subárea del taller.*

*Espaciamiento teórico.  $S_t$*

$$S_t = \sqrt{\frac{\text{área}}{\text{número de luminarios}}} \quad ; \quad S_t = \sqrt{\frac{126}{6}}$$

$$S_t = 4.58 \text{ m}$$

$$S_t = \sqrt{21} ;$$

*Espaciamiento máximo.*

$$S_{\max} = hcc \times s.c$$

donde:

*hcc.* Altura de cavidad de cuarto, *hcc* = 4.4 m

*S.C.* = 1.4

$$S_{\max} = 6.16m$$

Sustituyendo.

$$S_{\max} = 4.4 \times 1.4$$

*Número de columnas.*

$$\#columnas = \frac{largo}{s_t}$$

$$\#columnas = \frac{14}{4.58} = 3.056$$

$$\mathbf{Número de columnas = 3}$$

*Número de renglones.*



$$\# \text{ renglones} = \frac{\text{ancho}}{s_t} ;$$

$$\# \text{ renglones} = \frac{9}{4.58}$$

$$\# \text{ renglones} = 1.96$$

$$\# \text{ renglones} = 2$$

***Espaciamiento entre columnas.***

Distancia entre centros de luminarios a lo largo.

$x$  = espaciamiento entre columnas

$$3x = 14$$

despejando  $x$

$$x = \frac{14}{3} ;$$

$$x = 4.66 \text{ m}$$

***Espaciamiento entre renglones.***

Distancia entre centros de luminarios a lo ancho.

$y$  = espaciamiento entre renglones.

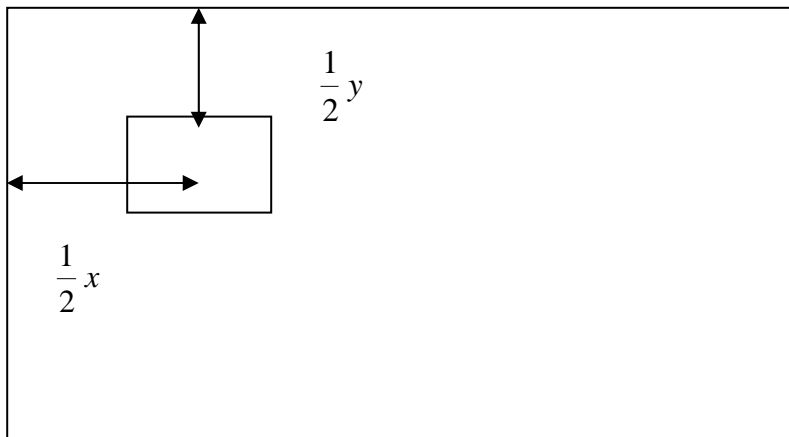
$$2y = 9$$

$$y = \frac{9}{2} ;$$

$$y = 4.5 \text{ m}$$

*Espaciamiento que debe tener las paredes a los luminarios más cercanos a éstas es:*

Representación gráfica



área

$$\frac{1}{2} x = 2.33 \quad y \quad \frac{1}{2} y = 2.25$$

*Comparativo de Cálculo de iluminación small prismspack, por medio de Programa Visual Basic 2.1. En almacén del taller de fabricación.*

**Lumen Method Summary**

**Project**

Title  
Number  
Company  
Designer

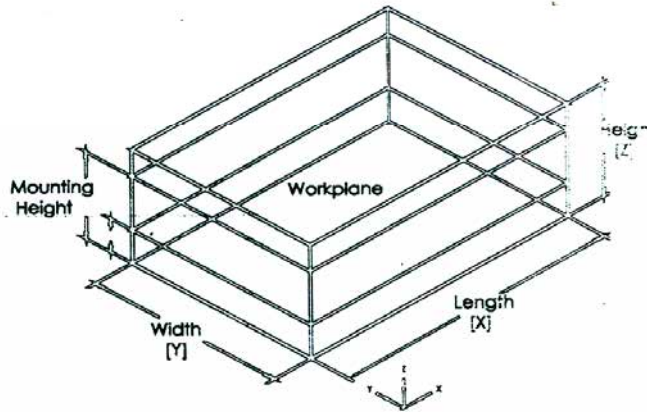
**Room**

Length [X] 9 m  
Width [Y] 14 m  
Height [Z] 5 m

RCR 4.02

Ceiling 50 %  
Walls 30 %  
Floor 20 %

Workplane Height 0 m



**Luminaire**

Mounting Height 4.4 m

Catalog Number EGK250MH00XX235  
Manufacturer HOLOPHANE  
IES File Name 42861.IES

Lamp Description SC=1.4  
Number of Lamps 1  
Lamp Lumens 20500  
Light Loss Factor 0.84

Coefficient of Utilization 0.46

**Output**

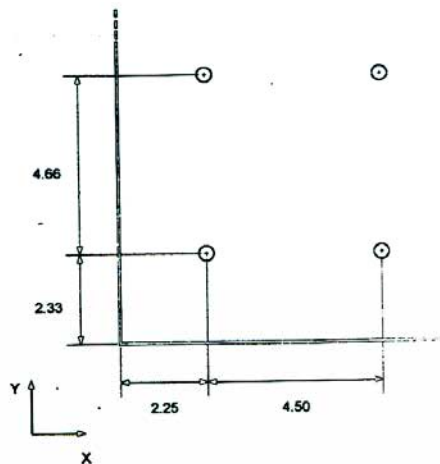
Illuminance 287 lux  
Number of Luminaires 6

Number of Columns [X] 2  
Number of Rows [Y] 3

Column Spacing [X] 4.50 m  
Row Spacing [Y] 4.66 m

Column Start [X] 2.25 m  
Row Start [Y] 2.33 m

Power Density 11.90 Watts/sq. m



Note: Calculations are based on procedures established by the Illuminating Engineering Society of North America, or standard industry practice. Visual computes output performance based on input data as provided by, and which is the sole responsibility of, the user. The Lithonia Lighting Group cannot be held responsible for the variations in actual situations which can effect calculated output.

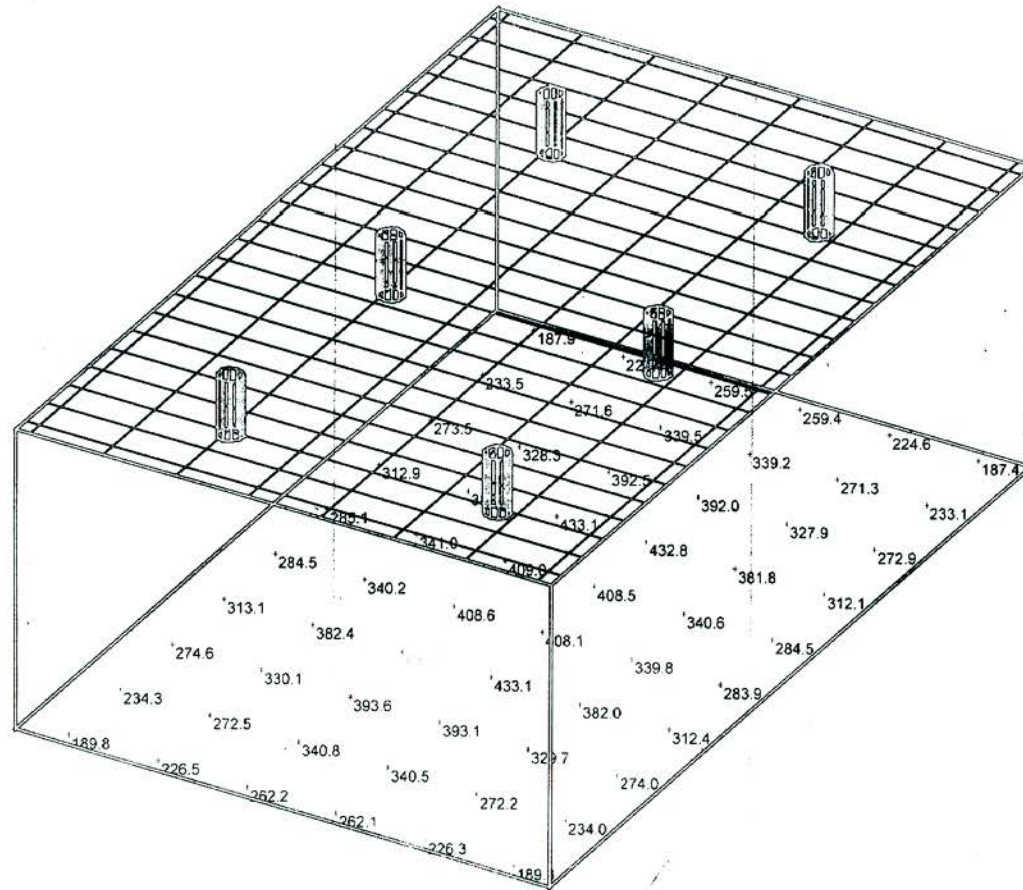
Area de Almacen 14x9m  
Aditivos Metalicos

-187.9	+224.9	+259.5	+259.4	-224.6	-187.4
+233.5	+271.6	+339.5	+339.2	+271.3	+233.1
+273.5	+328.3	+392.5	+392.0	+327.9	+272.9
+312.9	+382.2	+433.1	+432.8	+381.8	+312.1
+285.1	+341.0	+409.0	+408.5	+340.6	+284.5
+284.5	+340.2	+408.6	+408.1	+339.8	+283.9
+313.1	+382.4	+433.4	+433.1	+382.0	+312.4
+274.6	+330.1	+393.6	+393.1	+329.7	+274.0
+234.3	+272.5	+340.8	+340.5	+272.2	+234.0
+189.8	+226.5	+262.2	+262.1	+226.3	+189.3

Plan View  
Scale 1:75

Calculated values include direct and interreflected components.

Area de Almacen 14x9m  
Aditivos Metálicos  
Isometric



Southeast View  
Not to Scale

Calculated values include direct and indirect incident components

## XV. Conclusiones

### *Elección de luminario.*

Ya se calculó la iluminación para el área de fabricación, y para el área de almacén del taller de muebles. Anteriormente habíamos dicho que elegiríamos entre uno de estos dos luminarios, para determinar, cuál es el conveniente a utilizar.

Los factores que nos ayudarán a elegir un luminario de entre estos dos, son:

- Costo del luminario.
- Costo de la instalación.
- Ahorro de energía. (costo)
- Costo por sustitución de lámpara
- Costo de Mantenimiento.
- Calidad de iluminación.

Tipos de luminario que serán comparados.

<b>Luminario small prismatic. Equipado con lámparas de aditivos metálicos de 250 watts.</b>	<b>Luminario con Lamp. De 32 watts Fluorescente.</b>
Lámpara de 250 watts Acabado fosforado Eficacia 82 lm/watt Factor de depreciación LLD = 0.78 Base Mogul Longitud en centímetros 21.10 Bulbo BT-28 Lúmenes iniciales = 20500 Vida en horas 10,000 F.M= 0.6396	4 lámparas de 32w, T8 Blanco frío Encendido rápido. Mediana de 2 alfileres 2 balastos 2 x 32 w 2 controlentes 6000 Un criterio de espaciamiento de (S.C. = 1.4) Peso aprox de 19 kg. $I_{0^0 v} = \underline{3570.9 \text{ cd}}$ Lúmenes por lámpara = 3050 Lúmenes por luminario = 12200

	<p>Eficacia = 95 lm/watt                  Vida en horas = 20,000                  F.M=0.647</p>
--	---

***Costo del luminario***

En cotizaciones solicitadas se conoce, que el luminario más económico es el HID. Con 15 piezas que necesita el taller en total, ya que las lámparas fluorescentes son 4 por luminario (24 pzas).

**Por lo tanto elegiremos en costo de luminario el HID.**

***Costo de instalación.***

El costo de la instalación es menor en el caso del HID, ya que son menos luminarios , 15 contra 24 de los fluorescentes. También es más fácil su instalación ya que es de montaje colgante, y él luminario fluorescente es de sobreponer o empotrar en plafón por lo que requiere un costo mayor. Una razón más favorece en la elección del HID, y es que se ocupa menos cable de cobre para su instalación y esto repercute en los gastos de cable, tubería, accesorios de fijación.

**El luminario HID es el más conveniente, por menos gastos de instalación.**

***Ahorro de energía.***

El luminario fluorescente utiliza lámparas de 32 watts y ocupa 4 de estas. El gasto en watts por lo tanto de los 25 luminarios será: 3200 Watts.

Y el gasto en watts de la lámpara HID es de 250 watts por cada uno por lo que el gasto total de las 15 pzas. Será de: 3750 watts.

**Por ahorro de energía nos inclinaremos hacia el luminario fluorescente 3200 watts.**

*Costo por sustitución de lámpara.*

Existen muchos factores que alargan o acortan la duración de vida de las lámparas, en este caso, ambas lámparas se exponen a las mismas situaciones. Por lo tanto únicamente, nos enfocaremos a la duración de vida que el fabricante señala.

La lámpara HID debe ser remplazada aproximadamente 10,000 hrs. Y la lámpara de 32 watts debe ser remplazada cada 20,000.00.

El costo de la lámpara HID es mayor al costo de la lámpara fluorescente.

Nota: Ambas varían dependiendo el proveedor.

Las 4 lámparas fluorescentes de 32 watts deberán ser remplazadas a las 20,000 horas.

La lámpara HID de 250 deberá ser sustituida cada 10,000 horas.

La vida en horas nos indica que la HID dura la mitad de vida de la lámpara fluorescente. Pero su precio es menor. La diferencia a las 20,000 hrs.

**La lámpara fluorescente de 32 watts es recomendable en duración de vida en horas; 20,000 hrs**



### ***Costo por Mantenimiento.***

Luminario fluorescente.

Para mantenerlo limpio, en buen estado, y con la calidad de luz inicial, se requiere de poner mucha atención en los siguientes aspectos:

Limpieza. (mantener libre de polvo el reflector y el refractor del luminario)

Supervisar el estado de los dos transformadores del luminario que ninguno de los dos esté en mal estado, si alguno está mal sustituir.

Supervisar que las 4 lámparas estén en perfectas condiciones y ninguna falle.

Limpiar una superficie mayor del luminario.

Luminario HID.

Las instalaciones y el costo de operación son bajos por la poca cantidad de luminarios que se necesitan para el mantenimiento de los niveles de iluminación.

A través del efecto chimenea la acción de autolimpieza de los reflectores de cristal prismático en los luminarios, crea una corriente de aire a través del reflector llevando las partículas de polvo hacia fuera por la parte superior del luminario.

La baja depreciación por suciedad y escasa necesidad de limpieza significan más luz al más bajo costo de operación. Cuando la limpieza es requerida, una simple pasada con un paño sobre la superficie pulida interna del reflector de vidrio, restaurará su eficiencia inicial.

*Por los motivos anteriormente descritos y por la cantidad menor de luminarios el costo de mantenimiento es menor en el caso de el luminario HID.*

### ***Calidad de iluminación.***

#### ***Luminario HID.***

Los reflectores de cristal prismático, proporcionan un excelente control de brillantez. Una selección de curvas de distribución de varias combinaciones de reflector / lámpara , hace posible una excelente iluminación.

Las lámparas de aditivos metálicos dan un excelente rendimiento para color.

Los luminarios prismatic proporcionan un adecuado control de luz, sus coeficientes de utilización son tan altos como 0.96 porque los reflectores de cristal prismático Holophane están acoplados específicamente a la lámpara.

Mejor nivel de iluminación con respecto a la lámpara fluorescente.

### *Luminario fluorescente.*

Es un equipo técnicamente diseñado para aplicarse en la iluminación general de oficinas, salones de clase, bancos, tiendas de autoservicios, hospitales, auditorios, bibliotecas, vestíbulos, corredores, cuartos de control, sala de máquinas y en general donde se requiera tener una iluminación uniforme y un confort visual óptimo.

Menor nivel de iluminación con respecto a la lámpara HID.

*Nos inclinaremos en este aspecto por elegir el luminario HID por su mejor rendimiento de color, mejor nivel de iluminación por que mantiene un adecuado control de iluminación.*

Ya comparados estos aspectos y factores, **Se observa que el luminario HID obtuvo una mejor evaluación con respecto a el luminario fluorescente** por los siguientes motivos:

*El costo del luminario.*

*El costo de la instalación.*

*Costo del mantenimiento.*

*Calidad de iluminancia.*

Sabemos que el luminario HID perdió en la comparación de ahorro de energía y sustitución de lámpara, pero observamos que fue por una mínima diferencia. Esta diferencia es compensada en los gastos generales por menor mantenimiento, menor costo de instalación y una de las más importantes la calidad de la iluminación.

*Las mayores inversiones y gastos de operación para obtener mejores niveles de iluminación, son ampliamente compensados y superados por los siguientes beneficios:*

Mayor rendimiento en la tarea.

Reducción de fatigas.

Reducción de rechazo de piezas mal terminadas.

Menor número de accidentes.

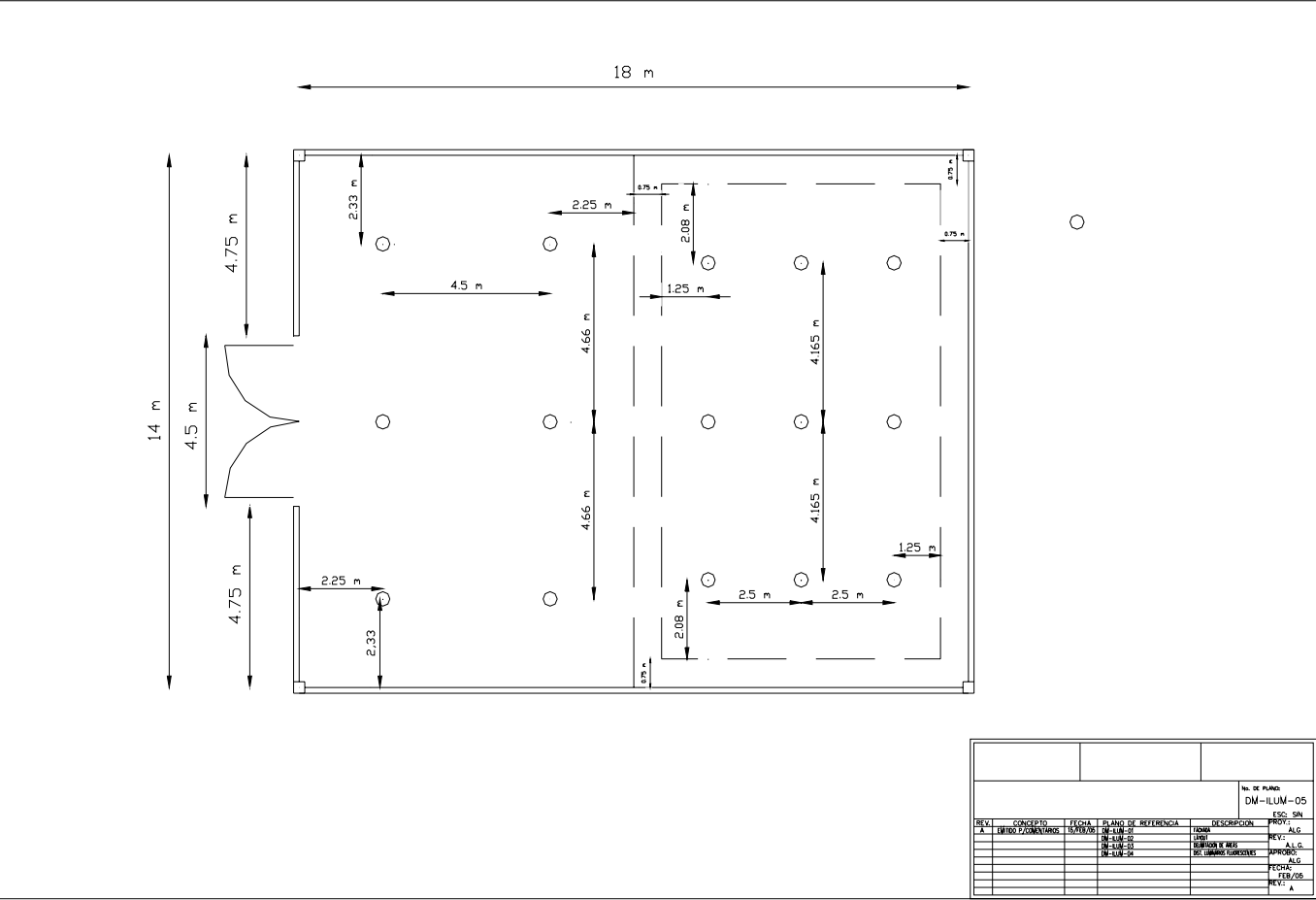
Aumento de la productividad

Higiene fisiológica en la tarea visual.

Mayor economía en la operación de una industria o gabinete donde se realice el más variado tipo de labor artesanal o intelectual.

Amortización rápida de la inversión requerida en la mejora de las instalaciones de iluminación.

Finalmente se presenta la distribución de iluminación general en el Taller de Fabricación de Muebles, de acuerdo a las Conclusiones.



## ***XVI. Apéndice.***

### ***Luz e iluminación.***

Son dos conceptos muy distintos, que frecuentemente se confunden y son mal interpretados. La luz puede definirse como la causa y la iluminación como el efecto de la luz en las superficies sobre las cuales incide. La luz es una manifestación de la energía en forma de radiaciones electromagnéticas, capaz de afectar o estimular la visión. La radiación visible, es decir, la que actúa sobre el ojo está comprendida aproximadamente entre las longitudes de onda de 3800 a 7800 Angstroms.

1 metro =  $10^{10}$  Å (Angstroms)

1 metro =  $10^9$  (nm) Nanómetros

### ***FACTORES QUE INTERVIENEN PARA UNA BUENA VISIBILIDAD***

***TAMAÑO.***- Cuando más grande sea un objeto, en términos de ángulo visual (ángulo subtendido del objeto al ojo) más rápidamente podrá verse. Al no poder aumentar el tamaño de los detalles de una tarea visual, será necesario aumentar el nivel de la iluminación.

***TIEMPO.***- La visión no es un proceso instantáneo sino que requiere de tiempo. Al aumentarse el nivel de iluminación, aumenta la capacidad visual y aumenta al mismo tiempo, la velocidad de percepción.

***BRILLANTEZ.***- La brillantez de un objeto depende de la intensidad de la luz incidiendo sobre él y la proporción en la cual la luz es reflejada hacia el órgano visual. Aumentando el nivel de iluminación en una superficie oscura es posible aumentar su brillantez.

***CONTRASTE.***- Es la relación que existe entre las luminancias de un objeto y su inmediato alrededor. Los niveles altos de iluminación compensan en parte los bajos contrastes en brillantez y son de gran asistencia donde no se pueden tener condiciones de alto contraste.

**ABSORCION.-** Es la particularidad que tienen los materiales de transformar parcial o totalmente la energía luminosa que incide sobre ellos en otra forma de energía.

**ACOMODACION.-** Proceso por el cual el ojo cambia de foco, al variar la distancia del objeto observado.

**ADAPTACION.-** Proceso mediante el cual el sistema visual se acostumbra a una menor o mayor cantidad de luz, o a luz de color diferente. Ello resulta en un cambio de la sensibilidad del ojo a la luz.

**ANGSTROM.-** Unidad de longitud de onda =  $10^{-10}$  m

**BALASTRO.-** Dispositivo electromagnético o electrónico usado para operar lámparas eléctricas de descarga. Sirve para proporcionar a éstas las condiciones de operación necesarias como son: tensión, corriente y forma de onda.

**BALASTRO, FACTOR DE.-** Relación del flujo luminoso emitido por una lámpara la cual es operada por un balastro convencional entre el flujo luminoso emitido por la misma lámpara cuando ésta es operada por un balastro patrón.

**BRILLANTEZ O LUMINANCIA** [ (  $L = \text{cd} / \text{m}^2$  , (NIT) ;  $L = \text{cd} / \text{pie}^2$  (fl) ] .- Es la relación entre la intensidad luminosa (I) en cierta dirección y la superficie, vista por un observador situado en la misma dirección.

**CANDELA.-** Unidad de intensidad luminosa igual a un lumen por steradian (  $\text{lm} / \text{sr}$  ). Se define como la intensidad luminosa, en una dirección dada, de una fuente luminosa que emite radiación monocromática ( $540 \times 10^{12}$  Hz = 555 nm) y de la cual, la intensidad radiante en esa dirección es de 1/683 watts/steradian. Hasta 1948 se le llamó bujía.

**CAVIDAD DE CUARTO.-** Es la cavidad formada por el plano de luminarios y el plano de trabajo.

**CAVIDAD DE PISO.-** Es la cavidad formada por el plano de trabajo y el piso.

**CAVIDAD DE TECHO.**- Es la cavidad formada por el techo y el plano de luminario.

**COEFICIENTE DE UTILIZACION.**- Relación entre el flujo luminoso (lúmenes) emitidos por un luminario que incide sobre el plano de trabajo y el flujo luminoso emitido por las lámparas solas del luminario.

**COMPONENTE INDIRECTA.**- Porción de flujo luminoso que llega al plano de trabajo después de ser reflejado por las superficies del cuarto.

**CURVA DE DISTRIBUCION.**- Es la representación gráfica del comportamiento de la potencia luminosa emitida por un luminario. Se presenta en coordenadas polares y los valores están dados en candelas.

**CURVA ISOCANDELAS.**- Es la mejor representación de las variaciones luminosas de un haz irregular. Las curvas representadas unen puntos de igual potencia luminosa y estos son el resultado de un gran número de lecturas de intensidad luminosa en diferentes puntos.

**CURVAS ISOFOOTCANDLE O ISOPIE-CANDELA.**- Es un conjunto de curvas que unen puntos de igual nivel de iluminación (en pie-candelas) sobre un plano de trabajo.

**CURVAS ISOLUX.**- Es un conjunto de curvas que unen puntos de igual nivel de iluminación (luxes) sobre un plano de trabajo.

**DEPRECIACION DE LUMENES DE LA LAMPARA LLD (Lamp Lumen Depreciation).**- Es la pérdida de la emisión luminosa (lúmenes), emitidos por la lámpara debido al uso normal de operación.

**DEPRECIACION POR SUCIEDAD EN EL LUMINARIO: LDD (Luminaire Dirt Depreciation).**- La acumulación de la suciedad en los luminarios trae como consecuencia una pérdida en la emisión luminosa y, por lo mismo, perdidas de iluminación en el plano de trabajo. Esta pérdida se conoce como el factor LDD (Luminaire Dirt Depreciation).

La suciedad en la atmósfera se considera que proviene de dos fuentes: Aquella que pasa de atmósferas adyacentes al local donde se encuentra el luminario y la que se genera por el trabajo realizado en la atmósfera circundante al luminario.

***La suciedad puede clasificarse como adhesiva, atraída o inerte y puede provenir de fuentes constantes o intermitentes.***

La suciedad adhesiva se colgará de la superficie del luminario debido a lo pegajoso de su naturaleza, mientras que la suciedad atraída se mantiene por efecto de la fuerza electrostática.

La suciedad inerte variará en acumulación desde prácticamente nada en superficies verticales hasta tanto como pueda soportar una superficie horizontal antes de ser desalojada por la gravedad o circulación de aire.

Algunos ejemplos de suciedad adhesiva son: grasa producida al cocinar, partículas generadas por la operación de máquinas transportadas por vapores aceitosos, partículas transportadas por vapor de agua como en lavanderías.

Algunos ejemplos de suciedad atraída son: cabellos, pelo, pelusa, fibras o partículas secas cargadas electrostáticamente debido a operaciones de máquinas.

La suciedad inerte está representada por partículas no pegajosas, sin carga electrostática tales como harina seca, aserrín, cenizas finas, etc.

***EFICACIA LUMINOSA (DE UNA LAMPARA).***- Relación de flujo luminoso total emitido en lúmenes por la lámpara entre la potencia eléctrica consumida por la misma. Su unidad está dada en: lúmenes/watt.

***EFICIENCIA DE UN LUMINARIO.***- Relación de flujo luminoso emitido por un luminario con aquel que produce la(s) lámpara(s) desnuda(s) usada(s) en su interior.

***EMERGENCIA, ILUMINACION DE.***- Iluminación diseñada para proporcionar iluminación de seguridad y salvaguarda en caso de fallas en el suministro normal de energía.



Se aplica en los lugares donde se concentra gran cantidad de personas, ya sea para diversión, compras o trabajos. Dichos lugares pueden ser auditorios, cines, teatros, estadios de futbol, de beisbol, centros comerciales, hospitales, escuelas, etc.

El objeto de esta iluminación es de romper la obscuridad para evitar el pánico y posibles accidentes principalmente entre menores.

Los luminarios destinados para este sistema, deberán estar localizados de tal forma que guíen a las personas hacia la (s) salida (s) del local y permitan la pronta evacuación en caso de ser necesario.

El nivel de iluminación de emergencia no deberá ser menor al 1% del nivel promedio de iluminación o a 5 luxes promedio a nivel de piso.

La uniformidad de iluminación ( $E_{max} / E_{min}$ ) a lo largo de la línea central de la ruta de escape, podrá estar comprendida entre 20:1 y 40:1.

El nivel de iluminación de emergencia será igual al nivel de iluminación normal en aquellos casos en que dependa la vida de un ser humano, como en quirófanos, salas de expulsión, etc. o en lugares como cuartos de control de una hidroeléctrica, torre de control en los aeropuertos, etc.

**EXITANCIA.** .- Frecuentemente es deseado calcular la suma de luz reflejada de las superficies del cuarto.

Muchas superficies del cuarto son de naturaleza difusa y como resultado el término correcto a usar es:

**Exitancia (M)** = Iluminancia x Factor de Reflexión

$$M = E \times P$$

E = Iluminancia en luxes ó footcandles

P = Factor de Reflexión de la superficie expresada como la fracción reflejada de luz incidente

M = Exitancia en luxes ó footcandles

**LUMINARIO A PRUEBA DE EXPLOSION-** Luminario completamente cerrado y capaz de resistir una explosión de gas específico o vapor dentro de él y prevenir la ignición de gases o vapores alrededor de éste.

**FACTOR DE DEPRECIACION DE LOS LUMENES DE LAS LAMPARAS (LLD).**- Relación de los lúmenes emitidos por la lámpara al 70% de su vida entre los lúmenes iniciales de esta misma.

**FACTOR DE LAMPARAS QUEMADAS.**- Pérdidas fraccionales de iluminancia debido a lámparas fundidas después de que han funcionado por largos periodos.

**FACTOR DE PERDIDA DE LUZ (FACTOR DE MANTENIMIENTO).**- Factor utilizado en el cálculo de iluminancia bajo condiciones dadas de tiempo y de uso. En él se toma en cuenta las variaciones de temperatura y tensión, acumulación de suciedad en las superficies del cuarto y en el luminario, depreciación de la emisión luminosa de la lámpara, procedimientos de mantenimiento y condiciones atmosféricas.

**FOOTCANDLE [ $lm/pt^2$  ;(fc)].**- Unidad de nivel luminoso en el sistema inglés.

**FLUJO LUMINOSO ( $\Phi$ ).**- Es la energía radiante en forma de luz emitida por una fuente luminosa en la unidad de tiempo (segundo), su unidad es el lumen (lm).

**FUENTE LUMINOSA.**- Es toda materia, objeto o dispositivo, de la que parte la energía Radiante que emite, cae dentro de los límites visibles del espectro electromagnético.

**ILUMINACION COMPLEMENTARIA.**- Es la iluminación utilizada para proporcionar una cantidad y calidad adicional de luz que no puede se obtenida por el sistema general de iluminación y que complementa el nivel general de iluminación para requerimientos específicos del trabajo.

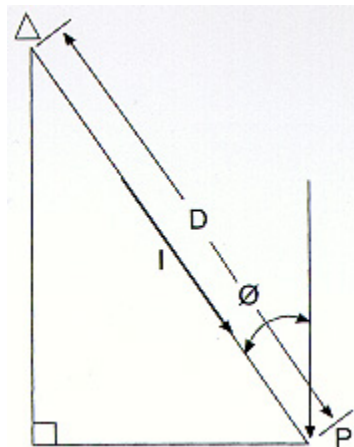
**ILUMINACION GENERAL.-** Iluminación diseñada para proporcionar un nivel substancialmente uniforme en toda el área analizada, excluyendo cualquier provisión para requerimientos especiales localizados

**ILUMINACION LOCALIZADA.-** Es la proporcionada sobre una pequeña área, espacio confinado o definido, sin proporcionar ninguna iluminación general significativa alrededor del entorno.

**ILUMINANCIA (E).-** Es la densidad de flujo luminoso sobre una superficie  $E = \Phi / m^2$  y es directamente proporcional a la densidad luminosa e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia. Su unidad es el lux. En los países de habla inglesa se usa el pie candela como unidad de intensidad de iluminación siendo : 1 pie candela = 10.76 luxes.

Es también definida por la intensidad (I) en candelas dirigida hacia un punto P dividido por el cuadrado de la distancia D de la fuente luminosa a la superficie.

$$E = I / D^2$$



**LAMPARA.-** Dispositivo que transforma la energía eléctrica en energía lumínica.

**LENTE.-** Elemento de vidrio o plástico usado en luminarios para cambiar la dirección y controlar la distribución de los rayos luminosos.

**LUMEN (lm).-** Unidad de flujo luminoso.

**LUMINANCIA.**- Luminancia, frecuentemente llamado Brillantez; es el nombre dado a lo que vemos. Brillantez es una sensación subjetiva, variable de la mínima iluminación ú oscuridad hasta muy brillante.

Objetivamente esta referida como Luminancia, como la intensidad en una dirección dada, dividida por un área de proyección, como es vista por el observador . Luminancia es usualmente referida de alguna de estas dos maneras, cualesquiera de las dos a un luminario ó a una superficie.

La Luminancia directa ó brillantez de luminarios en varios ángulos de vista, es un factor importante en la evaluación del confort visual; de una instalación aplicando estos luminarios. En general, es deseable minimizar la brillantez del techo y luminarios en ángulos verticales de 60° a 90°.

Cuando la intensidad esta en candelas y el área proyectada en metros, la unidad de Luminancia es la candela por metro cuadrado ( $\text{Cd}/\text{m}^2$ ).

**LUMINARIO.**- Dispositivo que se utiliza para controlar y dirigir el flujo luminoso generado por una o más lámparas.

**LUX [ $\text{lm} / \text{m}^2$ ; ( $\text{lx}$ )].**- Unidad de nivel luminoso en el sistema internacional.

**NANOMETRO.**- Es la unidad de longitud de onda igual a  $10^{-9}$  m.

**NIT.**- ( $\text{cd}/\text{m}^2$  ) Unidad de brillantez (luminancia) igual a una candela sobre metro cuadrado, (sistema internacional).

**NIVEL LUMINOSO O ILUMINANCIA.**- Se define como la densidad de flujo luminoso que incide sobre una superficie. Se mide en luxes o footcandles.

**REFLEXION.**- Es el fenómeno por el cual la luz al incidir sobre una superficie cambia de dirección de manera tal que el ángulo de incidencia es igual al ángulo de reflexión.

**REFRACCION.-** Es el cambio de dirección que sufren los rayos luminoso al pasar de un medio a otro con diferente densidad.

**STERADIAN (Sr).-** Angulo sólido que sustenta un área en una esfera igual al cuadrado del radio de la esfera.

**AREAS CLASIFICADAS.**

AREAS PELIGROSAS. Son aquellas que contienen vapores, líquidos o gases inflamables o polvos combustibles y fibras, que pueden causar fuegos o explosiones si se someten a una fuente de ignición..

Las áreas están clasificadas con base en sus características de peligrosidad.

**AREAS CLASIFICADAS**

		SUBGRUPOS
CLASE I	DIVISION 1	A
	DIVISION 2	B C D
CLASE II	DIVISION 1	E
	DIVISION 2	F G
CLASE III	DIVISION 1	
	DIVISION 2	

**CLASE I:** Los lugares de la CLASE I son aquellos en los cuales están o pueden estar presentes gases o vapores inflamables en cantidad suficiente para producir mezclas explosivas o inflamables.

**CLASE II:** Los lugares de la CLASE II son aquellos que son peligrosos debido a la presencia de polvo combustible.

**CLASE III:** Los lugares de la CLASE III son aquellos que son peligrosos por la presencia de fibras o materiales volátiles fácilmente inflamables.

**CLASE I, DIVISION 1:** Es aquella en la cual la concentración peligrosa de gases o vapores inflamables existen continua, intermitente o periódicamente en el ambiente bajo condiciones normales de operación.

**CLASE I, DIVISION 2:** Es aquella en la que estos gases, líquidos o vapores se encuentran almacenados en recipientes y sólo se escapan al ambiente en condiciones anormales de operación (fugas accidentales, mantenimiento, roturas, etc.).

**CLASE II, DIVISION 2:** Son aquellas áreas en las cuales los polvos combustibles se escapan al ambiente formando acumulación o volúmenes en suspensión sólo por operación anormal del sistema (rotura de transportadores, tolvas o fallas del sistema de absorción del polvo).

**CLASE III, DIVISION 1:** Son aquellas en las cuales se manejan, fabrican o utilizan fibras fácilmente inflamables o materiales que producen volátiles combustibles (rayón, algodón, henequén, ixtle, yute, fibra de coco, cáñamo, estopa, lana vegetal, musgo, viruta, etc.)

**CLASE III, DIVISION 2:** Son aquellas en las cuales se manejan o almacenan fibras fácilmente inflamables, con excepción del lugar en donde se fabrican.

**EJEMPLO DE SUBGRUPOS.**

**SUBGRUPO A:** Atmósfera que contiene acetileno.

**SUBGRUPO B:** Atmósfera que contiene hidrógeno, gases o vapores de peligro equivalente, tal como: butadieno, óxido de propileno.

**SUBGRUPO C:** Atmósfera que contiene acetaldehído, ciclopropano, dietileter, etileno, dimetilhidrazina asimétrica.

**SUBGRUPO D:** Atmósfera que contiene acetona, amoníaco, benceno butano, etano, hexanos, metano, petróleo nafta, octano, pentanos, propileno, estireno, tolueno, xileno, etc.

**SUBGRUPO E:** Atmósferas que contienen polvos metálicos, como aluminio, magnesio y sus aleaciones comerciales y otros metales de características semejantes.

**SUBGRUPO F:** Atmósferas que contienen polvo de carbón mineral, de carbón vegetal, o de coque.

**SUBGRUPO G:** Atmósferas que contienen harina almidón o polvo de granos.

**METODO DE INDICE DE CUARTO**

$$I_c = \frac{\text{AREA}}{\text{hcc (LARGO + ANCHO)}}$$







**METODO DE CAVIDAD ZONAL**

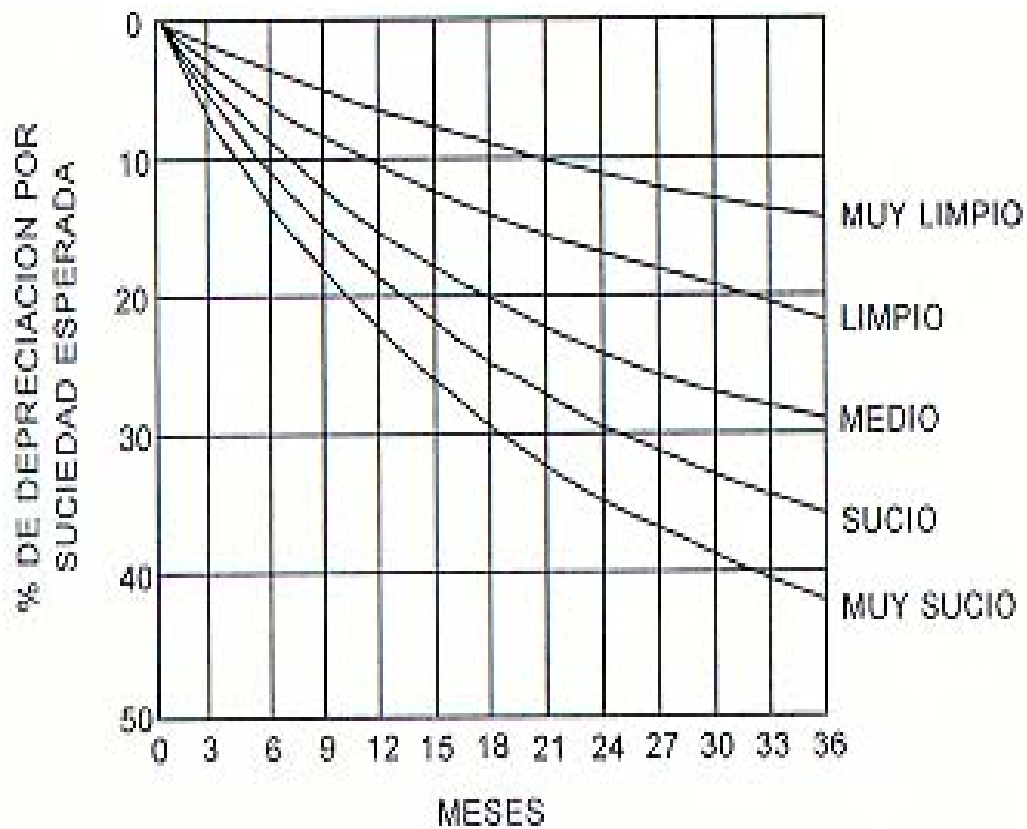
**AREAS REGULARES**

$$\text{R.C.R.} = \frac{5 \times \text{hcc (LARGO + ANCHO)}}{\text{AREA}}$$

**AREAS IRREGULARES**

$$\text{R.C.R.} = \frac{2.5 \times \text{hcc} \times \text{PERIMETRO}}{\text{AREA}}$$

CLASIFICACION	% DE LUZ RESPECTO A LA HORIZONTAL		DISTRIBUCION DE POTENCIA LUMINICA
	ARRIBA	ABAJO	
DIRECTA	0-10%	90-100 %	
SEMIDIRECTA	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%	





	TIPO DE DISTRIBUCION DE LUMINARIOS																			
	DIRECTO				SEMI-DIRECTO				DIRECTO-INDIRECTO				SEMI-INDIRECTO				INDIRECTO			
% DE DEPRECIACION POR SUCIEDAD ESPERADA	10	20	30	40	10	20	30	40	10	20	30	40	10	20	30	40	10	20	30	40
RELACION DE CAVIDAD DE CUARTO R.C.R.																				
1	.98	.96	.94	.92	.97	.92	.89	.84	.94	.87	.80	.76	.94	.87	.80	.73	.90	.80	.70	.60
2	.98	.96	.94	.92	.96	.92	.88	.83	.94	.87	.80	.75	.94	.87	.79	.72	.90	.80	.69	.59
3	.98	.95	.93	.90	.96	.91	.87	.82	.94	.86	.79	.74	.94	.86	.78	.71	.90	.79	.68	.58
4	.97	.95	.92	.90	.95	.90	.85	.80	.94	.86	.79	.73	.94	.86	.78	.70	.89	.78	.67	.56
5	.97	.94	.91	.89	.94	.90	.84	.79	.93	.86	.78	.72	.93	.86	.77	.69	.89	.78	.66	.55
6	.97	.94	.91	.88	.94	.89	.83	.78	.93	.85	.78	.71	.93	.85	.76	.68	.89	.77	.66	.54
7	.97	.94	.90	.87	.93	.88	.82	.77	.93	.84	.77	.70	.93	.84	.76	.68	.89	.76	.65	.53
8	.96	.93	.89	.86	.93	.87	.81	.75	.93	.84	.76	.69	.93	.84	.76	.68	.88	.76	.64	.52
9	.96	.92	.88	.85	.93	.87	.80	.74	.93	.84	.76	.68	.93	.84	.75	.67	.88	.75	.63	.51
10	.96	.92	.87	.83	.93	.86	.79	.72	.93	.84	.75	.67	.92	.83	.75	.67	.88	.75	.62	.50

Cambio de rendimiento lumínico de las lámparas fluorescentes desnudas en aire calmado, debido a los cambios de la temperatura ambiente.

**DATOS DE LAMPARAS FLUORESCENTES COMPACTAS**

WATTS	TIPO	ACABADO	LUMENES INICIALES	VIDA EN HORAS	EFICACIA LUMENES/WATTS	FACTOR DE DEPRECIACION (L.L.D.)	BASE	BULBO	LONGITUD EN CENTIMETROS	ENCENDIDO
9	TUBO SENCILLO	BLANCO CALIDO	600	10,000	67	0.87	G23	T-4	16.70	RAPIDO
9	TUBO SENCILLO	BLANCO FRIO	600	10,000	67	0.87	G23	T-4	16.70	RAPIDO
13	TUBO SENCILLO	BLANCO CALIDO	900	10,000	69	0.87	GX23	T-4	17.70	RAPIDO
13	TUBO SENCILLO	BLANCO FRIO	900	10,000	69	0.87	GX23	T-4	17.70	RAPIDO
9	TUBO DOBLE	BLANCO CALIDO	600	10,000	67	0.87	G23-2	T-4	11.10	RAPIDO
9	TUBO DOBLE	BLANCO FRIO	600	10,000	67	0.87	G23-2	T-4	11.10	RAPIDO
13	TUBO DOBLE	BLANCO CALIDO	900	10,000	69	0.87	GX23-2	T-4	12.30	RAPIDO
13	TUBO DOBLE	BLANCO FRIO	900	10,000	69	0.87	GX23-2	T-4	12.30	RAPIDO
18	TUBO DOBLE	BLANCO FRIO	1,250	10,000	69	0.87	G24d2,2 PINES	T-4	17.00	RAPIDO
26	TUBO DOBLE	BLANCO FRIO	1,800	10,000	69	0.87	G24d2,3 PINES	T-4	19.00	RAPIDO
18	LARGE	BLANCO CALIDO	1,250	12,000	69	0.84	2G11	T-5	22.50	RAPIDO
18	LARGE	BLANCO FRIO	1,250	12,000	69	0.84	2G11	T-5	22.50	CON ARRANCADOR
36	LARGE	BLANCO CALIDO	2,900	12,000	80	0.84	2G11	T-5	41.50	CON ARRANCADOR
36	LARGE	BLANCO FRIO	2,900	12,000	80	0.84	2G11	T-5	41.50	RAPIDO
40	LARGE	BLANCO CALIDO	3,200	20,000	80	0.84	2G11	T-5	57.20	RAPIDO
40	LARGE	BLANCO FRIO	3,500	20,000	87	0.84	2G11	T-5	57.20	RAPIDO

**DATOS DE LAMPARAS FLUORESCENTES ALTA DESCARGA H.O. 800 m. A.**

60	TUBULAR	BLANCO FRIO	4,300	12,000	72	0.82	2 CONTAC. EMBUTIDA	T-12	121.92	RAPIDO
85	TUBULAR	BLANCO FRIO	6,650	12,000	78	0.82	2 CONTAC. EMBUTIDA	T-12	182.88	RAPIDO
110	TUBULAR	BLANCO FRIO	8,800	12,000	80	0.82	2 CONTAC. EMBUTIDA	T-12	243.84	RAPIDO
110	TUBULAR	LUZ DE DIA	7,800	12,000	70	0.82	2 CONTAC. EMBUTIDA	T-12	243.84	RAPIDO

**DATOS DE LAMPARAS FLUORESCENTES MUY ALTA DESCARGA H.O. 1500 m. A.**

110	TUBULAR	BLANCO FRIO	6,250	10,000	57	0.69	2 CONTAC. EMBUTIDA	T-12	121.92	RAPIDO
165	TUBULAR	BLANCO FRIO	9,900	10,000	60	0.72	2 CONTAC. EMBUTIDA	T-12	182.88	RAPIDO
215	TUBULAR	BLANCO FRIO	14,500	10,000	67	0.72	2 CONTAC. EMBUTIDA	T-12	243.84	RAPIDO

**DATOS DE LAMPARAS FLUORESCENTES POWER GROOVE 1500 m. A.**

110	TUBULAR	BLANCO FRIO	6,800	12,000	62	0.69	2 CONTAC. EMBUTIDA	PG-17	121.92	RAPIDO
165	TUBULAR	BLANCO FRIO	11,000	12,000	67	0.69	2 CONTAC. EMBUTIDA	PG-17	182.88	RAPIDO
215	TUBULAR	BLANCO FRIO	15,300	12,000	71	0.69	2 CONTAC. EMBUTIDA	PG-17	243.84	RAPIDO

## ***XVII. Bibliografía.***

Manual de Instalaciones Eléctricas Industriales.  
Pedro Camarena M. y Oscar Schrader Camarena.  
Ed. CECSA 29 Reimpresión, México, 1998.

Manual del alumbrado.  
Westinghouse, 3ª edición.  
Ed. Dassat.

Manual práctico de Instalaciones Eléctricas.  
H. P. Richter.  
Printed España.  
Ed. Continental.

Manual de mantenimiento eléctrico Industrial.  
Pedro Camarena M.  
Ed. Continental 8ª Impresión.

Potencia Electrónica y Electrónica de potencia.  
H.I.G. Gwyther.  
Ed. Alfaomega.

Análisis Básico de Circuitos Eléctricos.  
David E. Jhonson, Jhon L, Hilbon, Jhonny , Jhonson, Peter D. Scott.  
Ed. Pentice Hall.

Líneas e Instalaciones Eléctricas.  
Carlos Luca M.  
Ed. Alfaomega.

Máquinas Eléctricas Rotativas y transformadores.  
Irving L. Kosow.  
Ed. Prentice Hall.

Análisis de sistemas Eléctricos de potencia.  
William D. Stevenson.  
Ed. Mc Graw Hill, 2ª Edición.

Electrónica de Potencia (circuitos, dispositivos y aplicaciones).  
Muhammad H. Rashid.  
Ed. Prentice Hall, Person Educación y Addison Wesley.