



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLÁN**

ILUMINACIÓN DE BIBLIOTECAS

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICO

PRESENTA:

DAVID OCIEL CERMEÑO TREJO

ASESOR: ING. CASILDO RODRÍGUEZ ARCINIEGA

CUAUTITLÁN IZCALLI, ESTADO DE MÉXICO, 2017



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
UNIDAD DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES

ASUNTO: VOTO APROBATORIO

M. en C. JORGE ALFREDO CUÉLLAR ORDAZ,
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLÁN
PRESENTE

ATN: LA. LAURA MARGARITA CORTAZAR FIGUEROA
Jefa del Departamento de Exámenes
Profesionales de la FES Cuautitlán,
CUALTILÁN

Con base en el Reglamento General de Exámenes y la Dirección de la Facultad, nos permitimos comunicar a usted que revisamos La Tesis:

Iluminación de biblioteca

Que presenta el pasante: **DAVID OCIEL CERMENO TREJO**
Con número de cuenta: **30702591-5** para obtener el Título de Ingeniero Mecánico Electricista

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el **EXAMEN PROFESIONAL** correspondiente, otorgamos nuestro **VOTO APROBATORIO**

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cuautitlán Izcalli, Méx. a 28 de abril de 2017.

PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO

	NOMBRE	FIRMA
PRESIDENTE	Ing. Casido Rodríguez Arcelega	
VOCAL	Ing. Oscar Cervantes Torres	
SECRETARIO	Ing. Arturo Ávila Vázquez	
1er SUPLENTE	Ing. Gilberto Chaverra Ortiz	
2do SUPLENTE	Dr. David Tinoco Varela	

NOTA: Los suplentes deberán entregarnos a presentarnos el día y hora del Examen Profesional (ver: 117)

En caso de que algún miembro del Jurado no pueda asistir al Examen Profesional, deberá dar aviso por escrito al Departamento:

(ver: 117 117)

IAEY/ma*

AGRADECIMIENTOS

A MIS PADRES: **JOSE DOROTEO CERMEÑO MENDEZ**
NOHEMI GUADALUPE TREJO CRUZ

Gracias por todo el amor y cariño que me han regalado, por los ejemplos y enseñanzas, que me han hecho la persona que soy ahora, no ha sido nada fácil pero este logro es de todos.
MUCHAS GRACIAS

A MIS HERMANOS: **SETH ISAAC CERMEÑO TREJO**
NOHEMI DOLORES CERMEÑO TREJO

Todos estamos en este mundo para aprender y enseñar a los demás aunque sea un poco, y yo aprendí de ustedes dos mucho más que lo que pude haber esperado. **GRACIAS HERMANOS**, y aunque ya no te encuentres entre nosotros hermana, siempre lucharemos para ser mejores personas y seguir sonriendo como tú lo hacías.

A MIS AMIGOS: En este espacio no cabrían los nombres de todas aquellas personas que me han acompañado en este largo recorrido pero agradezco enormemente a todos y cada uno y lo mucho que los aprecio por ser parte de esta vida y todo lo que me enseñaron de todo un poco cada uno me han apoyado. **Muchas gracias a todos mis amigos de todo corazón.**

A MIS PROFESORES: agradezco enormemente a mis profesores de las distintas etapas que en mi vida como estudiante que me apoyaran y me enseñaran un poco de ese gran conocimiento que tienen como personas y como profesionales es por eso que agradezco haberlos tenido en mi camino sin ellos no estaría en el lugar que me encuentro **MUCHAS GRACIAS PROFESORES.**

A MI ASESOR: **Ing. Casildo Rodríguez Arciniega**

Por apoyarme en este paso y anteriormente como mi profesor que me inspiro a realizar este proyecto tan grande que es coronar el esfuerzo de toda una vida. **Muchas gracias**

ÍNDICE

Introducción	1
Capítulo 1. La luz	
1.1 ¿Qué es la luz?	3
1.2 Teorías sobre el comportamiento de la luz	3
1.3 Óptica	5
1.3 Óptica Geométrica	6
1.3.2 Óptica física	6
1.3.3 Principio de Fermat	3
1.4 Ley de Snell	7
1.5 Fenómenos de la luz	7
1.5.1 Reflexión	7
1.5.2 Reflexión total	8
1.5.3 Refracción	9
1.5.4 Primera ley de refracción	10
1.5.5 Segunda ley de Refracción o ley de Snell	10
1.5.6 Difracción	10
1.5.7 Transmisión	12
1.5.8 Absorción	12
1.5.9 Polarización	13
1.6 Efecto foto eléctrico	13
1.7 Cuerpo negro	14
1.7.1 Radiador	14
Capítulo 2. El ojo humano y la visión	
2.1 Constantes ópticas del ojo	16
2.2 Constantes ópticas del ojo	16
2.2.3 Componentes anatómicas del ojo	18
2.3.1 Córnea	18
2.3.2 Pupila	19
2.3.3 Cristalino	20
2.3.4 Humo vítreo	20
2.3.5 Retina	20
2.4 Curvas de sensibilidad espectral relativa	21
2.5 Factores objetivos del proceso visual	22
2.5.1 Tamaño	22
2.5.2 Luminancia	22
2.5.3 Contraste	23
2.5.4 Tiempo	23
2.6 Proceso de la visión	24
2.6.1 Atributos	24
2.6.2 Expectativas	25
2.6.3 Afecto	25

Capítulo 3. La iluminación

3.1 ¿Qué es la iluminación?	26
3.2 Observador y observado	26
3.3 Percepción del brillo	27
3.4 Percepción del color	27
3.5 Colorimetría	28
3.5.1 Caracterización del color	28
3.5.2 Colorimetría tristimulus o tricromática	29
3.6 Temperatura de color	30
3.6.1 Índice de reproducción cromática	32
3.6.2 Temperatura de color correlacionada	32
3.6.3 espectro radiométrico	33
3.7 Fuentes de luz	33
3.7.1 Incandescentes y halógenas	33
3.7.2 Fluorescentes	34
3.8 Descarga de alta tensión	35
3.9 Dispositivos de estado sólido LEDs	36
3.10 Fotometría	37
3.10.1 Definición de ángulos sólidos	38
3.10.2 Ley del cuadrado inverso de la distancia	39
3.11 Radiometrías	39
3.11.1 Cantidades fotométricas, unidades estándar	40

Capítulo 4: iluminación interior

4.1 Tipos de iluminación	41
4.2 Requisitos para una buena iluminación	41
4.2.1 Nivel de iluminación	43
4.3 Método de cálculo para iluminación en interiores (método de lumen)	44
4.4 Arreglos	50

Capítulo 5: iluminación de bibliotecas

5.1 Una cuestión de perspectiva	61
5.2 Iluminación natural	62
5.3 Iluminación artificial	62
5.4 Iluminación con LEDs	64
5.5 Objetivo: ahorro y confort de la iluminación con LEDs .	65
5.6 Inversión en eficiencia	67
5.7 Características de la luminarias LEDs	67

Conclusión	74
-------------------	----

Bibliografía	76
---------------------	----

Anexo de gráficas y tablas	77
-----------------------------------	----

INTRODUCCIÓN

Cierto es que la tecnología avanza demasiado rápido, de tal forma que esta ya trastocó los parámetros, materiales y formas, etc. generando nuevos conceptos y beneficios en el campo de la iluminación.

Y es por eso que este trabajo se basará en esa revolución tecnológica, que ofrecen los nuevos conceptos en iluminación en beneficio de la educación, de tal forma que se pueda contar con áreas de estudio lo suficientemente alumbradas a fin de dar al estudiantado espacios útiles, tales como serían las bibliotecas.

Para abundar en lo anterior, es necesario partir desde la pregunta ¿por qué necesitamos una iluminación adecuada? A fin de poder realizar las diferentes actividades bibliotecarias, que respalden el esfuerzo realizado, tanto del magisterio así como del alumnado en cada uno de los planteles del sistema educativo.

También se ampliará y detallará la información en todos los aspectos de estudio que se involucran para realizar los dictámenes, en relación de la iluminación en los espacios bibliotecarios.

Como es la óptica, comenzando por como percibimos la luz los seres humanos, se explicarán también, los aspectos externos que se involucran, a fin que podamos percibir las cosas y objetos que nos rodean por medio de nuestros ojos.

Una vez concluida la información que antecede, se entrará de lleno al estudio de lo que es la iluminación, los conceptos y los factores que intervienen para la elaboración de un proyecto de iluminación en el interior de un espacio bibliotecario.

Posteriormente, expondremos claramente y detalladamente, los aspectos que tomaremos en cuenta para el mejor aprovechamiento de la iluminación en los espacios interiores de las áreas en estudio.

Presentaremos en detalle los tipos de lámparas existentes, mostrando sus ventajas y sus desventajas, y dando ejemplos claros de su uso a fin de poder saber que elementos tomamos en cuenta, para seleccionar las luminarias apropiadas y así aprovechar al máximo todos sus beneficios.

Una vez expuesto el tema de los elementos para iluminación, ventajas y desventajas, etc., enfocaremos nuestra atención directamente en la distribución de la iluminación dentro de las bibliotecas, las ventajas que se obtienen al tener un área adecuadamente alumbrada, así como los beneficios de emplear las luminarias correctas.

También se advertiremos las desventajas que puede causar una mala iluminación dentro de una biblioteca, y con eso los recursos que se podrá desperdiciar al emplear lámparas inadecuadas.

CAPÍTULO 1.

LA LUZ

1.1 ¿Qué es la luz?

Aunque todavía no se ha podido explicar claramente en su totalidad, podemos entender parcialmente su comportamiento, ya que en la antigüedad los que trataban de explicarla creían que estaba constituida por “corpúsculos” (cuerpo muy pequeño) que emanaban del ojo para iluminar al mundo.

1.2 Teorías sobre el comportamiento de la luz

La luz corresponde a la radiación electromagnética en la banda estrecha de frecuencia desde 380nm hasta aproximadamente 750nm siendo solo una pequeña parte del espectro electromagnético que se extiende desde muy pequeñas hasta muy altas frecuencias. En un material incandescente o en una esfera solar, los electrones están acelerados al azar y sometidos a frecuentes colisiones, lo que da lugar a la generación de emisiones dinámicas de luz.

Región	Rango
UV extremo	10 a 100 nm
UV lejano	100 a 200 nm
UV-C	100 A 280 nm
UV medio	200 a 300 nm
UV-B	280 A 315 nm
UV cercano	300 a 400 nm
UV-A	315 A 400 nm
Visible	380 a 770 nm
IR cercano	770 1400 nm
IR intermedio	1400 a 5000 nm
IR lejano	5000 a 1,000,000 nm

1.2 Regiones del espectro electro magnético

A finales del siglo XII aparecieron los primeros modelos teóricos que intentaron explicar el comportamiento y naturaleza de la luz, pero fue hasta el siglo XIX que los científicos establecieron que la electricidad y el magnetismo son efectos relacionados entre sí.

En 1865, James Maxwell emprendió la tarea de determinar las propiedades de un medio que pueda transportar la luz, Maxwell demostró matemáticamente la existencia de campos eléctricos y magnéticos perpendiculares entre sí. Que se pueden desplazar a través del vacío y de algunas sustancias.

Con lo anterior Maxwell sugirió que la luz es un conjunto de ondas o radiaciones electromagnéticas, estableciendo la teoría electromagnética, encargada del estudio de campos eléctricos y magnéticos para descripción rigurosa y exacta.

En 1820, Hans Oersted descubrió que una brújula se altera al dejarla cerca de un imán. En 1835, Michel Faraday y simultáneamente Josep Henry, demuestran que cuando un imán o magneto se mueve cerca de un alambre se puede generar una corriente eléctrica a través del alambre.

Heinrich Hertz en 1885, demostró esta teoría en forma experimental; comprobó que la radiación electromagnética puede ocurrir a cualquier frecuencia del mismo modo que la luz, así como la radiación térmica y en las ondas de radio, las cuales son de la misma naturaleza y viajan a la velocidad de la luz (300,000km/s).

Isaac Newton fue el primero en reconocer que la luz blanca es realmente una mezcla de todos los colores del espectro de luz visible, que el prisma no crea color alterado de la luz blanca en grados distintos, como se había pensado durante siglos, sino que sencillamente descompone la luz, separándola en colores consecutivos. No debe sorprender que el mismo concepto de blancura parezca depender de nuestra percepción del espectro diurno de la tierra.

El detector ojo-cerebro humano percibe como blanca una amplia mezcla de frecuencias, normalmente con aproximadamente la misma cantidad de energía en cada parte. Esto es a lo que nos referimos cuando hablamos de “luz blanca”.

Por separado los modelos corpusculares y ondulatorios describen solo parte de la naturaleza de la luz, por lo que la luz es considerada de naturaleza dual, es decir, se comporta como onda y como partícula, es decir los modelos considerados antagónicos, hoy son complementarios.

Ejemplo:

Modelos corpusculares	Modelos ondulatorios
<p><u>Teoría corpuscular de Newton</u></p> <p>Considera a la luz como una multitud de diminutas partículas o corpúsculos luminosos emitida a gran velocidad por la fuente luminosa, por ejemplo el Sol, una llama, etc.</p>	<p><u>Teoría ondulatoria de Huygens</u></p> <p>Considera a la luz como la propagación de una perturbación en forma de ondas semejantes a las que se producen en el agua.</p>
<p><u>Modelo de Planck ampliado por Einstein</u></p> <p>Admite la existencia de partículas llamadas fotones que, a modo de paquetes o cuantos de energía, constituyen los corpúsculos no materiales. Explica nuevos fenómenos luminosos, como el Efecto fotoeléctrico.</p>	<p><u>Modelo de Maxwell</u></p> <p>La luz es para Maxwell una onda electromagnética o campo electromagnético viajero, que se puede propagar en el vacío y a la que el ojo humano es sensible.</p>

2.2 Modelos existentes de la naturaleza de la luz

1.3 Óptica

La óptica es la rama de la física que estudia los fenómenos luminosos, dividiéndose para su estudio en dos grandes ramas, la óptica geométrica y la óptica física, citando a la Optical Society of America (OSA):

“La óptica es el estudio de la luz, de la manera como es emitida por los cuerpos luminosos, la forma en que se propaga y se absorbe por distintos medios”

1.3.1 Óptica geométrica

La óptica geométrica trata a la luz como un conjunto de rayos que cumplen el principio de Fermat. Se utiliza en el estudio de la transmisión por medio de homogéneos (lentes, espejos), la reflexión y la refracción, comienza con los estudios de Snell (1591-1626) quien descubre la ley de la refracción, válida para cualquier magnitud del ángulo de incidencia, expresada como relación entre distancias, tiempo después Pierre Fermat (1601-1665), establece su principio, donde expresa que la luz al viajar de un punto a otro, atravesando medios de densidades diferentes, sigue la trayectoria que le tome el tiempo mínimo de recorrido.

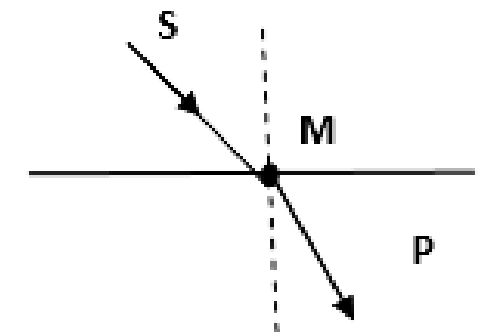
1.3.2 Óptica física

Es esta rama de la física que busca encontrar una explicación de los diversos fenómenos y comportamientos, algunas de sus subdivisiones son: ondulatoria, electromagnética y cuántica. Cada una busca dar una interpretación adecuada a la luz, cuando la teoría de rayos ya no puede explicar ciertos fenómenos.

1.3.3 Principio de Fermat

Resulta de la necesidad de encontrar un teorema general que permitiera describir el fenómeno de refracción, partiendo del siguiente esquema en el cual se estableció que:

“Como la naturaleza de la luz se dirige en línea recta de S a P, hay que encontrar un punto M por el cual la luz se doble o refracte llegando en un tiempo más corto de S a P. Pues es probable que la naturaleza, a la cual sus operaciones urgen lo más pronto posible, se oriente espontáneamente hacia ese punto considerando que la velocidad será mayor en el medio menos denso”



1.3 trayectoria para establecer el principio de Fermat

1.4 Leyes de Snell

Son formulas deducidas matemáticamente a partir del principio de Fermat para determinar los ángulos de refracción y reflexión que sufre la luz o cualquier onda electromagnética al pasar a través de la superficie de separación de un medio.

1.5 Fenómenos de la luz

La luz posee un comportamiento ondulatorio y corpuscular, siendo por ello que para el estudio de su física es necesario separara los fenómenos que presenta de acuerdo a su naturaleza, apoyándose en la óptica física o de rayos y en las teorías presentadas en el 1.3 es posible describirlos; Dichos fenómenos son: la reflexión, la refracción, la difracción, la absorción, transmisión y la polarización, por los cuales pasa la luz al llegar a un objeto.

1.5.1 Reflexión

Al incidir la luz en un cuerpo, la materia de la que está constituido retiene unos instantes su energía y a continuación la re-emite en todas las direcciones. Este fenómeno es

denominado reflexión, en pocas palabras es el cambio de dirección que sufre un rayo luminoso cuando choca contra la superficie de un objeto de superficie reflectora.

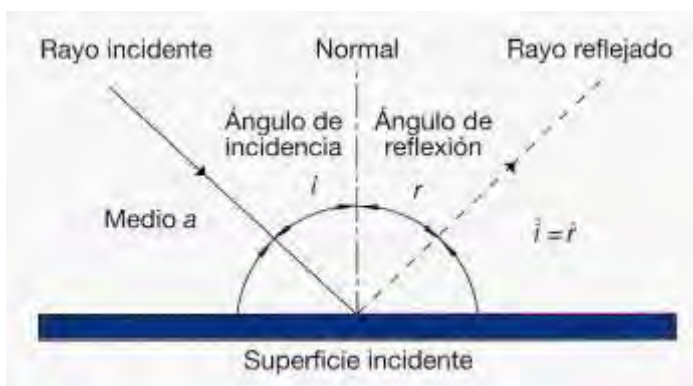


Ilustración 1.5.1 Reflexión de la luz

1.5.2 Reflexión total

Un rayo de luz propagándose en un medio con índice de refracción n_1 incidiendo con un ángulo θ_1 sobre una superficie sobre un medio de índice n_2 con $n_1 > n_2$ puede reflejarse totalmente en el interior del medio de mayor índice de refracción, esto es llamado reflexión total interna o ángulo límite y se produce para ángulos de incidencia θ_1 mayores que el valor crítico cuyo valor único es:

$$\theta_c = \text{sen}^{-1} \frac{n_2}{n_1}$$

Presentándose en dos peculiares casos particulares

Cuando el rayo va de un medio más refringente hacia otro menos refringente.

Cuando el ángulo de incidencia sea mayor que el límite.

1.5.3 Refracción

La refracción es la variación brusca de dirección que sufre la luz al cambiar de medio. Este fenómeno se debe al hecho de que la luz se propaga a diferentes velocidades según el medio por el que viaja. El cambio de dirección es mayor cuanto mayor es el cambio de velocidad, ya que la luz recorre mayor distancia en su desplazamiento por el medio en que va más rápido. La ley de Snell relaciona el cambio de ángulo con el cambio de velocidad por medio de los índices de refracción de los medios.

Como la refracción depende de la energía de la luz, cuando se hace pasar luz blanca o policromática a través de un medio con caras no paralelas, como un prisma, se produce la separación de la luz en sus diferentes componentes (colores) según su energía, en un fenómeno denominado dispersión refractiva. Si el medio tiene las caras paralelas, la luz se vuelve a recomponer al salir de él.

Más detallado es el cambio de dirección que soporta una onda de luz al pasar de un medio de irradiación a otro con una consistencia óptica diferente.

Ejemplos muy comunes de la refracción es la ruptura aparente que se ve en un lápiz al introducirlo en agua o el arcoíris



Ilustración 1.5.3 ejemplo de refracción con un lápiz en un vaso con agua

Elementos necesarios para la refracción

- I.- Rayo incidente, es aquel que llega a la superficie de separación de dos medios.
- II.- Rayo refractado, el rayo que pasa al otro medio.
- III.-Ángulo de incidencia, el ángulo que se forma entre el incidente y la normal.
- IV.-Ángulo de refracción, el ángulo que se forma entre el rayo refractado y la normal.
- V.- Normal, es la perpendicular a la superficie de separación de los medios trazados.

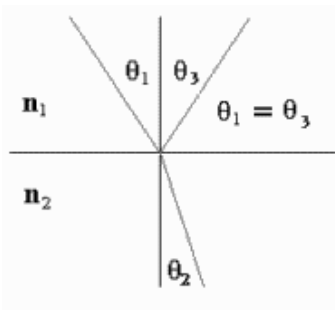
1.5.4 Primera ley de la refracción

El rayo incidente, la normal y el rayo refractado pertenece al mismo plano.

1.5.5 Segunda ley de la refracción o ley de Snell

La razón o cociente entre el seno del ángulo de incidencia y el seno del ángulo de refracción es una constante llamada índice de refracción del segundo medio respecto al primero.

$$n_1 * \text{sen}\theta_1 = n_2 * \text{sen}\theta_2$$



1.5.5 Refracción de la luz

1.5.6 Difracción

En física, la difracción es un fenómeno característico de las ondas que se basa en la desviación de estas al encontrar un obstáculo o al atravesar una rendija. La difracción ocurre en

todo tipo de ondas, desde ondas sonoras, ondas en la superficie de un fluido y ondas electromagnéticas como la luz visible y las ondas de radio. También sucede cuando un grupo de ondas de tamaño finito se propaga; por ejemplo, por causa de la difracción, el haz colimado de ondas de luz de un láser debe finalmente divergir en un rayo más amplio a una cierta distancia del emisor.

La difracción puede ser entendida a nivel fenomenológico usando el principio de Huygens, según el cual un frente de onda se puede visualizar como una sucesión de emisores puntuales, que re-emiten la onda al oscilar en respuesta a ella y contribuyen así a su propagación. Aunque cada oscilador individual genera una onda esférica, la interferencia de todas ellas da lugar a una onda plana que viaja en la misma dirección que la onda inicial. Cuando el frente de onda encuentra un obstáculo los emisores correspondientes al extremo del frente de onda obstruido no tienen otros emisores que interfieran con las ondas que ellos generan, y estas se aproximan a ondas esféricas o cilíndricas. Como consecuencia, al adoptar el frente de onda una forma redondeada en donde fue recortado, la dirección de propagación de la onda cambia, girando hacia el obstáculo. Se suele decir que la onda "dobla" las esquinas.

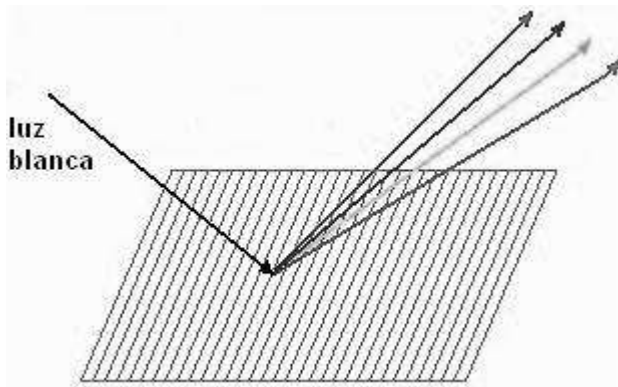
La Difracción y la interferencia son fenómenos inseparables, al punto que no es siempre sencillo distinguirlos. Esto es debido a que la difracción es una forma particular de interferencia.

Citando a Richard Feynman¹:

«No-one has ever been able to define the difference between interference and diffraction satisfactorily. It is just a question of usage, and there is no specific, important physical difference between them.»

¹ **Richard Phillips Feynman**, (Manhattan, 11 de mayo de 1918 - Los Ángeles, 15 de febrero de 1988) fue un físico teórico estadounidense conocido por su trabajo en la formulación integral de la trayectoria de la mecánica cuántica, la teoría de la electrodinámica cuántica y la física de la super fluidez del helio líquido sub enfriado, así como en la física de partículas para el que propuso el modelo Parton.

(Nadie ha sido capaz de definir la diferencia entre interferencia y difracción de forma satisfactoria. Es solo una cuestión de uso, sin diferencias físicas importantes).



1.5.6 difracción de la luz

1.5.7 Transmisión

Ocurre cuando la luz atraviesa una superficie u objeto, presentándose en tres maneras, directa, difusa o selectiva.

Directa: la luz atraviesa un objeto y no se producen cambios de dirección o calidad de esa luz.

Difusa: cuando la luz pasa a través de un objeto transparente o semitransparente con textura.

Selectiva: la luz atraviesa un objeto de color. Parte de la luz va a ser absorbida y parte será transmitida por ese objeto.

1.5.8 Absorción

La luz al llegar a la superficie de un objeto, éste puede absorber toda o parte de esa luz, transformándose esta energía en otro tipo, convirtiendo al objeto que absorbe en un emisor, irradiándola a su vez en forma de calor.

1.5.9 Polarización

La polarización se define como desplazamiento instantáneo de las partículas que oscilan, para las ondas electromagnéticas que constituyen la luz por ser transversales vibran perpendicularmente a la dirección de propagación. El fenómeno de polarización de la luz puede ser por reflexión en superficies metálicas o por refracción al atravesar ciertas sustancias como cuarzo, turmalina, vidrio, etc.

1.6 Efecto fotoeléctrico

Se conoce con el nombre de efecto fotoeléctrico a la emisión de electrones por un metal al ser irradiado con radiación electromagnética (luz ultravioleta), fue descubierto por H. Hertz en 1887. Si solo los electrones emitidos se hacen circular por un circuito en el que mide la intensidad de corriente y al que se añade una fuente de tensión variable que puede cambiar de polaridades, y se estudia la intensidad de la corriente eléctrica formada en términos del voltaje aplicado al circuito, para diferentes valores de la intensidad de la fuente luminosa, se obtiene los siguientes resultados experimentales:

I.- La intensidad de corriente aumentada desde un valor dado cuando $V=0$ hasta un valor de saturación cuando V aumenta, que corresponde al caso en el que todos los electrones emitidos son enfocados hacia el ánodo y se mueve por el circuito.

II.- Si la polaridad de la fuente de tensión se invierte, la intensidad de corriente disminuye, hasta que se anula para un potencial $|V_0|$, llamado potencial de frenado. Este potencial es tal que frena a los electrones más rápidos emitidos desde el metal.

III.- Si se hace la misma experiencia con la intensidad diferente de la fuente luminosa, el resultado es similar, aumentando la intensidad de corriente que circula por el circuito, pero manteniéndose constante el potencial de frenado.

IV.- El potencial de frenado depende del material emisor de electrones y de la frecuencia de la radiación incidente, de forma que para cada material, existe una frecuencia ν_0 denominada frecuencia umbral por debajo de la cual no se produce efecto fotoeléctrico.

V.- No existe tiempo de retardo en el efecto fotoeléctrico, es decir la emisión de electrones ocurre de forma simultánea cuando la luz incide sobre el material.

1.7 Cuerpo negro

En 1900, Max Planck lanza su teoría en donde establece que la interacción entre la materia y la radiación no es continua si no a través de pequeños pulsos llamados cuantos (radiaciones electromagnéticas emitidas en unidades discretas de energía), donde la energía de un “cuanto de luz” (fotón), es igual a la frecuencia de la luz multiplicada por una constante. La primera medida fiable de la constante de Planck (1916) se debió al físico estadounidense Robert Milikan.

El valor actualmente aceptado es el:

$$\underline{h = 6,626 \times 10^{-34} J * s}$$

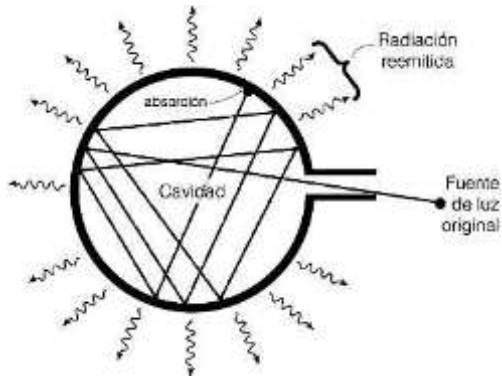
1.7.1 Radiador

Un radiador es un emisor que emite energía radiante, un radiador de temperatura es un radiador ideal en el cual su densidad de flujo radiante (exitancia radiante) está determinado por su temperatura, material y características de superficie.

Un cuerpo negro es un radiador de temperatura uniforme con una exitancia radiante que todas las partes del espectro posee la misma temperatura.

Este tipo de radiador es llamado cuerpo negro porque absorbe toda la energía radiante que reciba. Este modelo está realizado sobre ángulos sólidos limitados en la forma de una cavidad con paredes opacas a temperatura uniforme y con una pequeña abertura con propósito de observarlo.

Como podemos observar en la siguiente ilustración con sus componentes:



1.7 Cuerpo negro

Capítulo 2

EL OJO

2.1 El ojo humano y la visión.

El ojo humano es sin duda el instrumento óptico más importante que existe y al igual que los instrumentos ópticos diseñados por el hombre, el ojo humano también tiene sus limitaciones. Los primeros estudios serios se hicieron en el siglo XIX, principalmente por Helmholtz, cuyo trabajo monumental está en el libro *Optik* que aun en nuestros días sigue siendo una referencia muy importante. Estos trabajos del siglo XIX culminaron con los estudios de Allvar Gullstrand, que le valieron el premio Nobel en Fisiología y Medicina en 1911.

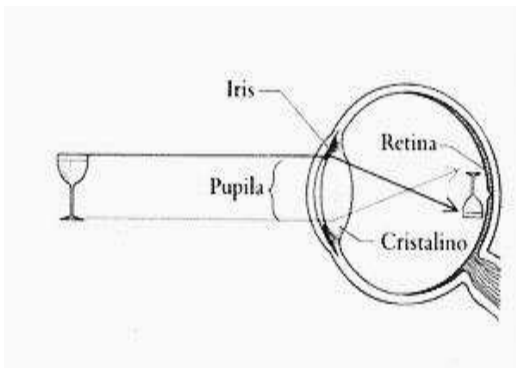


Tabla 2.1 El ojo humano y la visión

2.2 Constantes ópticas del ojo.

El ojo humano es un órgano con forma casi esférica que mantiene su forma gracias a un recubrimiento esclerótico blanquecino y la presión de un contenido viscoso.

Como es de esperarse no hay dimensiones universales para la el ojo humano, por lo contrario, se encuentran que hay una considerable variación en sus dimensiones.

Se ha definido por razones prácticas un ojo estándar como un ojo de dimensiones promedio. Las dimensiones y constantes ópticas se enlistan en la tabla 2.2.

2.3 Componentes anatómicos del ojo.

El ojo humano esta anatómicamente formado por los elementos que se ilustran en la figura 2.3. a continuación se dará una descripción breve de los principales elementos anatómicos, con especial referencia a los que intervienen en la formación de las imágenes.

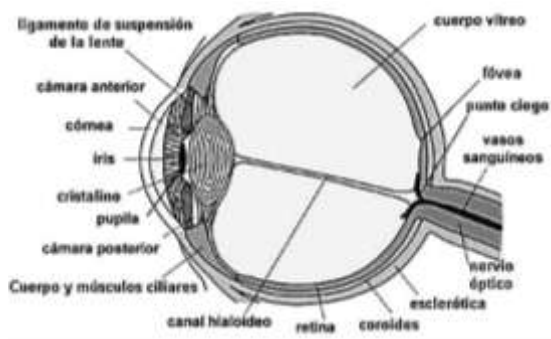


Ilustración 2.3 Ojo humano

2.3.1 Córnea

La córnea es el primer elemento refractor del ojo y contribuye con 43 de las 58 dioptrías² que tiene el ojo, normalmente la córnea es transparente y su poder refractor se debe a la curvatura y a que su índice de refracción es mayor que el del aire.

Un pequeño cambio en la hidratación de la córnea puede ser debido a muchos factores entre otros la edad. Si esto sucede, los objetos brillantes se varan con un halo luminoso.

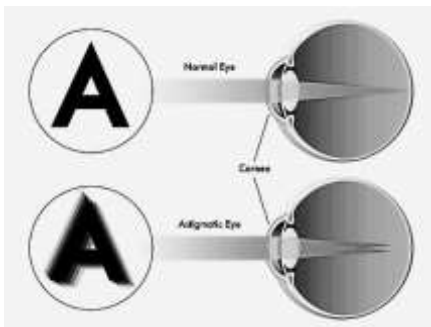
² La **dioptría** es la unidad que con valores positivos o negativos expresa el poder de refracción de una lente o potencia de la lente y equivale al valor recíproco o inverso de su longitud focal (distancia focal) expresada en metros. El signo '+' (positivo) corresponde a las lentes convergentes, y el '-' (negativo) a las divergentes. Así, una lente cuya longitud focal sea de +1 metro, tendrá una potencia de 1 dioptría y una lente de +2 dioptrías es una lente convergente de distancia focal igual a 0,5 metros

Cualquier deformidad en la córnea da lugar al error de refracción que conocemos con el nombre de astigmatismo. Una elongación del centro de la córnea recibe el nombre de queratócono.



2.3.1 Queretoconos y ojo normal

Si la córnea toma la forma de una superficie esfero-cilíndrica (toroide), aparece el llamado astigmatismo regular.



2.3.1 ojo normal y astigmatismo

2.3.2 Pupila

La pupila es la abertura circular en el centro del iris. El iris es el que da el color a los ojos y recibe su nombre del hecho de que tiene una gran variación de color de una persona a otra. La función de la pupila es controlar la cantidad de luz que llega a la retina, por lo que disminuye su diámetro a medida que aumenta la intensidad luminosa.

2.3.3 Cristalino

El cristalino es una lente flexible, cuya curvatura o poder de convergencia puede ser cambiada a voluntad para enfocar la imagen sobre la retina. A este proceso se le llama acomodación.

La acomodación nos permite enfocar con claridad objetos situados a muy diversas distancias. El cristalino está conectado directamente al sistema nervioso simpático y no se puede cambiar voluntariamente con facilidad.

Cuando el ojo ve un campo brillante, uniforme sin ningún detalle, el mecanismo de acomodación tiende a enfocar a una distancia aproximada de un metro y no al infinito. Esta es la razón de la llamada miopía de campo libre o miopía nocturna.

2.3.4 Humor Vítreo

El humo vítreo es un gel transparente con índice de refracción ligeramente superior al del agua, que llena el espacio entre el cristalino y la retina. Algunas veces se encuentran pequeñas partículas del tejido flotante en el humo vítreo, las cuales se pueden observar en ocasiones al ver el cielo azul o a través de instrumentos ópticos. La presencia de estas partículas es casi siempre normal, en especial en ojos miopes y nada se puede hacer para quitarlas por lo que se debe simplemente ignorarlas.

2.3.5 Retina

La retina es el elemento sensible del ojo en el cual se forma la imagen. En la retina se transforman la energía luminosa en estímulos nerviosos. La capa más interna de la retina, es decir la más cercana al vítreo, está compuesta de células y fibras nerviosas, mientras que la parte externa, la más sensible a la luz, está cubierta por células llamadas conos y bastoncillos, además

de un pigmento protector. La entrada del nervio óptico tiene la forma de un disco y no tiene elementos sensibles a la luz.

Cerca del eje óptico se encuentra la fovea. Esta es una pequeña región circular donde la retina se hace más delgada ya que no existen ahí vasos sanguíneos ni fibras nerviosas. El centro de la fovea contiene solamente conos, mucho más densamente empacados que en el resto de la retina.

La sensibilidad de la retina a la luz depende de la zona estimulada. La fovea es muy sensible al color nos permite ver detalles muy finos. Sin embargo, la fovea es muy insensible a bajos niveles luminosos; es por esta razón que una estrella muy débil en el cielo nocturno se distingue con más claridad cuando no la miramos directamente.

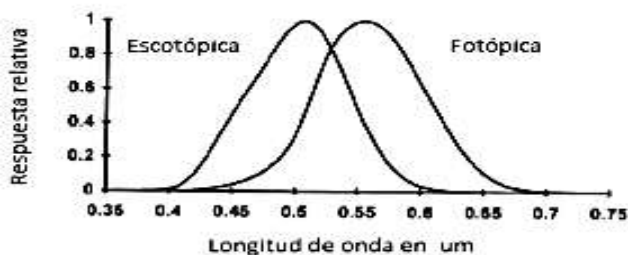
2.4 Curva de sensibilidad espectral relativa

La curva de sensibilidad espectral relativa del ojo humano o curva de visibilidad ($V(\lambda)$) expresa cuantitativamente cómo, a iguales flujos de energía de la radiación electromagnética con diferentes longitudes de onda (en el rango visible del espectro), la intensidad de la luz percibida por el ojo humano es diferente, es decir, su respuesta espectral no es plana sino curva.

Esa respuesta se caracteriza por la magnitud $V(\lambda)$, denominada eficiencia luminosa (adimensional, medida entre 0 y 1), es llamada curva $V(\lambda)$, definida como estándar por la CIE³, tiene el mismo aspecto (formal) en condiciones de luz de día (visión fotópica) y nocturna (visión

³ La Comisión Internacional de la Iluminación - también conocido como el CIE de su título francés, la Comisión Internacional de l'Eclairage - se dedica a la cooperación a nivel mundial y el intercambio de información sobre todos los asuntos relacionados con la ciencia y el arte de la luz y la iluminación, el color y visión, fotobiología y la tecnología de imágenes. Con sólidos fundamentos técnicos, científicos y culturales, el CIE es una organización independiente, sin fines de lucro que sirve a los países miembros sobre una base voluntaria. Desde su creación en 1913, la CIE se ha convertido en una organización profesional y ha sido aceptada como la representación de la mejor autoridad en la materia y como tal es reconocido por la ISO como organismo internacional de normalización.

escotópica) aunque la longitud de onda a la que se produce la mayor sensibilidad del ojo humano se desplaza de $\lambda=555\text{nm}$ (visión de día) a $\lambda= 505\text{-}510\text{nm}$ (visión nocturna)



2.4 Función de sensibilidad espectral

2.5 Factores objetivos del proceso visual.

Las investigaciones han demostrado que la visión depende de cuatro variables primarias, asociadas al objeto visual: tamaño, contraste de luminancia entre el objeto y sus alrededores y tiempo disponible para verlo.

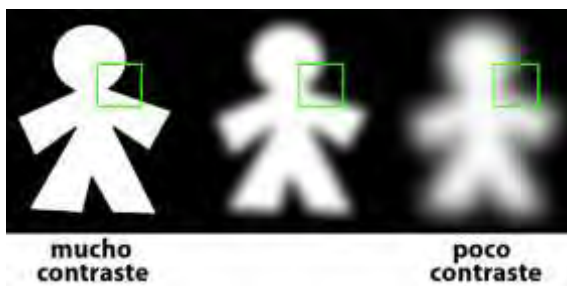
2.5.1 Tamaño.- el tamaño de un objeto es el factor que generalmente tiene más importancia en el proceso de visual. Cuanto más grande es un objeto en relación con el ángulo visual (o ángulo subtendido por el objeto desde el ojo) más rápidamente puede ser visto.

La agudeza visual expresada como la inversa del ángulo visual en minutos, es una medida de los más pequeños detalles que pueden percibirse. Dado que la agudeza visual aumenta marcadamente al hacerlo la iluminación, la luz se considera algunas veces como un amplificador que hace visible pequeños detalles que no podrían verse con menos luz.

2.5.2 Luminancia (brillo fotométrico).- uno de los factores primordiales para la visibilidad es la luminancia. La de un objeto depende de la intensidad de la luz que incide sobre él y la

proporción de esta que se refleja en dirección al ojo. Una superficie blanca tendrá un brillo mucho mayor que la misma iluminación. Sin embargo añadiendo superficies de luz a una superficie oscura, es posible hacerla tan brillante como una blanca. Cuanto más oscuro es un objeto o una labor visual, más grande es la iluminación necesaria para conseguir igual brillo y, en circunstancia parecidas, para la misma visibilidad.

2.5.3 Contraste.- tan importante es para la visión es el nivel general de luminancia como el contraste de luminancia o color entre objeto visual y su fondo. La diferencia en el esfuerzo visual requerido para ver la tarjeta de abajo, es una simple demostración de la efectividad del contraste. Los altos niveles de iluminación compensan parcialmente los contrastes de bajo brillo y resultan de gran ayuda cuando no pueden evitarse las condiciones de deficiencia de contraste.



2.5.3 Contraste

2.5.4 Tiempo.- la visión no es un proceso instantáneo; requiere tiempo. Se puede recurrir a la cámara fotográfica para ilustrarlo. Es posible tomar una fotografía con una luz muy tenue si la exposición es suficientemente larga, pero para una exposición rápida es necesario emplear una gran cantidad de luz.

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

El factor tiempo es importante, en particular, cuando el objeto visual está en movimiento. Los niveles altos de iluminación hacen, de hecho, que los objetos en movimiento parezcan moverse más lentamente, lo que aumenta en gran medida su visibilidad.

Tamaño, luminancia, contraste y tiempo están mutuamente relacionadas y son interdependientes. Dentro de ciertos límites, se pueden resolver diferencias en uno de estos factores ajustando uno o más de los restantes. En la mayoría de los casos el tamaño es un factor fijo en el proceso visual, pero la luminancia, el contraste y el tiempo son susceptibles de algún grado de modificación. De estos, los dos primeros suelen estar más directamente bajo el control del ingeniero luminotécnico, y empleados con propiedad pueden ser de enorme utilidad para superar condiciones desfavorables de tamaño pequeño y de tiempo limitado para la visión.

2.6 Proceso de la visión.

Nuestras habilidades de percepción se dividen en tres componentes: atributos, expectativas y afecto.

2.6.1 Atributos.- el aspecto atributo de nuestra percepción es aquel en el que asignamos un significado a lo que vemos. Reconocemos patrones y formas, y los ubicamos dentro de una clasificación general de las cosas del mundo según nuestras experiencias vividas.

Cuando vemos cosas que no reconocemos, que son diferentes a nuestras expectativas o que son ambiguas, y no podemos clasificarlas con precisión, tienden a llamar nuestra atención.

La manera en que percibimos los objetos depende del contexto de la información derivada de las expectativas y de objetos familiares y cercanos. Cuando se ven por periodos largos, las relaciones entre el fondo y la figura pueden verse invertidas.

2.6.2 Expectativas.- el aspecto atributo de nuestra percepción está afectado por nuestras expectativas. Esperamos que las cosas se comporten de la manera correspondiente al significado que le hemos dado. Cuando vemos un letrero de “salida”, esperamos que haya una salida ahí; nuestra expectativa afecta nuestra percepción.

2.6.3 Afecto.- el componente afectivo de la percepción describe la manera cómo podemos responder o somos afectados por el medio visual. Si el medio visual es muy uniforme, podríamos percibirlo como opaco, aburrido o poco interesante.

De forma similar, a través de la relación de elementos visuales, el medio puede inspirar sentimiento de caos u orden.

Cuando la información visual que se desea y se espera está ausente, un medio ambiente puede parecer visualmente sombrío. Por ejemplo, la visión a través de un vidrio coloreado muchas veces parece insatisfactoria cuando junto hay uno totalmente transparente, que nos permite la comparación. La penumbra se enfatiza por la comparación con el brillo del vidrio claro adyacente.

Capítulo 3

La Iluminación

3.1 ¿Que es la iluminación?

La iluminación es la acción o efecto de iluminar. En la técnica se refiere al conjunto de dispositivos que se instalan para producir ciertos efectos luminosos, tanto prácticos como decorativos. Con la iluminación se pretende, en primer lugar, conseguir un nivel de iluminación (interior o exterior), o iluminancia, adecuado al uso que se quiere dar al espacio iluminado, nivel que dependerá de la tarea que los usuarios hayan de realizar

3.2 Observador y observado.

La luz nos permite experimentar un mundo visual. Según cambie la luz, también cambiará nuestra experiencia, nuestra percepción, lo que define el concepto central de iluminación arquitectónica.

Estar al tanto de las prioridades de la luz y de la experiencia del observador resulta esencial para entender el mundo luminoso.

La experiencia visual es una combinación de ver (ojos) e interpretar (cerebro). La percepción del medio ambiente es un proceso de búsqueda de información mediante el cual se destaca aquello que interesa y se filtra o se diluye aquello que distrae. Tener la información visual adecuada, sin distracciones, es la clave para que haya un medio visual apropiado.

Vivimos en un mundo que constantemente inunda de información nuestros sentidos, al grado que nuestra existencia depende de la habilidad que tengamos para filtrar y priorizar esta información.

Un buen ambiente visual nos permite enfocarnos en la información que nos interesa, sin la distracción de otra información o ruido visual.

Vemos lo que queremos ver, a menos que, de alguna manera, seamos distraídos. Nuestras percepciones forman el lenguaje visual que nos permite vivir en el mundo. Una vez que estas percepciones han sido aprendidas e internalizadas, resultan muchas veces inconscientes.

3.3 Percepción del brillo.

Se ha hablado de la luz que entra en el ojo, llamada iluminación, que da lugar a la sensación de brillo. La iluminación, que es la densidad de luz recibida en una superficie, se mide con varios tipos de fotómetros.

El brillo es una experiencia subjetiva. Cuando escuchamos que alguien dice “¡Que día tan brillante!”, sabemos que quiere decir. Pero esta sensación de brillo puede ser atribuida solo parcialmente a la intensidad luminosa de la luz que entra al ojo.

3.4 Percepción del color.

El brillo es también una función del color. Para una intensidad dada, los colores en la mitad del espectro se ven más brillantes que aquellos de los extremos.

El color que percibimos en un objeto depende también del material del que está hecho. Si vemos por ejemplo un objeto de color azul es porque refleja las ondas luminosas que tienen la longitud de onda de ese color y absorbe las demás.

El conocimiento del color normal de los objetos se llama constancia de color; esto es lo que nos permite afirmar que un jitomate es rojo, aunque lo veamos con luz de un color diferente. El conocimiento guardado en el cerebro y las expectativas ejercen una percepción del color: objetos

como naranjas y limones, por ejemplo, son una referencia de color, ya que esperamos que sean naranjas y verdes respectivamente.

3.5 Colorimetría

Es la ciencia encargada del estudio del color, el color es una característica de la luz determinada por su composición espectral y su interacción con el ojo humano. Dentro de nuestros ojos en una sección llamada fovea, tenemos sensores sensibles a la luz llamados conos y bastones.

Los conos están agrupados en tres tipos y cada uno responde a una porción del espectro, con respuestas picos que corresponden al azul, verde y rojo, construyendo lo que llamamos visión diurna, representan de 6 a 7 millones del total de nuestros fotoreceptores. Los bastones se estimulan por pequeñas intensidades de luz, es decir, los pequeños brillos, y constituyen la visión nocturna, son muy numerosos, cerca de 120 millones y son más sensibles que los conos.

La interacción de estos grupos son responsables del estímulo interpretado por nuestros cerebros como color, la teoría de cómo funciona el color en la base a la percepción de esas longitudes.

3.5.1 Caracterización del color

Para poder definir nuestro sistema de visión y percepción el color, es necesario caracterizarlo, para poder hacerlo existen los siguientes métodos:

- I.- Colorimetría tristímulus
- II.- Temperatura del color
- III.- Índice de reproducción cromática

IV.- Temperatura de color correlacionada

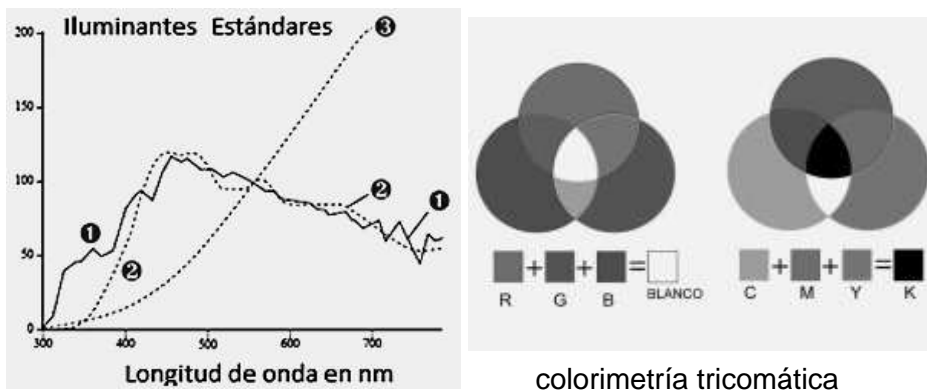
V.- Espectroraidometría

3.5.2 Colorimetría tristímulus o tricromática

Está basada en los tres componentes teóricos de la visión del color, rojo, azul, y verde, en 1931, CIE⁴ recomendó tres patrones llamados iluminantes, para ser empleados en la medición del color, basados en las mediciones que realizaron William D. Wright en el Colegio Imperial de Londres y John Guild en el Laboratorio Nacional de Física de Tendamington, midiendo las funciones de igualación de color que se obtuvieron midiendo las cantidades de flujo luminoso de cada uno de los colores primarios requeridos para igualar las radiaciones monocromáticas en todo el espectro, usando fuentes de luz conocidas.

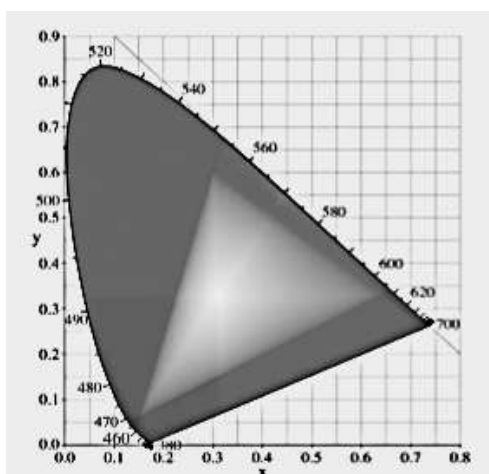
Posteriormente se experimentó con personas con visión normal para ver su respuesta a dichas radiaciones. Los resultados de ambos investigadores fueron convertidos a tres primarios fáciles de reproducir, correspondientes a las líneas espectrales del mercurio, estos valores fueron llamados iluminantes A, B, y C, definidos en 1931, posteriormente en 1967 se definieron los D incluyendo la radiación UV, los subíndices indican las cifras de la temperatura de color correspondiente.

⁴ La Comisión Internacional de Iluminación (abreviada CIE por su nombre en francés, Commission internationale de l'éclairage) es la autoridad internacional sobre luz, iluminación, color y espacios de color. Fue establecido en 1913 como un sucesor a la Comisión Internationale de Photométrie y se basa hoy en Viena, Austria. El presidente de 2015 es Yoshihiro Ohno de los Estados Unidos



3.5.7 Respuesta espectral de los iluminantes estándar

La CIE estableció que se indicaran las proporciones de estos tres valores primarios para cada unidad de flujo radiante espectral, recibiendo el nombre tristímulus que significa tres estímulos, en base a que responden a los tres estímulos visuales principales, para el observador estándar en base a las funciones de color $x(\lambda)$, $y(\lambda)$ y $z(\lambda)$ mostrada en la siguiente figura.



3.5.7 (2) Diagrama de cromaticidad CIE

3.6 Temperatura del color.

La temperatura del color es un término que se usa para describir el color de una fuente luminosa comparándola con un cuerpo negro, que es el teóricamente “*radiante perfecto*”. Como

cualquier cuerpo incandescente, un cuerpo negro cambia de color al aumento de temperatura, poniéndose primero rojo oscuro y después rojo claro, naranja, amarillo y, finalmente blanco, blanco azulado y azul. El color de la llama de una vela es igual al de un cuerpo negro a 1800°K aproximadamente, por lo que en este caso se dice que la llama tiene una temperatura de color de 1800°K . La luz de una lámpara de filamento de tungsteno de 100w se acerca mucho más al blanco, y el cuerpo negro ha de ser elevado a 2875°K para igualarla. Así, pues la lámpara tiene una temperatura de color de 2875°K .

Se ha de tener en cuenta que la temperatura del color no es una medida real de temperatura, ya que solo define el color, y que se puede aplicar únicamente a fuentes que se parezcan mucho al cuerpo negro. Las lámparas de mercurio-sodio y las más intensamente coloreadas no se igualan con el cuerpo negro a ninguna temperatura y por ello no se les puede asignar ninguna temperatura. Los valores de temperatura de color que a veces se dan por conveniencia a varios tipos de lámparas fluorescentes “blancas”, solo pueden considerarse como aproximaciones.

Colores	$^{\circ}\text{K}$
Cielo azul	10,000 a 30,000
Cielo nublado	7000
Sol al mediodía	5250
Fluorescente luz de día	6500
Fluorescente blanca fría	4500
Fluorescente blanca	3500
Fluorescente blanca caliente	3000
Lámpara incandescente 500W	4000
Lámpara fotográfica	3400

Lámpara incandescente de servicio general	2500 3050
Llama de bujía	1800

4.6 Referencias de temperaturas de color

3.6.1 Índice de reproducción cromática

Es la capacidad de toda lámpara de reproducir el color natural de los objetos. Este índice es medido en escala del 1-100, siendo 100 el color con el que se ven estos objetos a la luz natural del sol. Entre más alto sea el CRI mas naturales lucirán las personas y objetos iluminados con estas lámparas incandescentes y halógenas.

3.6.2 Temperatura de color correlacionada

Este concepto es aplicable a fuentes de luz que serán comparadas con un radiador ideal o un valor patrón, calculándola a través de isolíneas de temperatura posicionadas sobre el color de la fuente de luz en el diagrama de cromaticidad CIE, pero no es aplicable para medir fuentes de luz que tienen una emitividad espectral en un ancho de banda muy bajo, es decir, cuasi cromáticas.

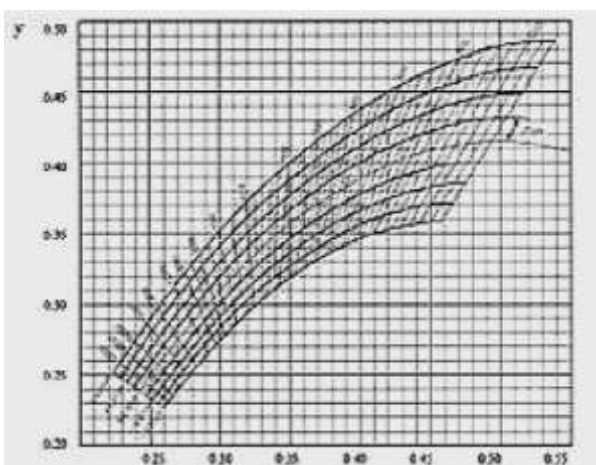


Ilustración 3.6.2 Diagrama de isolíneas de temperatura sobre un diagrama de cromaticidad x-y cercano al lugar de radiación del cuerpo negro.

3.6.3 Espectro radiométrico

Existen muchas distribuciones de curvas de potencia espectral que pueden causar el mismo efecto visual llamado color, lo que significa que el color de una fuente de luz no nos habla de su distribución de potencia espectral, por el contrario, conocer dicha función nos daría toda la información necesaria para describir la fuente, hay una manera para conocerla a través de los iluminantes CIE.

Para incorporarnos al método espectro radiométrico, necesitamos los valores dichos iluminantes o estímulos para después calcularlos con integración matemáticamente con la función de color CIE, los iluminantes sirven para determinar las coordenadas cromáticas **ya** la luminosidad obteniendo una descripción completa del color.

3.7 Fuentes de luz

Un cuerpo sólido calentado a una temperatura específica emite radiación de luz visible, existen dos métodos para producir luz, si se excita un sólido, se produce un espectro continuo, si es un gas, tenemos un espectro discontinuo.

3.7.1 Incandescentes y Halógenas

Las fuentes incandescentes producen luz al calentar un alambre de tungsteno (filamento) hasta que brilla (incandescente). La lámpara falla cuando el tungsteno se evapora y se rompe el filamento. La salida de luz y la vida se ven afectados por el tamaño del filamento y el voltaje de la corriente que circula a través de él.

Las lámparas halógenas son un tipo de lámpara incandescente con gas halógeno en una pequeña capsula de vidrio de cuarzo.

El halógeno se combina con el tungsteno evaporándolo y re depositando en el filamento, lo que prolonga su vida útil. Cuando se operan bajo alta presión, su eficiencia sube un 25% sobre las lámparas incandescente típicas, la capsula de halógeno puede ser recubierta por una película reflejante a los infrarrojos, con lo cual recicla una parte del calor perdido en el proceso incandescente y produce luz con cerca de 1/3 menos de energía que las lámparas halógenas convencionales, a baja tención incandescente funciona por debajo de 30V (típicamente 12V).

3.7.2 Fluorescente

Las fuentes fluorescentes producen luz en un proceso de tres pasos:

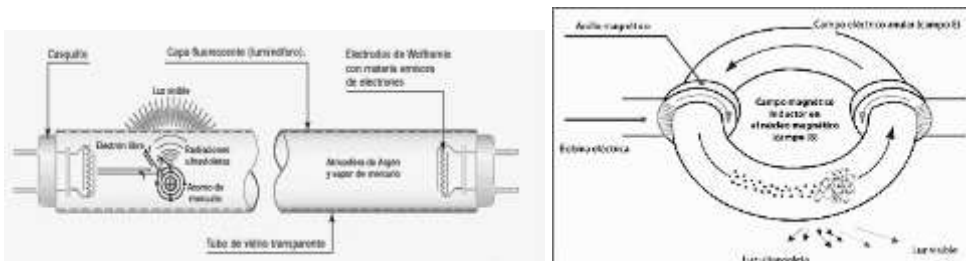
I.- Un arco eléctrico es generado entre dos electrodos en la mezcla de gases dentro del tubo.

II.- El mercurio en el gas emite radiación UV.

III.- La radiación UV estimula la capa de fósforo depositada en la cara interna del tubo de la lámpara, así esta se ilumina.

La lámpara típicamente falla cuando el arco ya no puede ser generado debido a la evaporación de los recubrimientos emisivos en los cátodos de la lámpara. El color de una lámpara fluorescente se determina por el fosforo. La salida de luz en general, varía con la longitud del tubo.

Una lámpara de inducción es similar a una lámpara fluorescente, excepto en el arco eléctrico que simula la radiación UV que es inducida por un generador de frecuencia de radio, en lugar de encontrarse entre electrodos, dándole una larga vida.



3.7.2 Lámpara fluorescente y lámpara de inducción magnética

3.8 Descargas de alta tensión

Las lámparas HID producen luz por la activación de un gas de sales metálicas con un arco eléctrico. El gas se mantiene con alta presión en un pequeño recinto (el tubo de arco) dentro de la ampolla exterior de la lámpara. La salida y el color de la luz dependerán de la mezcla de las sales, la construcción del tubo de arco, y la presión bajo la cual se opera.

Las lámparas HID consisten en tres familias principales, distinguidas por la mezcla de sal: el vapor de mercurio (en gran parte obsoleto hoy en día), sodio de alta presión (una fuente eficiente con un tono amarillo de la luz) y de halógenos metálicos (una luz blanca fuerte, pero menos eficiente que las de alta presión de sodio).

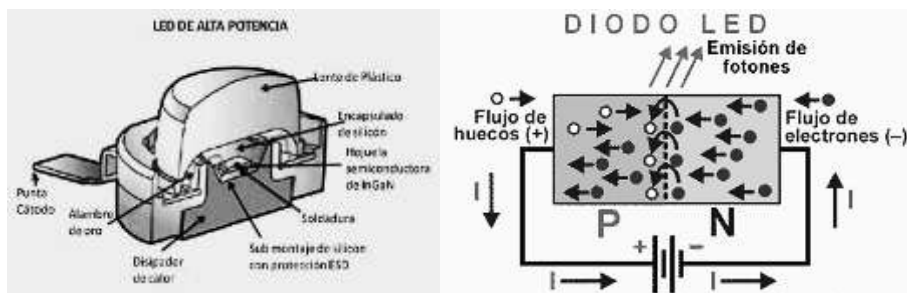


3.8 Lámparas HID, vapor de mercurio, sodio en alta presión y halógenos metálicos

3.9 Dispositivos de estado sólido, Diodo Emisor de Luz (LED).

Los LEDs son semiconductores que emiten luz debido a los materiales utilizados en su construcción. En general usan elementos como Galio, el Indio y el Silicio.

Estos elementos son cortados en delgadas obleas que son dispuestas en capas positivas y negativas, que al ser energizadas con una corriente, los electrones fluyen a través de la unión PN, la energía transferida se transforma parcialmente en los fotones de la luz visible.



3.9 LED Diodo emisor de luz

Un LED está compuesto por el dado o chip, que es el semiconductor, un recubrimiento de fosforo para transformar la luz blanca o casi azul en diferentes tonalidades de amarillo, un lente para dirigir la luz y un disparador para controlar la temperatura del led, al desprenderse de la energía, como resultado del flujo de corriente, se liberan dos formas de radiación electromagnética, la luz visible aproximadamente de 15-20% de la energía y el calor, el restante 75-85%.

La temperatura se alcanza en la unión PN es muy alta y es la causante de la degradación del led, si bien es cierto que es una fuente de muy larga duración es necesario controlar este parámetro para evitar que se degrade, es decir, pierda flujo, y presente variaciones en su color e índice de reproducción cromática.



Ilustración 3.9 (2) Temperatura de unión PN

Las consideraciones que hay que tener para el uso de estos dispositivos son:

I.- Manejo térmico, esencial para el mantenimiento de la salida de la luz y la vida útil anunciada por muchos fabricantes como 50,000 horas.

II.- Consistencia de color, para esto hay que considerar que los leds se comercializan de acuerdo a su bin, el bin es el grupo de color al cual pertenecen y que puede ser ubicado dentro del diagrama de cromaticidad CIE.

III.- El tipo de empaque y uso, cuando se habla de un diseño empleado estos dispositivos, es necesario pensar cual es la aplicación, ya que hay muy variadas formas y empaques, algunos son para potencia, de alta salida de flujo, para aplicaciones en el ramo automotriz, para alumbrado interior o exterior, etc.

3.10 Fotometría

La ingeniería de la iluminación, comprende la producción, la medición y la aplicación de la luz o de la energía radiante dentro de los límites del espectro visual, desde el UV, pasando por el espectro visible⁵ hasta llegar al IR⁶. Los siguientes cuatro parámetros son llamados espectrales son comúnmente usados en diferentes disciplinas, como referencia común:

⁵ Espectro visible (380nm-780nm)

⁶ IR: infrarrojo

I.- Longitud de onda λ [nm]

II.- Frecuencia [Hz], donde, $\nu = \frac{c \cdot 10^9}{\lambda s^{-1}}$

III.- Numero de onda σ [cm] donde $\sigma = \frac{(\lambda^{-1}) \cdot 10^9}{\lambda}$ [J]

IV.- Energía de un fotón, q[J], donde $q = \frac{h \cdot \nu \cdot 10^9}{\lambda}$ [J].

Dónde:

I.- c: es la velocidad de la luz $300,000,000$ [m*s⁻¹]

II.- h: es la constante de Planck, con un valor de $6.626176 \cdot 10^{34}$ [J*s]

3.10.1 Definición de ángulos sólidos

Un ángulo sólido es una superficie formada por semirrectas con un origen común, el vértice del ángulo sólido, y que pasa por una curva cerrada. Ya que el área de una esfera es $A = 4\pi r^2$, el valor total de un ángulo sólido en el centro es 4π estereorradianes, en otras palabras, una esfera completa representa un ángulo esférico de 4π estereorradianes.

Definición de estereorradián

Es el ángulo sólido que teniendo su vértice en el centro de una esfera determina un área en la superficie que esta igual a la de un cuadrado de lados iguales al radio de la esfera, quedando expresado como:

$sr = 2\pi(1 - \cos \frac{\theta}{2})$, donde θ es el ángulo plano con vértice del cono del ángulo sólido.

La importancia del ángulo sólido, en radiometría y fotometría radica en el interés por:

I.- Caracterizar la emisión desde una fuente y la incidencia en un detector, es decir, responder las preguntas, ¿Cuánta luz emite una fuente?, ¿Cuánta luz llega a un detector?

II.- Caracterizar la transferencia energética en un dispositivo o instrumento óptico, es decir, ¿Cuánta energía llega a la imagen?, ¿con cuánto brillo y luminosidad?

3.10.2 Ley del cuadrado inverso de la distancia

Esta ley nos sirve para calcular la iluminancia en una superficie dada, la iluminancia que sigue la ley inversa de los cuadrados, para el caso de una fuente puntual toma la forma:

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

En (3.1), d es la distancia desde la fuente luminosa a la superficie a la que llega el flujo luminoso, si la superficie es perpendicular a la dirección de propagación de la radiación incidente, cuando la superficie no es perpendicular a la dirección de propagación del flujo luminoso, la ecuación anterior se convierte en:

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

En (3.2), θ es el ángulo de inclinación de la superficie. Esta ecuación, muestra que la intensidad de la distancia disminuye de manera proporcional al inverso del cuadrado de la distancia.

3.11 Radiometría

Es la ciencia que mide la luz en cualquier porción de espectro electromagnético, desde el UV, visible y el IR. Cuenta con dos aspectos, el teórico y el práctico, este último involucra instrumentos científicos y materiales usados en la medición de la luz, incluyendo termopares de radiación, bolómetros, fotodiodos, chips semiconductores fotosensibles, emulsiones, fototubos al vacío, dispositivos de carga y acoplamientos y una gran variedad de instrumentos.

3.11.1 Cantidades fotométricas, unidades estándares

La fotometría es la ciencia encargada del estudio de la luz visible de acuerdo a la sensibilidad del ojo humano. Es una ciencia basada en el modelo estadístico de la respuesta visual del ojo a la luz, es decir nuestra percepción de la luz.

I.- Flujo luminoso: cantidad de luz total emitida por una fuente luminosa en todas direcciones. Su unidad es el lumen.

II.- Intensidad luminosa: flujo luminoso emitido en una sola dirección, flujo emitido por unidad de ángulo sólido en una dirección específica. Su unidad es Candela [cd]

III.- Iluminancia: flujo luminoso que incide por unidad de área en una superficie dada. Su unidad es el lux.

IV.- Luminancia: flujo luminoso que incide por unidad de área en una superficie dada. Su unidad es $\frac{cd}{m^2}$.

Capítulo 4.

Iluminación interna

4.1 Tipos de iluminación

Clasificación de luminarias según su curva de distribución:

I.- Directa: el flujo luminoso esta hacia abajo. Este tipo de aparatos permite rendimientos elevados.

II.- Semi-directa: el flujo luminoso está dirigido en gran parte hacia abajo y en parte hacia arriba.

III.- Semi-indirecta: el flujo luminoso se dirige principalmente hacia arriba.

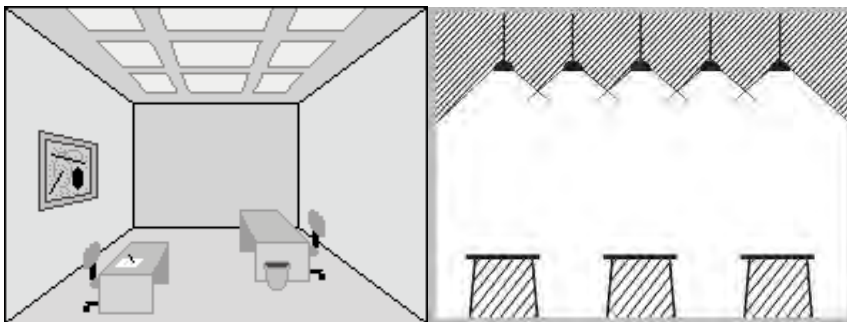
IV.- Indirecta: el rendimiento es bajo y la visión poco nítida por la falta total de efectos de sombra.

Otra clasificación de los tipos de alumbrado puede ser la que se ofrece a continuación, existiendo luminarias especialmente previstas para las aplicaciones que se indican.

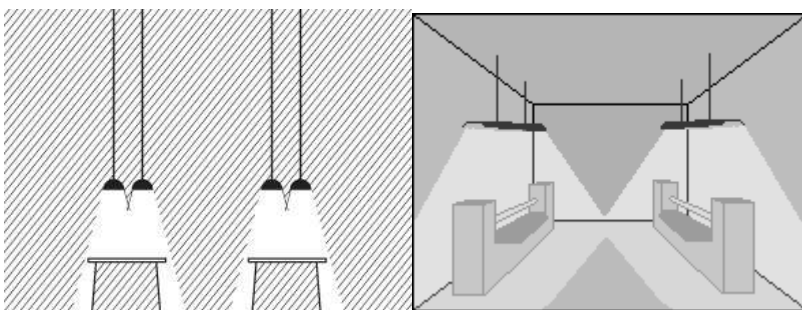
I.- General: las luminarias se hallan situadas de modo que produzcan un nivel de iluminación casi uniforme en cualquier punto del cuarto. Por ejemplo oficinas, tiendas, aulas, etc.

II.- Localizada: las luminarias se hallan situadas cerca de los puntos a iluminar; Por ejemplo: iluminación de áreas limitadas, generalmente en ausencia de la iluminación general (escaparates, etc.)

III.- Suplementarias: las luminarias están situadas en la inmediata vecindad del punto de trabajo y se integran con la iluminación general.



Iluminación general



Iluminación localizada

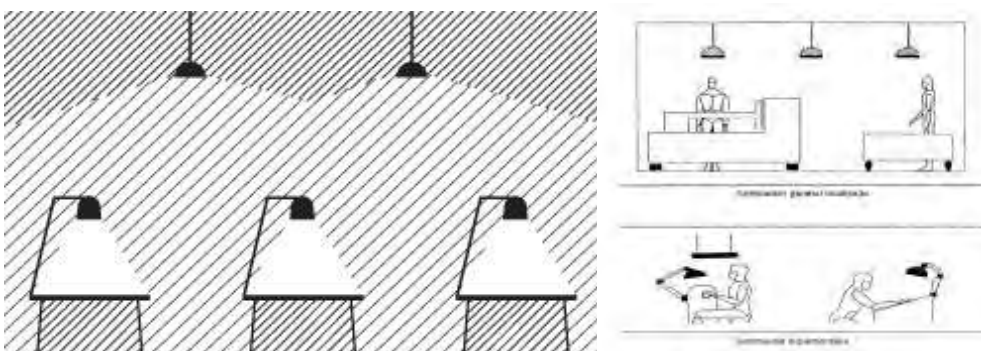


Ilustración Iluminación suplementaria

4.1 Diferentes tipos de iluminación

4.2 Requisitos para una buena iluminación.

Tres factores fundamentales son los que hay que tomar en cuenta para obtener una iluminación racional.

I.- nivel de iluminación respecto de las características y destino del lugar.

II.- tipo de iluminación (directa, semi-directa, semi-indirecta, indirecta)

III.- tipo de lámpara (tomando en cuenta la eficiencia de la luminosidad y el rendimiento cromático) y tipo de luminaria que conviene adoptar en relación a las experiencias fotométricas, coste de la instalación, condiciones de funcionamiento y posibilidad de llevar a cabo un mantenimiento racional.

4.2.1 Nivel de iluminación.

Cuando se trata de una iluminación general se toma como referencia en un plano horizontal situado a una altura de 0.80m a 1m sobre el suelo (altura de las mesas de trabajo).

La elección del nivel de iluminación es fundamental para obtener una buena visión. En base a estudios y experiencias llevados a cabo, se han definido los niveles de iluminación aconsejable según los diversos ambientes, y en la siguiente tabla.

<u>Tipo de trabajo</u>		<u>Iluminación general + suplementarias</u> <u>[lx]</u>
<u>Tipo de Establecimiento</u>	<u>Áreas por Iluminar</u>	<u>Nivel de Iluminación Requerido</u>
<u>Oficinas</u>	<u>Salas de dibujo</u>	<u>750-1500</u>
	<u>Locales donde se realiza un trabajo continuado (lectura, escritura, etc)</u>	<u>400-800</u>
	<u>Locales donde el trabajo no se desarrolla en forma continuada (escaleras, pasillos, etc)</u>	<u>75-150</u>
<u>Escuelas</u>	<u>Aulas de enseñanza</u>	<u>250-500</u>
	<u>Aulas de dibujo y trabajos manuales.</u>	<u>400-800</u>
<u>Industria</u>	<u>Altísima precisión (relojes, instrumentos pequeños)</u>	<u>2500-5000</u>
	<u>Alta precisión (ajustes, torneado de precisión)</u>	<u>1000-2000</u>
	<u>Normal (trabajos de taller, montaje)</u>	<u>400-800</u>
	<u>Pesado (forjado, laminado)</u>	<u>150-300</u>
<u>Locales comerciales</u>	<u>Salas de ventas y exposición de grandes almacenes</u>	<u>500-1000</u>

	<u>Interiores de tiendas</u>	<u>250-500</u>
	<u>Escaparates de grandes centros comerciales</u>	<u>1000-2000</u>
	<u>Escaparates de otros establecimientos</u>	<u>500-1000</u>

Al establecer los niveles de iluminación, debe tenerse en cuenta que el flujo luminoso emitido por las lámparas decrece con el tiempo, no solo en función de su promedio de vida, sino también a causa de del depósito de polvo y suciedad que tiene lugar sobre ellas. Lo mismo puede decirse de las luminarias (por ejemplo, pérdida de refulgencia, o alteraciones del color de las superficies reflectantes, pérdida de transparencias de las pantallas, etc)

Actualmente se tiende a elevar los niveles de iluminación. Por otro lado, no está permitido descender por debajo de determinados límites de ocurrir se incurre en una infracción de las disposiciones legales acerca de la higiene y seguridad en el trabajo.

Una buena iluminación permite reducir los accidentes de trabajo y facilita la concentración. Por ejemplo al pasar de una iluminación de 90 lux a 500 lux, se puede aumentar la capacidad de atención en un 15% y la seguridad y velocidad en el cálculo en un 5%.

Sin embargo, no basta con establecer un buen nivel de iluminación de acuerdo con las exigencias del local, sino que se debe también tratar de obtener una buena distribución de la luz; esto depende de la relación entre la altura que se hallan situado los centros luminosos y las distancias que los separan.

4.3 Método de cálculo para iluminación en interiores (Método de lumen).

Criterio de espaciamiento: los fabricantes reportan un factor de espaciamiento que debe multiplicarse por la altura de montaje para obtener el espaciamiento máximo entre las luminarias. Este factor se encuentra desde 0.5 hasta 2.

$$\underline{Sc_{max}} = SC * \underline{altura de montaje}$$

Coefficiente de utilización [CU]: relación del flujo luminoso que incide en el plano de trabajo entre el flujo que generan las lámparas solas dentro de las luminarias.

Depende en porcentaje de reflectancias de superficies del cuarto, superficies con acabados claros el CU será mayor, mientras que si los cuartos son estrechos y altos el CU será menor.

Se debe tener en cuenta que si la altura de cavidad de techo es diferente de 0 se tiene que calcular la reflectancia efectiva del techo calculando primero la el factor de cavidad zonal.

$$CCR = \frac{5h_{ct}(l+A)}{L \cdot A}$$

Y entonces tomamos la tabla de porcentaje efectivo de techo o piso, reflectancia para varias combinaciones de reflectancia es la siguiente

% Ceiling or floor reflectance	90				80				70				50				30			10		
	90	70	50	30	80	70	50	30	70	50	30	70	50	30	70	50	30	10	50	30	10	
Cavity ratio																						
0.2	89	88	86	85	78	78	77	76	68	67	66	49	48	47	30	29	29	28	10	10	09	
0.4	88	86	84	81	77	76	74	72	67	65	63	48	47	45	30	29	28	26	11	10	09	
0.6	87	84	80	77	76	75	71	68	65	63	59	47	45	43	30	28	26	25	11	10	08	
0.8	87	82	77	73	75	73	69	65	64	60	56	47	44	40	30	28	25	23	11	10	08	
1.0	86	80	75	69	74	72	67	62	62	58	53	46	43	38	30	27	24	22	12	10	08	
1.2	85	78	72	66	73	70	64	58	61	57	50	45	41	36	30	27	23	21	12	10	07	
1.4	85	77	69	62	72	68	62	55	60	55	47	45	40	35	30	26	22	19	12	10	07	
1.6	84	75	67	59	71	67	60	53	59	53	45	44	39	33	29	25	22	18	12	09	07	
1.8	83	73	64	56	70	66	58	50	58	51	42	43	38	31	29	25	21	17	13	09	06	
2.0	83	72	62	53	69	64	56	48	56	49	40	43	37	30	29	24	20	16	13	09	06	
2.2	82	70	59	50	68	63	54	45	55	48	38	42	36	29	29	24	19	15	13	09	06	
2.4	82	69	58	48	67	61	52	43	54	46	37	42	35	27	29	24	19	14	13	09	06	
2.6	81	67	56	46	66	60	50	41	54	45	35	41	34	26	29	23	18	14	13	09	06	
2.8	81	66	54	44	65	59	48	39	53	43	33	41	33	25	29	23	17	13	13	09	05	
3.0	80	64	52	42	65	58	47	37	52	42	32	40	32	24	29	22	17	12	13	09	05	
3.2	79	63	50	40	65	57	45	35	51	40	31	39	31	23	29	22	16	12	13	09	05	
3.4	79	62	48	38	64	56	44	34	50	39	29	39	30	22	29	22	16	11	13	09	05	
3.6	78	61	47	36	63	54	43	32	49	38	28	39	29	21	29	21	15	10	13	09	04	
3.8	78	60	45	35	62	53	41	31	49	37	27	38	29	21	28	21	15	10	14	09	04	
4.0	77	58	44	33	61	53	40	30	48	36	26	38	28	20	28	21	14	09	14	09	04	
4.2	77	57	43	32	60	52	39	29	47	35	25	37	28	20	28	20	14	09	14	09	04	
4.4	76	56	42	31	60	51	38	28	46	34	24	37	27	19	28	20	14	09	14	08	04	
4.6	76	55	40	30	59	50	37	27	45	33	24	36	26	18	28	20	13	08	14	08	04	
4.8	75	54	39	28	58	49	36	26	45	32	23	36	26	18	28	20	13	08	14	08	04	
5.0	75	53	38	28	58	48	35	25	44	31	22	35	25	17	28	19	13	08	14	08	04	

Donde CCR= cavity ratio o porcentaje efectivo de techo

De tabla anterior se obtiene claramente la reflectancia eficaz del techo que nos servirá para poder obtener el coeficiente de utilización. Este coeficiente lo obtendremos de una tabla parecida a esta solo que en este caso se utilizaran las reflectancias de muros y de piso también calculando:

$$RCR = \frac{5h_{cc}(L+A)}{L*A}$$

Donde

h_{cc}: es la altura de cavidad de cuarto o la altura de la lámpara al plano de trabajo

En Europa no se le llama RCR se le llama índice del local y se calcula de la siguiente forma:


$$K = \frac{L*A}{h(L+A)}$$

donde: h es la altura del local

Una vez teniendo las reflectancias del techo los muros y el piso buscamos en la tabla de utilización de la lámpara que se ocupara cabe decir que cada lámpara tiene su tabla para su coeficiente de utilización.

Tabla de coeficiente de utilización

- Para determinar el coeficiente de utilización, combinamos el índice del local y los coeficientes de reflexión de acuerdo a los datos de la tabla.
- El valor de coeficiente de utilización se determina de tablas suministradas por los fabricantes para cada tipo de luminaria.

Tipo de aparato de alumbrado	Índice del local k	Factor de utilización (η)												
		Factor de reflexión del techo												
		0.8					0.7			0.5		0.3		0
		Factor de reflexión de las paredes												
		0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1	0.3	0.1	0	
	0.6	.22	.18	.16	.21	.18	.16	.20	.17	.15	.16	.15	.13	
	0.8	.29	.24	.21	.27	.24	.21	.25	.23	.20	.22	.19	.18	
	1.0	.33	.29	.26	.33	.29	.25	.31	.27	.24	.26	.23	.21	
	1.25	.39	.34	.31	.37	.33	.31	.35	.31	.29	.29	.28	.24	
	1.5	.43	.38	.35	.41	.36	.34	.38	.34	.32	.32	.30	.26	
	2.0	.48	.44	.40	.46	.42	.39	.41	.39	.35	.34	.33	.28	
	2.5	.51	.47	.44	.49	.45	.43	.44	.40	.39	.37	.35	.30	
	3.0	.53	.50	.48	.51	.47	.45	.46	.44	.41	.40	.38	.32	
	4.0	.57	.53	.51	.53	.51	.49	.48	.46	.45	.41	.40	.34	
	5.0	.59	.56	.54	.55	.53	.51	.49	.47	.46	.42	.41	.35	
$D_{max} = 1.0 H_m$														
f_m .65 .70 .75														

H_m : altura luminaria-plano de trabajo

4.3 tabla de coeficiente de utilización de una luminaria

Factor de mantenimiento: El factor de mantenimiento del flujo luminoso de la lámpara LLMF (Lamp Lumen Maintenance Factor) tiene en cuenta la depreciación del flujo luminoso a consecuencia del envejecimiento de la lámpara. Es la relación entre el flujo luminoso de la lámpara en un momento determinado y el valor inicial. Tenemos que tener en cuenta las especificaciones más recientes de los fabricantes de las lámparas.

El factor de mantenimiento de luminaria LMF (Luminaire Maintenance Factor) tiene en cuenta la depreciación del flujo luminoso de la luminaria a consecuencia del ensuciamiento de esta última. Representa la relación entre el rendimiento de una luminaria al momento de la limpieza y el valor inicial. Depende de la forma de construcción de la luminaria y de la

posibilidad de ensuciamiento que conlleva. La clasificación LMF es indicada siempre junto a la luminaria. Para el plan de mantenimiento interesa determinar la periodicidad óptima de limpieza

Y como fórmula se expresa:

$$FM = LLD \times LDD$$

Donde

LLD.- decrecimiento de lúmenes en la lámpara (la relación de flujo luminoso al 70% de la vida de la lámpara entre el flujo luminoso inicial de la lámpara) este factor va a depender del tipo de luminaria que se utilice.⁷

LDD.- depreciación por suciedad en luminario este se obtiene de las tablas de categorías de las luminarias.

Lo primero que tenemos que hacer es identificar que categoría de mantenimiento es la luminaria que se utilizara en el proyecto.⁸ Este dato tiene que venir especificada por el fabricante desde un principio en números romano (por ejemplo CAT IV).

Una vez se tiene que especificar cada cuanto tiempo se le dará el mantenimiento, claro que eso depende del proyecto y las personas que llevaran a cabo el mantenimiento, esto para poder tomar en cuenta las gráficas llamadas “curvas de degradación por suciedad en el luminario”.

Dentro de estas tabla existen 5 curvas dentro de la gráfica cada curva representa el ambiente donde se encuentra la luminaria que van desde la categoría muy sucia, sucia, medio, limpio y muy limpio.

Están en el eje de las ordenadas se encuentran los meses que representan el tiempo en que se puede dar mantenimiento es por eso que se tiene que determinar el tiempo de mantenimiento antes que utilizar las curvas.

⁷ Este dato puede ser consultado en las tablas del anexo de tablas y graficas al final del libro.

⁸ Las distintas categorías se encuentran en el anexo.

Ya que se tiene todo podemos utilizar las curvas de degradación por suciedad en el luminario para ocuparlas de manera correcta se elige cada cuantos meses se dará mantenimiento el ambiente en el que se encuentra el luminario donde se intersecten las líneas ese es el factor LDD que utilizaremos en la fórmula anterior.

Una vez que se tiene el coeficiente de utilización y el factor de mantenimiento, podemos utilizar la fórmula principal de la iluminación.

$$E = \frac{\text{lumenes} * CU * \# \text{ de luminarios} * FM}{\text{Área}}^9$$

Donde E.- iluminancia promedio mantenido [LUX]

CU.- coeficiente de utilización de la lámpara

Lúmenes.- son los lúmenes que entrega la lámpara según el fabricante.

De luminarios.- son el número de luminarios que se utilizaran dentro del proyecto.

FM.- el factor de mantenimiento del luminario.

Área.- es el área del local donde se desarrolla el proyecto.

La iluminancia promedio mantenido se obtiene en México del manual “Principios de iluminación y niveles de iluminación en México”, aquí podemos encontrar todo tipos de oficinas locales o industrias donde encontramos distintos niveles de iluminación y cambia dependiendo la actividad que se realizara en el lugar que se va a iluminar.

De hecho esta fórmula puede ser utilizada para encontrar el número de luminarios que se utilizaran, al despejar la formula quedaría de la siguiente manera.

$$\# \text{ de luminarios} = \frac{E * \text{Área}}{\text{lumenes} * CU * FM}$$

⁹ Si en la fórmula 4.6 no se tomara en cuenta el factor de mantenimiento se puede calcular los luxes que entregara el proyecto al principio de la instalación.

4.4 Arreglos (Distribución de luminarias)

Una vez que hemos determinado los niveles de iluminación que se necesitan y el número de luminarias que se utilizarán se tiene que encontrar la distribución de las luminarias para tratar de tener una uniformidad adecuada para las actividades que se realizarán en el local, y que no existan penumbras en los espacios entre luminarias.

Para encontrar la distribución se tiene que encontrar el espaciamiento teórico con la siguiente fórmula.

$$St = \sqrt{\frac{\text{Área}}{\#de\ luminarias}}$$

Donde St.- es el espaciamiento teórico

Área.- área del local del proyecto.

#de luminarias.- es el número que se obtiene de la fórmula anterior sin redondearlo esto para que sea lo más preciso que se pueda.

Una vez teniendo el espaciamiento teórico debemos saber cuántas columnas y filas tendremos en el local para eso tenemos que:

$$\text{Numero de columnas es } = \frac{\text{anchodel local}}{St}$$

Numero de luminarias= número de columnas*número de renglones

De donde podemos saber con exactitud el número de renglones

Ejemplo si tenemos que nuestro número de luminarias es 11 y nuestro número de columnas es 3 tenemos que:

$3x?=11$ por tanto podemos colocar 4 renglones haciendo que las luminarias crezcan a 12 luminarias.

Ya que se tiene los renglones las columnas y las luminarias se tiene que comprobar que $S_{max} \geq S_t$ para que la iluminación no tenga penumbras entre luminarias.

S_{max} es el espaciamiento real y se obtiene de las especificaciones de la lámpara con el dato S.C (criterio de espaciamiento de la lámpara) que va desde los 0.5 hasta los 2 S_{max} se obtiene con la siguiente formula:

$$S_{max} = S.C. \times h_{cc}$$

Donde h_{cc} es la altura de cavidad de cuarto que es la altura entre las lámparas y el plano de trabajo

S_{max} Es el espaciamiento máximo que puede haber entre las luminarias

S.C. es el criterio de espaciamiento de la lámpara lo tiene la información técnica de la luminaria

Ya que se haya confirmado que $S_{max} \geq S_t$ entonces se tiene que $d = S_t$ para la distancia que habrá entre las columnas pero se tiene que $\frac{1}{2}d$ es la distancia que existe de los muros hacia las columnas.

Para obtener la distancia entre renglones se tiene que $y = \frac{\text{\#de renglones}}{\text{ancho del local}}$ por tanto al despejar y que daría de la siguiente forma:

$$y = \frac{\text{ancho del local}}{\text{\#de renglones}}$$

Ejemplo 1: Se tiene un local nave con un espacio de largo=50m, ancho=25m, altura $h_{cc} = 6m$, $h_{ct} = 3m$, $h_{cp} = 1m$, con reflectancias de: techo=50%, piso=20%, muros=50%, en un medio moderado.

Se selecciona el luminario primspack v CAT 712¹⁰ de 400W (M.H), con un $Sc=1.23$ y $s_{max} = 1.23 \times 6 = 7.38$

Primero se requiere determinar la reflexión efectiva del techo debido a que la altura de cavidad de techo es diferente de 0

$$CCR = \frac{5 \times 3(25+50)}{50 \times 25} = 0.9$$

Una vez que obtenemos este resultado de tablas obtenemos la reflectancia efectiva del techo = 43.5%

Calculamos el RCR:

$$RCR = \frac{5 \times 6(25+50)}{50 \times 25} = 1.8$$

Este valor lo ocuparemos para poder obtener el CU de tablas para esta luminaria que para este caso lo obtenemos de la siguiente manera.

$$y_a = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} (RCR - x_1) + y_1 = \frac{.76 - .84}{2 - 1} (1.8 - 1) + .84 = 0.776$$

$$y_b = \frac{.70 - .76}{2 - 1} (1.8 - 1) + .76 = 0.712$$

$$y_{CU} = \frac{y_a - y_b}{x_{\%2} - x_{\%1}} (x_{techo\%} - x_{\%1}) + y_b = \frac{.776 - .712}{30\% - 70\%} (43.5\% - 30\%) + .776 = 0.7336$$

Después calculamos el factor de mantenimiento y que daría de la siguiente forma:

$$FM = LLD \times LDD$$

$$LLD = 0.75 \text{ de tablas de la página 84}$$

LDD= 0.83 obtenido de las curvas de degradación ya que esta luminaria es categoría III en un ambiente moderado con un mantenimiento cada 18 meses (obtenido de la tabla de la página 87)

$$\text{Por lo tanto } FM = 0.75 \times 0.83 = 0.622$$

¹⁰ CAT categoría de la luminaria dentro de un catálogo

Ya podemos calcular el número de luminarias que se le pondrán a la nave.

$$\#de\ luminarios = \frac{400lux(50x25)}{36,000lumenes(0.733x0.622)} = 30.46 = 30\ luminarias$$

Ya que se tiene las luminarias se calculan los arreglos

$$St = \sqrt{\frac{50x25}{30}} = 6.45m$$

$$\#de\ columnas = \frac{25}{6.45} = 3.87 = 4\ columnas$$

$$\#de\ renglones = \frac{30}{4} = 7.5 = 8\ renglones$$

Por lo tanto las luminarias se incrementaran a 32 luminarias.

$$d_{columnas} = 6.25$$

$$\frac{1}{2}d_{columnas} = 3.125$$

$$d_{renglones} = 6.25$$

$$\frac{1}{2}d_{renglones} = 3.125$$

Calculamos la iluminancia promedio mantenido y la iluminancia inicial.

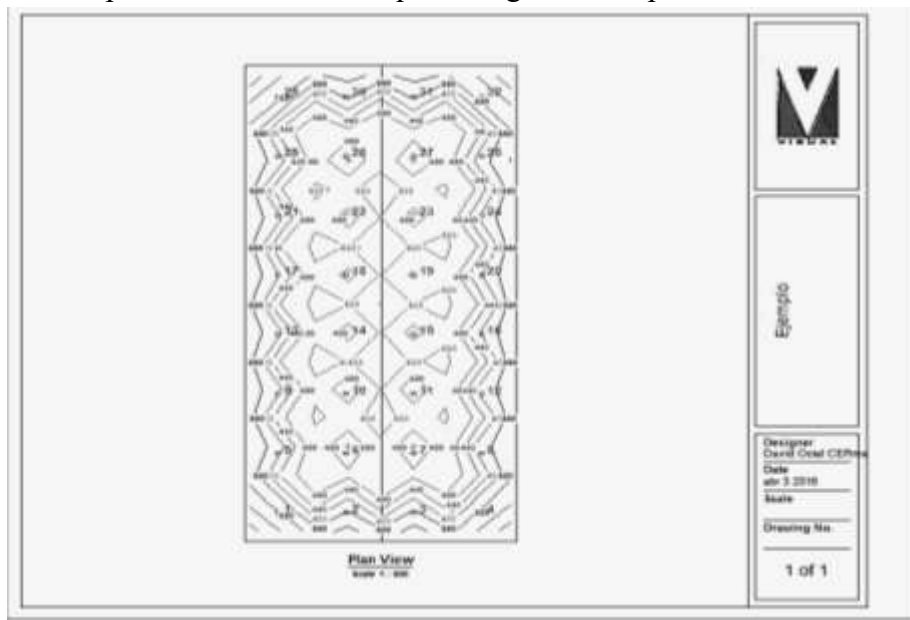
$$E_{mant} = \frac{36000lm(32luminarias)(0.733)(0.622)}{50x25} = 420.18\ lux$$

$$E_{inicial} = \frac{36000lm(32luminarias)(0.733)}{50x25} = 675.53\ lux$$

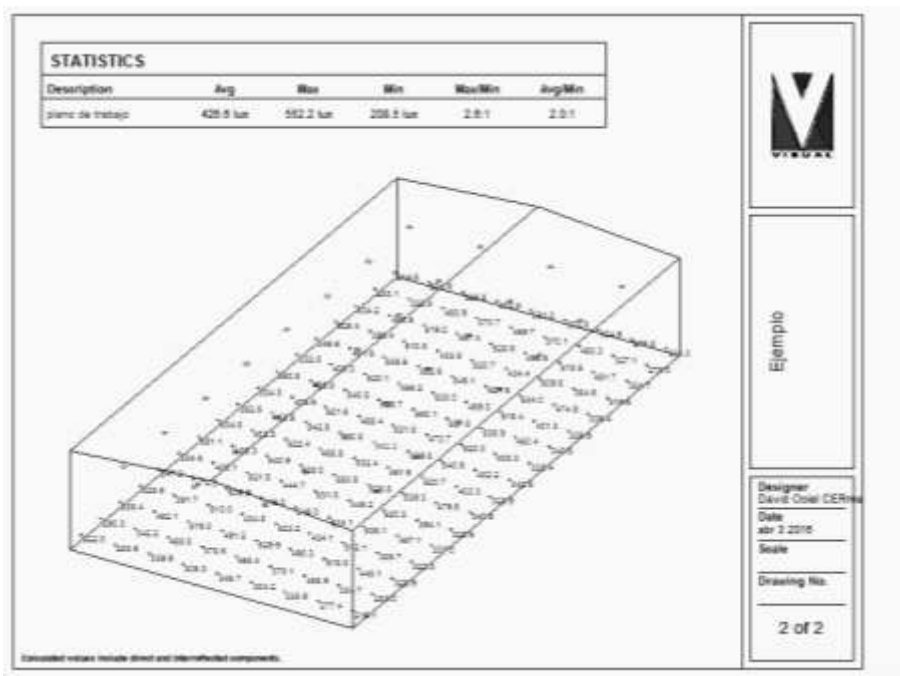
$$s_{max} = 7.38 ; St = 6.25$$

Para este problema podemos comprobar que el espaciamiento real (St) es menor que el espaciamiento máximo (s_{max}) por lo tanto este proyecto es viable para realizar.

Aquí podemos darnos cuenta que si existe bastante diferencia entre la luminancia inicial y la que será después del 70% de vida que entregara la lámpara dentro del local.



Nave con sus zonas de iluminación



4.4 ejemplo 1 de naves con estadísticas y puntos de cálculo por método punto por punto

Los puntos representan los índices de iluminación en luxes que llegan a ese punto no solo del luminario que está por encima del mismo sino que también es pequeña cantidad de aportaciones del luminario a su alrededor este cálculo se obtiene con la ley de la inversa de la intensidad con la distancia.

De esta forma para el nivel de iluminación exactamente debajo de la luminaria:

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

Pero esa fórmula solo aplica para el punto justo debajo de la lámpara para todos los demás luminarias se tomara la siguiente fórmula:

$$E = \frac{I \cdot \cos(\theta)}{D^2}$$

Una vez que se haya hecho con todas las luminarias cercanas al punto se sumaran todos para saber exactamente cuál es el nivel de iluminación que incide en ese punto.

Ciertamente este método que por cierto se le llama punto por punto es necesario porque así podemos identificar claramente los puntos las zonas de mayor flujo y así poder aprovecharlas para trabajos que necesiten una mayor iluminación aunque si se tiene una uniformidad aceptable como la del ejercicio no tendrá que haber una diferencia tan marcada de las zonas e iluminación.

Ahora dejar claro que todo este proceso es para un local regular, si encontramos un local irregular se tiene la formula

$$RCR = \frac{2.5 h_{cc}(\text{perimetro})}{AREA}$$

Con esta fórmula podemos hacer todo el procedimiento anterior pero para un local irregular.

Ejemplo 2: Se tiene un local nave con un área de largo=50m, ancho=25m, altura $h_{cc} = 6m$, $h_{ct} = 3m$, $h_{cp} = 1m$, con reflectancias de: techo=50%, piso=20%, muros=50%, en un medio moderado.

Se selecciona el luminario Campana de LEDs (High Bay) 200W IP45 categoría V 200W, con 32,000lm, y un $Sc=1.23$ y $s_{max} = 1.23 \times 6 = 7.38$

Primero se requiere determinar la reflexión efectiva del techo debido a que la altura de cavidad de techo es diferente de 0

$$CCR = \frac{5 \times 3(25+50)}{50 \times 25} = 0.9$$

Una vez que obtenemos este resultado de tablas obtenemos la reflectancia efectiva del techo = 43.5%

Calculamos el RCR:

$$RCR = \frac{5 \times 6(25+50)}{50 \times 25} = 1.8$$

Este valor lo ocuparemos para poder obtener el CU de tablas para esta luminaria que para este caso lo obtenemos de la siguiente manera.

$$y_a = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} (RCR - x_1) + y_2 = \frac{.76 - .84}{2 - 1} (1.8 - 1) + .84 = 0.776$$

$$y_b = \frac{.70 - .76}{2 - 1} (1.8 - 1) + .76 = 0.712$$

$$y_{CU} = \frac{y_a - y_b}{x_{\%2} - x_{\%1}} (x_{techo\%} - x_{\%1}) + y_b = \frac{.776 - .712}{30\% - 70\%} (43.5\% - 30\%) + .766 = 0.7336$$

Después calculamos el factor de mantenimiento y que daría de la siguiente forma:

$$FM = LLD \times LDD$$

LLD=0.75 para este luminario

LDD= 0.86 obtenido de las curvas de degradación ya que esta luminaria es categoría III en un ambiente moderado con un mantenimiento cada 18 meses (obtenido de la página 87).

$$\text{Por lo tanto } FM = 0.75 \times 0.83 = 0.622$$

Ya podemos calcular el número de luminarias que se le pondrán a la nave.

$$\#de\ luminarios = \frac{400lux(50x25)}{32,000lumenes(0.733x0.622)} = 34.27 = 34\ luminarias$$

Ya que se tiene las luminarias se calculan los arreglos

$$St = \sqrt{\frac{50x25}{34}} = 6.06m$$

$$\#de\ columnas = \frac{25}{6.06} = 4.12 = 4\ columnas$$

$$\#de\ renglones = \frac{34}{4} = 8.5 = 9\ renglones$$

Por lo tanto las luminarias se incrementaran a 36 luminarias.

$$d_{columnas} = 6.06$$

$$\frac{1}{2}d_{columnas} = 3.03$$

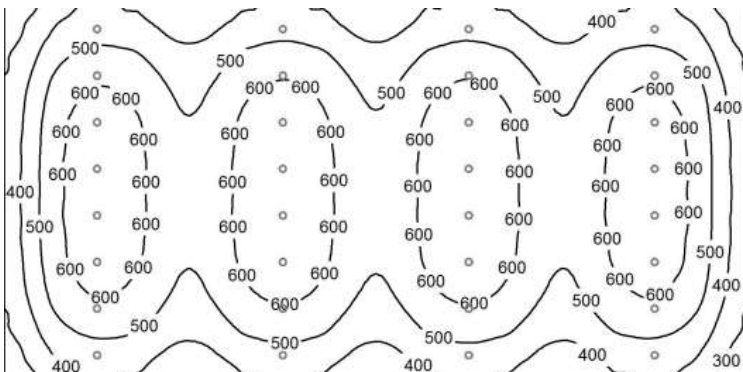
$$d_{renglones} = 6.06$$

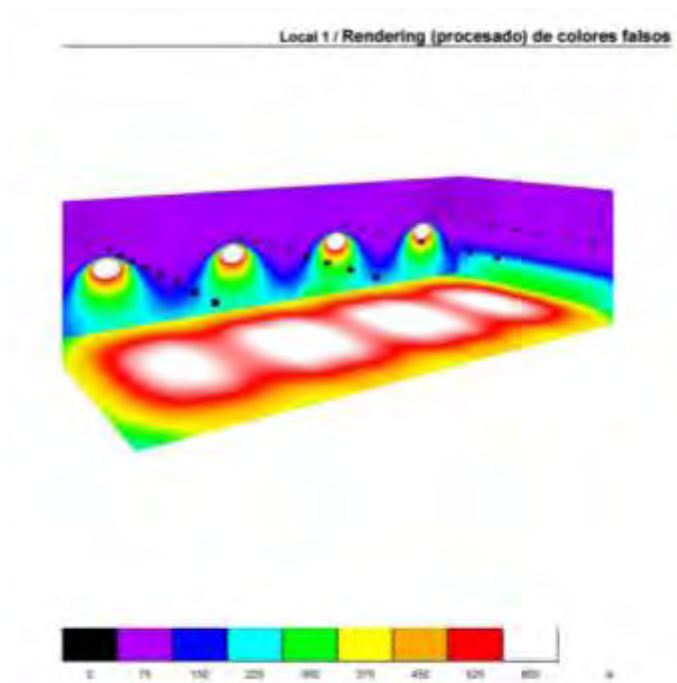
$$\frac{1}{2}d_{renglones} = 3.03$$

Calculamos la iluminancia promedio mantenido y la iluminancia inicial.

$$E_{mant} = \frac{32000lm(36luminarias)(0.733)(0.622)}{50x25} = 420.18\ lux$$

$$E_{inicial} = \frac{32000lm(36luminarias)(0.733)}{50x25} = 675.53\ lux$$





4.4 ejemplo 2 Ilustración zonas de iluminación distinguidas por color

Con estos dos problemas nos podemos dar cuenta que, casi con el mismo número de luminarias, pero con la mitad de la potencia podemos obtener casi un mismo rendimiento en la iluminación que con una lámpara de aditivos metálicos que son utilizadas más comúnmente en las bibliotecas y en muchos otros lados de zonas de aprendizaje.

Ahora que ya se demostró que si existe un ahorro de consumo con las lámparas LED vamos a aplicarlo directamente aplicado a las bibliotecas tomando el espacio de lectura donde es más necesario tener una buena iluminación ya que sin una buena iluminación podría tornar se pesado fastidioso o provocar malestares físicos por el esfuerzo de los ojos a trabajar con una iluminación deficiente.

Ejemplo 3: se tiene la sala de lectura de una biblioteca de con las siguientes dimensiones: largo 20m, ancho 10m, altura de 5m $h_{cc} = 4m$, $h_{cp} = 1m$ están empotradas al techo las

luminarias. Con las siguientes reflectancias: techo=50%, piso=20%, muros=50%, en un medio moderado.

Se selecciona la lámpara Campana de LEDs (High Bay) 200W IP45 categoría V 200W, 32000lumenes, con un $Sc=1.23$ y $s_{max} = 1.23 \times 5 = 6.15$

Calculamos el RCR:

$$RCR = \frac{5 \times 4(20+10)}{10 \times 20} = 3$$

Este valor lo ocuparemos para poder obtener el CU de tablas para esta luminaria que para este caso lo obtenemos de la siguiente manera.

$$y_{CU} = \frac{y_2 - y_1}{x_{\%2} - x_{\%1}} (x_{techo\%} - x_{\%1}) + y_1 = \frac{.64 - .70}{30\% - 70\%} (50\% - 70\%) + .70 = 0.67$$

Después calculamos el factor de mantenimiento y que daría de la siguiente forma:

$$FM = LLD \times LDD$$

LLD=0.75 para esta luminaria

LDD= 0.86 obtenido de las curvas de degradación ya que esta luminaria es categoría III en un ambiente moderado con un mantenimiento cada 18 meses.

Por lo tanto, $FM = 0.75 \times 0.83 = 0.622$

Ya podemos calcular el número de luminarias que se le pondrán a la nave.

$$\#de \text{ luminarios} = \frac{700 \text{ lux}(20 \times 10)}{32,000 \text{ lumenes}(0.67 \times 0.622)} = 10.49 = 11 \text{ luminarias}$$

Ya que se tiene las luminarias se calculan los arreglos

$$St = \sqrt{\frac{10 \times 20}{11}} = 4.26m$$

$$\#de \text{ columnas} = \frac{20}{4.26} = 4.69 = 5 \text{ columnas}$$

$$\#de \text{ renglones} = \frac{10}{5} = 2 \text{ renglones}$$

Por lo tanto, las lámparas seguirán siendo 10

$$d_{columnas} = 4.26$$

$$\frac{1}{2}d_{columnas} = 2.13$$

$$d_{renglones} = 4.26$$

$$\frac{1}{2}d_{renglones} = 2.13$$

Calculamos la iluminancia promedio mantenido y la iluminancia inicial.

$$E_{mant} = \frac{32000lm(10luminarias)(0.67)(0.622)}{10 \times 20} = 666.78 \text{ lux}$$

$$E_{inicial} = \frac{32000lm(10luminarias)(0.67)}{10 \times 20} = 1072 \text{ lux}$$

$$s_{max} = 6.15 ; St = 4.26$$

Para este problema podemos comprobar que el espaciamiento real (St) es menor que el espaciamiento máximo (s_{max}) por lo tanto este proyecto es viable para realizar

Capítulo 5.

Iluminación de bibliotecas.

5.1 Una cuestión de perspectiva

Una adecuada iluminación en las bibliotecas es un factor ambiental fundamental para el correcto funcionamiento y uso de las mismas. Además, teniendo en cuenta que ahora hay múltiples espacios multifuncionales en los que es necesario poder adaptarlos para organizar distintas actividades, necesitamos saber adaptar también la iluminación a estos usos. Por ello, vamos a comentar cómo la luz, sea natural o artificial, debe utilizarse y transformarse según lo exigen las tareas diarias en las bibliotecas.

Si consultamos los manuales de uso, existen distintos tipos de iluminación, según sea la zona (consulta, lectura, zona infantil, espacio para depósitos, despachos, mostrador de atención al público, zonas de paso o de esparcimiento, espacios polivalentes, salas de actividades, etc.) y la actividad que se desarrolle dentro del espacio de la propia biblioteca. Así, citamos a Paola Vidulli en su libro *Diseño de bibliotecas*¹¹, p. 239 y ss:

“Las condiciones de iluminación, con sus distintos componentes de calidad, intensidad de luz, contraste, dirección y color son una parte esencial del proyecto de calidad ambiental y equipamiento de la biblioteca pública.”

¹¹ El libro está estructurado en tres partes. La primera parte tiene como objetivo ofrecer instrumentos para elaborar y controlar el diseño de cada biblioteca: qué funciones atribuirle, qué dimensiones, qué conformación mínima y qué reglas básicas de relación deben establecerse entre los espacios. La segunda parte está dedicada al equipamiento de la biblioteca, examinando cada elemento del equipamiento, sus dimensiones, tipos, características, y se señalan unas orientaciones que pueden ayudar a fijar una normativa de exigencias y prestaciones mínimas. La tercera parte, por último, aborda la cuestión de la rehabilitación y adecuación de edificios existentes para albergar servicios bibliotecarios, un tema común a todos los países que cuentan con un rico patrimonio histórico.

A pesar de la importancia que esta autora en concreto, poco más se dice a propósito de la iluminación en bibliotecas.

Por ello, basándonos en la propia experiencia y en la observación constante podremos enumerar distintos tipos de iluminación en las bibliotecas y factores a tener en cuenta para conseguir unos ambientes bien iluminados y acogedores a la par que prácticos:

5.2 Iluminación natural: sin duda es la más recomendable a la hora de iluminar las bibliotecas, pero no siempre es posible aprovecharla, teniendo en cuenta los espacios de que se trate, del horario de cada servicio y de la disposición de los puntos que proporcionan luz natural, es decir, ventanas, balcones, luces cenitales, Luz natural, etc..

Luz natural. Por supuesto, es la iluminación más apropiada para espacios de lectura o estudio, siempre y cuando no supongan distracción para los usuarios y los materiales del mobiliario y revestimientos interiores no reflejen u obstaculicen el aprovechamiento de esa luz natural. También supone un factor positivo para espacios de tránsito o para lugares de descanso y encuentro o esparcimiento.

Esta perspectiva es la más eficiente, aunque no siempre se tiene a disposición. Pero este trabajo estará basado en la iluminación artificial y su estudio para poder aprovechar al máximo los espacios de la biblioteca con solo las luminarias que se seleccionan para este tipo de proyectos, tomando en cuenta que este tipo de locales son espacios cerrados, por lo tanto se entiende porque es necesario la utilización de elementos de apoyo que proporcionen la suficiente luminiscencia a fin de que sea lo más cercano a la luz natural.

5.3 Iluminación artificial: Es esta la más habitual y utilizada para emular al máximo la luz natural en espacios cerrados. Y es tan importante que se ha avanzado mucho en el estudio y desarrollo, tanto en los tipos de iluminación artificial de espacios interiores como en el diseño de

los puntos de luz. Así, los espacios de lectura y actividades de estudio, deben disponer de una iluminación abundante pero distribuida en distintos puntos, para favorecer la creación de ambientes acogedores y a la vez dinámicos, que ayuden a los usuarios a disfrutar de los espacios preparados especialmente para ellos a fin de tener el mejor aprovechamiento.

En puestos de consulta habrá de combinarse la luz artificial ambiental no demasiado potente, que facilite el tránsito y la consulta de la colección disponible al público, con los puntos de luz individuales para la zona de trabajo de cada lector, de manera que se pueda trabajar con comodidad pero sin demasiada distracción. Además, la correcta elección de elementos para iluminación general, mediante los puntos de luz con lámparas fluorescentes o focos de bajo consumo, y el uso de iluminación para puestos individuales supondrá un considerable ahorro en energía eléctrica.

El diseño de los puntos de luz: es muy importante conocer la distribución de los espacios en las bibliotecas a la hora de diseñar y distribuir los puntos donde han de instalarse la iluminación o aprovecharse la luz natural para favorecer tanto el trabajo de los usuarios que acuden a las bibliotecas como el de los bibliotecarios y de todo el personal de las mismas. Para ello, será necesario contar con las opiniones de los expertos (arquitectos, diseñadores, bibliotecarios) para poder combinar los dos tipos de iluminación y conseguir aprovechar al máximo las condiciones que ofrecen tanto la iluminación artificial como la natural. Y si a esto añadimos el diseño a la hora de tratar ambos tipos de iluminación, como son la protección de los focos, el uso de materiales anti reflectantes, la posibilidad de iluminar por sectores diferenciados y los colores del mobiliario y revestimientos interiores y exteriores, entonces seguro que conseguiremos que cada espacio de la biblioteca resulte un lugar acogedor, cómodo, bien iluminado y práctico, donde los usuarios de todo tipo podrán trabajar cómodamente y se sentirán a gusto, en un ambiente

adecuado para realizar las tareas propias y para también disfrutar las actividades colectivas que se llevan a cabo en las bibliotecas.

Todos estos factores favorecerán sin duda el trabajo diario en las bibliotecas. Tanto como la colección bien elegida y atractivamente distribuida para disfrute de los usuarios, como el mobiliario moderno y funcional, es fundamental disponer de iluminación adecuada en bibliotecas para que el trabajo diario sea plenamente satisfactorio. Y si además los usuarios aprecian la calidad ambiental en las bibliotecas, nos daremos cuenta de que hemos conseguido uno de los principales objetivos: que consideren las bibliotecas como espacios acogedores y atractivos, donde acceden a la cultura, se pueden formar y tienen ocasión de disfrutar del ocio en las mejores condiciones y con una perspectiva inmejorable.

“Qué luz más agradable hay aquí, es estupenda para poder trabajar a gusto”.

Usuaría de biblioteca de la Ciudad de México.

Con este tipo de comentarios, podemos sentirnos satisfechos porque la biblioteca estará considerada por los usuarios como un lugar inmejorable para trabajar, estudiar, leer, consultar materiales de todo tipo, disfrutar con las actividades de animación o navegar por Internet.

Estos comentarios son los que muchas personas quieren escuchar y más cuando se trata de una biblioteca de la máxima casa de estudios que es la UNAM. Y es la base de donde parte este trabajo para un mejoramiento en la iluminación dentro de las bibliotecas si el hecho de poner muchas lámparas sino solo el número adecuado con las posiciones adecuadas para aprovechar al máximo de ellas y sus beneficios.

5.4 Iluminación con LEDs.

Las lámparas LED contribuyen a mejorar el ambiente de trabajo y estudios, al mismo tiempo que permiten una considerable reducción en la factura de la luz.

Escuelas infantiles, colegios, institutos, centros de formación profesional, escuelas de arte, conservatorios, academias, escuelas oficiales de idiomas, universidades... Son centros que necesitan disponer de una buena iluminación durante muchas horas al día. Ya sea en el interior (aulas, pasillos, bibliotecas,...) o en el exterior (patios, campos para la práctica de deportes, etc.)

Los edificios, y sus alrededores, deben estar iluminados durante la mayor parte de la jornada, en su horario lectivo de lunes a viernes en especial, pero también en momentos específicos en los que hay un personal reducido (durante las labores de limpieza y mantenimiento por ejemplo), o en períodos puntuales en los que acoge a un gran número de personas para realizar actividades que tienen lugar fuera del horario habitual (competiciones y exhibiciones, presentaciones, congresos y jornadas en fin de semana, entre ellas).

La iluminación se lleva una buena parte del presupuesto de gastos de los centros educativos. Es por ello, que sus gestores buscan fórmulas para disminuir este consumo, sin que se vean afectados ni el confort de alumnos y personal, ni la calidad del servicio que se presta en estas instalaciones. En este sentido, la tecnología LED es una gran aliada, ya que puede conseguir un ahorro de hasta un 95% utilizando lámparas y luminarias que se adaptan a todo tipo de necesidades.

5.5 Objetivo: ahorro y confort de la iluminación con LED.

Tanto en los centros educativos ya construidos como en los están en proyecto, se pretende conseguir la mayor eficiencia energética posible y una mejor gestión y control de los recursos, que conlleve ahorro en las facturas. Además, se deben conseguir las mejores condiciones para un correcto desarrollo del proceso formativo, entre ellas la iluminación más adecuada para cada momento y lugar.

Las soluciones LED's cubren todas las necesidades de iluminación: las que requieren las aulas, las áreas de trabajo, los espacios de acceso y tránsito (recibidores, pasillos, escaleras...), aseos, vestuarios, aparcamientos, cafeterías, zonas de ocio y deportivas.



5.5 iluminación de biblioteca con luminarias de LEDs

Para conseguir disminuir la factura en la iluminación de un centro educativo es necesario recurrir a una auditoría lumínica. Con ella se pueden conocer los datos reales de consumo en diferentes franjas horarias y en distintos espacios, las necesidades específicas de cada área y del equipo humano que permanece en ellas. A partir de ahí se podrá elaborar un proyecto en el que se incluyen las propuestas y acciones a realizar (como el cambio de luminarias tradicionales por unas LED por ejemplo), el costo de la inversión y el ahorro que supone a corto, medio y largo plazo. Todo para conseguir un entorno eficiente mediante el uso de una iluminación inteligente¹².

Esto quiere decir que para áreas en el que el tránsito no es continuo (pasillos, lavabos o parking, por ejemplo) se pueden instalar detectores de presencia y movimiento, de manera que

¹² Iluminación inteligente significa iluminación de calidad y eficiente, iluminación que reduce la cuantía de las facturas y los gastos de mantenimiento, que es respetuosa con el medio ambiente y que nos hace la vida más fácil y agradable. Iluminación inteligente es, en definitiva, iluminación LED.

se iluminen únicamente cuando se necesiten. Al mismo tiempo, con el cambio de lámparas y luminarias LED en zonas que deben estar permanentemente iluminadas (como las aulas) se produce un importante ahorro en el consumo, ya que es una tecnología que permite adecuar el nivel de iluminación en los interiores dependiendo de la cantidad de luz natural que reciba. Un ahorro que se ve incrementado, además, por la disminución del gasto de mantenimiento que conlleva la mayor vida útil de este tipo de luminarias.

5.6 Inversión en eficiencia.

Cuando hablamos de “eficiencia” también hablamos de reducción de costos y de creación de entornos confortables para desarrollar diferentes actividades.

En el caso de los centros educativos, esto se traduce en lograr entornos donde se optimice la iluminación al mismo tiempo para alumnos y docentes (que tienen distintas necesidades visuales); evitar deslumbramientos cuando se miren pizarras, libros y cuadernos en las aulas; aprovechar la luz natural en la mayor medida posible; instalar lámparas y luminarias específicas para ambientes y trabajos concretos (la luz que se necesita en un laboratorio es diferente a la del salón de actos, a la de las salas de lectura, la de las aulas de informática, talleres o a la de las instalaciones deportivas). Y para todo el centro, recurrir a sistemas de regulación y control de la iluminación.

5.7 Características de las luminarias de LEDs

Hace relativamente poco tiempo desde que empezamos a escuchar hablar sobre un nuevo tipo de iluminación, con mayor calidad y un consumo tan reducido, que cuesta de creer.

Hoy en día, los LED's son una realidad, queremos mostrar todas las ventajas y beneficios que le aportará si sustituye sus viejas luminarias por iluminación LED.

Para su fabricación no se utiliza ningún producto contaminante, y durante su uso se consume muy poca energía eléctrica para conseguir su fin lumínico.

Son muchas las ventajas que ofrece la tecnología LED, y a continuación vamos a tratar de enumerarlas todas de la forma más sencilla:

Bajo consumo: Una lámpara LED se alimenta a baja tensión (12/24V) o directamente conectadas a la línea eléctrica (220V). Tanto para unas como para otras, la iluminación que se consigue (Lúmenes) por cada Watt de consumo es muy inferior a que ofrecen las lámparas convencionales, conseguimos multiplicar la iluminación hasta 8 veces...

Baja temperatura: El reducido consumo del LED produce muy poco calor. Esto es debido a que el LED es un dispositivo que opera a baja temperatura en relación con la luminosidad que proporciona. Los demás sistemas de iluminación en igualdad de condiciones de luminosidad que el LED emiten mucho más calor.

Amplia banda espectral: El LED es un dispositivo de longitud de onda fija pero que puede trabajar en una amplia banda del espectro. Para cubrir todo este ancho de banda existen en el mercado una gran gama de LED's que nos permitirán iluminar con una longitud de onda específica, o lo que es lo mismo en un determinado color (rojo, verde, azul, amarillo, blanco, blanco cálido e incluso ultra-violeta o RGB).

Mayor rapidez de respuesta: El LED tiene una respuesta de funcionamiento mucho más rápida que el halógeno y el fluorescente, del orden de algunos microsegundos. Se puede considerar que su arranque es instantáneo.

Luz más brillante: En las mismas condiciones de luminosidad que sus rivales, la luz que emite el LED es mucho más nítida y brillante.

Sin fallos de iluminación: Absorbe las posibles vibraciones a las que pueda estar sometido el equipo sin producir fallos ni variaciones de iluminación. Esto es debido a que el LED carece de filamento luminiscente evitando de esta manera las variaciones de luminosidad del mismo y su posible rotura.

Mayor duración y fiabilidad: La vida de un LED es muy larga en comparación con los demás sistemas de iluminación.

La lámpara incandescente es la de más bajo rendimiento luminoso de las lámparas utilizadas: de 12 a 18 lm/W (lúmenes por watt de potencia) y la que menor vida útil o durabilidad tiene: unas 1000 horas.

Mientras que los LEDs Pueden llegar 100,000 horas o más, sin embargo, técnicamente alrededor de las 50,000 horas han perdido un 30% de su luminosidad original, por lo que están fuera de especificaciones y los fabricantes serios determinan que ahí termina su vida útil.

La lámpara incandescente es a la fecha la de más bajo rendimiento luminoso en relación a la demás que hay en el mercado de 12 a 18 lm/W (lúmenes por watt de potencia) y la que menor vida útil o durabilidad tiene (1000 horas aproximadamente)

Mientras que los elementos de la tecnología LED, puede tener hasta las 100,000 horas útiles más o menos, sin embargo técnicamente alrededor de las 50,000 horas han perdido un 30% de su

luminosidad original, por lo que están fuera de especificaciones y los fabricantes serios, han determinado que ahí termina su vida útil.¹³

Una vez explicado la importancia de los beneficios de la correcta iluminación dentro de las bibliotecas ahora lo haremos notar de manera más practica por lo que se desarrollara el siguiente ejemplo tomando como referencia el “Área de lectura” de la biblioteca de la FES- Cuautitlán

Ejemplo¹⁴: para este ejemplo tomaremos la planta alta de la biblioteca (EN EL AREA DE LECTURA) de la FES Cuautitlán con las siguientes medidas: largo 30m, ancho 40m, alto 5.5m, altura de cavidad de techo (h_{ct}) = 2m, altura de cavidad de cuarto (h_{cc}) = 2.5m, con las siguientes reflectancias: piso 20%, techo 50%, paredes 50% con mantenimiento cada 6 meses.

Con los datos anteriores primero se calculara con la luminaria fluorescente (HOLOPHANE modelo 6250-439) que ocupa la biblioteca que es fluorescente de 39W luz de día con 4 lámpara por luminario, el flujo luminoso inicial por lámpara es 2600 lúmenes por lo tanto el flujo por luminario es de 10400 lúmenes con 15,000 horas de vida con un factor de depreciación de LLD=0.82 (el LLD lo obtenemos de la tabla de la página 83)

Calculamos el número de luminarios necesarios para poder alcanzar los 700 luxes requeridos para cumplir con las normas del SMII (SOCIEDAD MEXICANA DE INGENIERIA E ILUMINACION SA DE CV) requeridos para las instalaciones de una biblioteca

Como hay altura de cavidad de techo se debe determinar la reflectancia efectiva del techo mediante la siguiente formula:

¹³ La información contenida de la iluminación de LEDs es proveniente de la página <http://lediagroup.com/iluminacion-eficiente/soluciones-led-para-conseguir-centros-educativos-mas-eficientes/> , y http://www.holophane.com/education/tech_docs/LED/WPaper_Efficiency.pdf

¹⁴ Nota: este ejemplo no tiene las medidas oficiales de la biblioteca de la FES Cuautitlán se ha tratado de ser lo más realista y cercanos a las medidas de la misma.

$$CCR = \frac{5(h_{ct})(L+A)}{(LxA)} = \frac{5(2m)(30+40)}{(30x40)} = 0.58$$

$$\text{Calculamos el RCR} = \frac{5(2.5m)(30+40)}{40*30} = 0.729$$

Con la información anterior obtendremos la reflectancia efectiva de techo de tablas de la página 45:

Reflectancia efectiva es 45.2%

Para el cálculo del C.U. se realiza la interpolación de la siguiente manera de la tabla de la página 94 en los porcentajes techo 10% y muros 50%

$$Y_1 = \frac{.70 - .63}{0 - 1} (0.729 - 0) + .70 = 0.648$$

De la misma tabla para los porcentajes techo 50% y muros 50% es:

$$Y_2 = \frac{.77 - .69}{0 - 1} (0.729 - 0) + .77 = 0.711$$

$$CU = \frac{.648 - .711}{50\% - 10\%} (45.2\% - 10\%) + 0.711 = 0.655$$

Calculamos el factor de mantenimiento (FM) con la formula $FM = LLD \times LDD$

Donde LLD es el Depreciación de los Lúmenes de la lámpara = 0.82

Y el LDD (depreciación por suciedad de luminario), se obtiene con la categoría de Mantenimiento las luminarias y el tiempo que reciben mantenimiento las luminarias y por ser una biblioteca es un ambiente limpio, con una categoría del luminario es V, por tanto el LDD = 0.93 (dato obtenido de la gráfica de la tabla de la página 87)

$$FM = 0.82 \times 0.93 = 0.762$$

El área a calcular es de $A = 30 \times 40 = 1200m^2$

De la formula $E = \frac{\text{lumenes} \cdot \text{CU} \cdot \# \text{ de luminarios} \cdot \text{FM}}{\text{Área}}$ despejamos el número de luminarios de la formula $\# \text{ de luminarios} = \frac{E \cdot \text{Área}}{\text{lumenes} \cdot \text{CU} \cdot \text{FM}}$, con esta fórmula y los datos anteriores podemos saber cuántos luminarios se necesitaran para la instalación.

$$\# \text{ de luminarios} = \frac{700 \cdot 1200}{10400 \cdot 0.655 \cdot 0.762} = 161.82 \text{ luminarias} = 162 \text{ luminarias}$$

Un vez que se tienen este dato se calculan los arreglos

$$St = \sqrt{\frac{\text{Área}}{\# \text{ de luminarias}}} = \sqrt{\frac{1200}{162}} = 2.72m$$

$$\text{Número de columnas} = \frac{40}{2.72} = 14.70 = 15 \text{ columnas}$$

$$\text{Numero de renglones} = \frac{162}{15} = 10.8 = 11 \text{ renglones}$$

Por lo tanto serán 165 luminarias para este proyecto

Ahora con los mismos datos de la biblioteca pero ahora utilizaremos una luminaria que puede ser más eficiente para la biblioteca y para los usuarios de esta biblioteca.

Los datos de la luminaria son los siguientes: fluorescente de 32W blanco frio (HOLOPHANE modelo 6250-432) de 12200lumenes con 20,000 horas de vida con un factor de depreciación de LLD=0.82 (el LLD lo obtenemos de la tabla de la página 83)

Calculamos el factor de mantenimiento (FM) con la formula $FM = LLD \cdot LDD$

Donde LLD es el factor de depreciación de la luminaria =0.82

Y el LDD (depreciación por suciedad de luminario), se obtiene con la categoría de Mantenimiento las luminarias y el tiempo que reciben mantenimiento las luminarias y por ser una biblioteca es un ambiente limpio, con una categoría del luminario es V, por tanto el LDD= 0.93 (dato obtenido de la gráfica de la tabla de la página 87)

$$FM = 0.82 \cdot 0.93 = 0.762$$

El área a calcular es de $A=30 \times 40 = 1200m^2$

De la formula $E = \frac{\text{lumenes} * CU * \# \text{ de luminarios} * FM}{\text{Área}}$ despejamos el número de luminarios de la formula $\# \text{ de luminarios} = \frac{E * \text{Área}}{\text{lumenes} * CU * FM}$, con esta fórmula y los datos anteriores podemos saber cuántos luminarios se necesitaran para la instalación.

$$\# \text{ de luminarios} = \frac{700 * 1200}{12200 * 0.655 * 0.762} = 137.95 \text{ luminarias} = 138 \text{ luminarias}$$

Un vez que se tienen este dato se calculan los arreglos

$$St = \sqrt{\frac{\text{Área}}{\# \text{ de luminarias}}} = \sqrt{\frac{1200}{138}} = 2.94m$$

$$\text{Número de columnas} = \frac{40}{2.94} = 13.60 = 14 \text{ columnas}$$

$$\text{Numero de renglones} = \frac{138}{14} = 9.85 = 10 \text{ renglones}$$

Por lo tanto serán 140 luminarias para este proyecto

Una vez que se tienen la comparación del número de luminarias en el local se puede verificar la iluminancia que se mantendrá dentro de la biblioteca con las dos tipos de luminarias con la siguiente formula:

Para el luminario original de la biblioteca de 10400Lumenes a 39W

$$E_{mant} = \frac{10400lm(165 \text{ luminarias})(0.762)(0.655)}{30x40} = 713.72lux$$

Para el luminario sugerido de 12200lumenes a 32W

$$E_{mant} = \frac{12200lm(140 \text{ luminarias})(0.762)(0.655)}{30x40} = 710.39 lux$$

En este caso también podemos observar que aparte del ahorro de energía también la iluminancia mantenida de la luminaria sugerida es muy parecida a la iluminancia mantenida de la luminaria instalada en la biblioteca con menos luminarias en la instalación.

Conclusión:

En este trabajo se puede observar paso a paso, los aspectos que intervienen para el estudio de la iluminación, desde lo que son las ondas electromagnéticas, pasando por los tipos de espectros electromagnéticos y hasta la calidad, la eficiencia y características de las luminarias comerciales.

Se le muestra al lector a como establecerse la base para un proyecto de iluminación ya que lo apoya desde lo más básico, que es saber que se toma en cuenta dentro de un local donde se desarrollara el proyecto que son los colores de paredes, techos y pisos, también nos dice dónde podemos encontrar los niveles de iluminación de cada espacios que dependen de la acción que se realizará en ella.

Se conocieron las distintas características de algunas luminarias que se pueden utilizar, también pudimos observar cómo se desarrollan los cálculos para un proyecto partiendo siempre del acabado del techo ya que si es con luminaria empotrada no se requiere hacer el cálculo de reflectancia efectiva del techo, que es totalmente diferente que si se tiene una cavidad de techo que se desarrolla un cálculo aparte.

Observamos los beneficios de la iluminación con LEDs en instalaciones educativas y los beneficios que conlleva con ello en ahorros económicos y de mantenimiento ya que las luminarias de LEDs son menos propensas a descomposturas y sobre pasan por mucho las horas útiles de las luminarias fluorescentes que son ocupadas actualmente en las bibliotecas.

Y también podemos ver las ventajas y el ahorro de la biblioteca de la FES Cuautitlán si se hace un cambio de luminarias inclusive con un ahorro de energía como de luminarias.

Es muy cierto que la propuesta principal desde un comienzo de esta tesis es el aprovechar la tecnología de las luminarias LED pero dado que es una nueva tecnología los costos se incrementan es por eso que damos una opción para poder manejar luminarias adecuadas y de un costo menor (luminarias Fluorescentes ahorradoras).

Este trabajo te da las bases para poder desarrollar un proyecto eficiente y económico si así lo requiere, eso ya será decisión del personal que efectuar el desarrollo de proyecto de cualquier tipo de local, oficina, biblioteca, etc. Ya que esta tesis da las bases para poder desarrollar cualquier tipo de proyectos de iluminación en interiores.

Bibliografía

Lighting Hanbook 9° Ed. IESNA

Hecht, Eugene, autor Óptica, Madrid,México,Addison Wesley, 2000 tercera edición,

Editorial Pearson

Bavister, Steve, autor Técnicas de iluminación: retrato/ Barcelona: Omega,C2011

Manual de iluminación : una guía paso a paso / México, D.F. Editorial Trillas, 2009

Frier, John P., autor Sistemas de iluminación industriales / México: Limusa, 1986

Re, Vittorio, autor Iluminación interna / Barcelona: Marcombo: Boixareu, 1979

Catálogo de Holophane, catálogo de ventas de luminarias de marca Holophane

Diseño de bibliotecas: guía para planificar y proyectar bibliotecas públicas,

Biblioteconomía y Documentación, Paola Vudill, Edición ilustrada, Editor Trea 1998,

paginas 295.

Páginas web consultadas

<http://lediagroup.com/iluminacion-eficiente/iluminacion-inteligente-para-entornos-inteligentes/>

<http://lediagroup.com/iluminacion-eficiente/soluciones-led-para-conseguir-centros-educativos-mas-eficientes/>

[https://es.wikipedia.org/wiki/Difracci%C3%B3n_\(f%C3%ADsica\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Difracci%C3%B3n_(f%C3%ADsica))

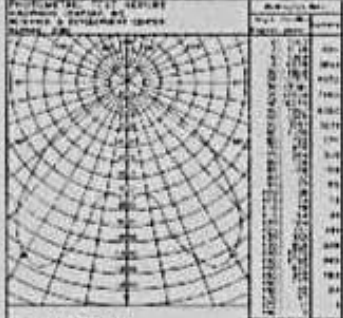
<http://www.holophane.com/education/technical.asp>

<http://www.philips.com.mx/c-m/productos-de-consumo>

<http://www.ledscenter.com/campanas-led-industrial/3027-comprar-panel-industrial-240w-5000k.html>

Anexo de Gráficas y tablas

Grafica 2.- Catálogo de Holophane

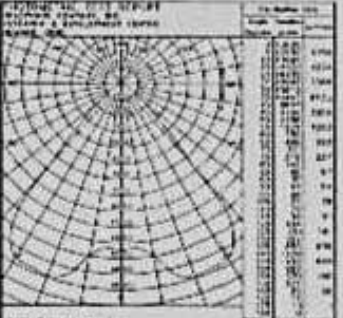


HOLOPHANE No. 711
MÉTODO DE CÁLCULO ZONAL

PIED.	2%	5%	10%	15%	20%	25%	30%
TECHO	79%	74%	67%	60%	53%	46%	39%
PARED	33%	31%	27%	23%	19%	15%	12%

RCR COEFICIENTES DE UTILIZACIÓN

RCR	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5
0	0.91	0.87	0.83	0.79	0.75	0.71	0.67	0.63	0.59	0.55	0.51
1	0.82	0.78	0.74	0.70	0.66	0.62	0.58	0.54	0.50	0.46	0.42
2	0.74	0.70	0.66	0.62	0.58	0.54	0.50	0.46	0.42	0.38	0.34
3	0.66	0.62	0.58	0.54	0.50	0.46	0.42	0.38	0.34	0.30	0.26
4	0.59	0.54	0.50	0.46	0.42	0.38	0.34	0.30	0.26	0.22	0.18
5	0.52	0.48	0.44	0.40	0.36	0.32	0.28	0.24	0.20	0.16	0.12
6	0.46	0.42	0.38	0.34	0.30	0.26	0.22	0.18	0.14	0.10	0.06
7	0.40	0.36	0.32	0.28	0.24	0.20	0.16	0.12	0.08	0.04	0.00
8	0.34	0.30	0.26	0.22	0.18	0.14	0.10	0.06	0.02	0.00	0.00
9	0.27	0.23	0.19	0.15	0.11	0.07	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00
10	0.21	0.17	0.13	0.09	0.05	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

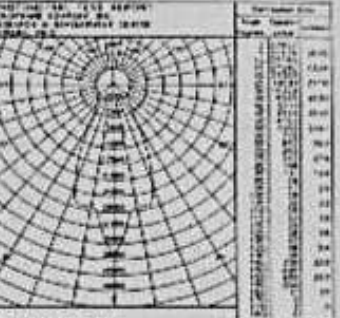


HOLOPHANE No. 713
MÉTODO DE CÁLCULO ZONAL

PIED.	2%	5%	10%	15%	20%	25%	30%
TECHO	79%	74%	67%	60%	53%	46%	39%
PARED	33%	31%	27%	23%	19%	15%	12%

RCR COEFICIENTES DE UTILIZACIÓN

RCR	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5
0	0.91	0.87	0.83	0.79	0.75	0.71	0.67	0.63	0.59	0.55	0.51
1	0.82	0.78	0.74	0.70	0.66	0.62	0.58	0.54	0.50	0.46	0.42
2	0.74	0.70	0.66	0.62	0.58	0.54	0.50	0.46	0.42	0.38	0.34
3	0.66	0.62	0.58	0.54	0.50	0.46	0.42	0.38	0.34	0.30	0.26
4	0.59	0.54	0.50	0.46	0.42	0.38	0.34	0.30	0.26	0.22	0.18
5	0.52	0.48	0.44	0.40	0.36	0.32	0.28	0.24	0.20	0.16	0.12
6	0.46	0.42	0.38	0.34	0.30	0.26	0.22	0.18	0.14	0.10	0.06
7	0.40	0.36	0.32	0.28	0.24	0.20	0.16	0.12	0.08	0.04	0.00
8	0.34	0.30	0.26	0.22	0.18	0.14	0.10	0.06	0.02	0.00	0.00
9	0.27	0.23	0.19	0.15	0.11	0.07	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00
10	0.21	0.17	0.13	0.09	0.05	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

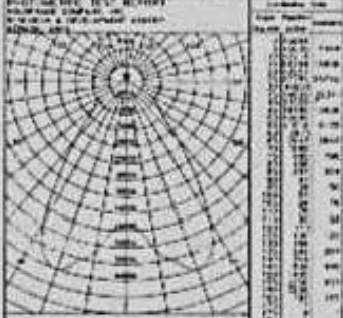


HOLOPHANE No. 715
MÉTODO DE CÁLCULO ZONAL

PIED.	2%	5%	10%	15%	20%	25%	30%
TECHO	79%	74%	67%	60%	53%	46%	39%
PARED	33%	31%	27%	23%	19%	15%	12%

RCR COEFICIENTES DE UTILIZACIÓN

RCR	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5
0	0.91	0.87	0.83	0.79	0.75	0.71	0.67	0.63	0.59	0.55	0.51
1	0.82	0.78	0.74	0.70	0.66	0.62	0.58	0.54	0.50	0.46	0.42
2	0.74	0.70	0.66	0.62	0.58	0.54	0.50	0.46	0.42	0.38	0.34
3	0.66	0.62	0.58	0.54	0.50	0.46	0.42	0.38	0.34	0.30	0.26
4	0.59	0.54	0.50	0.46	0.42	0.38	0.34	0.30	0.26	0.22	0.18
5	0.52	0.48	0.44	0.40	0.36	0.32	0.28	0.24	0.20	0.16	0.12
6	0.46	0.42	0.38	0.34	0.30	0.26	0.22	0.18	0.14	0.10	0.06
7	0.40	0.36	0.32	0.28	0.24	0.20	0.16	0.12	0.08	0.04	0.00
8	0.34	0.30	0.26	0.22	0.18	0.14	0.10	0.06	0.02	0.00	0.00
9	0.27	0.23	0.19	0.15	0.11	0.07	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00
10	0.21	0.17	0.13	0.09	0.05	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

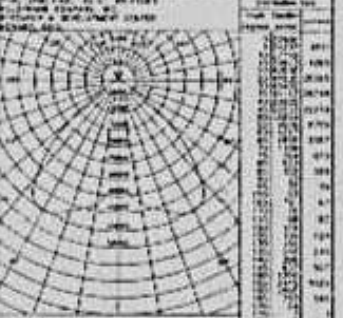


HOLOPHANE No. 717
MÉTODO DE CÁLCULO ZONAL

PIED.	2%	5%	10%	15%	20%	25%	30%
TECHO	79%	74%	67%	60%	53%	46%	39%
PARED	33%	31%	27%	23%	19%	15%	12%

RCR COEFICIENTES DE UTILIZACIÓN

RCR	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5
0	0.91	0.87	0.83	0.79	0.75	0.71	0.67	0.63	0.59	0.55	0.51
1	0.82	0.78	0.74	0.70	0.66	0.62	0.58	0.54	0.50	0.46	0.42
2	0.74	0.70	0.66	0.62	0.58	0.54	0.50	0.46	0.42	0.38	0.34
3	0.66	0.62	0.58	0.54	0.50	0.46	0.42	0.38	0.34	0.30	0.26
4	0.59	0.54	0.50	0.46	0.42	0.38	0.34	0.30	0.26	0.22	0.18
5	0.52	0.48	0.44	0.40	0.36	0.32	0.28	0.24	0.20	0.16	0.12
6	0.46	0.42	0.38	0.34	0.30	0.26	0.22	0.18	0.14	0.10	0.06
7	0.40	0.36	0.32	0.28	0.24	0.20	0.16	0.12	0.08	0.04	0.00
8	0.34	0.30	0.26	0.22	0.18	0.14	0.10	0.06	0.02	0.00	0.00
9	0.27	0.23	0.19	0.15	0.11	0.07	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00
10	0.21	0.17	0.13	0.09	0.05	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00



HOLOPHANE No. 721
MÉTODO DE CÁLCULO ZONAL

PIED.	2%	5%	10%	15%	20%	25%	30%
TECHO	79%	74%	67%	60%	53%	46%	39%
PARED	33%	31%	27%	23%	19%	15%	12%

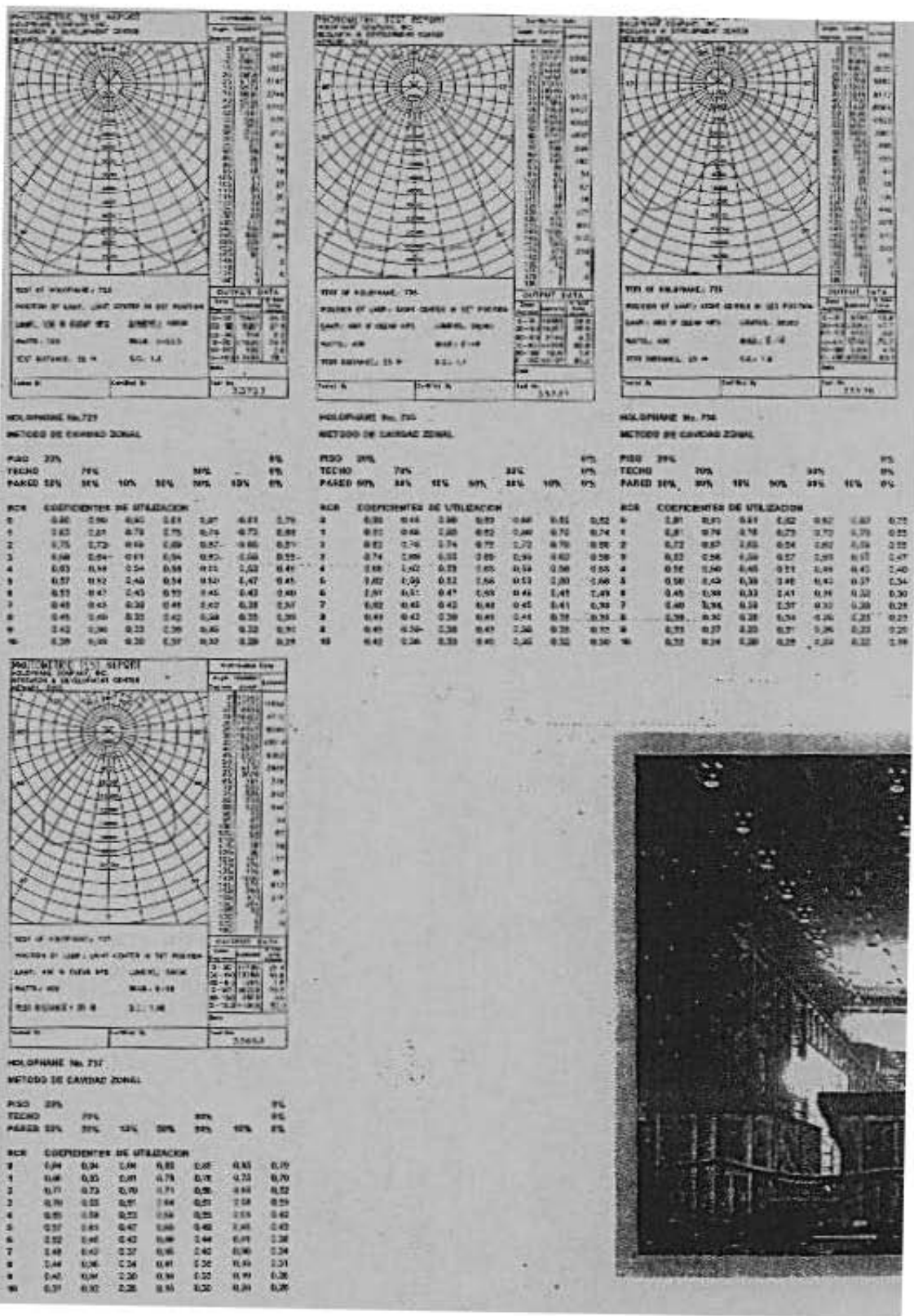
RCR COEFICIENTES DE UTILIZACIÓN

RCR	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5
0	0.91	0.87	0.83	0.79	0.75	0.71	0.67	0.63	0.59	0.55	0.51
1	0.82	0.78	0.74	0.70	0.66	0.62	0.58	0.54	0.50	0.46	0.42
2	0.74	0.70	0.66	0.62	0.58	0.54	0.50	0.46	0.42	0.38	0.34
3	0.66	0.62	0.58	0.54	0.50	0.46	0.42	0.38	0.34	0.30	0.26
4	0.59	0.54	0.50	0.46	0.42	0.38	0.34	0.30	0.26	0.22	0.18
5	0.52	0.48	0.44	0.40	0.36	0.32	0.28	0.24	0.20	0.16	0.12
6	0.46	0.42	0.38	0.34	0.30	0.26	0.22	0.18	0.14	0.10	0.06
7	0.40	0.36	0.32	0.28	0.24	0.20	0.16	0.12	0.08	0.04	0.00
8	0.34	0.30	0.26	0.22	0.18	0.14	0.10	0.06	0.02	0.00	0.00
9	0.27	0.23	0.19	0.15	0.11	0.07	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00
10	0.21	0.17	0.13	0.09	0.05	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Si requiere de mayor información fotométrica, consúltenos sin compromiso, contamos con un equipo profesional de ingenieros expertos en iluminación para ofrecerle una incomparable asesoría técnica y la mejor solución a sus problemas de iluminación.

HOLOPHANE

Grafica 3.- Catalogo de Holophane



Grafica 4.- Características de las lámparas

DATOS DE LAMPARAS INCANDESCENTES										
WATTS	VOLTS (TENSION DE OPERACION)	LUMENES INICIALES	VIDA EN HORAS	EFICACIA LUMENES/WATTS	FACTOR DE DEPRECIACION (L.L.D.)	BASE	BULBO	ACABADO PERLA O CLARO	LONGITUD EN CENTIMETROS	
40	125	465	1,500	12	.875	MEDIA (E-26)	A-19	*	11.3	
60	125	690	1,000	15	.930	MEDIA (E-26)	A-19	*	11.3	
80	220	688	1,000	10	.930	MEDIA (E-26)	A-21	*	11.3	
75	125	1,190	750	18	.920	MEDIA (E-26)	A-19	*	11.3	
100	125	1,750	750	18	.905	MEDIA (E-26)	A-19	*	11.3	
100	220	1,085	2,500	11	.900	MEDIA (E-26)	A-21	*	13.5	
150	125	2,780	750	19	.895	MEDIA (E-26)	A-23	*	16	
150	220	2,060	1,000	14	.870	MEDIA (E-26)	PS-25	*	15	
200	125	3,750	750	19	.850	MEDIA (E-26)	PS-25	*	17.6	
200	220	3,040	1,000	15	.900	MEDIA (E-26)	PS-30	*	20.5	
300	125	6,103	1,000	20	.825	MEDIA (E-26)	PS-30	*	20.5	
300	220	4,735	1,000	16	.890	MEDIA (E-26)	PS-30	*	20.5	
500	125	10,100	1,000	20	.890	MOGUL (E-40)	PS-40	*	24.8	
500	220	9,270	1,000	18	.870	MOGUL (E-40)	PS-40	*	24.8	
1000	220	17,800	1,000	18	.820	MOGUL (E-40)	PS-52	*	33.1	

DATOS DE LAMPARAS DE IODO CUARZO					
WATTS	VOLTS	LUMENES INICIALES	VIDA EN HORAS	EFICACIA LUMENES/WATTS	CONTACTO EMBUTIDO
500	125	10,500	2,000	21	
1000	220	21,500	2,000	22	
1500	220	35,800	2,000	24	

* NOTA: LA LETRA INDICA LA FORMA DE BULBO O BOMBILLO Y EL NUMERO QUE LE SIGUE EL DIAMETRO MAXIMO EN OCTAVOS DE PULGADA

EJEMPLO: PS-40 40° DE DIAMETRO T-3 CLARO 11.90
 "S" RECTO "P" PERA "PAR" REFLECTOR PARABOLICO "FLAMA"
 "G" REDONDO "A" NORMAL "R" REFLECTOR "CA" DECORATIVO

DATOS DE LAMPARAS DE LUZ MIXTA						
WATTS	VOLTS	LUMENES INICIALES	VIDA EN HORAS	EFICACIA LUMENES/WATTS	FACTOR DE DEPRECIACION (L.L.D.)	LONGITUD EN CENTIMETROS
160	220	3,100	6,000	19	0.57	17.20
250	220	5,800	6,000	22	0.85	22.50
500	220	14,000	6,000	25	0.74	27.70

Grafica 5.- Características de las lámparas

DATOS DE LAMPARAS FLUORESCENTES COMPACTAS										
WATTS	TIPO	ACABADO	LUMENES INICIALES	VIDA EN HORAS	EFICACIA LUMENES/WATTS	FACTOR DE DEPRECIACION (L.L.D.)	BASE	BULBO EN CENTIMETROS	ENCENDIDO	
9	TUBO SENCILLO	BLANCO CALDO	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 CALDO	900	10,000	68	0.87	GX23	T-4	17.70	RAPIDO
13	TUBO SENCILLO	BLANCO FRIO	900	10,000	68	0.87	GX23	T-4	17.70	RAPIDO
9	TUBO DOBLE	BLANCO CALDO	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 CALDO	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	G24d2.3 PINES	T-4	17.00	RAPIDO
20	TUBO DOBLE	BLANCO FRIO	1,800	10,000	69	0.87	G24d2.3 PINES	T-4	19.00	RAPIDO
18	LARGE	BLANCO CALDO	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 CALDO	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 CALDO	3,200	20,000	90	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 CONTACT. EMBUTIDA	T-12	121.92	RAPIDO
85	TUBULAR	BLANCO FRIO	6,650	12,000	78	0.82	2 CONTACT. EMBUTIDA	T-12	182.88	RAPIDO
110	TUBULAR	BLANCO FRIO	8,800	12,000	80	0.82	2 CONTACT. EMBUTIDA	T-12	243.84	RAPIDO
110	TUBULAR	LUZ DE DIA	7,800	12,000	70	0.82	2 CONTACT. 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	67	0.69	2 CONTACT. EMBUTIDA	T-12	121.92	RAPIDO
165	TUBULAR	BLANCO FRIO	9,900	10,000	60	0.72	2 CONTACT. EMBUTIDA	T-12	182.88	RAPIDO
215	TUBULAR	BLANCO FRIO	14,500	10,000	67	0.72	2 CONTACT. 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 CONTACT. EMBUTIDA	PG-17	121.92	RAPIDO
165	TUBULAR	BLANCO FRIO	11,000	12,000	67	0.69	2 CONTACT. EMBUTIDA	PG-17	182.88	RAPIDO
215	TUBULAR	BLANCO FRIO	15,300	12,000	71	0.69	2 CONTACT. EMBUTIDA	PG-17	243.84	RAPIDO

Grafica 6.- Características de las lámparas

DATOS DE LAMPARAS FLUORESCENTES										
WATTS	TIPO	ACABADO	LUMENES INICIALES	VIDA EN HORAS	EFICACIA LUMENES/WATTS	FACTOR DE DEPRECIACION (L.L.D.)	BASE	BULBO EN CENTIMETROS	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	65	0.77	4 ALFILERES	T-9	40.84 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	55	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	INSTANTANEO
21	TUBULAR	LUZ DE DIA	1,030	7,500	49	0.81	SLIMLINE UN ALFILER	T-12	60.96	CON ARRANCADOR
30	TUBULAR	LUZ DE DIA	1,900	7,500	63	0.81	MEDIANA 2 ALFILERES	T-8	122.00	RAPIDO
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	INSTANTANEO
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	121.92	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	2,800	12,000	65	0.83	MEDIANA 2 ALFILERES	T-12	121.92	RAPIDO
31	TIPO 5/8"	BLANCO FRIO	2,800	20,000	90	0.80	MEDIANA 2 ALFILERES	T-8	57.15	RAPIDO
32	TIPO 5/8"	BLANCO FRIO	3,000	20,000	94	0.80	MEDIANA 2 ALFILERES	T-8	57.15	RAPIDO
40	TIPO 5/8"	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	0.80	SLIMLINE UN ALFILER	T-12	243.84	INSTANTANEO
75	TUBULAR	LUZ DE DIA	5,450	12,000	73	0.80	SLIMLINE UN ALFILER	T-12	243.84	INSTANTANEO

Grafica 7.- Características de las lámparas

DATOS DE LAMPARAS DE VAPOR DE MERCURIO								
WATTS	ACABADO	LUMENES INICIALES	VIDA EN HORAS	EFICACIA LUMENES/WATTS	FACTOR DE DEPRECIACION (L.L.D.)	BASE	BULBO	LONGITUD EN CENTIMETROS
100	BLANCO DE LUJO	4,400		44	0.82		BT-25	19.10
175	BLANCO DE LUJO	8,500		49	0.89		E-26	21.00
250	BLANCO DE LUJO	12,775	24,000	51	0.84	MOGUL	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								
WATTS	ACABADO	LUMENES INICIALES	VIDA EN HORAS	EFICACIA LUMENES/WATTS	FACTOR DE DEPRECIACION (L.L.D.)	BASE	BULBO	LONGITUD EN CENTIMETROS
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	14.80
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		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	35,000V-32,000H	20,000V - 15,000H	90	0.75		BT-37	29.20
400	FOSFORADO	35,000V-32,000H	20,000V - 15,000H	90	0.72	MOGUL	BT-37	29.20
400	CLARO	40,000	20,000	100	0.80		BT-37	29.20*
1000	CLARO	110,000V-107,000H	12,000V - 9,000H	110	0.80		BT-56	39.00
1000	FOSFORADO	105,000 V-100,000H	12,000V - 9,000H	105	0.75		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."								
WATTS	ACABADO	LUMENES INICIALES	VIDA EN HORAS	EFICACIA LUMENES/WATTS	FACTOR DE DEPRECIACION (L.L.D.)	BASE	BULBO	LONGITUD EN CENTIMETROS
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

* BASE ARRIBA

** BASE ABAJO

Grafica 8.- Características de las lámparas

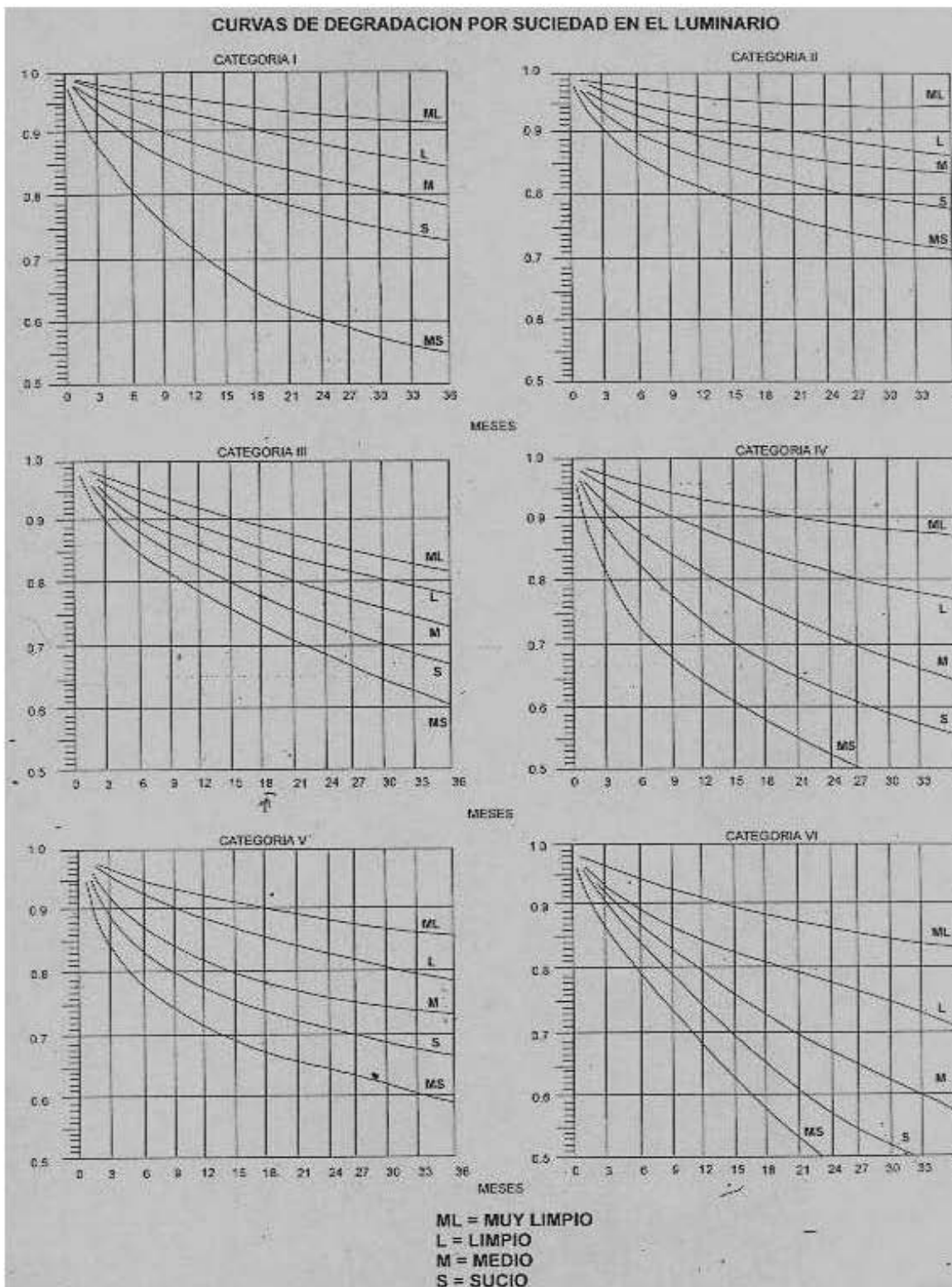
DATOS DE LAMPARAS DE VAPOR DE SODIO ALTA PRESION (STANDAR)									
WATTS	ACABADO	LUMENES INICIALES	VIDA EN HORAS	EFICACIA LUMENES/WATTS	FACTOR DE DEPRECIACION (L.L.D.)	BASE	BULBO	LONGITUD EN CENTIMETROS	
35	CLARO	2,250	16,000	64	0.90	MEDIUM	ED-17	13.81	
50	CLARO	4,000		80	0.90	MEDIUM	ED-17	13.81	
70	CLARO	6,300		90	0.90		ED-23 ½	19.70	
70	DIFUSO	6,000		86	0.86		ED-23 ½	19.70	
100	CLARO	9,500		95	0.90		ED-23 ½	19.70	
100	DIFUSO	8,800		88	0.90		ED-23 ½	19.70	
150(55V)*	CLARO	10,000		24,000	107	0.90	MOGUL	E-28	19.70
150(55V)*	DIFUSO	15,000			100	0.90		E-28	19.70
250	CLARO	27,500			110	0.90		E-18	24.80
250	DIFUSO	26,000			104	0.90		E-28	22.90
400	CLARO	50,000	125		0.90		E-18	24.80	
400	DIFUSO	47,500	119		0.90		E-37	28.70	
1000	CLARO	140,000	140		0.90		E-25	36.30	

DATOS DE LAMPARAS DE VAPOR DE SODIO BAJA PRESION									
WATTS	ACABADO	LUMENES INICIALES	VIDA EN HORAS	EFICIENCIA LUMENES/WATTS	FACTOR DE DEPRECIACION (L.L.D.)	BASE	BULBO	LONGITUD EN CENTIMETROS	
18	CLARO	1,600	18,000	100	1.00	BY22c	T-17	21.60	
35		4,800		137				31.10	
55		8,000		145				42.50	
90		13,500		150				52.80	
135		22,500		167				77.50	
180		33,000		183				112.00	



















Grafica 9.- Condiciones de suciedad y características de mantenimiento.

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 ESTATICA	ALTA
EJEMPLOS	OFICINAS DE ALTA CATEGORIA ALEJADAS DE LAS ZONAS DE PRODUCCION; LABORATORIOS, QUIROFANOS, 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
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	

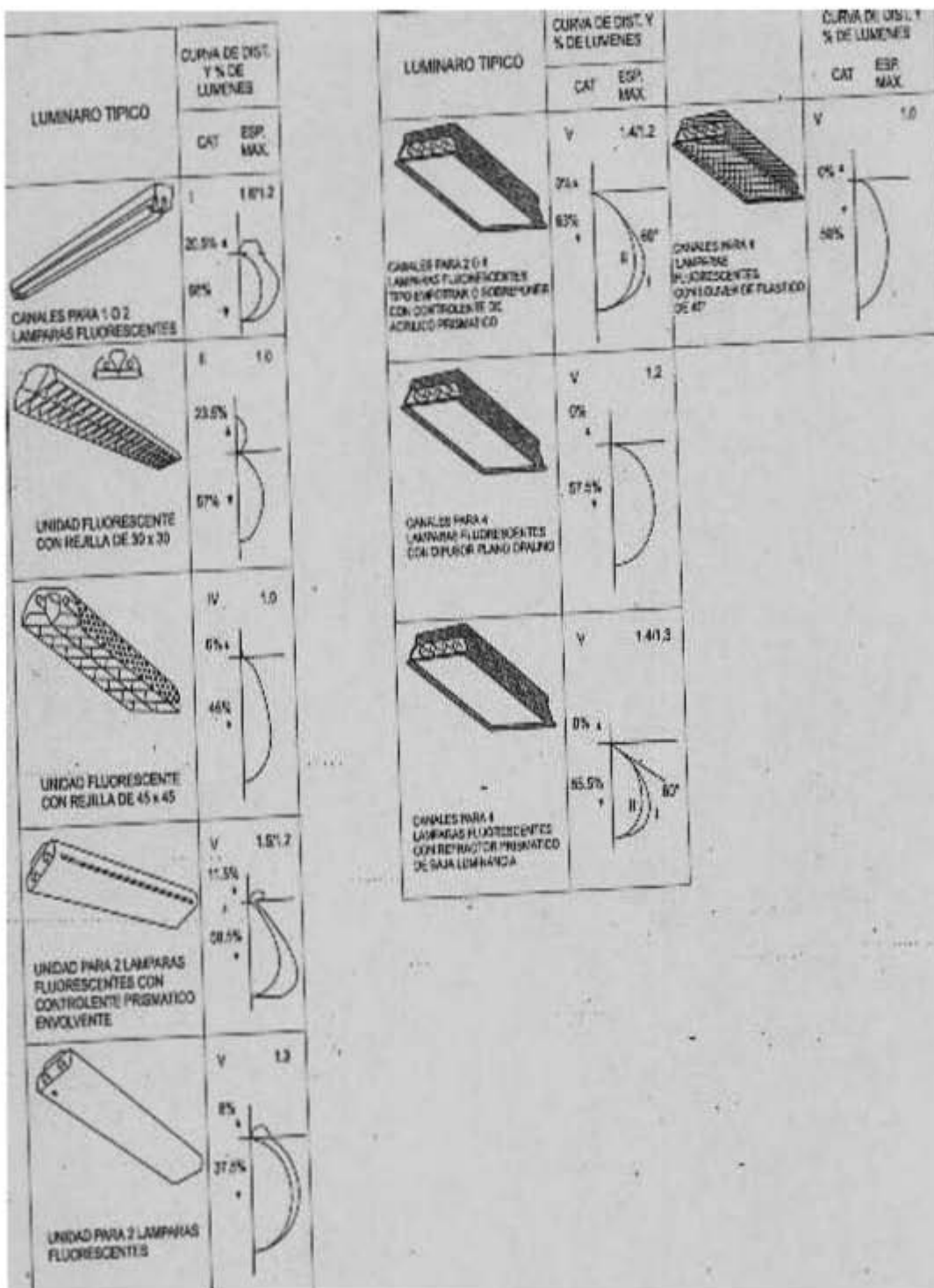
Grafica 10.- De degradación del luminario.



Grafica 11.- Tipos de luminario

LUMINARIO TÍPICO	CURVA DE DISTR. Y % DE LUMENES		LUMINARIO TÍPICO	CURVA DE DISTR. Y % DE LUMENES		LUMINARIO TÍPICO	CURVA DE DISTR. Y % DE LUMENES	
	CAT.	ESPAC. MÁXIMO		CAT.	ESPAC. MÁXIMO		CAT.	ESPAC. MÁXIMO
 ESFERA DIFUSA CON MONTAJE COLGANTE	V	1.2	 GABINETE CUADRADO CON CONTROLLENTE PARA CURVA DE DISTRIBUCION MEDIA	II	1.0	 UNIDAD TOTALMENTE CERRADA	V	1.4
 REFLECTOR ESMALTADO TIPO RLM	IV	1.3	 BOTE INTEGRAL DE 340 mm. DE Ø PARA LAMPARAS PAR 100 Y LAMPARA FLUO RESCENTE AMORRADOR DE ENERGIA.	IV	0.8	 UNIDAD TIPO INDUSTRIAL CON REFLECTOR PRISMATICO VENTILADO EFECTO CHIMNEAL.	III	1.0
 (CUBIC) UNIDAD CON ENVOLVENTE CUADRADO PRISMATICO	V	1.3	 BOTE INTEGRAL DE 140 mm. DE Ø PARA LAMPARA PAR 75	IV	0.5	 UNIDAD TIPO INDUSTRIAL CON REFLECTOR PRISMATICO CERRADA. POR MEDIO DE REFRACTOR PRISMATICO	V	1.0
 LAMPARA R-40 EN BOTE INTEGRAL	IV	0.8	 GABINETE CUADRADO CON CONTROLLENTE PARA CURVA DE DISTRIBUCION ABIERTA.	V	1.4	 UNIDAD CERRADA POR MEDIO DE REFRACTOR PRISMATICO	V	1.0
 LAMPARA R-40 CON REFLECTOR ESPECULAR ANODIZADO. CUTOFF A 45°	IV	0.7	 GABINETE CUADRADO CON GABINETE DIFUSO	V	1.3	 UNIDAD DE EMPOTRAR CON REFLECTOR PRISMATICO VENTILADO	IV	1.7
 PIN HOLE DE 22° DE ABERTURA	IV	0.7	 (MERCURUM) UNIDAD CON LAMPARA DE ALTA INTENSIDAD DE DESCARGA CON REFRACTOR INTERNO DE CRISTAL PRISMATICO Y CONTROLLENTE DE ACRILICO PRISMATICO EXTERIOR	V	1.3	 UNIDAD FLUORESCENTE TIPO INDUSTRIAL	I	1.0

Grafica 12 Tipos de luminarias



Grafica 13.- Reflexiones aproximadas

91

TABLA DE REFLEXIONES APROXIMADAS
I.- SUPERFICIES DE PINTURA

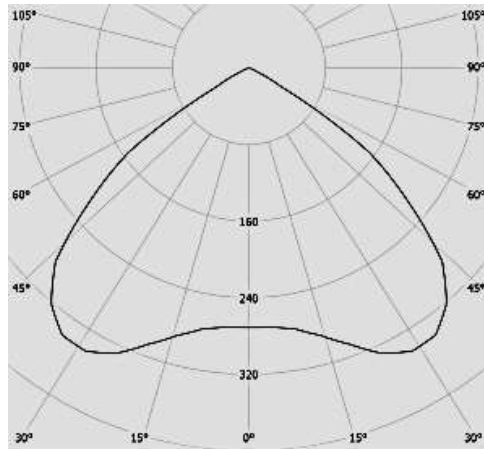
<u>TONO</u>	<u>COLOR</u>	<u>REFLEXION EN %</u>
Muy claro	Blanco nuevo	88
	Blanco viejo	76
	Azul verde	76
	Crema	81
	Azul	65
	Miel	76
Claro	Gris	63
	Azul verde	72
	Crema	79
	Azul	55
	Miel	70
Mediano	Gris	73
	Azul verde	54
	Amarillo	65
	Miel	63
Oscuro	Gris	61
	Azul	8
	Amarillo	50
	Café	10
	Gris	25
	Verde	7
	Negro	3

II.- SUPERFICIES DE MADERA		III.- ACABADOS METALICOS	
<u>COLOR</u>	<u>REFLEXION EN %</u>	<u>COLOR</u>	<u>REFLEXION EN %</u>
Maple	43	Blanco polarizado	70-85
Nogal	16	Esmalte horneado	
Caoba	12	Aluminio pulido	75
Pino	48	Aluminio mate	75
		Aluminio claro	79
		Aluminio claro	59

IV.- ACABADOS DE CONSTRUCCION APARENTES

<u>TIPO</u>	<u>REFLEXION EN %</u>
Roca basáltica	18
Cantera clara	18
Tabique muy pulido	48
Tabique rojo vidriado	30
Tabique pulido	40
Tabique rojo barnizado	30
Cemento	27
Concreto	40
Mármol blanco	45
Vegetación	25
Astalto limpio	7
Adoquin de roca ignea	17
Grava	13
Pasto (verde oscuro)	6
Pizarra	8

Grafica 14.- Información fotométrica de luminario LED



Potencia: 200W

Voltaje: AC100V-265V, 50/60Hz

Lumen: 32000lm

Sc1.23

Color de Temperatura: 6000K

Ángulo de Apertura: 90°/120° (a elección)

Chip LED: SMD

Protección: IP44

Material: Aluminio / Color: Plata

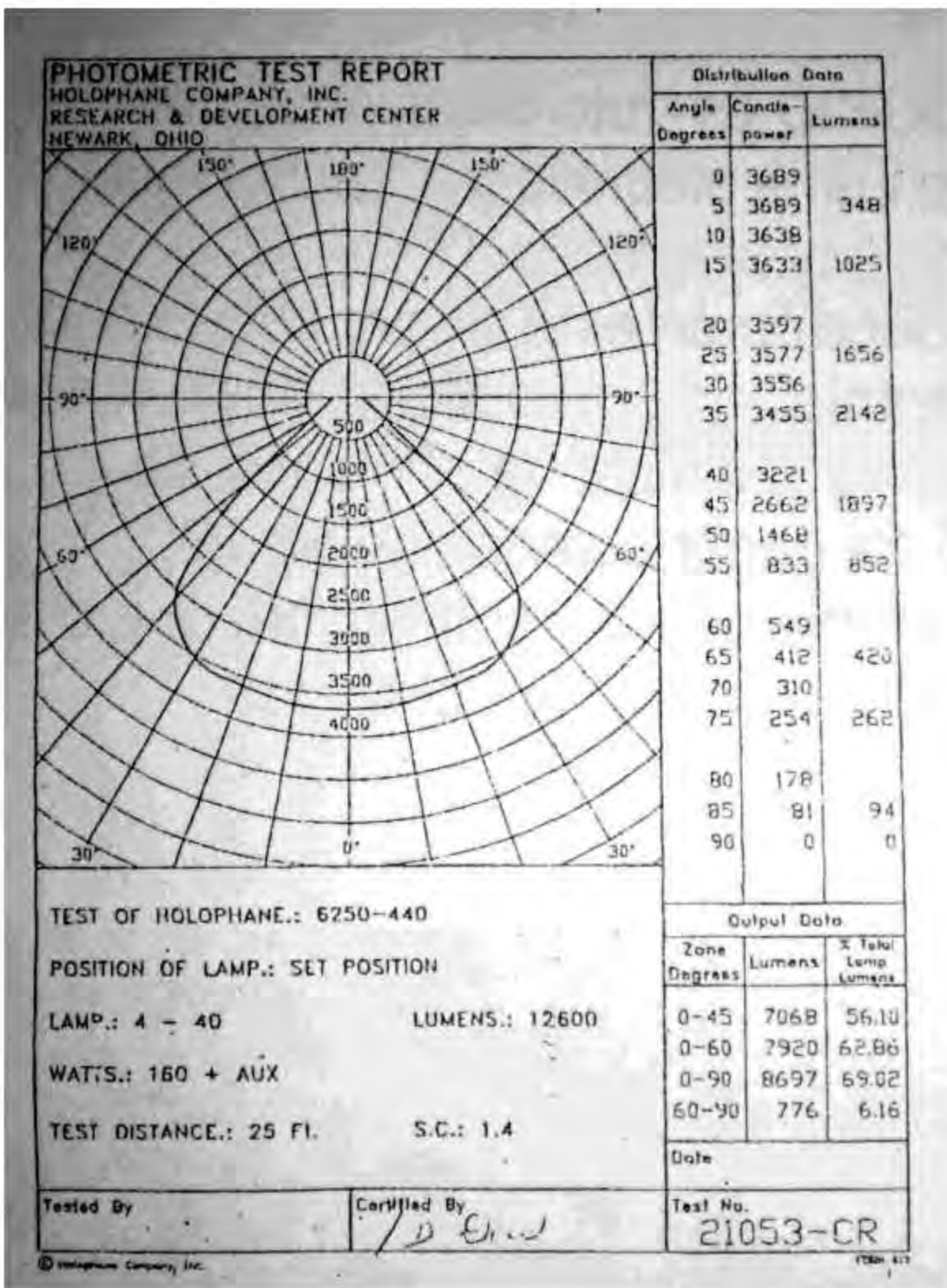
Regulable: NO

Vida Útil: 50000 h

Temperatura de Trabajo: -25°C - 50°

PISO	20%	20%	20%	20%	20%	20%
TECHO	70%			30%		
PARED	50%	30%	10%	50%	30%	10%
RCR						
0	0.91	0.91	0.91	0.81	0.81	0.81
1	0.84	0.82	0.8	0.76	0.74	0.73
2	0.76	0.73	0.7	0.7	0.67	0.65
3	0.7	0.65	0.62	0.64	0.61	0.58
4	0.64	0.59	0.55	0.59	0.56	0.53
5	0.59	0.53	0.49	0.54	0.51	0.48
6	0.54	0.49	0.45	0.5	0.46	0.43
7	0.5	0.44	0.4	0.47	0.42	0.39
8	0.46	0.41	0.37	0.43	0.39	0.36
9	0.43	0.37	0.34	0.4	0.36	0.33
10	0.4	0.34	0.31	0.38	0.33	0.3

Grafica 15.- Curva de utilización (SERIE 6250)



Grafica 16.- Grafica de coeficientes de utilización

COEFICIENTES DE UTILIZACION HOLOPHANE No. 6250-440 4-40 W / BLANCO FRIO TEST 21053CR											
PISO TECHO PARED		20%									
		80%			50%			10%			0%
		50%	30%	10%	50%	30%	10%	50%	30%	10%	0%
R C R	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
	3	.59	.54	.50	.56	.52	.49	.53	.50	.48	.46
	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