



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE  
MEXICO

Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán

Diseño de sistemas de iluminación con aplicaciones particulares y análisis  
de costos

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

Presentan:

OSCAR VALLE LEÓN

PABLO ÁNGELES VALDEZ

Asesor: Ing. Casildo Rodríguez Arciniega



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

## **DEDICATORIAS**

### **A MI FAMILIA**

En especial a mi mama Juana León Gerbacio que siempre estuvo a mi lado apoyándome en todo para poder concluir con mi carrera, a mis hermanos y a mis sobrinos que siempre estuvieron conmigo motivándome, a mis amigos, al ingeniero Felipe Díaz del Castillo, y al ingeniero Casildo Rodríguez Arciniega a todos ellos muchas gracias por ayudarme a la elaboración y culminación de este trabajo.

## INDICE

	Pág.
<b>CAPITULO 1.- ANTECEDENTES</b>	1
<b>1.1 Introducción</b>	1
<b>1.2 Aspectos a considerar para una buena iluminación</b>	2
1.2.1 Nivel de iluminación	2
1.2.2 Tipo de lámpara	2
1.2.3 Contraste	2
1.2.4 Distribución de la luz	4
1.2.5 Deslumbramiento	5
<b>1.3 Clasificación de las lámparas</b>	6
<b>1.3.1 Lámparas incandescentes</b>	7
1.3.1.1 Componentes principales	7
a) Bulbo o ampolla	7
b) Base o casquillo	8
c) Filamento	8
d) Gas de relleno	9
e) Dimensiones físicas	9
1.3.1.2 Características de Funcionamiento	10
a) Flujo luminoso de una lámpara	10
b) Funcionamiento a tensión superior o inferior a la normal	10
1.3.1.3 Conservación de flujo	10
<b>1.3.2 Lámparas fluorescentes</b>	11
a) Ventajas	12
b) Desventajas	12
1.3.2.1 Lámparas fluorescentes sin precalentamiento de cátodo	13
a) Ventajas	13
b) Desventajas	13
<b>1.3.3 Lámparas de vapor de mercurio</b>	14
a) Ventajas	15
b) Desventajas	15
<b>1.3.4 Lámparas de vapor de sodio</b>	16

1.3.4.1 Lámparas de vapor de sodio baja presión	16
a) Ventajas	17
b) Desventajas	17
1.3.4.2 Lámparas vapor de sodio alta presión	17
a) Ventajas	18
b) Desventajas	19
<b>1.3.5 Lámpara con halogenuros o de aditivos metálicos</b>	19
a) Ventajas	20
<b>CAPITULO 2.- DISEÑO DE SISTEMAS DE ILUMINACIÓN PARA INTERIORES</b>	21
<b>2.1 Calculo para el alumbrado de una nave industrial</b>	21
a) Determinación del coeficiente de utilización	23
b) Obtención del factor de mantenimiento	27
c) Calculo del numero de luminarios	28
d) Calculo del numero de columnas para la distribución de los luminarios	28
e) Calculo del numero de renglones	29
f) Calculo del espaciamiento entre columna y columna	29
g) Calculo del espaciamiento entre renglón y renglón	29
h) Calculo del espaciamiento máximo entre luminario y luminario	30
i) Comprobación utilizando el espaciamiento real y el espaciamiento máximo	30
j) Distribución del los luminarios	31
K) Análisis de costos	32
<b>2.2 Calculo para el alumbrado de una oficina</b>	33
a) Determinación del coeficiente de utilización	36
b) Obtención del factor de mantenimiento	37
c) Calculo del numero de luminarios	37
d) Calculo del numero de columnas para la distribución de los luminarios	38
e) Calculo del numero de renglones	38
f) Calculo del espaciamiento entre columna y columna	39
g) Calculo del espaciamiento entre renglón y renglón	39
h) Calculo del espaciamiento máximo entre luminario y luminario	39
i) Comprobación utilizando el espaciamiento real y el espaciamiento máximo	39
j) Distribución del los luminarios	40

<b>2.3 Calculo para el alumbrado de una nave industrial pequeña</b>	41
a) Determinación del coeficiente de utilización	42
b) Obtención del factor de mantenimiento	44
c) Calculo del numero de luminarios	44
d) Calculo del numero de columnas para la distribución de los luminarios	44
e) Calculo del numero de renglones	45
f) Calculo del espaciamiento entre columna y columna	45
g) Calculo del espaciamiento entre renglón y renglón	46
h) Calculo del espaciamiento máximo entre luminario y luminario	46
i) Comprobación utilizando el espaciamiento real y el espaciamiento máximo	46
j) Distribución del los luminarios	47
<b>CAPITULO 3.- DISEÑO DE SISTEMAS DE ILUMINACION PARA VIALIDADES</b>	48
<b>3.1 Calculo para el alumbrado de una calle</b>	48
a) Calculo de la altura del luminario	49
b) Calculo del coeficiente de utilización	50
c) Calculo del factor de mantenimiento	51
d) Calculo del espaciamiento entre poste y poste	51
e) comprobación por el método punto por punto	51
f) Calculo de la uniformidad del nivel de iluminación	57
g) Distribución de los luminarios	63
h) Análisis de costos	64
<b>3.2 Calculo para el alumbrado de una avenida</b>	65
a) Calculo de la altura del luminario	66
b) Calculo del coeficiente de utilización	67
c) Calculo del factor de mantenimiento	68
d) Calculo del espaciamiento entre poste y poste	68
e) comprobación por el método punto por punto	69
f) Calculo de la uniformidad del nivel de iluminación	74
g) Distribución de los luminarios	74
<b>CAPITULO 4.- DISEÑO DE SISTEMAS DE ILUMINACIÓN CON PROYECTORES</b>	75
<b>4.1 Calculo para el alumbrado de una cancha de fut bol</b>	75
a) Calculo de la altura del luminario	76

b) Calculo del coeficiente de utilización preliminar	79
c) Calculo del factor de ajuste	80
d) Calculo del factor de mantenimiento	81
e) Calculo del número de luminarios	81
f) Distribución de los luminarios	82
g) Análisis de costos	83
<b>4.2 Calculo para el alumbrado de una cancha de tenis</b>	<b>84</b>
a) Calculo de la altura del luminario	85
b) Calculo del coeficiente de utilización preliminar	87
c) Calculo del factor de ajuste	89
d) Calculo del factor de mantenimiento	89
e) Calculo del número de luminarios	89
f) Distribución de los luminarios	90
CONCLUSIONES	91
BIBLIOGRAFIA	92
ANEXO A	93
Niveles de iluminación	
ANEXO B	101
Información técnica de luminarios	
ANEXO C	113
Glosario	

## **CAPITULO I.-ANTECEDENTES.**

### **1.1.-INTRODUCCIÓN**

Algunos elementos a considerar para la realización de un proyecto de iluminación es seleccionar la fuente de luz de acuerdo a los niveles de iluminación que se requieran para lo cual se debe hacer una buena elección de las fuentes de luz (filamento, de vapor, de mercurio, fluorescentes, etc.), las cuales dependen en gran medida del aspecto del conjunto y la economía. La elección de una fuente de luz es en gran parte un problema de análisis de costos.

La distribución de la intensidad luminosa (candelas) propia para la aplicación en cada caso particular de alumbrado, deberá ser la primera consideración en la elección de un equipo de alumbrado. Las luminarias deberán elegirse de acuerdo con sus características de distribución, adecuadas a las necesidades de la situación dada.

También se debe tomar en cuenta la conservación del equipo ya que la iluminación producida por cualquier instalación disminuye con la reducción gradual de la emisión luminosa de las lámparas debido al envejecimiento y al uso, y con la depreciación de las luminarias y de las superficies de las habitaciones debidas a la acumulación de suciedad. En el proyecto de cualquier sistema de alumbrado, es esencial no solo evaluar apropiadamente el efecto de cada uno de estos factores, sino también, en cuanto sea posible, seleccionar y reemplazar el equipo de forma adecuada para una fácil conservación.

## **1.2.-ASPECTOS A CONSIDERAR PARA UNA BUENA ILUMINACION**

### **1.2.1.-Nivel de iluminación**

La elección del nivel de iluminación es fundamental para obtener una buena visión. Al establecer los niveles de iluminación, debe tenerse en cuenta que el flujo emitido por las lámparas decrece con el tiempo, no solo en función de su promedio de vida, sino también a causa del depósito de polvo y suciedad que tiene lugar sobre ellas.

Los niveles de iluminación están establecidos por la Sociedad Mexicana de Ingeniería e Iluminación, no está permitido descender por debajo de ellos ya que esto puede ameritar infracciones legales.

### **1.2.2.-Tipo de lámpara**

Se debe elegir el tipo de lámpara (tomando en consideración la eficacia luminosa y el rendimiento cromático) y tipo de luminario que conviene adoptar en relación a las exigencias fotométricas, costo de instalación, condiciones de funcionamiento y posibilidad de llevar a cabo un mantenimiento racional.

### **1.2.3.-Contraste**

A la diferencia de luminancia entre el objeto que se observa y su espacio inmediato es lo que se conoce como contraste.

El contraste está relacionado con el deslumbramiento, puesto que cuanto mayor es el contraste del brillo entre una fuente que deslumbre y sus alrededores mayor será el efecto de deslumbramiento.

El contraste de luminancia, entre el objeto visual y las superficies circundantes, se debe encontrar en determinados valores, para así, obtener las mejores condiciones visuales.

No es conveniente un brillo alto del objeto de trabajo con un brillo comparativamente bajo de los alrededores, ya que obliga a reajustar continuamente los ojos de un nivel de brillo a otro. La situación ideal para una buena visión es un brillo de fondo igual al del objeto de trabajo; lo cual muy difícilmente se consigue.

Por lo general un contraste, no mayor de 3 a 1 se considera aceptable y relaciones no mayores de 10 a 1 son deseables en cualquier parte del campo visual, se considera generalmente como el máximo admisible relaciones de 30 ó 40 a 1.

La siguiente tabla muestra algunos contrastes de colores, estos están colocados de forma descendente desde un mayor nivel de contraste hasta un nivel menor.

<b>Color del objeto</b>	<b>Color de fondo</b>
<b>Negro</b>	Amarillo
<b>Verde</b>	Blanco
<b>Rojo</b>	Blanco
<b>Azul</b>	Blanco
<b>Blanco</b>	Azul
<b>Negro</b>	Blanco
<b>Amarillo</b>	Negro
<b>Blanco</b>	Rojo
<b>Blanco</b>	Verde
<b>Blanco</b>	Negro

#### 1.2.4.- Distribución de la luz

Nosotros percibimos las cosas en relieve, debido a que, en cada uno de nuestros ojos se forma una imagen ligeramente distinta una de otra, y éstas al ajustarse en el cerebro dan la sensación de relieve.

La ausencia de sombras como resultado de una iluminación demasiado uniforme, dificulta el reconocimiento de los objetos, la valoración de sus dimensiones y la distancia a la que se encuentran del sujeto que los observa.

Por el contrario, confiando la iluminación del ambiente exclusivamente a fuentes de luz direccionales se crean contrastes de sombra demasiado violentos que fatigan la vista.

Excluyendo los puntos de iluminación localizada, por lo general en todo proyecto de iluminación se debe tener una uniformidad en los niveles de iluminación. Sin esta uniformidad se da la aparición de sombras que traen como consecuencia un confort visual no adecuado, esto se debe evitar, especialmente, cuando se trate de ambientes de trabajo (talleres. Escuelas, laboratorios, etc.).

Las sombras son resultado de una diferencia de luminancia respecto de zonas más iluminadas. Existen dos tipos de sombras: fuertes y suaves.

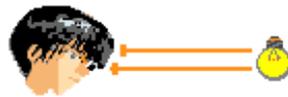
Sombras fuertes: son las que resultan de iluminar un objeto con luz directa e intensa desde un punto determinado más o menos alejado y se caracteriza por su profunda oscuridad y dureza con alto efecto de relieve.

Sombras suaves: son las que resultan de iluminar un objeto con luz difusa y se caracteriza por su suavidad y menor efecto de relieve.

### 1.2.5.-Deslumbramiento

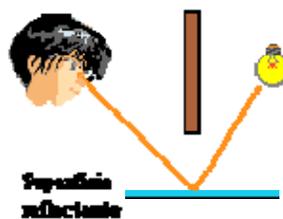
Este puede ser:

Directo.- provocado al observar directamente la fuente de luz, es el más molesto por que produce fatiga y reduce la percepción. (*Figura 1.1*)



**FIGURA 1.1** – Deslumbramiento directo

Reflejado.- provocado por la incidencia de los rayos luminosos sobre el objeto observado; aquellos dan lugar a rayos reflejados cuyos ángulos de reflexión son iguales y simétricos a los de los rayos incidentes (*figura 1.2*). Si el fenómeno es acentuado (por la elevada reflexión del objeto) se produce pérdida de contraste y fatiga visual.



**FIGURA 1.2** – Deslumbramiento indirecto o reflejado

### 1.3.-CLASIFICACIÓN DE LAS LAMPARAS.

**A CONTINUACIÓN SE PRESENTA UNA CLASIFICACIÓN DE LOS DIFERENTES TIPOS DE LÁMPARAS MÁS COMUNMENTE USADOS.**

#### **INCANDESCENTES:**

- FOCO COMÚN
- IODO CUARZO
- AUTOMOTRIZ

#### **FLUORESCENTES:**

- ENCENDIDO RAPIDO
- ENCENDIDO INSTANTANEO
- ALTA EMISION
- MUY ALTA EMISION
- OTRAS

#### **ALTA INTENSIDAD DE DESCARGA (H.I.D.)**

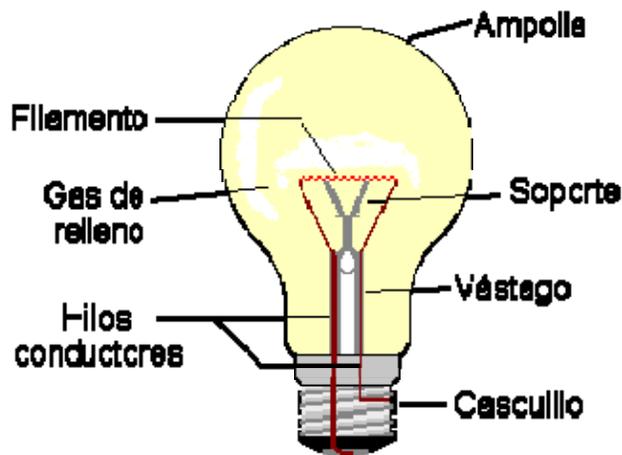
- VAPOR DE MERCURIO
- VAPOR DE SODIO BAJA PRESION
- VAPOR DE SODIO ALTA PRESION
- ADITIVOS METALICOS

### **1.3.1.-Lámparas incandescentes**

Este tipo de lámparas producen luz en virtud de un hilo o filamento de tungsteno, el cual es calentado hasta la incandescencia por el paso de una corriente eléctrica a través de él. Para que no se quemara se encierra en una pequeña ampolla de vidrio en la que se practica el vacío o se introduce un gas inerte (argón, criptón, etc.). En el primer caso (vacío) se encuentran las lámparas de pequeña potencia; en el segundo (gas inerte) las lámparas de media y gran potencia.

La vida media de las lámparas de incandescencia es de 1000 horas, a la tensión nominal.

**1.3.1.1.-Los componentes principales de este tipo de lámpara son tres; el bulbo, la base y el filamento. (Figura 1.3)**



**FIGURA 1.3 – Partes de una bombilla**

#### **a) Bulbo o ampolla**

Puesto que un filamento incandescente debe operar en el vacío o en una atmósfera de gas inerte para evitar la rápida desintegración debida a la oxidación, se le encierra en una envoltura precintada de cristal llamado bulbo o ampolla.

El tamaño y la forma de los bulbos de las lámparas se designan por una letra o letras seguidas de un número. Las letras indican la forma del bulbo: S = lado recto, F = llama, G

= redondo o globular, T= tubular, PS= pera de cuello recto, PAR= parabólico, R= reflector, A = designación arbitraria aplicada a los bulbos comúnmente usadas por

lámparas de servicio general de alumbrado de 200 watts o menos. El número de designación del bulbo indica el diámetro del bulbo en octavos de pulgada. Por ejemplo “T-10” indica un bulbo tubular que tiene un diámetro de 10/8 ó 1 ¼.

### **b) Base o casquillo**

La función del casquillo es conectar el bulbo con el portalámparas. Generalmente el tipo de casquillo mas usado es el de rosca media (300 watts o menos). Los de más altas potencias (arriba de 300 watts) tienen casquillo de rosca mogul. Algunas de las lámparas de menos potencia, particularmente las de señales, indicadoras y decoración, están provistas de casquillos de rosca de candelabro o intermedia.

### **c) Filamento**

En una lámpara, el filamento es el elemento productor de luz, y las primeras consideraciones a hacer en su proyecto por sus características eléctricas. La potencia de una lámpara de filamento es igual a la tensión de alimentación del portalámparas, en volts, multiplicada por la intensidad en amperes de la corriente que pasa por el filamento. Según la ley de ohm ( $I = E/R$ ) la corriente (Amperes) viene determinada por la relación entre la tensión y la resistencia, la cual a su vez depende de la longitud y del diámetro del hilo del filamento. Cuanto mayor es la potencia de una lámpara de una tensión dada, mas alta es la corriente y por ello mayor el hilo del filamento requerido para transportarla. Cuanto más alta es la tensión de una lámpara de una potencia dada, menor es la corriente y más pequeño el diámetro del hilo del filamento.

La mayoría de las lámparas de filamento irradian en forma de luz aproximadamente solo del 10 al 12% de la energía absorbida.

El carbón cuyo punto de fusión es más alto que el del tungsteno, ha sido casi totalmente sustituido por el tungsteno, por que a elevadas temperaturas aquél se evapora rápidamente,

mientras que el tungsteno combina las propiedades de un alto punto de fusión con una lenta evaporación.

#### **d) Gas de relleno**

Las lámparas incandescentes solían fabricarse con bulbos en los que se había hecho el vacío, con objeto de eliminar el oxígeno, para evitar que se quemase el filamento. Más tarde se descubrió que la presión ejercida sobre el filamento por un gas inerte introducido en la bombilla retardaba la evaporación del tungsteno, haciendo así posible el diseño de lámparas para mayores temperaturas de filamento. Las lámparas de vacío se designan actualmente como tipo “B” y las lámparas rellenas de gas como tipo “C”.

#### **e) Dimensiones físicas**

Además del diámetro de la lámpara, que viene dado en octavos de pulgada en la designación de la ampolla, hay otras dos dimensiones importantes: la máxima longitud total de la lámpara y la distancia del centro de luz.

La longitud total de una lámpara se mide desde el final del casquillo hasta el extremo opuesto del bulbo. Dicha longitud es una dimensión máxima. En otras palabras, la longitud de una lámpara no debe exceder ese valor, pero puede ser menor.

La distancia del centro de luz, que es de gran importancia en los equipos donde se requiere un exacto control de la luz, se mide desde el centro de la fuente luminosa hasta un punto determinado del casquillo, que varía con el tipo de este.

### **1.3.1.2.-Características de funcionamiento**

#### ***a) Flujo luminoso de una lámpara***

La vida de una lámpara y el flujo de luz están determinados por la temperatura del filamento. Cuanto más elevada es la temperatura para una lámpara dada, mayor es la eficacia (lúmenes emitidos por watt consumido) y más corta la vida. Por lo anterior se ve que el flujo luminoso y vida de la lámpara son independientes. Se puede diseñar una lámpara para una vida larga a expensas de la cantidad de luz emitida, o para una emisión alta de luz a expensas de la duración de vida.

#### ***b) Funcionamiento a tensión superior o inferior a la normal***

El funcionamiento a una tensión más alta da como resultado una consume mayor de potencia, una eficacia más elevada y una mayor emisión de luz, pero acorta la vida de la lámpara. Por el contrario, el funcionamiento por debajo de la tensión nominal incrementa la vida, pero causa una reducción en el consumo de potencia, en la eficacia y en la cantidad de luz emitida. Una tensión inferior tan solo en un 5% debajo de la nominal supone una pérdida de luz de más del 16% con un ahorro en watts de tan solo el 8%. Puesto que el costo de la lámpara es casi siempre pequeño comparado con el de la energía necesaria para su funcionamiento, el aumento de la vida de la lámpara que acompaña a la reducción de la tensión no compensa económicamente la pérdida de luz emitida. En consecuencia, resulta importante mantener la tensión apropiada para obtener buenos resultados de las lámparas e instalaciones de alumbrado.

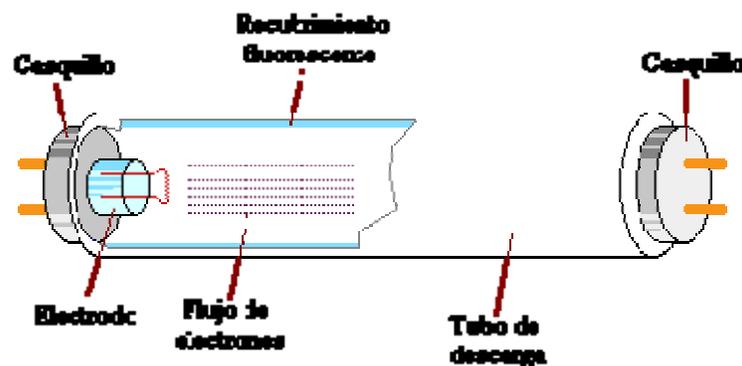
### **1.3.1.3.-Conservación de flujo**

Cuando una lámpara incandescente funciona a una tensión constante, el filamento se evapora o se sublima, lo que da lugar a una lenta pero continua reducción de su potencia y

de su emisión de luz. El término normal de vida se alcanza cuando el filamento se rompe o se quema por su parte más fina.

### **1.3.2.-Lámparas fluorescentes**

Es un tipo de fuente de luz de descarga eléctrica, en la cual la luz se produce predominantemente por la fluorescencia del fósforo activado por la energía ultravioleta de un arco de mercurio. Consiste en un bulbo tubular que lleva sellado en cada extremo un electrodo, y en el interior vapor de mercurio a baja presión con una pequeña cantidad de gas inerte, argón o una mezcla de gases para el encendido. Las paredes interiores del bulbo están revestidas de polvo fluorescente (*figura 1.4*). Cuando se aplica la tensión apropiada, un flujo de electrones desplazándose a gran velocidad es impulsado desde uno de los electrodos y atraído por el otro. Las colisiones entre estos electrones y los átomos de mercurio que se encuentran en su camino producen un estado de excitación cuyo resultado es la emisión de radiaciones, principalmente en la región ultravioleta a 2,530 angstroms. El polvo fluorescente transforma esta energía en luz visible.



**FIGURA 1.4 – Lámpara fluorescente**

La lámpara fluorescente difiere básicamente de la de mercurio en dos aspectos trabaja a una presión de vapor mucho más baja, y tiene fósforo que es activado solamente por la onda corta ultravioleta radiada por un arco de baja tensión. En una lámpara fluorescente más del 90% de la luz se produce por fluorescencia, y el pequeño tanto por ciento restante por las bandas visibles del espectro del arco de mercurio. En una lámpara típica de vapor de

mercurio fluorescente, la situación es prácticamente opuesta: las líneas visibles del mercurio aportan aproximadamente el 90% de luz, y la fluorescente del fosforo solo el 10%.

**a) Ventajas**

- Tiene buena eficacia luminosa y por lo tanto menor costo de funcionamiento en comparación con las incandescentes.
- Tienen baja luminancia, por lo que se reducen los problemas de deslumbramiento.
- Dependiendo del tipo tienen bueno y óptimo rendimiento cromático.
- Tienen una vida media elevada (12,000 a 20,000 horas).

**b) Desventajas**

- Requieren equipo auxiliar para el arranque de la descarga.
- Algunas tienen grandes dimensiones.
- El costo, comparándolas con las lámparas de incandescencia es mucho mayor.

### **1.3.2.1.-Lámparas fluorescentes sin precalentamiento de cátodo**

Este tipo de lámparas generalmente son de menor diámetro, por lo que también se les llama slim line (línea fina).

Evitan el retardo del encendido, típico de las lámparas de cátodo precalentado. No requieren cebador.

La tensión de arranque es alta; por consiguiente, la suministran reactancias con una fuerte dispersión del flujo. El factor de potencia es bajo, de ahí que es indispensable la corrección de fase.

Para favorecer el encendido están provistas, a veces, de una cinta metalizada colocada en su interior.

#### **a) Ventajas**

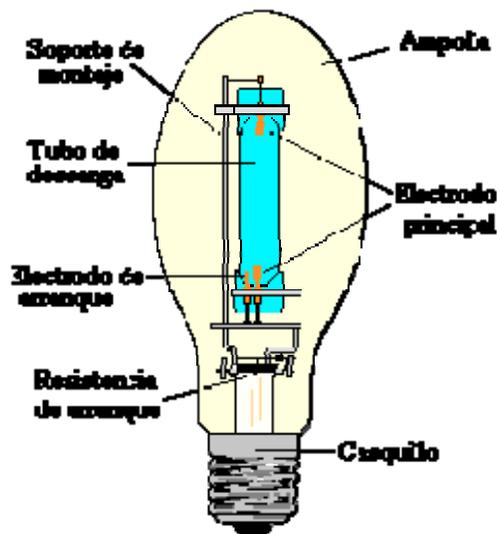
- Encendido inmediato incluso a baja temperatura; elevada eficacia luminosa, baja luminancia, notable duración de la vida media.

#### **b) Desventajas**

- Además de las que ya se han mencionado con relación a las lámparas fluorescentes de cátodo caliente requieren un mayor cuidado en el transporte y durante el montaje.

### 1.3.3.- Lámparas de vapor de mercurio

Las lámparas de mercurio como se muestra en la *figura 1.5*, pertenecen a las conocidas bajo el nombre de lámparas de descarga eléctrica, en las cuales la luz se produce por el paso de una corriente eléctrica a través de una de vapor o un gas, en vez de por un hilo de tungsteno. La aplicación de un potencial eléctrico ioniza el gas y permite que la corriente pase entre dos electrodos colocados en los extremos opuestos de la lámpara. Los electrones que forman el chorro de corriente, o “arco de descarga” se aceleran a enormes velocidades, al entrar en colisión con los átomos de gas ó vapor, alteran momentáneamente la estructura atómica de éstos, produciéndose la luz por la energía desprendida cuando los átomos alterados vuelven a su estado normal. Las fuentes de descarga eléctrica tienen una resistencia de característica negativa, y requieren de un transformador de alta reactancia o un elemento similar para limitar la corriente.



**FIGURA 1.5 – Lámpara de mercurio a alta presión**

El tubo de descarga está encerrado en un globo de vidrio, con la finalidad de aislarlo del ambiente externo. Este globo tiene la función de absorber las radiaciones ultravioleta y de mejorar la calidad de la luz emitida siempre y cuando este revestida por polvo fluorescente.

En las lámparas de mercurio “el gas” es mercurio vaporizado, que a la temperatura ambiente es un líquido y puede verse formado por pequeñas gotitas en la superficie interior

de la pared de una lámpara apagada. Para facilitar el encendido, se introduce una pequeña cantidad de argón, que se ioniza, más rápidamente.

**a) Ventajas**

- La gama de potencias en que se suministran es, respecto de las lámparas fluorescentes, mucho más elevada.
- Buen promedio de vida (12,000 a 20,000 horas).
- Un tamaño más pequeño.
- Óptima eficacia luminosa, rendimiento cromático discreto o bueno, luminancia de tipo media ( $25 \text{ cd/cm}^2$ ).

**b) Desventajas**

- Se requiere de equipo auxiliar para el arranque de la descarga. El encendido no es inmediato: requiere de 4 a 5 minutos para alcanzar la máxima emisión luminosa.
- Costo elevado, que sin embargo se amortiza con el uso gracias a la buena eficacia luminosa y a la duración.
- Si se ponen de nuevo en circuito, cuando todavía están calientes, el tiempo necesario para que vuelvan a encender puede ser del orden de unos 6 minutos.

### **1.3.4.-Lámparas de vapor de sodio**

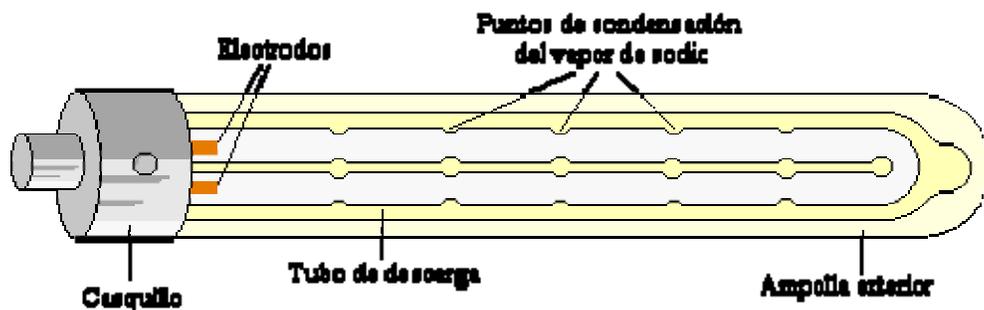
#### **1.3.4.1.-Lámparas de vapor de sodio baja presión**

Se constituyen por un tubo en forma de U como se muestra en la *figura 1.6*, el cual está relleno por una mezcla de gases inertes, a la cual se agrega una cantidad de sodio.

En los extremos se encuentran fijados los electrodos, los cuales están revestidos de sustancias capaces de emitir electrones.

Con el objeto de reducir el calor emitido, el tubo en forma de U se encuentra encerrado en una ampolla de vidrio a la que se le ha practicado el vacío.

El tubo está dotado de prominencias que hacen la función de pequeños pozos para la recogida de sodio, así como de puntos fríos que neutralizan la tendencia del sodio, durante la condensación, a dirigirse hacia la parte curva del tubo.



**FIGURA 1.6 – Lámpara de vapor de sodio a baja presión**

Los lugares donde este tipo de lámpara es utilizada son bifurcaciones y nudos de carreteras, túneles, pasos subterráneos y en general para indicar lugares peligrosos.

Se emplean también para la iluminación de fundiciones y acererías, donde interesa más la percepción de la forma que la de los objetos.

**a) Ventajas**

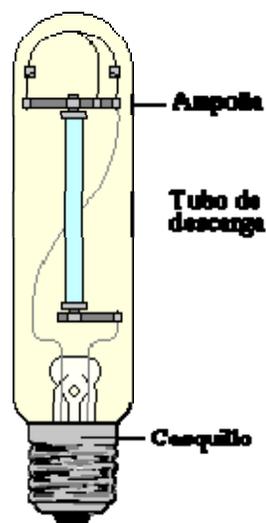
- Tiene una muy elevada eficacia luminosa.
- Tiene una vida media de duración considerable (6000 horas).
- Presenta una luminancia mediana.

**b) Desventajas**

- Reducida área de empleo, a que la luz que emiten es del tipo monocromática (amarilla) y los colores de los cuerpos iluminados resultan alterados.
- Se requiere de un periodo de hasta 15 minutos para alcanzar el 80% de su emisión máxima.
- Se necesitan dispositivos auxiliares para el arranque de la descarga.

**1.3.4.2.-Lámparas de vapor de sodio de alta presión**

Son lámparas en las que el contenido de sodio es muy elevado. La luz emitida por estas lámparas (calificada como blanco de oro) permite un rendimiento cromático discreto.



**FIGURA 1.7 – Lámpara de vapor de sodio a alta presión**

Para la construcción del tubo de descarga se recurre a un óxido de aluminio sinterizado que resiste las altas temperaturas y no es atacado por el sodio.

En el tubo de descarga se introduce una amalgama de sodio (aleación de sodio y mercurio), junto con un gas raro a baja presión para favorecer el arranque de la descarga. El tubo de descarga se coloca en una ampolla o tubo de vidrio duro, en el que se practica el vacío para reducir la dispersión térmica y conseguir la máxima eficacia. (*Figura 1.7*)

Para el arranque de la descarga se recurre a cebadores hechos mediante tiristores que determinan la formación de picos de tensión muy elevados (del orden de los 3 KV) a través de los electrodos de la lámpara, y que se superponen a la tensión suministrada por la reactancia. Una vez que la descarga se ha iniciado, el cebador se desconecta automáticamente.

Existen nuevos tipos de lámpara que no requieren el cebador electrónico para el arranque y por lo tanto, se pueden alimentar con las mismas reactancias que se emplean para las lámparas de vapor de mercurio.

Se usan para el alumbrado industrial (almacenes, naves industriales) y vialidades (zonas portuarias y aeropuertos), así como la iluminación de fachadas de edificios y monumentos.

#### **a) Ventajas**

- Buena eficacia luminosa; limitada depreciación del flujo luminoso; largo promedio de vida (20,000 horas); rendimiento cromático discreto; reducidas dimensiones.
- No existen limitaciones en cuanto la posición de funcionamiento.
- Se puede emplear como una alternativa a las lámparas de vapor de mercurio, cuando se pretende reducir el número de luminarios. Una lámpara de vapor de sodio de alta presión emite 50,000 lúmenes frente a los 23,100 de una lámpara de vapor de mercurio de la misma potencia.

### **b) Desventajas**

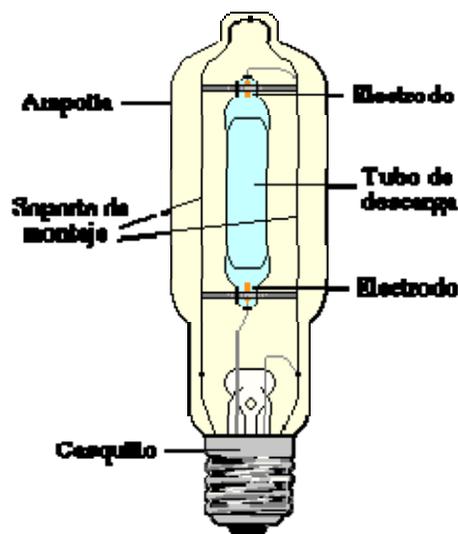
- Empleo de dispositivos auxiliares para la alimentación.
- Tarda varios minutos en alcanzar el 80% de la emisión luminosa.
- Costo superior que el de una lámpara de vapor de mercurio de la misma potencia.
- La luminancia es mas elevada que la de las lámpara de vapor de mercurio con ampollas fluorescentes (300 a 600 cd/cm<sup>2</sup> )

### **1.3.5.-Lámparas con halogenuros o de aditivos metálicos**

Añadiendo al mercurio algunos metales en forma de yoduros (sodio, indio, talio) se obtienen en un buen rendimiento cromático y elevada eficacia luminosa (75 – 90 lm/W). Estas lámparas (*figura 1.8*) de reducidas dimensiones, permiten un buen control de flujo luminoso.

Requieren dispositivos auxiliares para facilitar el arranque de la descarga (reactancia y arrancador).

La posición de funcionamiento varía con el tipo y la potencia de la lámpara; por lo que se debe de examinar los catálogos del fabricante.



**FIGURA 1.8** – Lámpara con halogenuros metálicos

La constitución de las lámparas de halogenuros metálicos es semejante a las de vapor de mercurio a alta presión. El tubo de descarga que se encuentra en el interior del bulbo, está construido de cristal de cuarzo en forma tubular, en cuyos extremos se encuentran colocados un electrodo de wolframio en donde va depositado un material emisor de electrones, este material generalmente es óxido de torio. La corriente eléctrica se hace llegar a los electrodos por medio de unas laminillas de molibdeno que van selladas herméticamente con el cristal de cuarzo.

**a) Ventajas**

- Alto rendimiento luminoso.
- Excelente calidad de luz.
- Tono de luz semejante al de la lámpara incandescente.
- Larga duración de vida.
- Dimensiones reducidas y forma compacta.

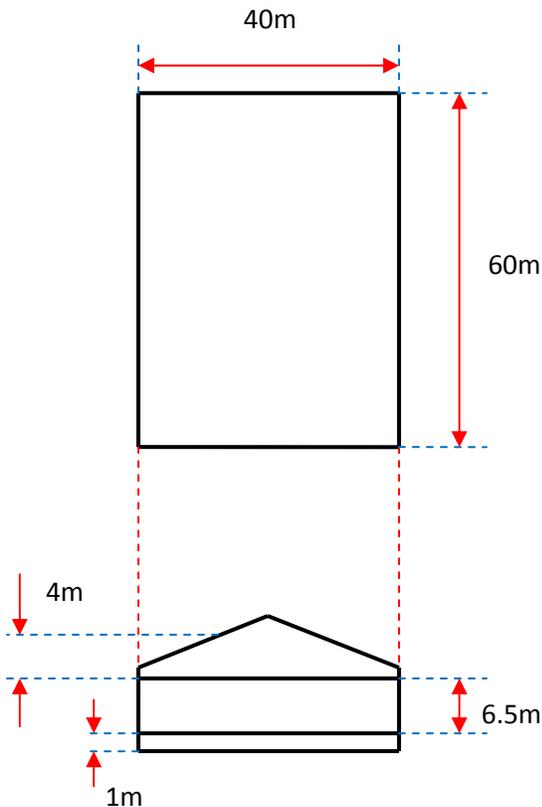
## CAPITULO 2.-DISEÑO DE SISTEMAS DE ILUMINACIÓN PARA INTERIORES

### 2.1.- CALCULO PARA ELUMBRADO DE UNA NAVE INDUSTRIAL.

Se requiere realizar un proyecto para la iluminación de una nave industrial que cuenta con una superficie de 40 metros de ancho por 60 metros de largo, y una altura de cavidad de cuarto de 6.5 metros, el tipo de ambiente es moderado, además se requiere la distinción de colores. La reflectancia base del lugar es: piso 20%, techo 50% y pared 30%.

#### Datos:

Nave industrial con un área de 40 x 60 metros



$h_{cc}$ : 6.5m

$h_{cp}$ : 1m

$h_{ct}$ : 4m

E: 400luxes

Donde:

$h_{cc}$ : Altura de cavidad de cuarto

$h_{cp}$ : Altura de cavidad de piso

$h_{ct}$  : Altura de cavidad de techo

#### **REFLECTANCIA BASE:**

- Piso 20%
- Techo 50%
- Pared 30%

AMBIENTE MEDIO Y SE REQUIERE DISTINGUIR COLOR

#### **SOLUCIÓN:**

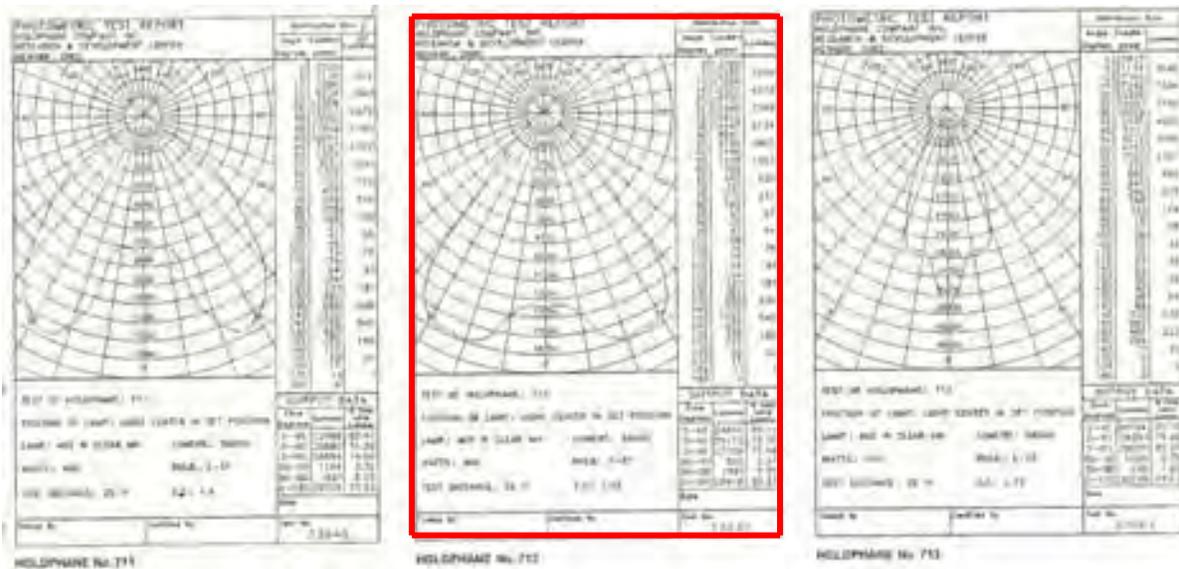
Primeramente determinamos la intensidad en candelas requerido en un ángulo cero grados vertical para de esta manera seleccionar adecuadamente la curva de distribución luminosa.

$$I_{0^{\circ}V} = E \times (h_{cc})^2 = (400)(6.5)^2$$

$$I_{0^{\circ}V} = E \times (h_{cc})^2 = (400)(42.25) = 16,900 \text{ candelas}$$

Para la elección del luminario nos apoyaremos con el catalogo holophane.

Como se requiere distinguir color, de tablas escogemos lámpara “aditivos metálicos” por lo tanto del catalogo de lámparas de aditivos metálicos utilizaremos la 712 ya que nos proporciona 13,082 candelas a 0°vertical. Con ésta Intensidad mas la Intensidad proporcionada por los luminarios cercanos a éste, podremos cubrir la demanda de la Intensidad requerida.



$I_{0^\circ} = 13,082$  candelas

36,000 lúmenes iniciales

**a) DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE DE UTILIZACIÓN “C.U”**

- CUANDO CONTAMOS CON  $h_{ct}$

**DETERMINAMOS LA REFLECTANCIA EFECTIVA DEL TECHO**

Donde:

CCR = Rango de Cavidad de Techo

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

$$CCR = \frac{(5)(4)[60+40]}{60 \times 40}$$

**CCR = 0.83**

DE LA TABLA DE METODO DE CAVIDAD ZONAL

TECHO 50% Y PARED 30%

Tabla A

Porcentaje de reflectancia efectiva en la cavidad de piso o techo para diferentes combinaciones de reflectancia

% Reflectancia de techo o piso	90				80				70				50				30			
% Reflectancia de pared	90	70	50	30	80	70	50	30	70	50	30	70	50	30	70	50	30	10		
0.2	89	86	86	85	76	78	77	76	65	67	66	49	48	47	30	20	29	26		
0.4	88	85	84	81	77	76	74	72	67	65	63	48	47	45	30	29	28	26		
0.6	87	84	80	77	76	75	71	68	65	63	59	47	45	43	30	28	26	25		
0.8	87	82	77	73	75	73	69	65	64	60	56	47	44	40	30	26	25	23		
1.0	86	80	75	69	74	72	67	62	62	58	53	46	43	38	30	27	24	22		
1.2	85	78	72	66	73	70	64	58	61	57	50	45	41	36	30	27	23	21		
1.4	85	77	69	62	72	68	62	55	60	55	47	45	40	35	30	26	22	19		
1.6	84	75	67	59	71	67	60	53	58	53	45	44	39	33	29	25	22	18		
1.8	83	73	64	55	70	66	58	50	56	51	42	43	38	31	28	25	21	17		
2.0	83	72	62	53	69	64	56	48	55	49	40	43	37	30	29	24	20	16		
2.2	82	70	59	50	68	63	54	45	55	48	38	42	36	29	28	24	19	15		
2.4	82	69	56	48	67	61	52	43	54	46	37	42	35	27	29	24	18	14		
2.6	81	67	54	46	66	60	50	41	54	45	35	41	34	26	29	23	18	14		
2.8	81	66	53	44	65	59	48	39	53	43	33	41	33	25	29	23	17	13		
3.0	80	64	52	42	65	58	47	37	52	42	32	40	32	24	28	22	17	12		

INTERPOLAMOS

CCR	%
0.8	40
0.83	X
1.0	38

De la formula:

$$Y = \frac{[Y_2 - Y_1]}{[x_2 - x_1]} (x - x_1) + Y_1$$

Sustituimos valores

$$X = \frac{[38 - 40]}{[1.0 - 0.8]} (0.83 - 0.8) + 40$$

$$X = 39.7\%$$

Donde X se considera como la reflectancia efectiva del techo

Determinamos RCR con la formula:

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

Sustituimos valores

$$RCR = \frac{(5)(6.5)[60 + 40]}{60 \times 40}$$

**RCR = 1.35**

De tablas interpolamos para obtener el valor que le corresponde al valor obtenido, en este caso es 1.35 tanto en 70% como en 30% en techo

HOLOPHANE No. 712  
METODO DE CAVIDAD ZONAL

PISO	20%	70%	10%	50%	30%	10%	0%
TECHO	50%	30%	10%	50%	30%	10%	0%
RCR	COEFICIENTES DE UTILIZACION						
0	0.91	0.81	0.91	0.81	0.81	0.81	0.75
1	0.84	0.82	0.80	0.78	0.74	0.73	0.68
2	0.78	0.73	0.70	0.70	0.67	0.65	0.61
3	0.70	0.65	0.62	0.64	0.61	0.58	0.55
4	0.64	0.59	0.55	0.59	0.58	0.53	0.50
5	0.59	0.53	0.49	0.54	0.51	0.48	0.45
6	0.54	0.49	0.45	0.50	0.48	0.43	0.41
7	0.50	0.44	0.40	0.47	0.42	0.39	0.37
8	0.46	0.41	0.37	0.43	0.39	0.36	0.34
9	0.43	0.37	0.34	0.40	0.36	0.33	0.31
10	0.40	0.34	0.31	0.36	0.33	0.30	0.29

RCR	Piso 20%
	Techo 70%
	Pared 50%      30%      10%
0	0.91
1.0	0.82
1.35	X
2.0	0.73

Interpolamos:

$$X = \frac{[0.73 - 0.82]}{[2.0 - 1.0]} (1.35 - 1.0) + 0.82$$

$$X = 0.788$$

RCR	Piso 20%		
	Techo 30%		
	Pared 50%	30%	10%
0			
1		0.74	
1.35		X	
2		0.67	

Interpolamos:

$$X = \frac{[0.67 - 0.74]}{[2.0 - 1.0]} (1.35 - 1.0) + 0.74$$

$$X = 0.715$$

**Como la reflectancia efectiva del techo es de 39.7% interpolamos de 30% a 70%**

Techo	Coefficiente de utilización
30%	0.715
39.7%	X
70%	0.788

Interpolamos:

$$X = \frac{[0.788 - 0.715]}{[70 - 30]} (39.7 - 30) + 0.715$$

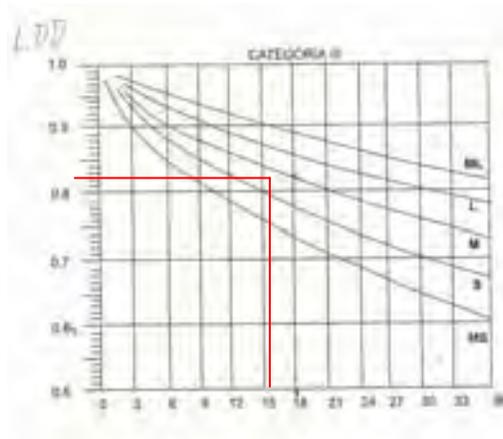
$$X = 0.732$$

**Coefficiente de Utilización = 0.732**

**b) OBTENCIÓN DEL FACTOR DE MANTENIMIENTO (F.M.)**

$$F.M = (L.L.D) (L.D.D)$$

Obtenemos L.D.D. del catalogo de lámparas holophane nivel medio de suciedad en el luminario por estar descubiertos ó categoría III a 18 meses



L.D.D. = Luminaire Dirt Depreciation (Depreciación por suciedad en el luminario)

De aquí tenemos que L.D.D = 0.83

De los datos de lámparas de aditivos metálicos obtenemos el factor de depreciación (L.L.D)

W	TIPO	FLUJENO	ALCANTARADA	ALCANTARADA	ALCANTARADA	ALCANTARADA	ALCANTARADA	ALCANTARADA
70	CLARO	5,200	15,000V - 10,000H	74	0.81	E-26	ED-17	14.60
70	FOSFORADO	4,900	15,000V - 10,000H	74	0.75	E-26	ED-17	14.60
100	CLARO	7,300	10,000V - 7,500H	78	0.75	E-26	ED-17	14.60
100	FOSFORADO	6,900	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	20,000	10,000	82	0.63		BT-28	21.10
250	FOSFORADO	19,000	10,000	82	0.71		BT-28	21.10
400	CLARO	30,000	20,000V - 15,000H	90	0.75		BT-37	29.20
400	FOSFORADO	29,000	20,000V - 15,000H	90	0.72	MDIGUL	BT-37	29.20
400	CLARO	40,000	20,000	100	0.60		BT-37	29.20
1000	CLARO	110,000	12,000V - 8,000H	110	0.60		BT-58	39.00
1000	FOSFORADO	100,000	12,000V - 8,000H	105	0.78		BT-58	39.00
1500	CLARO	155,000	3,000	103	0.82		BT-58	39.00
1500	CLARO	150,000	3,000	103	0.90		BT-58	39.00

L.L.D. = Lamp Lumen Depreciation (Depreciación de Lúmenes de la Lámpara)

L.L.D = 0.75

**Sustituimos en la formula:**

$$F.M = (L.L.D) (L.D.D)$$

$$F.M = (0.75) (0.83)$$

$$F.M = 0.62$$

### c) CALCULO DEL NUMERO DE LUMINARIOS

Para esto utilizamos la siguiente fórmula:

$$\# \text{ luminarios} = \frac{E \times \text{Area}}{\text{Lumenes por Luminario} \times C.U \times F.M}$$

Sustituimos los valores correspondientes en la formula

$$\# \text{ luminarios} = \frac{400 \times (40 \times 60)}{36000 \times 0.732 \times 0.62}$$

$$\# \text{ luminarios} = 58.75$$

Redondeamos para que la distribución sea más exacta y la iluminación sea mas uniforme

$$\# \text{ luminarios} = 60$$

### d) CALCULO DEL NUMERO DE COLUMNAS PARA LA DISTRIBUCIÓN DE LOS LUMINARIOS

Para calcular el número de columnas utilizamos la formula:

$$\# \text{ columnas} = \frac{\text{Ancho}}{S_t}$$

Obtenemos  $S_t$  con la formula:

$$S_t = \sqrt{\frac{\text{Area}}{\# \text{ Luminarios}}}$$

Sustituimos valores

$$S_t = \sqrt{\frac{60 \times 40}{60}}$$

$$S_t = 6.32\text{m}$$

Sustituimos para la obtención del número de columnas, que es igual al ancho entre el espaciado teórico.

$$\# \text{ columnas} = \frac{40}{6.32}$$

$$\# \text{ columnas} = 6.329$$

**Redondeamos y tenemos que vamos a necesitar 6 columnas**

#### **e) CALCULO DEL NUMERO DE RENGLONES**

$$(\# \text{ columnas})(\# \text{ renglones}) = \# \text{ luminarios}$$

Sustituimos valores

$$(6)(X) = 60$$

**Donde X es el # de renglones**

Despejamos X

$$X = \frac{60}{6}$$

$$X = 10$$

#### **f) CALCULO DEL ESPACIAMIENTO ENTRE COLUMNA Y COLUMNA**

**Largo/ # columnas = espaciado entre cada columna**

Sustitución:

$$\frac{40}{6} = 6.66$$

$$\text{Distancia} = 6.66\text{m}$$

#### **g) CALCULO DEL ESPACIAMIENTO ENTRE RENGLÓN Y RENGLÓN**

**Ancho/ # renglones = espaciado entre cada renglón**

Sustitución:

$$\frac{60}{10} = 6$$

$$\text{Distancia} = 6\text{m}$$

#### h) CALCULO DEL ESPACIAMIENTO MÁXIMO ENTRE LUMINARIO Y LUMINARIO

$$S.\max = (S.C) (h_{cc})$$

S.C = *Criterio de Espaciamiento* y este esta en función de la forma de la curva de distribución luminosa, este dato es proporcionado por el fabricante de luminarios.

$$S.C = 1.23$$

Sustituimos en la formula

$$S.\max = (1.23) (6.5)$$

$$S.\max = 7.99m$$

#### i) COMPROBACIÓN UTILIZANDO EL ESPACIAMIENTO REAL Y EL ESPACIAMIENTO MÁXIMO.

$$S.\text{real} \leq S.\max$$

Donde S.real = espaciamento real

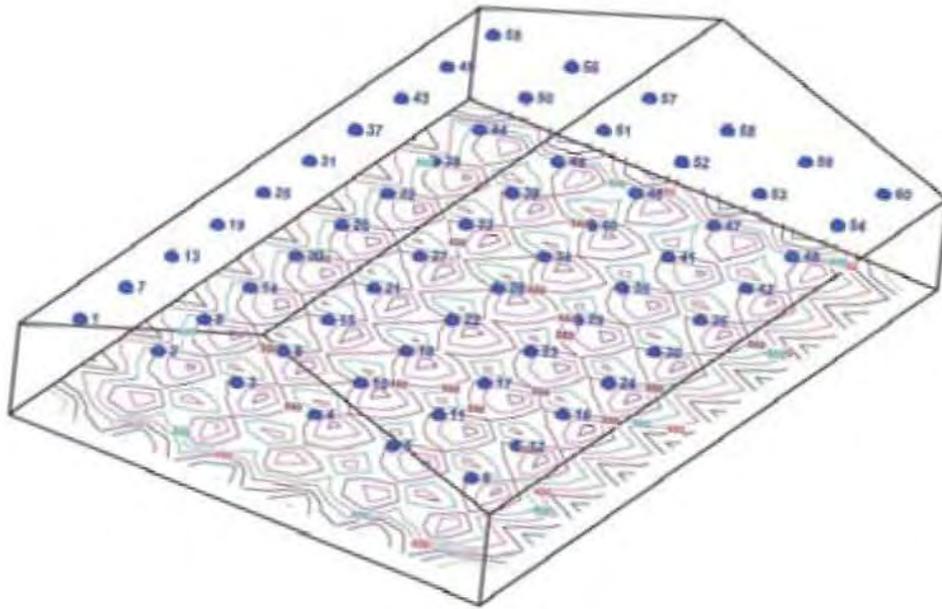
En este caso nuestro S.real = 6.66m

Sustituimos y tenemos que:

$$6.66m \leq 7.99m$$

Como nuestro espaciamento real cumple con la regla podemos decir que esta correcto.

j) DISTRIBUCIÓN DE LOS LUMINARIOS



## k) ANALISIS DE COSTOS

INTERIORES		COSTOS DEL ALUMBRADO	
LAMPARAS DE 400 WATTES BLANCAS, ADHESIVAS METALICAS con 20,000 lumenes iniciales			
PRISMPACK II			
1 lampara por luminaria			
			<b>COSTOS "N"</b>
	EMISION LUMINOSA INICIAL POR LUMINARIA		20,000 LUMENES
	VIDA DE LA LAMPARA		30,000 Hrs
	POTENCIA POR LUMINARIA EN WATTS		480 WATTS
	COEFICIENTE DE UTILIZACION		0.732
	FACTOR DE MANTENIMIENTO		0.63
	NUMERO DE LUMINARIA		50
	NIVEL LUMINOSO MEDIO MANTENIDO		400 LUXES
	COSTO DE LA ENERGIA (RWH)	\$	1.30
	HORAS ESTIMADAS EN SERVICIO POR AÑO		4,380 Hrs
	COSTO NETO DE CADA LUMINARIA	\$	1,350.00
	COSTO INICIAL NETO POR CADA LAMPARA	\$	60.00
	COSTO INICIAL TOTAL	\$	3,000.00
	NUMERO ANUAL DE LAMPARAS REEMPLAZADAS		13 LAMPARAS
	COSTO ANUAL DE LA REPOSICION DE LAMPARAS	\$	780.00
	COSTO ESTIMADO DE LA MANO DE OBRA PARA REEMPLAZAR UNA LAMPARA	\$	38.16
	COSTO TOTAL DE LA MANO DE OBRA DE REPOSICION DE LAMPARAS	\$	756.08
	COSTO ESTIMADO DE LA LIMPIEZA POR LUMINARIA	\$	49.56
	NUMERO DE LIMPIEZAS POR AÑO		0.66
	COSTO ANUAL DE LA LIMPIEZA	\$	1,962.58
	COSTO ANUAL DEL TRABAJO DE MANTENIMIENTO	\$	2,718.66
	COSTO ANUAL DE LA ENERGIA	\$	161,987.20
	COSTO TOTAL ANUAL DE CONSERVACION	\$	166,705.86
	COSTO ANUAL POR LUX	\$	416.76

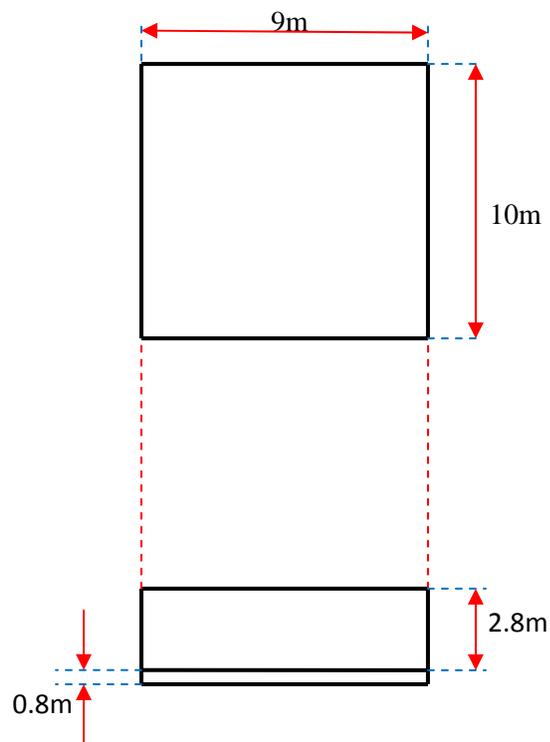
## 2.2.-CALCULO PARA EL ALUMBRADO DE UNA OFICINA.

Se requiere un proyecto de iluminación para una oficina donde se archivan documentos constantemente, ésta cuenta con una reflectancia base de: piso 20%, techo 80% y pared 50%. Sus dimensiones están especificadas en el dibujo:

DATOS:

Oficina de 9m x 10m

Archivado continuo



### REFLECTANCIA BASE:

- Piso 20%
- Techo 80%
- Pared 50%

Ambiente limpio

$h_{cc}$  : 2.8m

$h_{cp}$  : 0.8m

$h_{ct}$  : 0

**Solución:**

**Para la solución del problema nos apoyaremos en el catalogo holophane**

**De las normas determinamos el nivel de iluminación requerido para esta tarea visual**

Oficinas (archivado continuo)

$$E = 600 \text{ luxes}$$

**Ahora definimos la intensidad requerida en cualquiera de los puntos del área**

$$E = \left( \frac{I}{D^2} \right) \cos \phi$$

Despejamos I (intensidad)

$$I = \frac{ED^2}{\cos \phi}$$

**Para este punto consideramos un punto debajo del luminario en este caso será la intensidad en  $0^\circ$ , por lo tanto la ley de la inversa con el cuadrado de la distancia.**

$$\cos \phi = \cos 0^\circ = 1$$

Como  $\cos \phi = 1$  entonces :

$$I = ED^2$$

Sustituimos valores y obtenemos:

$$I = (600) (2.8)^2 = 4,704 \text{ candelas}$$

**Enseguida seleccionamos el tipo de lámpara**

Con la información adquirida acerca de las ventajas y desventajas de las lámparas tanto fluorescentes como incandescente es fácil determinar el tipo de lámpara capaz de cubrir la demanda en candelas. Por lo tanto, seleccionamos la lámpara fluorescente ya que consume menos energía y su vida en horas es más prolongada que una lámpara incandescente.

## Selección del tipo de luminario

De acuerdo a la curva de distribución luminosa producida por el luminario 82-440 (del catalogo holophane) utilizando lámparas fluorescentes 4 – 40watts con 12,600 lúmenes iniciales y una proporción de 3,629 candelas a 0° vertical, sabemos que es el indicado.

Buscamos en el catalogo una lámpara semejante pero que utilice la menor cantidad de energía posible y que cubra con las necesidades requeridas para una buena iluminación.

Dicho luminario funcionando con lámparas ahorradoras de 32 watts emitirá un flujo luminoso de 12,200 lúmenes por lo que la intensidad en candelas para cada ángulo vertical se verá afectado por el Factor de Corrección por la Diferencia de Lúmenes.

### Del catalogo holophane (datos de lámparas fluorescentes)

F.C.D.L = Factor de Corrección por Diferencia de Lúmenes

$$F.C.D.L. = \frac{12200}{12600}$$

$$F.C.D.L. = 0.96$$

Calculamos las candelas proporcionadas por la lámpara de 32 watts

$$\text{Candelas} = (3629) (0.96)$$

$$\text{Candelas} = 3,483.84$$

### Comparamos las intensidades en candelas de las lámparas con los dos tipos de luminarios:

Lámpara	ángulo	candelas
4– 40watts	0°	3,629
4– 32watts	0°	3,483.84

### a) DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE DE UTILIZACIÓN (C.U)

En este caso no contamos con  $h_{ct}$ , por lo tanto la reflectancia base del techo será igual a la reflectancia efectiva del techo.

**Determinamos RCR con la formula:**

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

Sustituimos valores

$$RCR = \frac{(5)(2.8)[10 + 9]}{10 \times 9}$$

$$RCR = 2.95$$

De la tabla de coeficientes de utilización:

RCR	Piso 20%		
	Techo 80%		
	Pared 50%	30%	10%
1.0			
2.0	0.63		
2.95	X		
3.0	0.57		

$$X = \frac{[0.57 - 0.63]}{[3.0 - 2.0]}(2.95 - 2.0) + 0.63$$

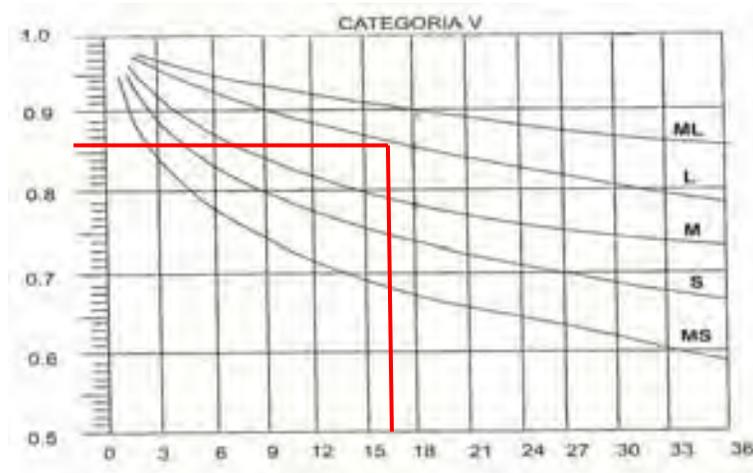
$$X = 0.573$$

**Coficiente de Utilización = 0.573**

## b) OBTENCIÓN DEL FACTOR DE MANTENIMIENTO (F.M.)

$$F.M = (L.L.D) (L.D.D)$$

Por ser ambiente limpio seleccionamos la grafica categoría V a 18 mese y obtenemos:



$$L.D.D. = 0.86$$

De los datos de lámparas fluorescentes de 32watts blanco frio tubular LLD = 0.82

$$FM = (LLD) (LDD)$$

$$FM = (0.82) (0.86)$$

$$FM = 0.70$$

## c) CALCULO DEL NÚMERO DE LUMINARIOS

Para esto utilizamos la siguiente formula:

$$\# \text{ luminarios} = \frac{E \times \text{Area}}{\text{Lumenes por Luminario} \times C.U \times F.M}$$

Sustituimos los valores correspondientes en la formula

$$\# \text{ luminarios} = \frac{600 (10 \times 9)}{12200 \times 0.573 \times 0.70}$$

$$\# \text{ luminarios} = 11.03$$

Redondeamos para un mejor arreglo y la iluminación sea mas uniforme

$$\# \text{ luminarios} = 11$$

#### d) CALCULO DEL NUMERO DE COLUMNAS PARA LA DISTRIBUCIÓN DEL LOS LUMINARIOS

Para calcular el número de columnas utilizamos la formula:

$$\# \text{ columnas} = \frac{\text{Ancho}}{S_t}$$

Obtenemos  $S_t$  con la formula:

$$S_t = \sqrt{\frac{\text{Area}}{\# \text{ Luminarios}}}$$

Sustituimos valores

$$S_t = \sqrt{\frac{10 \times 9}{11}}$$

$$S_t = 2.86\text{m}$$

Sustituimos para la obtención del número de columnas

$$\# \text{ columnas} = \frac{9}{2.86}$$

$$\# \text{ columnas} = 3.14$$

Redondeamos y tenemos que vamos a necesitar 3 columnas

#### e) CALCULO DEL NÚMERO DE RENGLONES

$$(\# \text{ columnas})(\# \text{ renglones}) = \# \text{ luminarios}$$

Sustituimos valores

$$(3)(X) = 11$$

$$(3)(X) = 12$$

Donde X es el # de renglones

Despejamos X

$$X = \frac{12}{3}$$

$$X = 4$$

**f) CALCULO DEL ESPACIAMIENTO ENTRE COLUMNA Y COLUMNA**

**Largo/ # columnas = espaciamiento entre cada columna**

Sustitución:

$$\frac{10}{3} = 3.33$$

**Distancia = 3.33m**

**g) CALCULO DEL ESPACIAMIENTO ENTRE RENGLÓN Y RENGLÓN**

**Ancho/ # renglones = espaciamiento entre cada renglón**

Sustitución:

$$\frac{9}{4} = 2.25m$$

**Distancia = 2.25m**

**h) CALCULO DEL ESPACIAMIENTO MÁXIMO ENTRE LUMINARIO Y LUMINARIO**

**S.max = (S.C) (h<sub>cc</sub>)**

S.C = **Criterio de Espaciamiento** y este está en función de la forma de la curva de distribución luminosa, este dato es proporcionado por el fabricante de luminarios.

$$S.C = 1.25$$

Sustituimos en la formula

$$S.max = (1.25) (2.8)$$

**S.max = 3.5m**

**i) COMPROBACIÓN UTILIZANDO EL ESPACIAMIENTO REAL Y EL ESPACIAMIENTO MÁXIMO.**

**S.real ≤ S.max**

Donde S.real = espaciamiento real

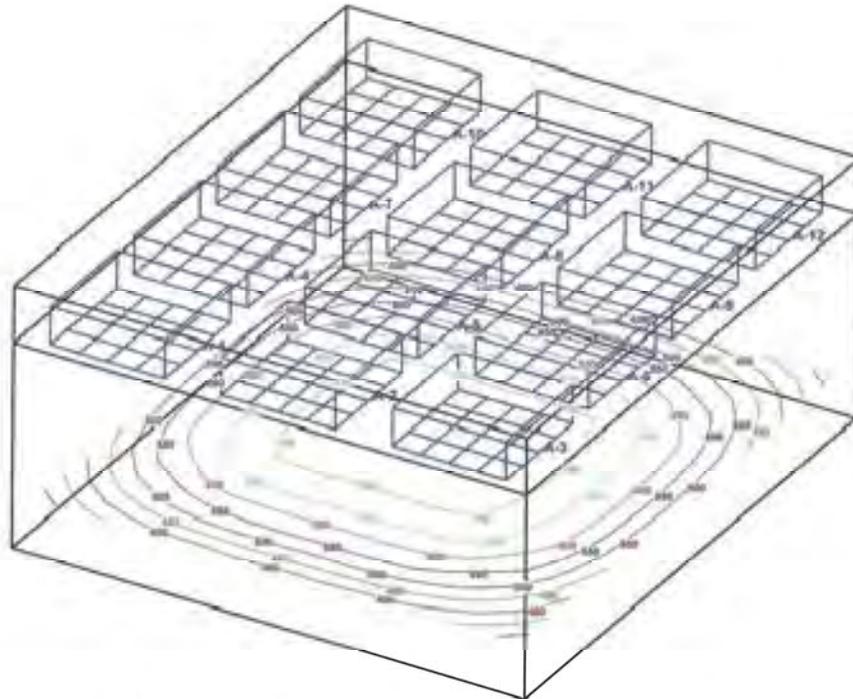
En este caso nuestro S.real = 3.33m

Sustituimos y tenemos que:

$$3.33\text{m} \leq 3.5\text{m}$$

Como nuestro espaciamento real cumple con la regla podemos decir que esta correcto.

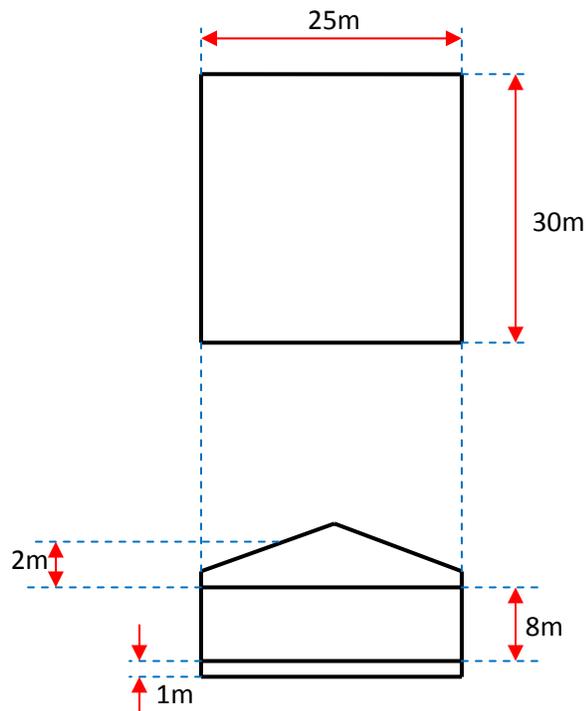
#### j) DISTRIBUCIÓN DE LOS LUMINARIOS



### 2.3.-CALCULO PARA EL ALUBRADO DE UNA NAVE INDUSTRIAL PEQUEÑA.

Una nave industrial de 25m de ancho por 30m de largo pretende ser iluminada, de tal forma que el personal no tenga problemas de visibilidad ya que se almacenaran artículos medianos, el tipo de ambiente se considera sucio. Su reflectancia base es: piso 20%, techo 50% y pared 30%.

Sus dimensiones se especifican en la siguiente figura:



#### Datos:

- Bodega activa
- Se manejan artículos medianos
- No se requiere distinguir color
- Ambiente sucio

Reflectancia base:

Piso 20%

Techo 50%

Pared 30%

**Solución:**

**De las normas determinamos el nivel de iluminación requerido para esa tarea visual**

$E = 100$  luxes

$$I_{0^{\circ}V} = (E) (h_{cc})^2$$

$$I_{0^{\circ}V} = (100) (8)^2 = 6,400 \text{ candelas}$$

**Del catalogo holophane**

Lámpara V.S.A.P.(vapor de sodio alta presión) de 250 watts catalogo 738

27500 lúmenes iniciales con lámpara de 250 watts

$$I_{0^{\circ}V} = 5,705 \text{ candelas}$$

**a) DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE DE UTILIZACIÓN “C.U”**

Como contamos con  $h_{ct}$

**CALCULO DE LA REFLECTANCIA EFECTIVA DEL TECHO**

$$CCR = \frac{(5)(2)[30 + 25]}{30 \times 25}$$

$$CCR = 0.733$$

**METODO DE CAVIDAD ZONAL**

0.6	43%
0.73	X
0.8	40%

$$X = \frac{[40 - 43]}{[0.8 - 0.6]} (0.73 - 0.6) + 43$$

$$X = 41\%$$

Donde X se considera como la reflectancia efectiva del techo

**Determinamos RCR con la formula:**

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

Sustituimos valores

$$RCR = \frac{(5)(8)[30 + 25]}{30 \times 25}$$

**RCR = 2.93**

De tablas interpolamos para obtener el valor que le corresponde al valor obtenido, en este caso es **2.93** tanto en **70%** como en **30%** en techo

RCR	Piso 20%					
	Techo70%		41%		30%	
	Pared50%	30%	10%	50%	30%	10%
1.0						
2.0		0.69			0.63	
2.93		X <sub>1</sub>			X <sub>2</sub>	
3.0		0.59			0.55	

$$X_1 = \frac{[0.59 - 0.69]}{[3.0 - 2.0]} (2.93 - 2.0) + 0.69$$

**X<sub>1</sub> = 0.597**

$$X_2 = \frac{[0.55 - 0.63]}{[3.0 - 2.0]} (2.93 - 2.0) + 0.63$$

**X<sub>2</sub> = 0.5556**

**Como la reflectancia efectiva del techo es de 41% interpolamos de 30% a 70%**

30%	0.5556
41%	X
70%	0.597

$$X = \frac{[0.597 - 0.5556]}{[70 - 30]} (41 - 30) + 0.5556$$

$$X = 0.5669$$

**Coefficiente de utilización= 0.5669**

**b) OBTENCIÓN DEL FACTOR DE MANTENIMIENTO (F.M)**

$$\mathbf{F.M = (L.L.D) (L.D.D)}$$

$$F.M = (0.9) (0.78)$$

$$\mathbf{F.M = 0.702}$$

**c) CALCULO DEL NÚMERO DE LUMINARIOS**

$$\# \text{ luminarios} = \frac{E \times \text{Area}}{\text{Lumenes por Luminario} \times C.U \times F.M}$$

$$\# \text{ luminarios} = \frac{100 (30 \times 25)}{27,500 \times 0.57 \times 0.7}$$

$$\# \text{ luminarios} = 6.87$$

Redondeamos para un mejor arreglo y la iluminación sea mas uniforme

$$\mathbf{\# \text{ luminarios} = 8}$$

**d) CALCULO DEL NÚMERO DE COLUMNAS PARA LA DISTRIBUCIÓN DE LOS LUMINARIOS**

$$\# \text{ columnas} = \frac{\text{Ancho}}{S_t}$$

Obtenemos  $S_t$  con la formula:

$$S_t = \sqrt{\frac{\text{Area}}{\# \text{ Luminarios}}}$$

Sustituimos valores

$$S_t = \sqrt{\frac{30 \times 25}{7}}$$

$$S_t = 10.35\text{m}$$

Sustituimos para la obtención del número de columnas

$$\# \text{ columnas} = \frac{25}{10.35}$$

$$\# \text{ columnas} = 2.41$$

Redondeamos y tenemos que vamos a necesitar 2 columnas

#### e) CALCULO DEL NÚMERO DE RENGLONES

$$(\# \text{ columnas})(\# \text{ renglones}) = \# \text{ luminarios}$$

Sustituimos valores

$$(2)(X) = 8$$

Donde X es el # de renglones

Despejamos X

$$X = \frac{8}{2}$$

$$X = 4$$

#### f) CALCULO DEL ESPACIAMIENTO ENTRE COLUMNA Y COLUMNA

$$\frac{\text{LARGO}}{\# \text{ COLUMNAS}} = \textit{espaciamiento entre cada columna}$$

Sustitución:

$$\frac{25}{2} = 12.5$$

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

**g) CALCULO DEL ESPACIAMIENTO ENTRE RENGLÓN Y RENGLÓN**

$$\frac{\text{ANCHO}}{\# \text{ RENGLONES}} = \text{espaciamiento entre cada renglón}$$

Sustitución:

$$\frac{30}{4} = 7.5$$

**Distancia = 7.5m**

**h) CALCULO DEL ESPACIAMIENTO MÁXIMO ENTRE LUMINARIO Y LUMINARIO**

$$\text{S.max} = (\text{S.C}) (h_{cc})$$

S.C = **Criterio de Espaciamiento** y este esta en función de la forma de la curva de distribución luminosa, este dato es proporcionado por el fabricante de luminarios.

$$\text{S.C} = 1.7$$

Sustituimos en la formula

$$\text{S.max} = (1.7) (8)$$

$$\text{S.max} = 13.6\text{m}$$

**i) COMPROBACIÓN UTILIZANDO EL ESPACIAMIENTO REAL Y EL ESPACIAMIENTO MÁXIMO.**

$$\text{S.real} \leq \text{S.max}$$

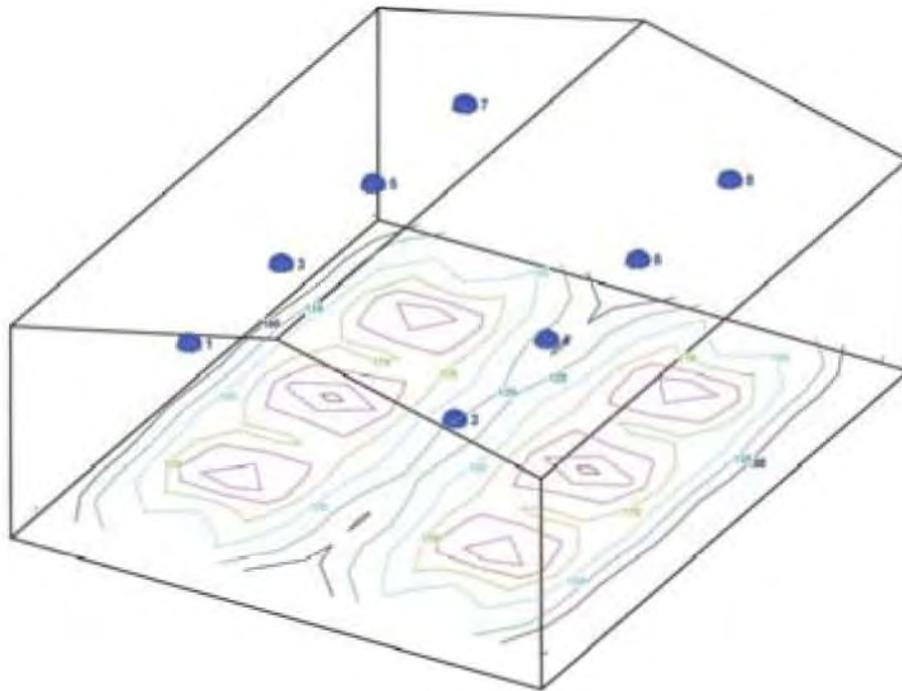
Donde el S.real = 12.5m

Sustitución:

$$12.5\text{m} \leq 13.6\text{m}$$

**Como nuestro espaciamento real cumple con la regla podemos decir que esta correcto.**

j) DISTRIBUCIÓN DE LOS LUMINARIOS



## CAPITULO 3.- DISEÑO DE ILUMINACIÓN PARA VIALIDADES.

### 3.1.- CALCULO PARA EL ALUMBRADO DE UNA CALLE.

Se requiere realizar los cálculos para el alumbrado de una calle que tiene 9 metros de ancho de arroyo, y 2 kilómetros de longitud, con un nivel de iluminación promedio de al menos 15 luxes.

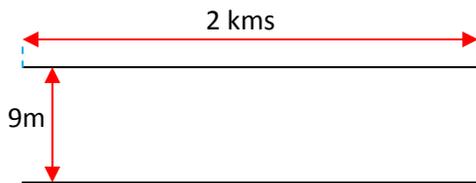
#### Datos:

Ancho de arroyo = 9m

E = 15 luxes

Apoyándonos en la tabla de iluminación promedio recomendada, contenida en el catalogo holophane basada en la norma oficial mexicana podemos designar el nivel de iluminación y uniformidad para esta tarea:

$$U \leq 3$$



#### SOLUCIÓN:

Para el cálculo utilizaremos del catalogo holophane:

Luminario HOV – 16 – Z

250 watts Vapor de Sodio Alta Presión (V.S.A.P)

27, 500 lúmenes iniciales

Curva mediana, tipo II, No CUT-OFF

**Haremos uso de las siguientes formulas para la solución del problema:**

$$U = \frac{E_{promedio}}{E_{mínimo}}$$

$$S = \frac{\text{Lumenes} \times \text{Luminario} \times C.U \times F.M}{E \times \text{Ancho de Arroyo}}$$

**Donde:**

U – es la uniformidad de la iluminación en el área

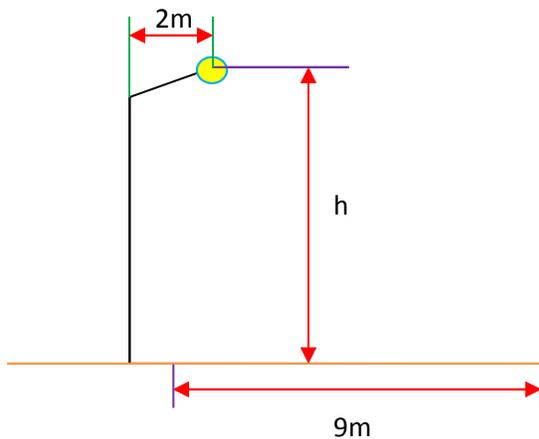
S – es el espaciamiento o distancia interpostal

E – es el nivel promedio de iluminación en el área

C.U – coeficiente de utilización

F.M – factor de mantenimiento

### a) CALCULO DE LA ALTURA DEL LUMINARIO



Para obtener el valor de la altura del luminario nos apoyamos con la siguiente tabla:

Tipo de arreglo	Relación = $\frac{\text{altura de montaje}}{\text{ancho de arroyo o calle}}$	
	Valor mínimo	Valor recomendado
UNILATERAL	0.85	1.0
TREBOLILLO	0.5	0.66
BILATERAL PAREADAS	0.33	0.5

Ya que el tipo de arreglo es unilateral tenemos que:

$$h_{\text{mínima}} = (0.85) (9) = 7.65\text{m}$$

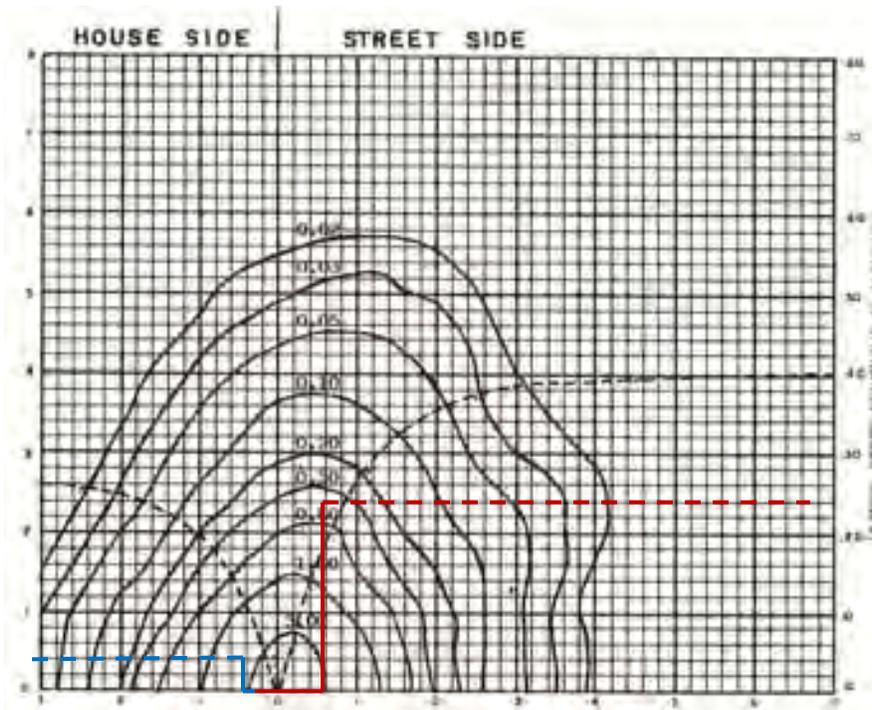
$$h_{\text{recomendada}} = (1.0) (9) = 9\text{m}$$

Seleccionamos 9 metros de altura del luminario

a) CALCULO DEL COEFICIENTE DE UTILIZACIÓN



Para la obtención del coeficiente de utilización nos apoyaremos en la siguiente gráfica.



	Coeficiente de utilización
Lado calle:	
Relación = $\frac{7.5}{9} = 0.833$ -----	0.24
Lado casa:	
Relación = $\frac{1.5}{9} = 0.166$ -----	0.04
	0.28

**C.U<sub>TOTAL</sub> = 0.28**

### b) CALCULO DEL FACTOR DE MANTENIMIENTO

$$F.M = (LLD) (LDD)$$

$$LLD = 0.9$$

$$LDD = 0.88 \quad \text{CATALOGO CONDENSADO A 3 AÑOS}$$

$$F.M = (0.9) (0.88) = 0.79$$

### c) CALCULO DEL ESPACIAMIENTO ENTRE POSTE Y POSTE

Sustituimos los valores obtenidos en la ecuación:

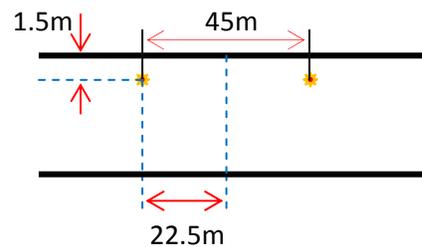
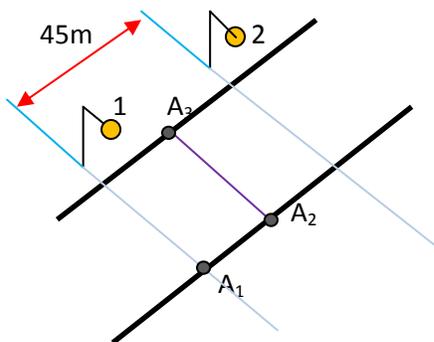
$$S = \frac{\text{Lumenes} \times \text{Luminario} \times C.U \times F.M}{E \times \text{Ancho de Arroyo}}$$

$$S = \frac{27,500 \times 0.28 \times 0.79}{15 \times 9}$$

$$S = 45.06\text{m}$$

El espaciamiento entre poste y poste será de 45 metros

### d) COMPROBACIÓN POR EL MÉTODO PUNTO POR PUNTO



Para la solución haremos uso de las siguientes formulas:

$$\text{Relacion} = \frac{\text{distancia transversal}}{\text{altura de montaje}}$$

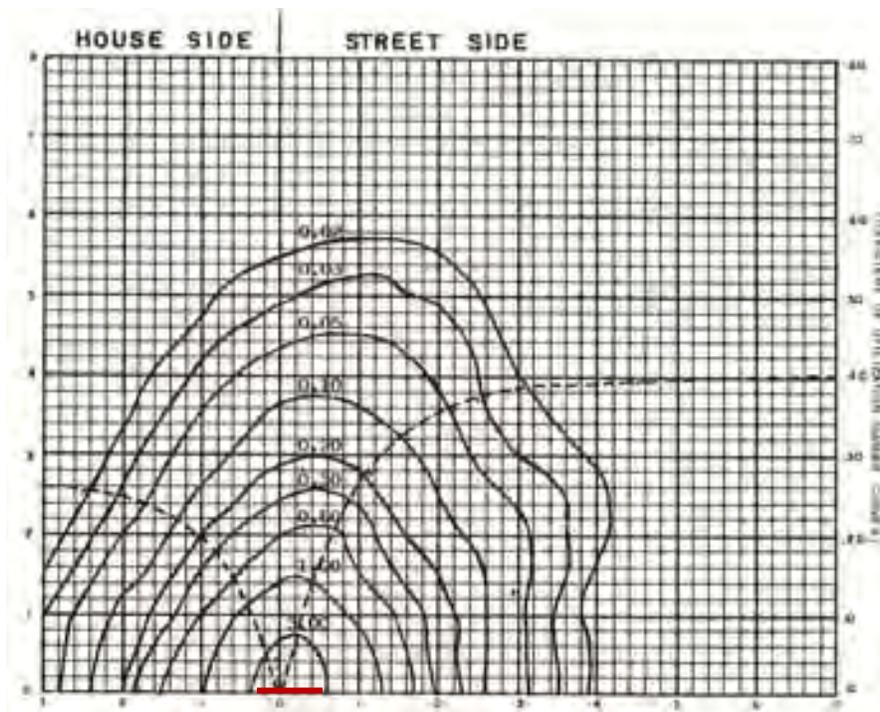
$$\text{Relacion} = \frac{\text{distancia longitudinal}}{\text{altura de montaje}}$$

### Calculo del nivel de iluminación en el punto A<sub>1</sub>

#### Luminario 1

$$\text{Relacion transversal} = \frac{7.5}{9} = 0.833$$

De la grafica isofootcandles del luminario HOV- 16-Z, lámpara de 250 watts tipo II, No Cut-Off



El valor aproximado es: 2.28 footcandles

Calculamos F.C.D.A (Factor de Corrección por Diferencia de Altura)

$$FCDA = \left( \frac{30'}{(altura\ de\ montaje) \left( \frac{3.28'}{1m} \right)} \right)^2$$

$$FCDA = \left( \frac{30'}{(9m) \left( \frac{3.28'}{1m} \right)} \right)^2 = 1.03$$

FCDA = 1.03

sustituimos valores para obtener el nivel de iluminación en el punto A<sub>1</sub> con el luminario 1

$$E_{A1-1} = fc \times \frac{10.76\ luxes}{1\ fc} \times FCDA \times FM$$

Sustitución:

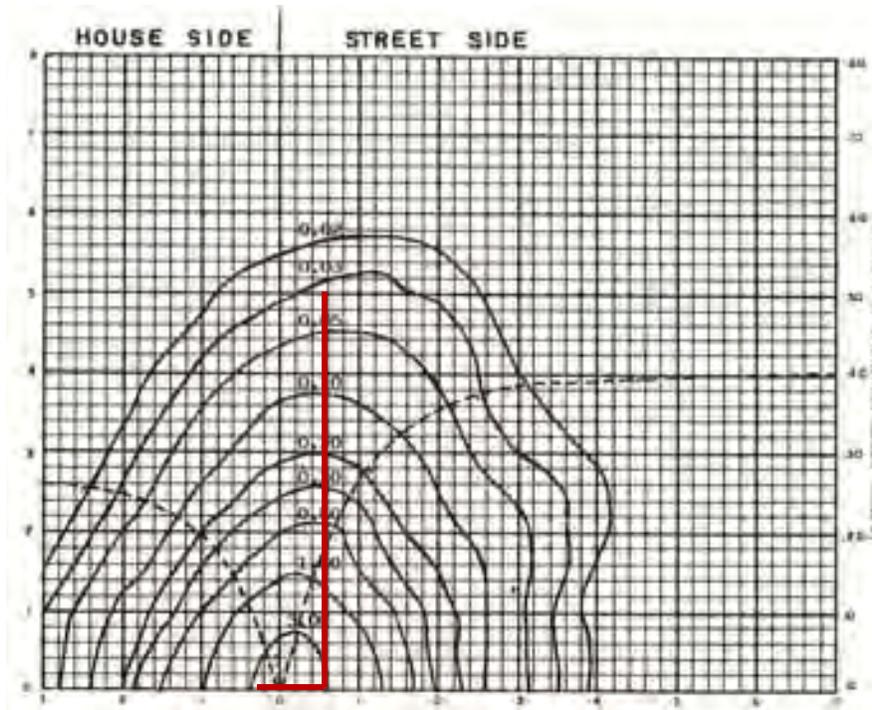
$$E_{A1-1} = 2.28fc \times \frac{10.76\ luxes}{1\ fc} \times 1.03 \times 0.79$$

$$E_{A1-1} = 19.96\ luxes$$

## Luminario 2

$$Relacion\ transversal = \frac{7.5}{9} = 0.833$$

$$Relacion\ longitudinal = \frac{45}{9} = 5$$



De grafica tenemos:

0.04 fc

sustituimos valores para obtener el nivel de iluminación en el punto A<sub>1</sub> con el luminario 2

$$E_{A1-2} = 0.04fc \times \frac{10.76 \text{ luxes}}{1 fc} \times 1.03 \times 0.79$$

$$E_{A1-2} = 0.35 \text{ luxes}$$

$$E_{A1-2} = E_{A1-0} = 0.35 \text{ luxes}$$

**Calculamos el nivel de iluminación total en el punto A<sub>1</sub>**

$$E_{A1-TOTAL} = E_{A1-1} + E_{A1-2} + E_{A1-0}$$

Sustitución:

$$E_{A1-TOTAL} = 19.96 + 0.35 + 0.35$$

$$E_{A1-TOTAL} = 20.66 \text{ luxes}$$

## Calculo del nivel de iluminación en el punto A<sub>2</sub>

### Luminario 1

$$\text{Relacion transversal} = \frac{7.5}{9} = 0.833$$

$$\text{Relacion longitudinal} = \frac{22.5}{9} = 2.5$$

De grafica tenemos:

0.3 fc

sustituimos valores para obtener el nivel de iluminación en el punto A<sub>2</sub> con el luminario 1

$$E_{A2-1} = 0.3fc \times \frac{10.76 \text{ luxes}}{1 fc} \times 1.03 \times 0.79$$

$$E_{A2-1} = 2.62 \text{ luxes}$$

### Luminario 2

$$E_{A2-1} = E_{A2-2} = 2.62 \text{ luxes}$$

### Calculamos el nivel de iluminación total en el punto A<sub>2</sub>

$$E_{A2-TOTAL} = E_{A2-1} + E_{A2-2}$$

Sustitución:

$$E_{A2-TOTAL} = 2.62 + 2.62$$

$$\mathbf{E_{A2-TOTAL} = 5.24 \text{ luxes}}$$

## Calculo del nivel de iluminación en el punto A<sub>3</sub>

### Luminario 1

$$\text{Relacion transversal} = \frac{1.5}{9} = 0.16$$

$$\text{Relacion longitudinal} = \frac{22.5}{9} = 2.5$$

De grafica tenemos:

0.27 fc

sustituimos valores para obtener el nivel de iluminación en el punto A<sub>3</sub> con el luminario 1

$$E_{A3-1} = 0.27 \text{ fc} \times \frac{10.76 \text{ luxes}}{1 \text{ fc}} \times 1.03 \times 0.79$$

$$E_{A3-1} = 2.36 \text{ luxes}$$

### Luminario 2

$$E_{A3-1} = E_{A3-2} = 2.36 \text{ luxes}$$

Calculamos el nivel de iluminación total en el punto A<sub>3</sub>

$$E_{A3-TOTAL} = E_{A3-1} + E_{A3-2}$$

Sustitución:

$$E_{A3-TOTAL} = 2.36 + 2.36$$

$$\mathbf{E_{A3-TOTAL} = 4.72 \text{ luxes}}$$

### e) CALCULO DE LA UNIFORMIDAD DEL NIVEL DE ILUMINACIÓN

Se debe de cumplir la norma  $U \leq 3$

$$U = \frac{E_{promedio}}{E_{minimo}}$$

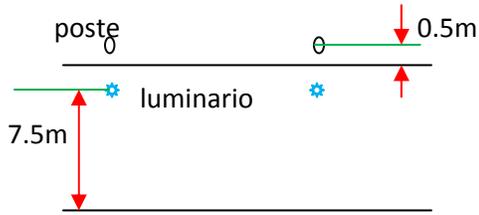
$$U = \frac{15 \text{ luxes}}{4.72 \text{ luxes}}$$

$$U = 3.17$$

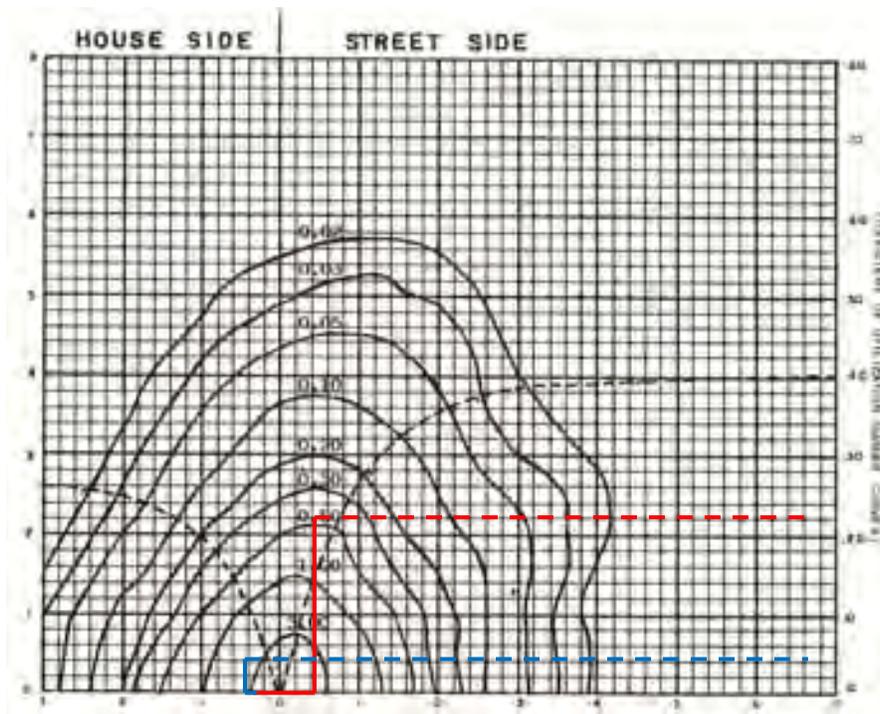
**Como la uniformidad es mayor a 3 aumentaremos la altura de montaje a 10 metros para solucionar el problema.**

**Solución del problema con altura de montaje de 10 metros**

**Calculo del coeficiente de utilización**



Para la obtención del coeficiente de utilización nos apoyaremos en la siguiente gráfica



	Coeficiente de utilización
Lado calle:	
Relación = $\frac{7.5}{10} = 0.75$ -----	0.22
Lado casa:	
Relación = $\frac{1.5}{10} = 0.15$ -----	0.04
	0.26

**C.U<sub>TOTAL</sub> = 0.26**

### Calculamos el espaciamiento entre poste y poste

Sustituimos los valores obtenidos en la ecuación:

$$S = \frac{\text{Lumenes} \times \text{Luminario} \times C.U \times F.M}{E \times \text{Ancho de Arroyo}}$$

$$S = \frac{27,500 \times 0.26 \times 0.79}{15 \times 9}$$

$$S = 41.84\text{m}$$

**El espaciamiento entre poste y poste será de 45 metros**

Calculamos el nivel de iluminación promedio que tendríamos con un espaciamiento interpostal igual a 45 metros

Despejamos "E" de la ecuación:

$$S = \frac{\text{Lumenes} \times \text{Luminario} \times C.U \times F.M}{E \times \text{Ancho de Arroyo}}$$

$$E = \frac{\text{Lumenes} \times \text{Luminario} \times C.U \times F.M}{S \times \text{Ancho de Arroyo}}$$

Sustituimos valores

$$E = \frac{27,500 \times 0.26 \times 0.79}{45 \times 9}$$

$$E = 13.94 \text{ luxes}$$

Cabe mencionar que el nivel de iluminación demandado decrecería únicamente por poco más de un lux, más sin en cambio serian menor la cantidad de postes y luminarios utilizados para la realización del proyecto.

Si se desea estrictamente tener un nivel de iluminación promedio de 15 luxes deberá tomarse la distancia interpostal obtenida. En este caso nos dio como resultado 41.84m y realizar la comprobación con la formula anteriormente utilizada.

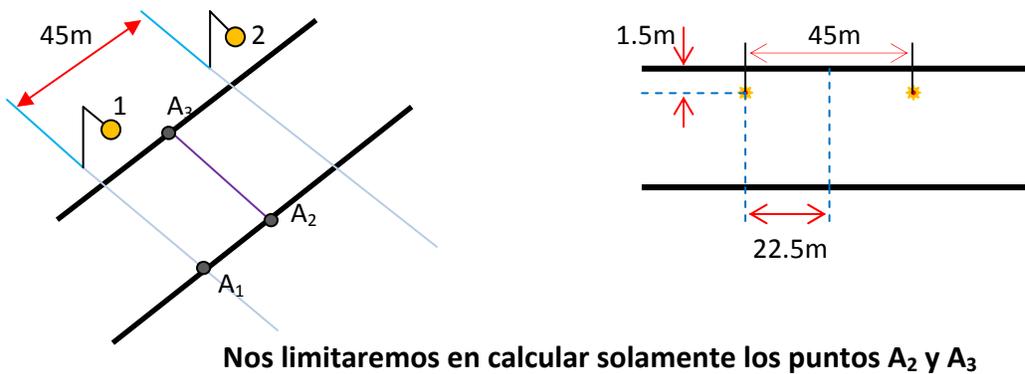
**Ejemplo:**

$$E = \frac{\text{Lumenes} \times \text{Luminario} \times C.U \times F.M}{S \times \text{Ancho de Arroyo}}$$

$$E = \frac{27,500 \times 0.26 \times 0.79}{41.84 \times 9}$$

$$E = 15.00 \text{ luxes}$$

### COMPROBACIÓN POR EL MÉTODO PUNTO POR PUNTO



### Calculo del nivel de iluminación en el punto A<sub>2</sub>

$$FCDA = \left( \frac{30'}{(10m) \left( \frac{3.28'}{1m} \right)} \right)^2 = 0.836$$

$$FCDA = 0.846$$

### Luminario 1

$$\text{Relacion transversal} = \frac{7.5}{10} = 0.75$$

$$\text{Relacion longitudinal} = \frac{22.5}{10} = 2.25$$

De grafica tenemos:

0.45 fc

sustituimos valores para obtener el nivel de iluminación en el punto A<sub>2</sub> con el luminario 1

$$E_{A2-1} = 0.45fc \times \frac{10.76 \text{ luxes}}{1 fc} \times 0.846 \times 0.79$$

$$E_{A2-1} = 3.197 \text{ luxes}$$

### Luminario 2

$$E_{A2-1} = E_{A2-2} = 3.197 \text{ luxes}$$

### Calculamos el nivel de iluminación total en el punto A<sub>2</sub>

$$E_{A2-TOTAL} = E_{A2-1} + E_{A2-2}$$

Sustitución:

$$E_{A2-TOTAL} = 3.197 + 3.197$$

$$E_{A2-TOTAL} = 6.395 \text{ luxes}$$

## Calculo del nivel de iluminación en el punto A<sub>3</sub>

### Luminario 1

$$\text{Relacion transversal} = \frac{1.5}{10} = 0.15$$

$$\text{Relacion longitudinal} = \frac{22.5}{10} = 2.25$$

De grafica tenemos:

0.35 fc

sustituimos valores para obtener el nivel de iluminación en el punto A<sub>3</sub> con el luminario 1

$$E_{A3-1} = 0.35fc \times \frac{10.76 \text{ luxes}}{1 fc} \times 0.846 \times 0.79$$

$$E_{A3-1} = 2.487 \text{ luxes}$$

## Luminario 2

$$E_{A3-1} = E_{A3-2} = 2.487 \text{ luxes}$$

Calculamos el nivel de iluminación total en el punto A<sub>3</sub>

$$E_{A3-TOTAL} = E_{A3-1} + E_{A3-2}$$

Sustitución:

$$E_{A3-TOTAL} = 2.487 + 2.487$$

$$E_{A3-TOTAL} = 4.974 \text{ luxes}$$

## f) CALCULO DE LA UNIFORMIDAD DEL NIVEL DE ILUMINACIÓN

Se debe de cumplir la norma  $U \leq 3$

$$U = \frac{E_{promedio}}{E_{minimo}}$$

$$U = \frac{13.94 \text{ luxes}}{4.974 \text{ luxes}}$$

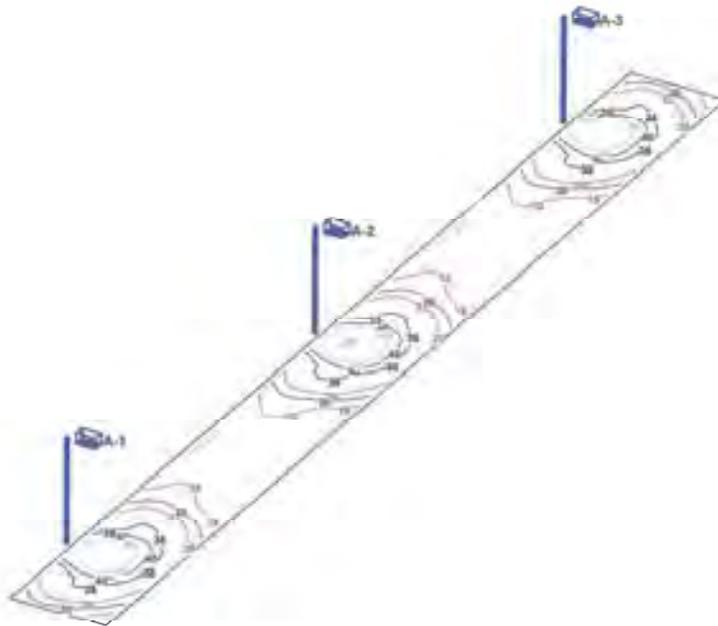
$$U = 2.8$$

Por lo tanto

$$2.8 \leq 3$$

La uniformidad se cumple por lo que podemos decir que el espaciamiento, la altura de montaje y el luminario son los correctos.

### g) DISTRIBUCIÓN DE LUMINARIOS



g) ANÁLISIS DE COSTOS

EXTERIORES		COSTOS DEL ALUMBRADO	
		Lámpara de 250 watts blanco, aditivos metálicos con 27,500 lúmenes iniciales	
		HQM-16-Z	
		1 lámpara por luminaria	
		COSTOS "N"	
DATOS BÁSICOS		EMISIÓN LUMINOSA INICIAL POR LUMINARIA	27,500
		VIDA DE LA LÁMPARA	24,000 HRS.
		POTENCIA POR LUMINARIAS EN WATTS	300 WATTS
		COEFICIENTE DE UTILIZACIÓN	0.28
		FACTOR DE MANTENIMIENTO	0.79
		NÚMERO DE LUMINARIA	50
		NIVEL LUMINOSO MEDIO MANTENIDO	15 LUXES
		COSTO DE LA ENERGÍA (KWH)	\$ 1.30
		HORAS ESTIMADAS EN SERVICIO POR AÑO	4,380 HRS.
		COSTO NETO DE CADA LUMINARIA	\$ 1,610.00
COSTO INICIAL		COSTO INICIAL NETO POR CADA LÁMPARA	\$ 50.78
		COSTO INICIAL TOTAL	\$ 25,500.00
COSTO ANUAL DE MANTENIMIENTO		NÚMERO ANUAL DE LÁMPARAS REEMPLAZADAS	1 LÁMPARAS
		COSTO ANUAL DE LA REPOSICIÓN DE LÁMPARAS	\$ 457.02
		COSTO ESTIMADO DE LA MANO DE OBRA PARA REEMPLAZAR UNA LÁMPARA	\$ 33.33
		COSTO TOTAL DE LA MANO DE OBRA DE REPOSICIÓN DE LÁMPARAS	\$ 299.97
		COSTO ESTIMADO DE LA LIMPIEZA POR LUMINARIA	\$ 50.00
		NÚMERO DE LIMPIEZAS POR AÑO	0.11
		COSTO ANUAL DE LA LIMPIEZA	\$ 825.00
		COSTO ANUAL DEL TRABAJO DE MANTENIMIENTO	\$ 1,124.97
		COSTO ANUAL DE LA ENERGÍA	\$ 65,410.00
		COSTO TOTAL ANUAL DE CONSERVACIÓN	\$ 66,534.97
		COSTO ANUAL POR LUX	\$ 7,668.99

### 3.2.-CALCULO PARA EL ALUMBRADO DE UNA AVENIDA.

Se requiere iluminar una avenida con un nivel de iluminación promedio de 25 luxes, la cual tiene las siguientes dimensiones:

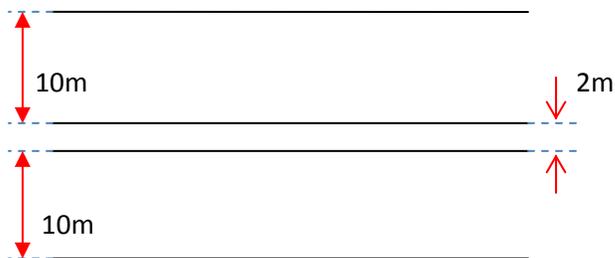
#### Datos:

Ancho de arroyo: 10m

E = 25 luxes

Apoyándonos en la tabla de iluminación promedio recomendada, contenida en el catalogo holophane, podemos designar el nivel de uniformidad para esta tarea:

$$U \leq 3$$



#### SOLUCIÓN:

Para el cálculo utilizaremos del catalogo holophane:

luminario HOV – 16 – Z

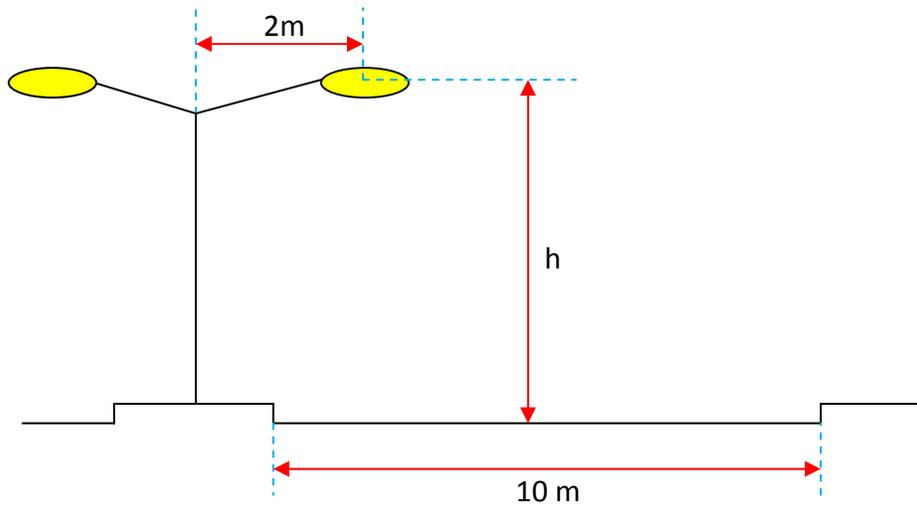
250 watts Vapor de Sodio Alta Presión (V.S.A.P)

27, 500 lúmenes iniciales a

Curva mediana, tipo II, No CUT-OFF

Ambiente moderado

### a) CALCULO DE LA ALTURA DEL LUMINARIO



Para obtener el valor de la altura del luminario nos apoyamos con la siguiente tabla:

Tipo de arreglo	Relación = $\frac{\text{altura de montaje}}{\text{ancho de arroyo o calle}}$	
	Valor mínimo	Valor recomendado
UNILATERAL	0.85	1.0
TREBOLILLO	0.5	0.66
BILATERAL	0.33	0.5
PAREADAS		

Ya que el tipo de arreglo es unilateral tenemos que:

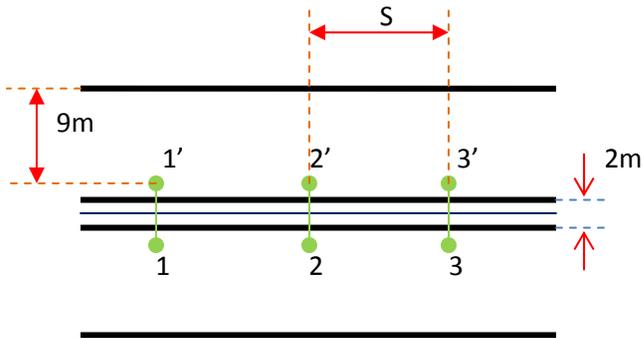
$$h_{\text{mínima}} = (\text{valor mínimo}) (\text{ancho de arroyo})$$

$$h_{\text{mínima}} = (0.85) (10) = 8.5\text{m}$$

$$h_{\text{recomendada}} = (1.0) (10) = 10\text{m}$$

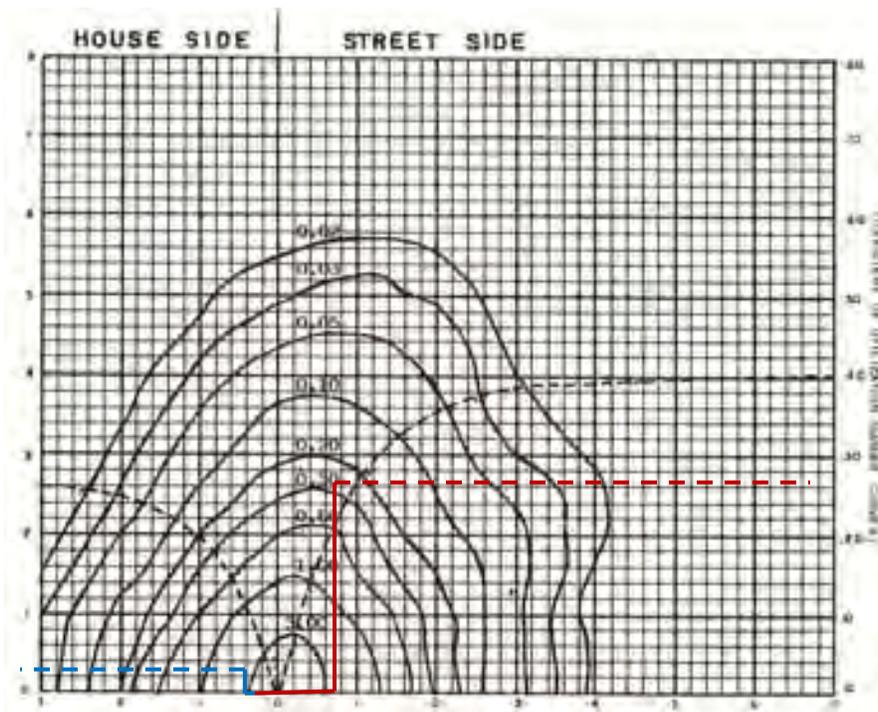
**Seleccionamos 9 metros de altura del luminario**

## b) CALCULO DEL COEFICIENTE DE UTILIZACIÓN



Calculo del C.U. de los luminarios 1, 2,3.....etc.

Para la obtención del coeficiente de utilización nos apoyaremos en la siguiente grafica



Coeficiente de utilización

Lado calle:

$$\text{Relación} = \frac{9}{9} = 1.0 \quad \text{-----} \quad 0.26$$

Lado casa:

$$\text{Relación} = \frac{1}{9} = 0.11 \quad \text{-----} \quad 0.03$$

-----

0.29

C.U = 0.29

### Calculo del C.U. de los luminarios 1',2',3'.....etc.

		Coeficiente de utilización
Lado casa:	Relación = $\frac{13}{9} = 1.4$	0.22
Lado casa:	Relación = $\frac{3}{9} = 0.333$	- 0.08
		----- 0.14

En este caso se resto 0.08 ya que esta parte de flujo luminoso no incide en el área.

**C.U = 0.14**

**Coeficiente de utilización total**

$$C.U_{TOTAL} = 0.29 + 0.14$$

$$C.U_{TOTAL} = 0.43$$

### c) CALCULO DEL FACTOR DE MANTENIMIENTO

**F.M = (LLD) (LDD)**

LLD = 0.9

LDD = 0.88           CATALOGO CONDENSADO A 3 AÑOS

F.M = (0.9) (0.88)

F.M=0.79

### d) CALCULO DEL ESPACIAMIENTO ENTRE POSTE Y POSTE

$$S = \frac{\text{Lumenes} \times \text{Luminario} \times C.U \times F.M}{E \times \text{Ancho de Arroyo}}$$

$$S = \frac{27,500 \times 0.43 \times 0.79}{25 \times 10}$$

**S = 37.4m**

**El espaciamiento entre poste y poste será de 40 metros**

Calculamos el nivel de iluminación promedio que tendremos con el espaciamiento interpostal de 40 metros.

Despejando "E" de la formula anterior tenemos:

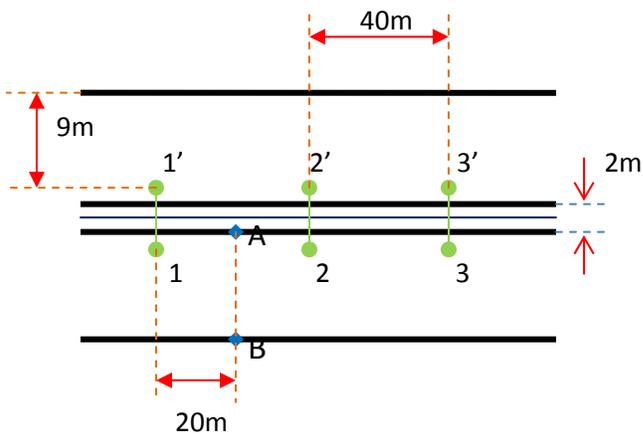
$$E = \frac{\text{Lumenes} \times \text{Luminario} \times C.U \times F.M}{S \times \text{Ancho de Arroyo}}$$

Sustituimos valores

$$E = \frac{27,500 \times 0.43 \times 0.79}{40 \times 10}$$

$$E = 23.35 \text{ luxes}$$

### e) COMPROBACIÓN POR EL MÉTODO PUNTO POR PUNTO



### Calculo del nivel de iluminación en el punto B

#### Luminario 1

$$\text{Relacion transversal} = \frac{9}{9} = 1.0$$

$$\text{Relación longitudinal} = \frac{20}{9} = 2.22$$

De la grafica isofootcandles del luminario HOV- 16-Z, lámpara de 250 watts tipo II, No Cut-Off

El valor aproximado es: 0.35 footcandles

Calculamos F.C.D.A

$$FCDA = \left( \frac{30'}{(9m) \left( \frac{3.28'}{1m} \right)} \right)^2 = 1.03$$

**FCDA = 1.03**

sustituimos valores para obtener el nivel de iluminación en el punto B con el luminario 1

$$E_{B-1} = fc \times \frac{10.76 \text{ luxes}}{1 fc} \times FCDA \times FM$$

Sustitución:

$$E_{B-1} = 0.35 fc \times \frac{10.76 \text{ luxes}}{1 fc} \times 1.03 \times 0.79$$

$$E_{B-1} = 3.06 \text{ luxes}$$

**Luminario 2**

$$E_{B-1} = E_{B-2} = 3.06 \text{ luxes}$$

**Luminario 1'**

$$\text{Relacion transversal} = \frac{13}{9} = 1.44$$

$$\text{Relación longitudinal} = \frac{20}{9} = 2.22$$

De la grafica isofootcandles del luminario HOV- 16-Z, lámpara de 250 watts tipo II, No Cut-Off

El valor aproximado es: 0.08 footcandles

sustituimos valores para obtener el nivel de iluminación en el punto B con el luminario 1'

$$E_{B-1'} = fc \times \frac{10.76 \text{ luxes}}{1 fc} \times FCDA \times FM$$

Sustitución:

$$E_{B-1'} = 0.08fc \times \frac{10.76 \text{ luxes}}{1 fc} \times 1.03 \times 0.79$$

$$E_{B-1'} = 0.78 \text{ luxes}$$

**Luminario 2'**

$$E_{B-1'} = E_{B-2'} = 0.78 \text{ luxes}$$

**Calculamos el nivel de iluminación total en el punto B**

$$E_{B-TOTAL} = E_{B-1} + E_{B-2} + E_{B-1'} + E_{B-2'}$$

Sustitución:

$$E_{B-TOTAL} = 3.06 + 3.06 + 0.78 + 0.78$$

$$\mathbf{E_{B-TOTAL} = 7.68 \text{ luxes}}$$

## Calculo del nivel de iluminación en el punto A

### Luminario 1

$$\text{Relacion transversal} = \frac{1}{9} = 0.11$$

$$\text{Relación longitudinal} = \frac{20}{9} = 2.22$$

De la grafica isofootcandles del luminario HOV- 16-Z, lámpara de 250 watts tipo II, No Cut-Off

El valor aproximado es: 0.4 footcandles

sustituimos valores para obtener el nivel de iluminación en el punto A con el luminario 1

$$E_{A-1} = 0.4fc \times \frac{10.76 \text{ luxes}}{1 fc} \times 1.03 \times 0.79$$

$$E_{A-1} = 3.5 \text{ luxes}$$

### Luminario 2

$$E_{A-1} = E_{A-2} = 3.5 \text{ luxes}$$

### Luminario 1'

$$\text{Relacion transversal} = \frac{3}{9} = 0.333$$

$$\text{Relación longitudinal} = \frac{20}{9} = 2.22$$

De la grafica isofootcandles del luminario HOV- 16-Z, lámpara de 250 watts tipo II, No Cut-Off

El valor aproximado es: 0.3 footcandles

sustituimos valores para obtener el nivel de iluminación en el punto A con el luminario 1'

$$E_{A-1'} = 0.3fc \times \frac{10.76 \text{ luxes}}{1 fc} \times 1.03 \times 0.79$$

$$E_{A-1'} = 2.62 \text{ luxes}$$

**Luminario 2'**

$$E_{A-1'} = E_{A-2'} = 2.62 \text{ luxes}$$

**Calculamos el nivel de iluminación total en el punto A**

$$E_{A-TOTAL} = E_{A-1} + E_{A-2} + E_{A-1'} + E_{A-2'}$$

Sustitución:

$$E_{A-TOTAL} = 3.5 + 3.5 + 2.62 + 2.62$$

$$\mathbf{E_{A-TOTAL} = 12.3 \text{ luxes}}$$

## f) CALCULO DE LA UNIFORMIDAD DEL NIVEL DE ILUMINACIÓN

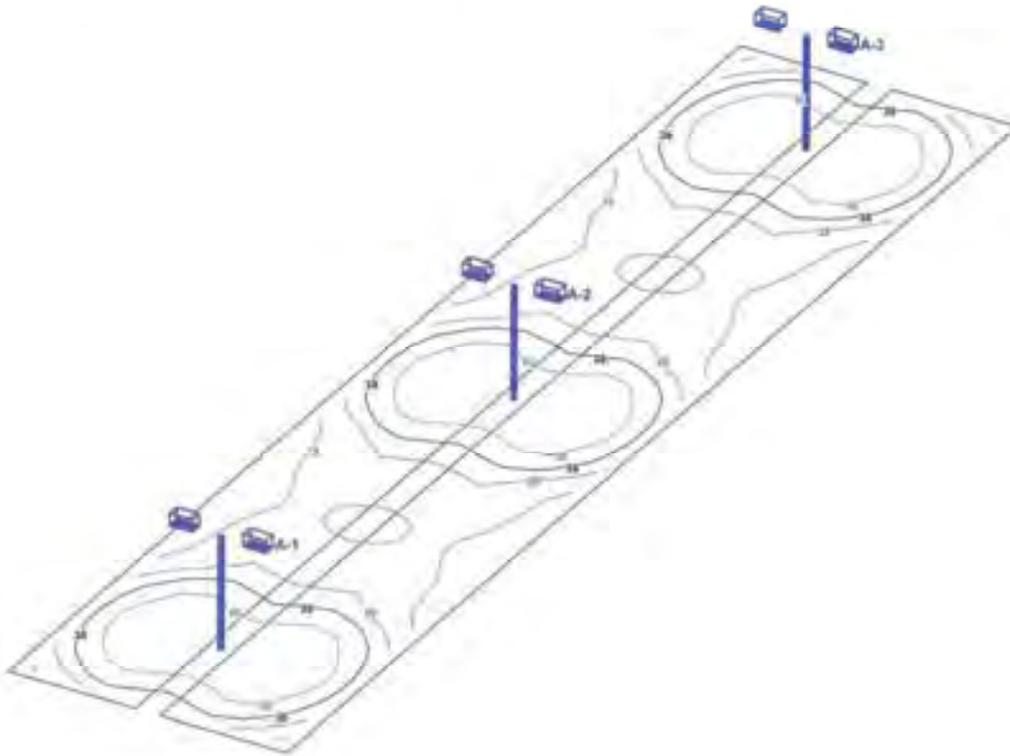
Se debe de cumplir la norma  $U \leq 3$

$$U = \frac{E_{promedio}}{E_{minimo}}$$

$$U = \frac{23.35 \text{ luxes}}{7.68 \text{ luxes}}$$

$$U = 3.04$$

## g) DISTRIBUCIÓN DE LOS LUMINARIOS



## CAPITULO 4.-DISEÑO DE SISTEMAS DE ILUMINACION PARA EXTERIORES CON **PREYÉCTORES.**

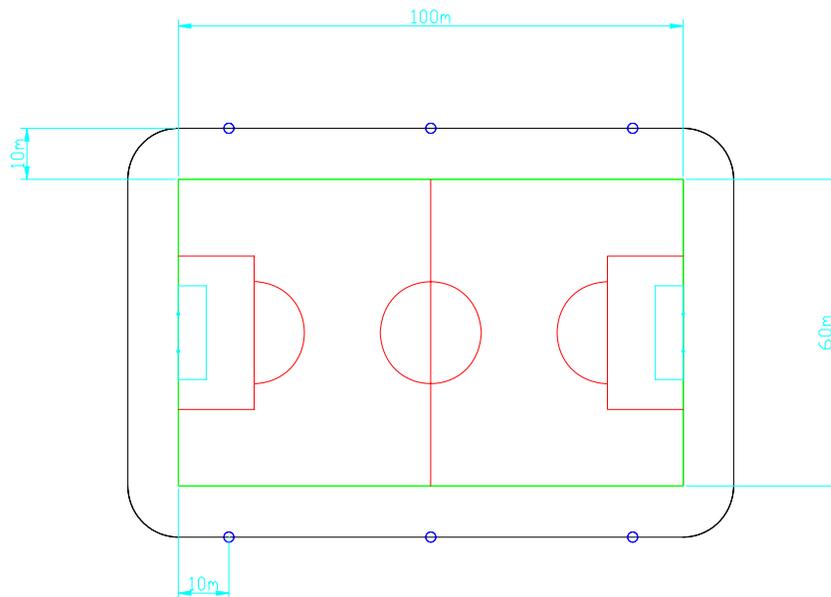
### 4.1.-CALCULO PARA ALUMBRADO DE UNA CANCHA DE FUT BOL.

Se requiere iluminar una cancha de futbol con las siguientes medidas:

Largo de la cancha: 100m

Ancho de la cancha: 60m

Distancia entre el poste del luminario y el césped: 10m



#### **SOLUCION:**

Para la solución del problema utilizaremos el **METODO DEL LUMEN MODIFICADO**

Para conocer el nivel de iluminación promedio requerido “E” para esta tarea visual, nos basamos en los niveles de iluminación determinados por la I.E.S. (Illuminating Engineering Society) contenidos en el catalogo holophane. Donde de acuerdo a la distancia que hay de la línea de banda a la fila más alejada de espectadores se determina el nivel promedio de

iluminación. En este caso se considera que la distancia es igual a 10 metros por lo que **E=300 luxes.**

Para conocer el número de luminarios que vamos a necesitar utilizaremos la siguiente fórmula: Método del lumen modificado

$$\# \text{ luminarios} = \frac{E \times \text{Area}}{\text{Lumenes por Luminario} \times \text{P.C.U} \times \text{AAF} \times \text{F.M}}$$

Donde:

P.C.U = Coeficiente de Utilización Preliminar

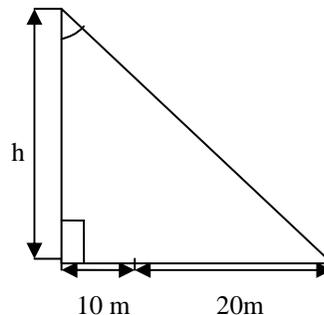
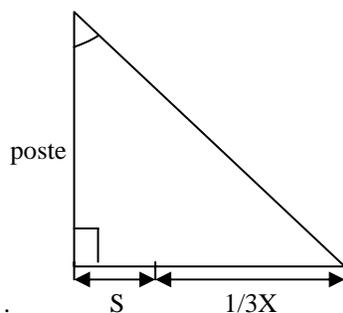
A.A.F = Aplicación del Factor de Ajuste

F.M = Factor de Mantenimiento

E = Nivel de iluminación promedio

#### a) CALCULO DE LA ALTURA DEL LUMINARIO

Para calcular la altura correcta que debe de llevar el luminario con respecto al piso, primeramente calculamos el ángulo que debe de tener de inclinación el luminario, este no debe de exceder mas de 60°, para obtener el ángulo tomamos 1/3 del ancho de la cancha para así poder formar un triangulo el cual nos queda de la siguiente manera:



Determinación de la altura mínima de montajes de proyectores

Donde:

$$h = (D + 1/3 \text{ ancho del área})(\tan 30^\circ)$$

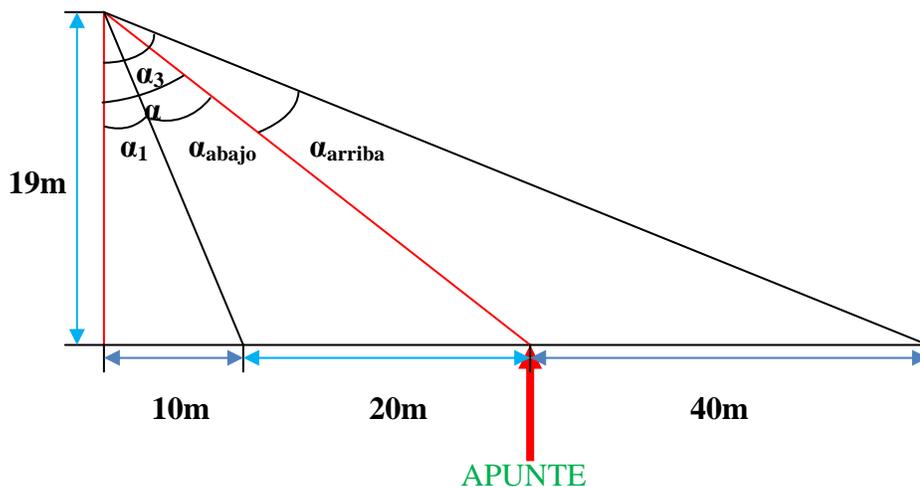
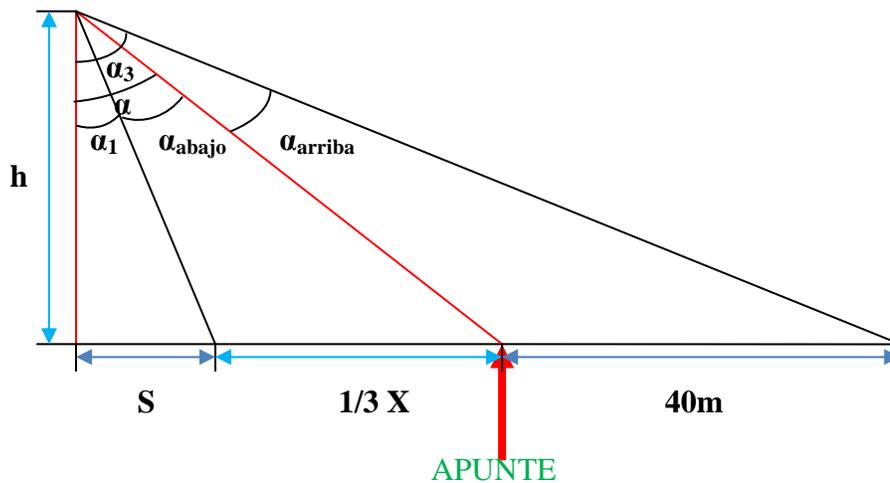
Para calcular la altura mínima

$$h = (10 + 20)(\tan 30^\circ)$$

$$h = 17.32\text{m}$$

$h = 19 \text{ m}$  altura recomendada mínima

Determinaremos los ángulos de inclinación tanto abajo como arriba del apunte



### Determinación de $\alpha_{\text{arriba}}$ y $\alpha_{\text{abajo}}$

$$\text{tang } \alpha = \frac{30}{19}$$

$$\alpha = \text{tang}^{-1} \frac{30}{19}$$

$$\alpha = 57.65^\circ$$

$$\text{tang } \alpha_1 = \frac{10}{19}$$

$$\alpha_1 = \text{tang}^{-1} \frac{10}{19}$$

$$\alpha_1 = 27.75^\circ$$

$$\alpha_{\text{abajo}} = \alpha - \alpha_1$$

$$\alpha_{\text{abajo}} = 57.65 - 27.75$$

$$\alpha_{\text{abajo}} = \mathbf{29.9^\circ}$$

$$\text{tang } \alpha_3 = \frac{70}{19}$$

$$\alpha_3 = \text{tang}^{-1} \frac{70}{19}$$

$$\alpha_3 = 74.81^\circ$$

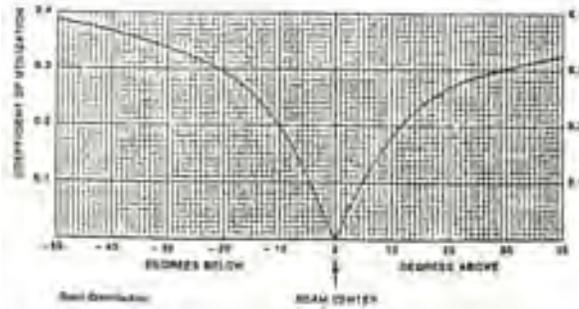
$$\alpha_{\text{arriba}} = \alpha_3 - \alpha$$

$$\alpha_{\text{arriba}} = 74.81 - 57.65$$

$$\alpha_{\text{arriba}} = \mathbf{17.16^\circ}$$

**b) CALCULO DEL COEFICIENTE DE UTILIZACIÓN PRELIMINAR**

Con  $\alpha_{arriba}$  y  $\alpha_{abajo}$  determinamos el P.C.U. obteniendo el de cada uno y sumándolos (para obtenerlos nos apoyamos en la grafica de coeficientes de utilización)



Coeficiente de utilización

$$\alpha_{arriba} = 17.16^\circ \text{ ----- } C.U_{arriba} = 0.25$$

$$\alpha_{abajo} = 29.90^\circ \text{ ----- } C.U_{abajo} = 0.34$$

$$\text{-----}$$

$$0.59$$

**P.C.U = 0.59**

Obtención de FF con la formula:

$$FF = \frac{L}{\sqrt{S^2+h^2}}$$

Sustituimos

$$FF = \frac{100}{\sqrt{10^2+19^2}}$$

$$FF = 4.657$$

De acuerdo a las características del proyector seleccionado sabemos que es NEMA 6.

Catalogo	Descripción	Curva NEMA	Peso Aprox. Kgs.
<b>PRISMAFLOOD</b>			
<b>ADITIVOS METALICOS</b>			
1884	400 W.A.M. 102° H X 50° V Compuesto de: 01885-N Refracto de Cristal Prismático 01884-N Capsula/Balastro/Montaje	6 X 4	30.400
1884 – Vert.	400 W.A.M. 50° H X 120° V Compuesto de: 01885-N-Vert. Refracto de Cristal Prismático 01884-N Capsula/Balastro/Montaje	4 X 6	30.400
1886	400 W.A.M. 43° H X 43° V Compuesto de: 01886 -N Refracto de Cristal Prismático 01884-N Capsula/Balastro/Montaje	5 X 5	30.400

**c) CALCULO DEL FACTOR DE AJUSTE (AAF)**

Con el valor obtenido de FF y al tipo de nema correspondiente a la lámpara obtenemos el valor de factor de ajuste (AAF) apoyándonos con la siguiente tabla:

Field Factor (FF)	NEMA Field Angle Classification		
	(1 and 2)	(3 and 4)	(5,6 and 7)
4,5 and up	0.95	0.85	0.80
3.0 to 4.4	0.90	0.80	0.75
2.0 to 2.9	0.85	0.75	0.70
1.9 or below	0.75	0.65	0.55

Tenemos que:

**AAF = 0.80**

**d) CALCULO DEL FACTOR DE MANTENIMIENTO (F.M)**

Como el tipo de ambiente es moderado sabemos que se encuentra entre 0.65 – 0.85 por lo que tomaremos la media de estos dos valores.

$$F.M = 0.75$$

**e) CALCULO DEL NÚMERO DE LUMINARIOS**

Una vez obtenidos todos los valores sustituimos en la ecuación:

Utilizando lámpara de 400 watts Aditivos Metálicos con 36,000 lúmenes iniciales

$$\# \text{ luminarios} = \frac{300 \times (100 \times 60)}{36,000 \times 0.59 \times 0.8 \times 0.75}$$

$$\# \text{ luminarios} = 141.24$$

Como son demasiados luminarios seleccionaremos otra lámpara que cumpla con las necesidades con un menor número de luminarios

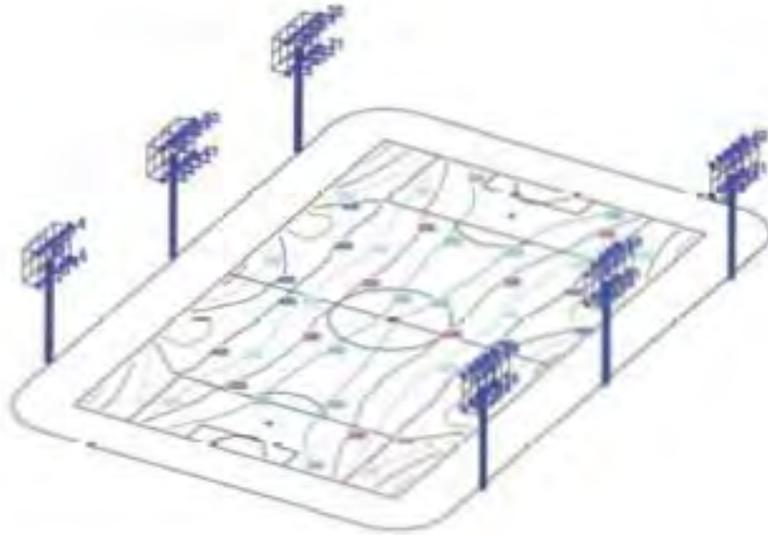
Utilizando lámpara de 1000 watts Aditivos Metálicos con 110,000 lúmenes iniciales

$$\# \text{ luminarios} = \frac{300 \times (100 \times 60)}{110,000 \times 0.59 \times 0.8 \times 0.75}$$

$$\# \text{ luminarios} = 46.22$$

Para una mejor uniformidad pondremos 60 luminarios distribuidos en 6 postes que estarán ubicados en lo largo de la cancha.

e) DISTRIBUCIÓN DE LOS LUMINARIOS



**g) ANÁLISIS DE COSTOS**

		<b>COSTOS DEL ALUMBRADO</b>	
		Lámpara de 1000 watts blanco, editivas metálicas con 107,800 lúmenes iniciales	
		<b>PRISMÁLEDO</b>	
		1 lámpara por luminaria	
		<b>COSTOS "N"</b>	
		107,800 LÚMENES	
		9,000 Hrs.	
		1200 WATTS	
		0,59	
		0,35	
		60	
		800 LÚMENES	
DATOS BÁSICOS	EMISIÓN LUMINOSA INICIAL POR LUMINARIA		
	VIDA DE LA LAMPARA		
	POTENCIA POR LUMINARIA EN WATTS		
COSTO INICIAL	COEFICIENTE DE UTILIZACION		
	FACTOR DE MANTENIMIENTO		
	NUMERO DE LUMINARIAS		
	NIVEL LUMINOSO MEDIO MANTENIDO		
	COSTO DE LA ENERGIA (kwh-h)	\$	1,30
	HORAS ESTIMADAS EN SERVICIO POR AÑO		824 Hrs
	COSTO NETO DE CADA LUMINARIA	\$	1.750,00
	COSTO INICIAL NETO POR CADA LAMPARA	\$	130,86
	COSTO INICIAL TOTAL	\$	105.000,00
	NUMERO ANUAL DE LAMPARAS REEMPLAZADAS		4 LAMPARAS
COSTO ANUAL DE OPERACION	COSTO ANUAL DE LA REPOSICION DE LAMPARAS	\$	523,44
	COSTO ESTIMADO DE LA MANO DE OBRA PARA REEMPLAZAR UNA LAMPARA	\$	30,50
	COSTO TOTAL DE LA MANO DE OBRA DE REPOSICION DE LAMPARAS	\$	122,00
	COSTO ESTIMADO DE LA LIMPIEZA POR LUMINARIA	\$	12,20
	NUMERO DE LIMPIEZAS POR AÑO		0,11
	COSTO ANUAL DE LA LIMPIEZA	\$	241,56
	COSTO ANUAL DEL TRABAJO DE MANTENIMIENTO	\$	363,56
	COSTO ANUAL DE LA ENERGIA	\$	58.406,40
	COSTO TOTAL ANUAL DE CONSERVACION	\$	58.769,96
	COSTO ANUAL POR LUX	\$	195,89

## 4.2.- CALCULO PARA EL ALUMBRADO DE UNA CANCHA DE TENIS.

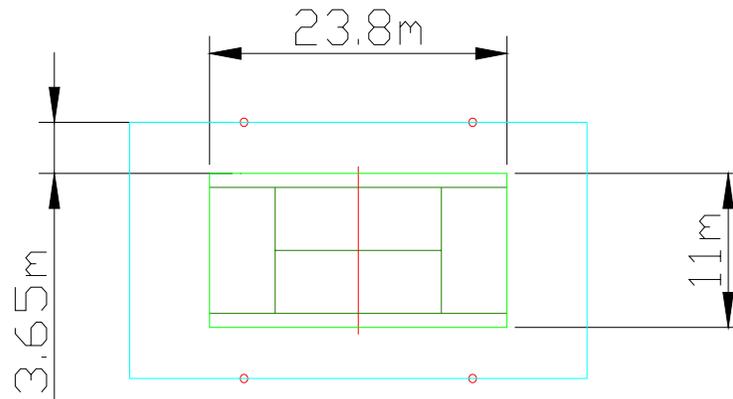
Se quiere iluminar una cancha de tenis con las siguientes dimensiones:

Largo de la cancha: 23.8m

Ancho de la cancha: 11m

Espaciamiento entre la cancha y el poste: 3.65m

El tipo de ambiente es moderado



SOLUCION:

Para canchas de tenis el nivel promedio de iluminación mínimo es de 300 luxes

Para conocer el número de luminarios que vamos a necesitar utilizaremos la siguiente fórmula:

$$\# \text{ luminarios} = \frac{E \times \text{Area}}{\text{Lumenes por Luminario} \times \text{P.C.U} \times \text{AAF} \times \text{F.M}}$$

Donde:

P.C.U = Coeficiente de Utilización Preliminar

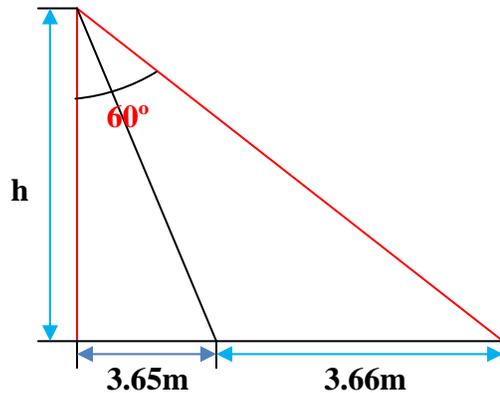
A.A.F = Aplicación del Factor de Ajuste

F.M = Factor de Mantenimiento

E = Nivel de iluminación promedio

### a) CALCULO DE LA ALTURA DEL LUMINARIO

Para calcular la altura correcta que debe de llevar el luminario con respecto al piso, primeramente calculamos el ángulo que debe de tener de inclinación el luminario, este no debe de exceder más de 60°, para obtener el ángulo tomamos 1/3 del ancho de la cancha para así poder formar un triángulo el cual nos queda de la siguiente manera:



Determinación de la altura mínima de montajes de proyectores

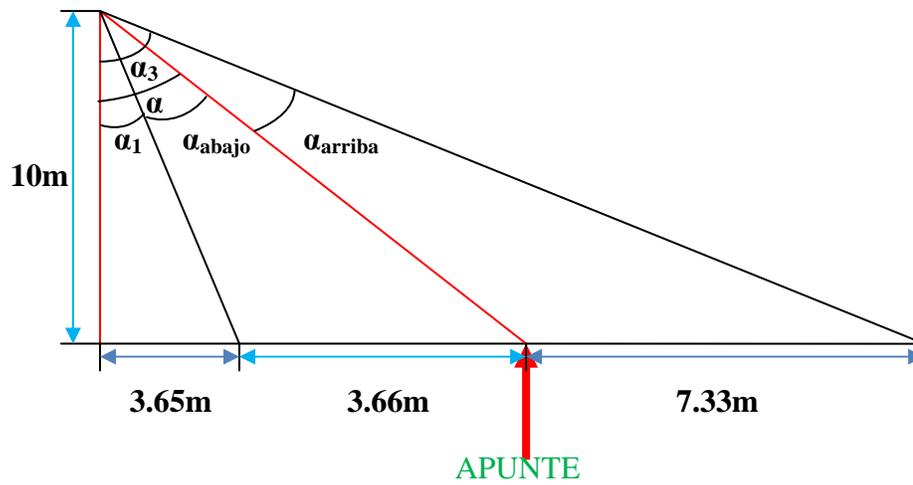
$$\text{tang } 60^\circ = \frac{7.31}{h}$$

$$h = \frac{7.31}{\text{tang } 60}$$

$$h = 4.22$$

La altura mínima que debe tener el luminario es de 4.22 metros, la altura **recomendada es de 10 metros**

## Determinación de $\alpha_{\text{arriba}}$ y $\alpha_{\text{abajo}}$



## Calculo de $\alpha_{\text{arriba}}$ y $\alpha_{\text{abajo}}$

$$\text{tang } \alpha = \frac{7.31}{10}$$

$$\alpha = \text{tang}^{-1} \frac{7.31}{10}$$

$$\alpha = 36.17^\circ$$

$$\text{tang } \alpha_1 = \frac{3.65}{10}$$

$$\alpha_1 = \text{tang}^{-1} \frac{3.65}{10}$$

$$\alpha_1 = 20.1^\circ$$

$$\alpha_{\text{abajo}} = \alpha - \alpha_1$$

$$\alpha_{\text{abajo}} = 36.17^\circ - 20.1^\circ$$

$$\alpha_{\text{abajo}} = 16.07^\circ$$

$$\text{tang } \alpha_3 = \frac{14.65}{10}$$

$$\alpha_3 = \text{tang}^{-1} \frac{14.65}{10}$$

$$\alpha_3 = 55.7^\circ$$

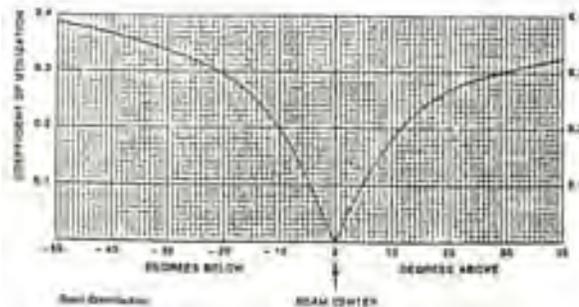
$$\alpha_{\text{arriba}} = \alpha_3 - \alpha$$

$$\alpha_{\text{arriba}} = 55.7^\circ - 36.17$$

$$\alpha_{\text{arriba}} = 19.53^\circ$$

#### b) CALCULO DEL COEFICIENTE DE UTILIZACIÓN PRELIMINAR

Con  $\alpha_{\text{arriba}}$  y  $\alpha_{\text{abajo}}$  determinamos el P.C.U. obteniendo el de cada uno y sumándolos (para obtenerlos nos apoyamos en la grafica de coeficientes de utilización)



### Coeficiente de utilización

$$\alpha_{\text{arriba}} = 19.53^\circ \text{ ----- } C.U_{\text{arriba}} = 0.26$$

$$\alpha_{\text{abajo}} = 16.07^\circ \text{ ----- } C.U_{\text{abajo}} = 0.26$$


---


$$\text{-----}$$

$$\text{0.52}$$

**P.C.U = 0.52**

**Obtención de FF con la formula:**

$$FF = \frac{L}{\sqrt{S^2+h^2}}$$

Sustituimos

$$FF = \frac{23.8}{\sqrt{3.65^2+10^2}}$$

FF = 2.23

De acuerdo a las características del luminario seleccionado, sabemos que es NEMA 6.

Catalogo	Descripción	Curva NEMA	Peso Aprox. Kgs.
<b>VECTORFLOOD</b> MEDIANA Y GRANDE			
<b>ADITIVOS METALICOS</b>			
<b>885</b>	400 W.A.M. Clara 115° H X 60° V Compuesto de: 0885 Refracto: de Cristal Prismático AD-880-2 Aditamento de montaje	6 X 4	26,500
<b>885 – Vert.</b>	400 W.A.M. 60° H X 115° V Compuesto de: 0885-Vert. Refracto: de Cristal Prismático AD-880-2 Aditamento de montaje	4 X 6	26,500
<b>887</b>	400 W.A.M. 49° H X 49° V Compuesto de: 0887 Cristal Termotemplado Plano AD-880-2 Aditamento de montaje	4 X 4	26,500

**c) CALCULO DEL FACTOR DE AJUSTE**

Con el valor obtenido de FF y al tipo de nema correspondiente a la lámpara obtenemos el valor de factor de ajuste (AAF) apoyándonos con la siguiente tabla:

Field Factor (FF)	NEMA Field Angle Classification		
	(1 and 2)	(3 and 4)	(5,6 and 7)
4,5 and up	0.95	0.85	0.80
3.0 to 4.4	0.90	0.80	0.75
2.0 to 2.9	0.85	0.75	0.70
1.9 or below	0.75	0.65	0.55

Tenemos que:

$$\text{AAF} = 0.70$$

**d) CALCULO DEL FACTOR DE MANTENIMIENTO (F.M)**

Como el tipo de ambiente es moderado sabemos que se encuentra entre 0.65 – 0.85 por lo que tomaremos la media de estos dos valores.

$$\text{F.M} = 0.75$$

**e) CALCULO DEL NÚMERO DE LUMINARIOS**

Una vez obtenidos todos los valores sustituimos en la ecuación:

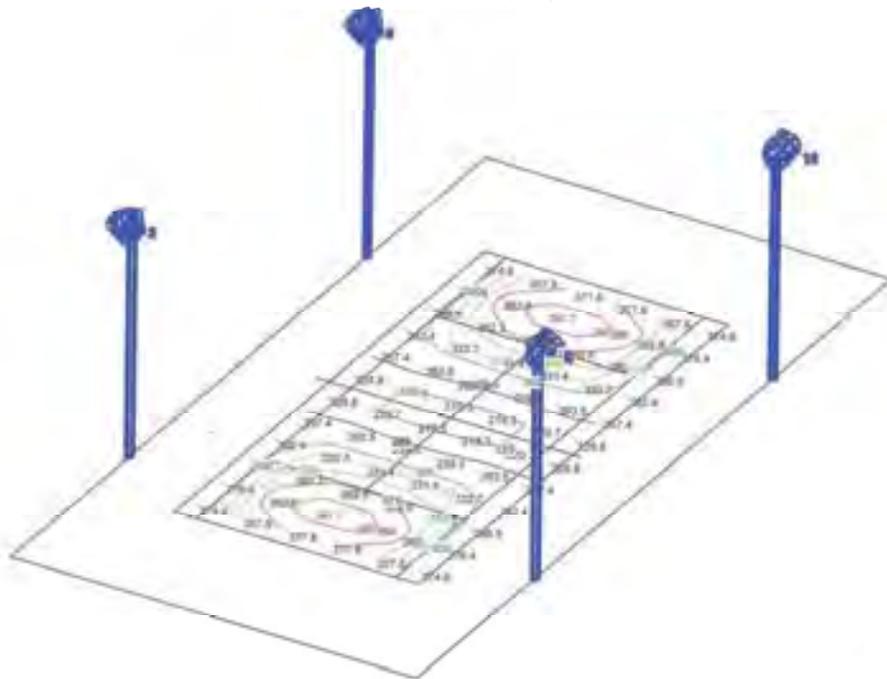
Utilizando lámpara de 400 watts Aditivos Metálicos con 36,000 lúmenes iniciales

$$\# \text{ luminarios} = \frac{300 \times (11 \times 23.8)}{36,000 \times 0.52 \times 0.70 \times 0.75}$$

$$\# \text{ luminarios} = 7.99$$

Para una mejor uniformidad pondremos 12 luminarios distribuidos en 4 postes que estarán ubicados en lo largo de la cancha.

#### f) DISTRIBUCIÓN DE LOS LUMINARIOS



## CONCLUSIONES

En el diseño de cualquier sistema de iluminación se debe tener en consideración aspectos tales como: elegir el tipo de fuente luminosa (lámparas, focos, led, etc.) adecuados, ya que ello depende el consumo de energía en kw-h demandadas por luminario lo cual se verá reflejado en los costos anuales de operación (lámparas remplazadas, mano de obra, costos de la energía consumida, etc. Una buena selección ya sea de un luminario o de inclusive una lámpara o focos nos ayudara a ahorrar tanto energía como gastos adicionales de operación, reposición y mantenimiento, y no solo se tendrá estos beneficios sino también se verá afectado el estado anímico de las personas consideramos que si las personas realizaran una evaluación de costos de iluminación de sus hogares y conocieran la gran variedad de dispositivos ahorradores de energía y su larga vida en horas, cambiarían su alumbrado por uno ahorrador, que al principio parecería costoso pero con el paso del tiempo se vería compensado debido al bajo consumo de energía.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- Manual de luminotecnia Westinghouse.
- Illumination Engineering Boast-Mc Graw Hill.
- I.E.S. Ligthing Handbook.
- Electrical System Analisys and Design for industrial plants I. Lazar Mc Graw Hill.
- Norma Oficial Mexicana NOM 001 SEDE 2005.
- Electrical Installations Theory and practice Neidle Miche Mc Graw Hill.
- Fundamentos de instalaciones eléctricas Foley, Joseph H; Mc Graw Hill.
- Sistemas de iluminación industriales, Frier, Jhon P. and Gazley Fries Mary; limusa.
- Catálogos de manuales y datos técnicos de fabricante de equipo.
- Manual de luminotecnia OSRAM, Ramón San Martín Paramo, Editorial general de ediciones especiales.
- Manual de instalaciones de alumbrado y fotometría, Jorge Chapa Carreón, Noriega editores.

# ANEXO A

## NIVELES DE ILUMINACIÓN

	LUXES	LUXES		LUXES	LUXES
	I.E.S	S.M.I.I.		I.E.S	S.M.I.I.
	99%	95%		99%	95%
1.- EDIFICIOS INDUSTRIALES			área general de manufactura	500	300
ACERO			CARBON, VERTEDORES DE	100	60
ACUMULADORES MANUFACTURA DE	500	300	quebradores, cernidos y limpiados	3000a	1700a
moldeado celdas			selección		
ARCILLA Y CEMENTO PRODUCTOS DE			CARPINTERIAS	300	200
molendo, prensa filtrado, hornos de secado,	300	200	trabajo duro de banco y sierra		
vaciado y desbastado	1000	600	encolado, cepillado, lijado, trabajo de	500	300
esmaltado, pintura y vidriado(trabajo burdo)	3000a	1700a	mediana calidad, en maquinas y banco		
pintura y vidriado (trabajo fino)			trabajo fino de máquina y banco, lijado	1000	600
AUTOMOVILES MANUFACTURA DE	500	300	y acabado fino		
ensamblado bastidor	1000	600	CERVECERAS, INDUSTRIAS	300	200
ensamblado chasis	2000a	1100a	elaboración y lavado de barriles	500	300
ensambles final y inspección			llenado (de botellas, lata, barriles)		
manufactura carrocería:	1000	600	CUARTOS DE CONTROL		
ensamblado	700	400	(Véase plantas generadoras)		
Partes	2000a	1100a	DULCES INDUSTRIAS		
acabado a inspección			departamento de chocolate		
AVIONES MANUFACTURA DE			descascarado, selección, extracción de	500	300
partes:	1000	600	aceite, quebrado y refinación, alimentación		
Producción	2000a	1100a	limpieza de grano, selección inmersión,	500	300
Inspección			empacado y envoltura	1000	600
acabado de piezas:	700	400	molenda		
taladrado, remachado y apretado de tornillos	1000m	600	elaboración de crema:	500	300
CUARTO PINTURA			mezclado, cocción y moldeado	300	
trazado sobre aluminio, formado partes	1000	600	pastillas de goma y jaleas	1000	600
pequeñas de fuselaje y alas			decoración a mano		
soldadura:	500	300	caramelos:	500	300
iluminación general	10,000	6000	mezclado, cocción y moldeado	1000	600
ILUMINACION LOCALIZADA			corte y selección	1000	600
subensamblado:			elaboración de pesos y envoltura		
tren de aterrizaje, fuselaje, secciones, alas	1000	600	EMPACADORA DE CARNE	300	200
y otras partes grandes			matadero (rastros)		
ENSAMBLADO FINAL			limpiado, destazado, cocido, molliendas,	1000	600
colocación de motores, hélices, secciones	1000	600	enlatado y empacado		
alas y tren de aterrizaje	1000	600	ENCUADERNACIÓN		
inspección de la nave ensamblada y su equipo	1000	600	doblado, ensamblado, empaste, cortado,	700	400
reparación con maquinas herramientas			punzonado y cocido	2000a	1100a
ASERRADEROS	2000	1700	grabado en realce e inspección		
clasificación de la madera			ENLATADORAS DE CONSERVAS		
AZUCAR, REFINERIAS DE			clasificación inicial:		

clasificación de la madera	500	300	jilomates	1000	600
inspección color	2000	1100	otras muestras	500	300
<b>CAJAS DE CARTON, MANUFACTURA</b>			clasificación por color ( cuartos de cortado)	2000a	1100a
	LUXES	LUXES		LUXES	LUXES
	I.E.S	S.M.I.I.		I.E.S	S.M.I.I.
	99%	95%		99%	95%
Preparación			moldeo:		
selección preliminar:			mediano	1000	600
chabacanos y duraznos	500	300	grande	500	300
Jilomates	1000	600	colado	500	300
Acelunas	1500	900	selección	500	300
cortado y picado	1000	600	cubilote	200	100
selección final	1000	600	desmolde	300	200
enlatado:			<b>GALVANOPLASTIA</b>	300	200
enlatado en bandas sin fin	1000	600	<b>GARAGES AUTOMOVILES Y CAMIONES</b>		
enlatado estacionario	1000	600	taller de servicio:		
empacado a mano	500	300	reparaciones	1000	600
Acelunas	1000	600	áreas activas de tráfico	200	100
inspección de muestras enlatadas	2000a	1100a	garajes para estacionamiento:		
manejo de envases:			entrada	500	300
Inspección	2000a	1100a	espacio para circulación	100	100
etiquetado y empacado	300	200	espacio para estacionamiento	50	50
<b>ENSAMBLADO</b>			<b>GRANJAS</b>		
tosco, fácil de ver	300	200	establo y gallinero	100	100
tosco, difícil de ver	500	300	<b>GRABADO (CERA)</b>	2000a	1100a
Medio	1000	600	<b>GUANTES, MANUFACTURA DE</b>		
Fino	5000	3000	planchado y cortado	3000a	2000a
Extrafino	10,000	6000	tejido y clasificado	1000	600
<b>ENSAYOS O PRUEBAS</b>			cosido e inspección	5000a	3000a
General	500	300	<b>HANGARES</b>		
instrumentos, extrafinos, escalas, etc.	2000a	100a	servicio de reparación unicamente	1000	600
<b>EQUIPO ELECTRICO, MANUFACTURA:</b>			<b>HIELO, FABRICA DE</b>		
Impregnado	500	300	cuarto de compresores y máquina	200	100
aislado.embobinado	1000	600	<b>HIERRO Y ACERO MANUFACTURA DE</b>		
Pruebas	1000	600	hornos de hogar abierto:		
<b>EXTRUCTURAS DE ACERO, MANUFACTURA DE</b>			patio de almacenaje	100	60
<b>EXPLOSIVOS, MANUFACTURA DE</b>			piso de carga	200	100
<b>FORJADO, TALLERES DE</b>			resbaladera de vaciado:		
<b>FUNDICIONES</b>			fosos de escoria	200	100
templado (hornos)	300	200	plataformas de control	300	200
Limpiado	300	200	patio de moldes	50	30
hechura de corazones:			colado	300	200
			almacenamiento de coladas	100	60

Finos	1000	600	bodega pesado	100	60
Medianos	500	300	reparaciones	300	200
inspección:			patio de desmolde	200	100
Fina	5000a	3000	patio de chatarra	100	60
Mediana	1000	600	edificio de mezcla	300	200
	LUXES	LUXES		LUXES	LUXES
	I.E.S	S.M.I.I.		I.E.S	S.M.I.I.
	99%	95%		99%	95%
HULE, PRODUCTO DE			trabajo fino de maquinaria y banco, maquinas		
cortado y tubos flexibles	500	300	automáticas finas, esmerilado mediano,		
productos moldeados y vulcanización	500	300	y pulido fino	6000a	3000a
Inspección	2000a	100a	TALLERES TEXTILES, ALGODÓN		
JABONES, MANUFACTURA DE			abridoras, mezcladoras, batientes	300	200
paila, corte, escamas de jabón	300	200	cardas y estiradoras	500	300
troquelado, envoltura y empaque	300	200	telares	1000	600
LACTEOS Y PRODUCTOS			repaso y alado a mano	2000a	1100
Inspección	1000	600	VIDRIO, FABRICAS DE		
Laboratorios	1000	600	cuarto de hornos y mezcladora, prensado,		
pasteurizadores	300	200	maquinas, sopladores y templado	300	200
Termómetro	500	300	esmerilado, cortado y plateado	500	300
cuarto para pesar	300	200	esmerilado fino, biselado, pulido	1000	600
LAMINA DE FIERRO Y ACERO, TRABAJOS EN			inspección, grabado y decoración	2000a	1100a
prensas, guillotinas, troqueladoras,			ZAPATOS DE HULE		
trabajo mediano de banco	500	300	MANUFACTURA DE		
AVADO Y PLANCHADO INDUSTRIAS DE			lavado, recubrimiento, molinos de ingredientes	300	200
checado y selección	500	300	rodillos de suelas, procesos de hechura		
lavado en seco, húmedo y vaporizado	500	300	y acabado	1000	600
Planchado	1500	900	ZAPATOS DE PIEL		
LAVANDERIAS			MANUFACTURA DE		
lavado	300	200	cortado y costura:		
planchado a máquina y selección	700	400	tablas de cortado	3000a	1700a
planchado fino a mano	1000	600	marcado, ojalado, adelgazado, selección,		
MOLINO DE ARINA			remendado y contadores	3000a	1700a
rodillos, cernidores, purificadores	500	300	cosido:		
Empacado	300	200	materiales claros	500	300
control de producción	1000	600	materiales oscuros	3000a	2000a
PAN INDUSTRIAS DE			hechura y acabado	2000	1100
cuarto de fermentado	300	200	2.- OFICINAS, ESCUELAS Y EDIFICIOS PUBLICOS		
cuarto de hornos	300	200	AUDITORIOS		
Envoltura	300	200	para exhibiciones	300	200
SOLDADURA			para asambleas	150	100
iluminación general	500	300	para actividades sociales	50	50

soldadura manual de precisión con arco	10000a	6000a	BANCOS		
TABACO PRODUCTOS DE			vestibulo, (iluminación general)	500	300
secado, desmondamiento	300	200	pagadores, contadores y recibidores	1500	900
clasificación y selección	2000a	1100a	gerencia y correspondencia	1500	900
TALLERES MECANICOS			BIBLIOTECAS		
trabajo burdo de maquinaria y banco	500	300	sala de lectura	700	400
trabajo mediano de maquinaria y banco, maquinas			anaqueles	300	200
automáticas ordinarias, esmerilado burdo,			reparación de libros	500	300
y pulido mediano	100	600	archiveros y catalogar	700	400
LUXES	LUXES	LUXES	LUXES	LUXES	LUXES
I.E.S	I.E.S	S.M.I.I.	I.E.S	I.E.S	S.M.I.I.
99%	99%	95%	99%	99%	95%
CLUBES			ferreterías y accesorios eléctricos	500	300
sala de descanso y de lectura	300	200	lavadoras para verdura y varios	500	300
CORREOS			mercerías, vestidos y zapaterías	500	300
vestibulos, sobremesas	300	200	mueblerías y artículos para el hogar	500	300
correspondencia, selección, etc.	1000	600	papelarias, libros y juguetes	500	300
CORTES DE JUSTICIA (O TRIBUNALES)			plataformas de descarga	200	100
áreas de asientos (publico)	300	200	sanitarios y baños	100	100
áreas de actividades propias de la corte	700	400	verduras, frutas, flores y plantas	500	300
EDIFICIOS MUNICIPALES, BOMBEROS Y POLICIA			OFICINAS	2000	1100
policia:			proyectos y diseños	1500	900
archivos de identificación	1500	900	contabilidad, auditoria, maquinas de contabilidad		
celdas y cuartos para interrogatorios	300	200	trabajos ordinarios de oficina selección de	1000	600
bomberos:			correspondencia, archivado activo o continuo y	700	400
Dormitorios	200	100	archivado intermitente o descontinuado		
sala recreativa	300	200	sala de conferencias, entrevistas, sala de receso,		
garaje carros bomba	300	200	archivos de poco uso o sean las áreas		
ESCUELAS			en las cuales no exige la fijación de la	300	200
salones de clase	700	400	vista en forma prolongada		
salones de dibujo	1000a	600a	PELUQUERIAS Y SALONES DE BELLEZA	1000	600
lectura de movimientos de labios, (sordo-mudos), pizarrones, costura	1500a	900a	TEATROS Y CINE		
GALERIAS DE ARTE			sala de espectáculos:		
iluminación general:	300	200	durante intermedios	50	50
sobre pinturas	300	200	durante exhibición	1	1
sobre estatuas y otras exhibiciones	1000	600	vestibulo	200	100
IGLESIAS			sala de descanso	50	30
altar, retablos	1000	600	TERMINALES Y ESTACION		
nave principal de la iglesia (iluminación general)	150	100	sala de espera	300	200
ventanales emplomados:			oficina de boletos	1000	600
			oficina de checar equipaje	500	300
			vestibulo	100	60
			andenes y plataformas	200	100

color blanco	500	300
color mediano	1000	600
color obscuro	5000	3000
ventanal muy denso	10000	6000
<b>MERCADOS</b>		
bodegas y cuartos de almacenamiento		
Activos	200	100
Inactivos	50	50
carnicerías, barbacoa, pescaderías	500	300
Cocinas	500	300
Comedores	300	200
cuartos de máquinas	300	200
	LUXES	LUXES
	I.E.S	S.M.I.I.
	99%	95%
laboratorio (banco de trabajo)	1000	600
sala de recuperación	50	30
sala de emergencia:		
iluminación general	1000	60
iluminación localizada	20000	9000
cirugía:		
cuarto de limpieza (instrumentos)	1000	600
sala de operaciones, iluminación general	1000	600

#### 4.- HOTELES, RESTAURANTES, TIENDAS Y

##### RESIDENCIAS

##### CASAS

alumbrado nocturno:		
zonas comerciales principales:		
General	2000	1100
atracciones principales	10000	6000
zonas comerciales secundarias:		
General	2000	1100
atracciones principales	10000	6000

##### GASOLINERAS

áreas de servicio	300	200
cuarto de ventas	500	300
Estantes	1000	600

##### HOTELES

recamaras:		
iluminación general	100	60
para lectura y escritura	300	200
administración	500	300
áreas de trabajo y lectura	300	200

#### 3.- HOSPITALES

sala de preparación y anestesia	300	200
autopsia y anfiteatro:		
mesa de autopsia	25000	14000
sala de autopsia	1000	600
anfiteatro	200	100
central de instrumentos esterilizados:		
iluminación general	300	200
sala dental:		
cuarto de espera	300	200
cirugía dental	700	400
silla dental	10000	6000
	LUXES	LUXES
	I.E.S	S.M.I.I.
	99%	95%
autoservicio	2000	1100
mostradores y vitrinas en muro:		
con servicio de vendedoras	2000	1100
autoservicio	5000	3000
atracciones principales:		
con servicio de vendedoras	5000	3000
autoservicio	10000	6000

#### 5.- AREAS COMUNES

##### BODEGAS O CUARTOS DE ALMACENAMIENTO

inactivas	50	30
activas:		
piezas toscas	100	60
piezas medianas	200	100
piezas finas	500	300
ELEVADORES DE CARGA Y PASAJERO	200	100
ESCALERAS	200	100
PASILLOS Y CORREDORES	200	100
BAÑOS Y TOCADORES		
iluminación general	100	60
espejo	300	200

#### 6.- ALUMBRADO EXTERIOR

##### ALUMBRADO DE PROTECCIÓN

alrededores de áreas activas de embarque	50	50
alrededores de edificios	10	10
áreas de almacenamiento activas	200	200
áreas de almacenamiento inactivas	10	10
ESTACIONAMIENTOS	50	50

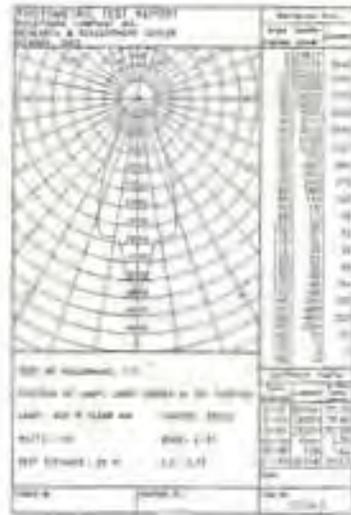
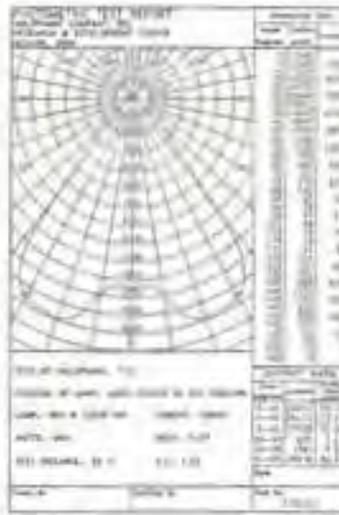
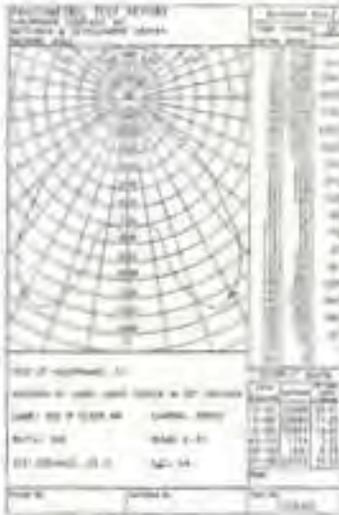
##### FACHADAS DE EDIFICIOS Y MONUMENTOS

Marquesina	500	300	iluminación con protectores:		
<b>RESTAURANTES Y CAFETERIAS</b>			alrededores brillantes:	150	150
áreas de comedor:			superficies claras	200	200
Cajera	500	300	superficies medio claras	300	300
del tipo íntimo:			superficies medio oscuras	500	500
con ambiente ligero	100	60	superficies oscuras:		
con ambiente acogedor	30	30	alrededores oscuros:	50	50
del tipo ordinario			superficies claras	100	100
con ambiente ligero	300	200	superficies medio claras	150	150
con ambiente acogedor	150	100	superficies medio oscuras	200	200
<b>SALONES DE BAILES</b>			superficies oscuras		
<b>TIENDAS</b>			<b>GASOLINERAS:</b>		
áreas de circulación	300	200	alrededores brillantes:	30	30
áreas de mercancías			acceso	50	50
con servicio de vendedores	1000	600	calzada para coches	LUXES	LUXES
	LUXES	LUXES		I.E.S	S.M.I.I.
	I.E.S	S.M.I.I.		99%	95%
	99%	95%			
áreas bomba de gasolina	300	300	<b>CARRERAS</b>		
fachadas edificios	300	300	de motor	200	200
áreas de servicio	70	70	bicicletas	200	200
alrededores oscuros:			caballos	200	200
Accesos	15	15	perros	300	300
calzada para coches	15	15	<b>FOOTBALL SOCCER Y AMERICANO</b>		
áreas bomba de gasolina	200	200	(índice: distancia de la línea de banda a la		
áreas de servicio	30	30	fila más alejada de espectadores)	1000	1000
<b>JARDINES</b>			clase I más de 30 ms	500	500
iluminación general	5	5	clase II entre 15 y 30 mts	300	300
senderos, escalones, lejanos de la casa	10	10	clase III entre 9 y 15 mts	200	200
flores, jardines entre rocas	50	50	clase IV menos de 9 mts		
árboles y arbustos, cuando se quieran destacar	50	50	<b>GIMNASIOS</b>	300	300
<b>TABLEROS PARA BOLETINES, CARTELES</b>			exhibiciones, encuentro	200	200
<b>O LETREROS</b>			para recreación y ejercicio general	100	100
alrededores brillantes:			asambleas	50	50
superficies claras	500	500	bailes	100	100
superficies oscuras	1000	1000	regaderas y vestidores		
alrededores oscuros:			<b>PATINAJE</b>	50	50
superficies claras	200	200	pista para patines de rueda	50	50
superficies oscuras	500	500	pistas para patinar sobre hielo (interior, exterior)		
<b>7.- ALUMBRADO AREAS DEPORTIVAS</b>			<b>PLAZA DE TOROS</b>	1000	1000
<b>ALBERCA</b>			en el ruedo	50	50
iluminación general	100	100	pasillos, túneles, palcos, gradas		
<b>ARQUERIA</b>			<b>TENIS</b>		

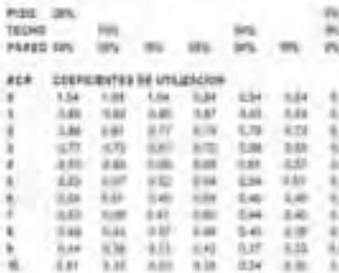
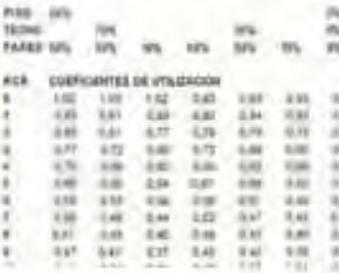
blanco:			torneo	300	300
Torneo	100	100	club	200	200
Recreativo	50	50	recreativo	100	100
<b>BASKETBALL</b>			<b>8.- ALUMBRADO DE TRANSPORTES</b>		
universitario y profesional	500	500	<b>AEROPUERTOS</b>		
dentro de colegios y secundarias, con espectadores	300	300	plataforma frente hangares	10	10
sin espectadores	200	200	área de estacionamiento	5	5
Recreativo	100	100	área de carga	20	20
<b>BILLARES</b>			<b>AUTOBUSES</b>		
Torneo	500	500	urbanos	300	300
Recreativo	300	300	foráneos	150	150
área general	100	100	<b>AUTOMOVILES</b>		
<b>BOX O LUCHA (RING)</b>			sobre placas	5	5
Campeonato	5000	5000	<b>AVIONES</b>		
Profesional	2000	2000	iluminación general	50	50
Amateur	1000	1000	<b>VOLLEYBALL</b>		
en asientos durante el encuentro	20	20	torneo	200	200
en asientos antes y después del encuentro	50	50	recreativo	100	100

# ANEXO B

## INFORMACIÓN TÉCNICA DE LUMINARIOS



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



**VALORES RECOMENDADOS PARA EL FACTOR DE AJUSTE (AAF)**

Field Factor (FF)	NEMA Field Angle Classification		
	(1 and 2)	(3 and 4)	(5,6 and 7)
4.5 and up	.95	.85	.80
3.0 to 4.4	.90	.80	.75
2.0 to 2.9	.85	.75	.70
1.9 or below	.75	.65	.55

## CLASIFICACION DE AREA PARA ALUMBRADO PUBLICO

### COMERCIAL:

Aquella porcion de una municipalidad en un desarrollo de negocios o comercios donde normalmente se encontrara un gran numero de peatones durante las horas habituales.

Esta definicion se aplica a areas comerciales densamente pobladas fuera de o dentro de la parte central de una municipalidad.

El uso del suelo de dicha area atrae un volumen relativamente grande de trafico lento vehicular como peatonal con mucha frecuencia.

### INTERMEDIO:

Aquella porcion de una municipalidad con frecuencia caracterizada por una actividad moderada grande del tipo peatonal como en mercados ocupados por bibliotecas, centros recreativos comunales, grandes edificios de departamentos o centros comerciales suburbanos.

### RESIDENCIAL:

Un desarrollo residencial, o una mezcla de establecimientos comerciales y residenciales, caracterizados por trafico nocturno peatonal escaso.

Esta definicion incluye areas con casas unifamiliares y o pequenos edificios de departamentos.

### RURAL:

Terminos abiertos con muy escaso o nulo desarrollo comercial o residencial.

## CLASIFICACION NEMA PARA PROYECTORES

CURVA NEMA	ABERTURA EN GRADOS
1	10-18
2	18-29
3	29-46
4	46-70
5	70-100
6	100-130
7	130 o MAS

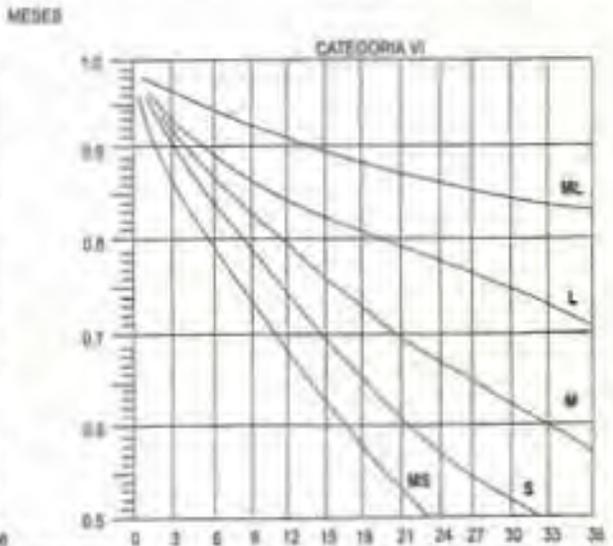
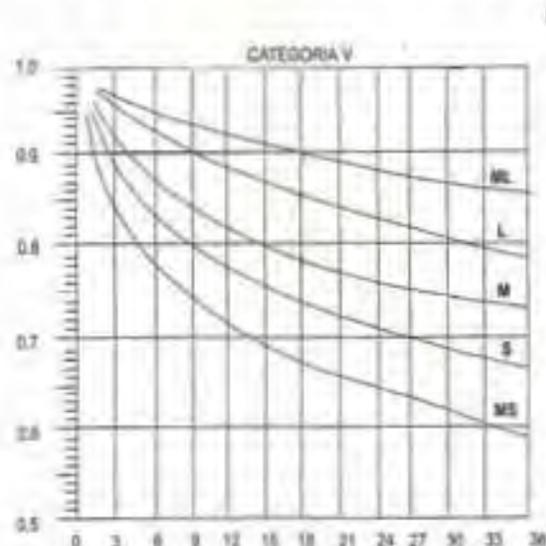
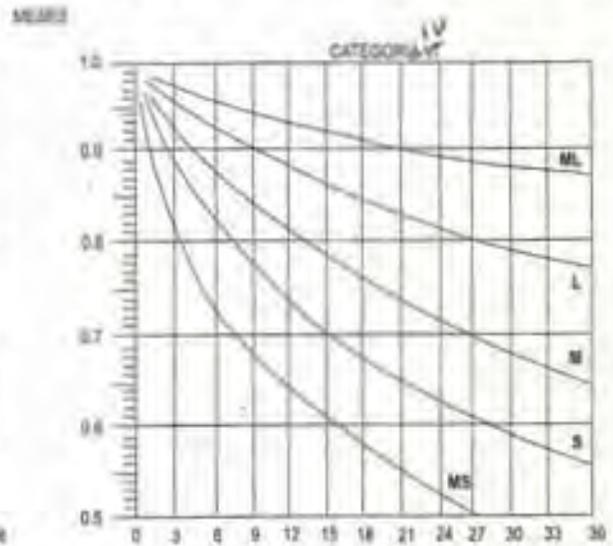
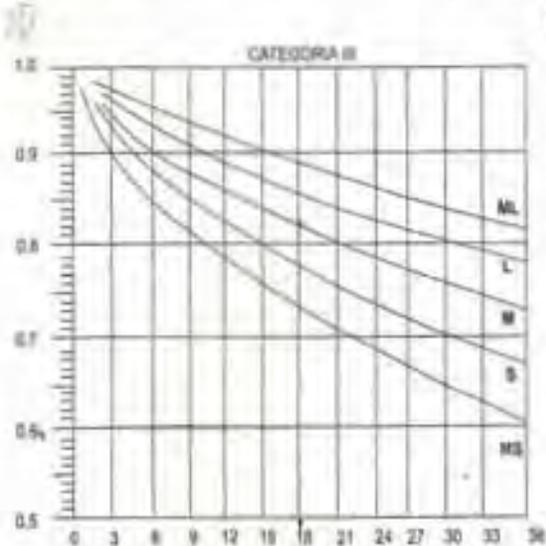
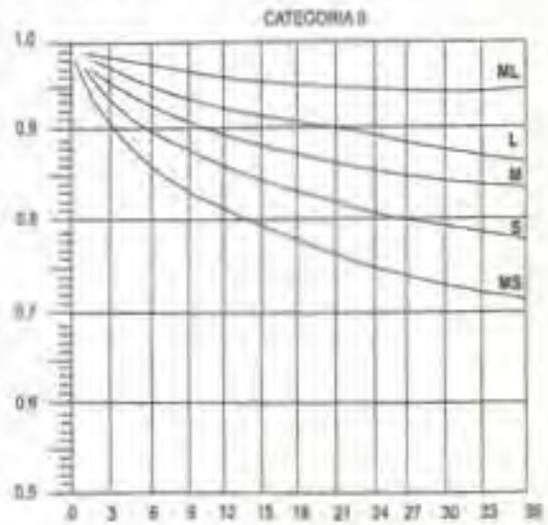
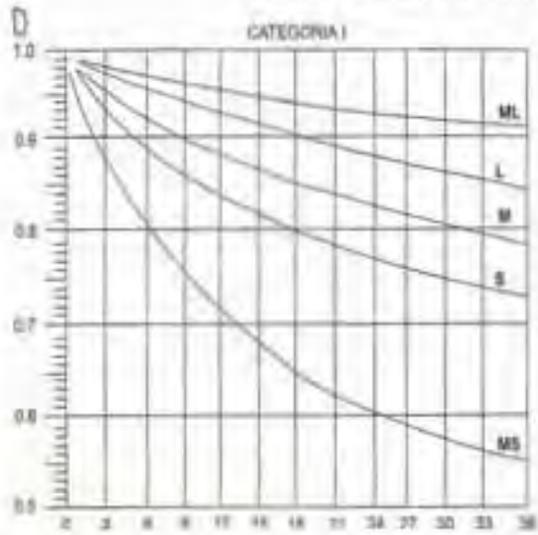
## DETERMINACION DE ALTURA MINIMA DE MONTAJE DE PROYECTORES



DONDE

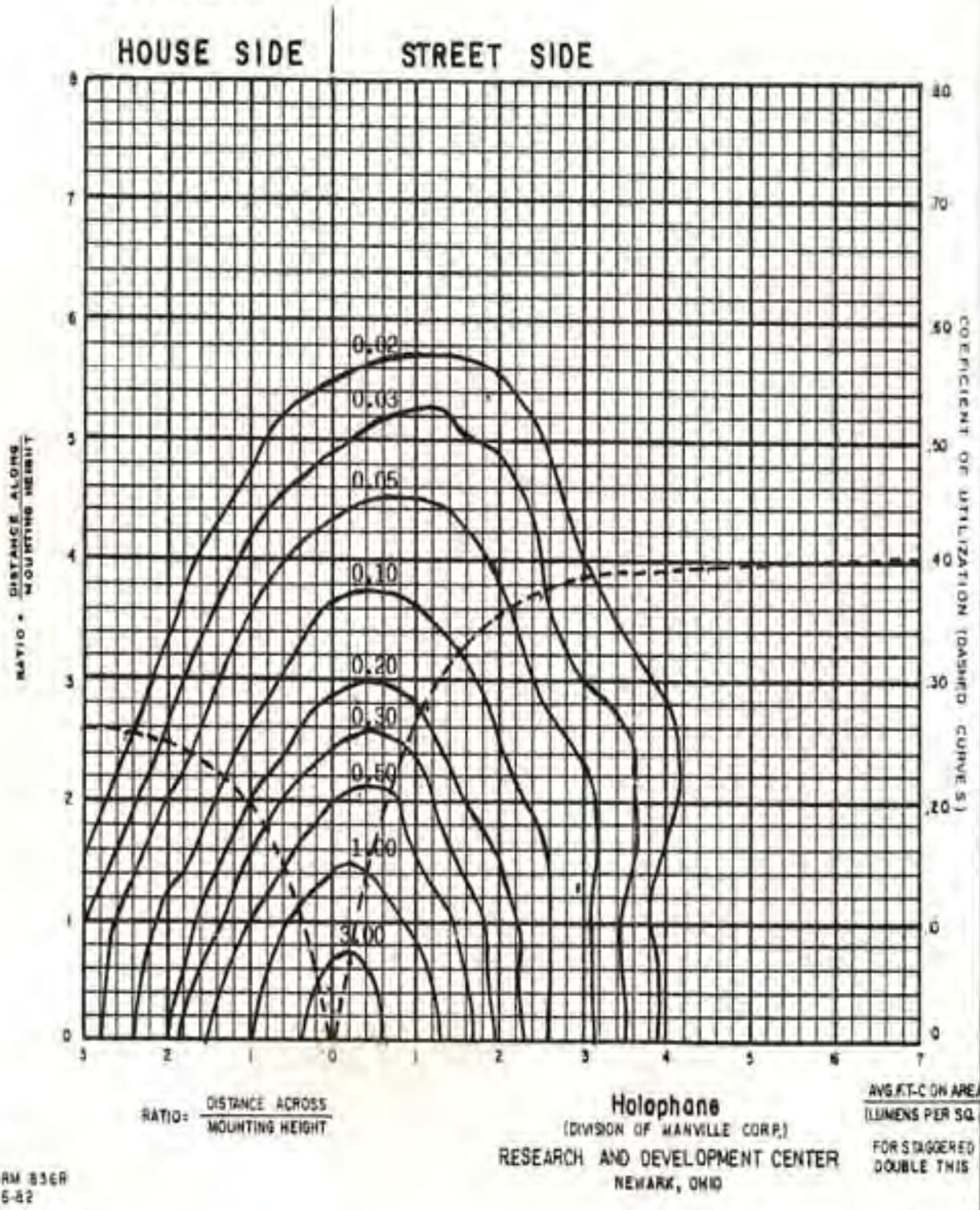
$$H = (0 + 1/3 \text{ DEL ANCHO DEL AREA}) (\tan 30^\circ)$$

### CURVAS DE DEGRADACION POR SUCIEDAD EN EL LUMINARIO



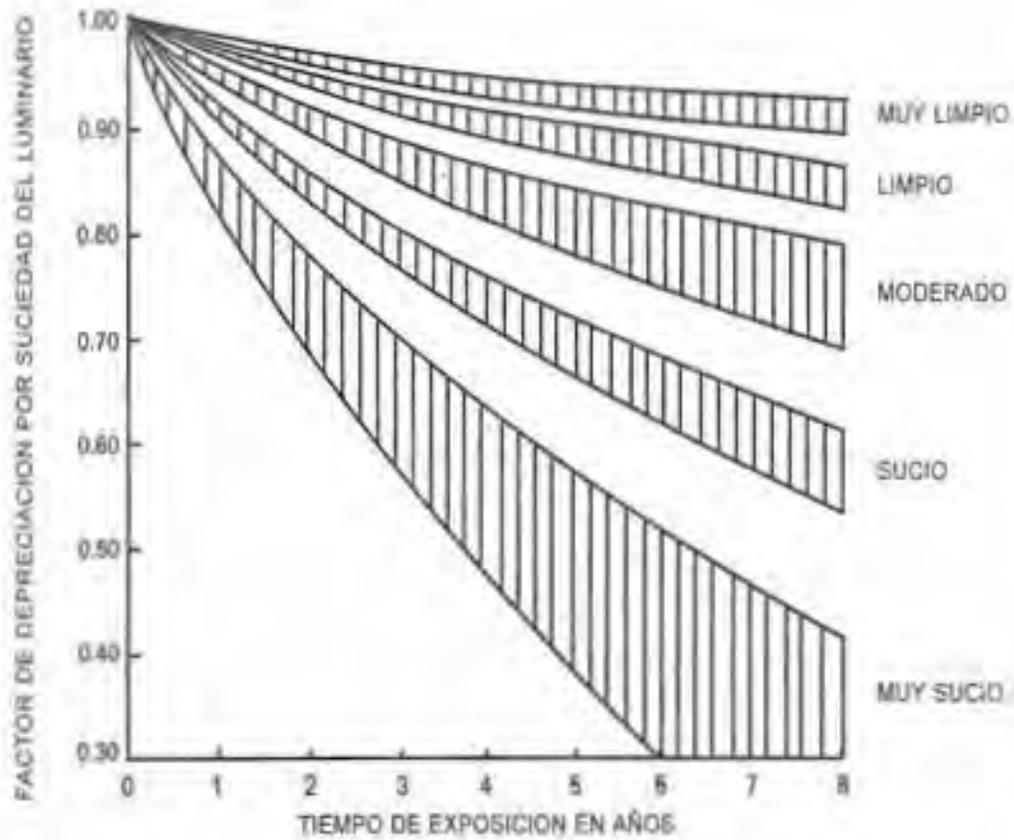
ISOFOOTCANDLES

C



FORM 836R  
1-6-62

GRAFICAS PARA ESTIMAR LOS FACTORES DE DEPRECIACIÓN POR SUCIEDAD EN LOS LUMINARIOS DE ALUMBRADO PUBLICO PARA UNIDADES CERRADAS Y CON EMPAQUE



SELECCIONE LA CURVA APROPIADA DE ACUERDO CON EL TIPO DE AMBIENTE

**MUY LIMPIO**

Que no existan actividades generadoras de polvo o humos en la cercanía y un bajo nivel de contaminación ambiental, tráfico ligero generalmente limitado a áreas residenciales o rurales, el nivel de partículas ambientales no es mayor de 150 microgramos por m<sup>3</sup>.

**LIMPIO**

Que no existan actividades generadoras de polvo o humos en las cercanía, tráfico moderado o pesado, el nivel de partículas ambientales no es mayor de 300 microgramos por m<sup>3</sup>.

**MODERADO**

Moderada actividad generadora de polvo y humos en la cercanía, el nivel de partículas no es mayor de 600 m<sup>3</sup>.

**SUCIO**

Humo y polvo generadoras en actividades en la cercanía pueden ocasionalmente envolver.

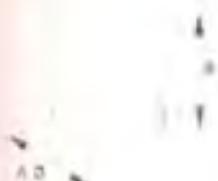
**MUY SUCIO**

Como el caso anterior pero los luminarios están envueltos en humo.



**Punta de poste y crucetas**

Medida de altura de 2' 0" form. Cod: 40 x 1.2" 40/4



Dimensiones Normales y Aplica. en cm.

Código	A	B
880 a 889	487	533
890 a 897	595	615

**Aplicaciones Generales:**

- Áreas deportivas
- Todo tipo de fachadas
- Estacionamientos
- Áreas recreativas
- Estadios
- Plazas de toros
- Monumentos

Código	Descripción	Color WVSA P	Medida en cm R2
<b>VECTORFLOOD<sup>TM</sup> MEDIANO Y GRANDE</b>			
<b>ADITIVOS METÁLICO</b>			
885	400 W.A.M. Clara Compuesto de: 0885 Reflector de Cristal Prismático AD-880-2 Adornamiento de Montaje	4 x 4	36.500
886/Vert.	400 W.A.M. Compuesto de: 0885-Vert. Reflector de Cristal Prismático AD-880-2 Adornamiento de Montaje	4 x 4	36.500
887	400 W.A.M. Compuesto de: 0887 Cristal Tempestreado Plano AD-880-2 Adornamiento de Montaje	4 x 4	26.500
889	1000 W.A.M. Compuesto de: 0889 Reflector de Cristal Prismático AD-880-2 Adornamiento de Montaje	6 x 4	41.000
895/Vert.	1000 W.A.M. Compuesto de: 0895-Vert. Reflector de Cristal Prismático AD-880-2 Adornamiento de Montaje	4 x 6	41.000
897	1000 W.A.M. Compuesto de: 0897 Cristal Tempestreado Plano AD-880-2 Adornamiento de Montaje	4 x 4	41.000
<b>VAPOR DE SODIO ALTA PRESION</b>			
890	450 W.V.S.A.P. Compuesto de: 0890 Reflector de Cristal Prismático AD-880-2 Adornamiento de Montaje	6 x 4	35.500
890/Vert.	450 W.V.S.A.P. Compuesto de: 0890-Vert. Reflector de Cristal Prismático AD-880-2 Adornamiento de Montaje	4 x 6	35.500
892	450 W.V.S.A.P. Clara Compuesto de: 0892 Cristal Tempestreado Plano AD-880-2 Adornamiento de Montaje	4 x 4	35.500
894	250 W.V.S.A.P. Compuesto de: 0894 Reflector de Cristal Prismático AD-880-2 Adornamiento de Montaje	7 x 6	34.000
894/Vert.	250 W.V.S.A.P. Compuesto de: 0894-Vert. Reflector de Cristal Prismático AD-880-2 Adornamiento de Montaje	6 x 7	34.000
899	250 W.V.S.A.P. Compuesto de: 0899 Cristal Tempestreado Plano AD-880-2 Adornamiento de Montaje	4 x 3	34.000

NOTA: Para opciones de Voltaje ver www.vectorflood.com



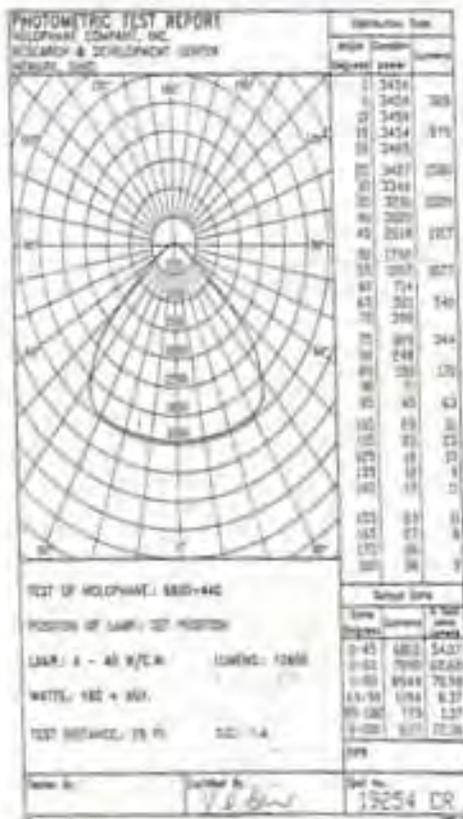
Luminario HOLOPHANE de estilo modernista por su diseño delgado y ligero acorde con todos los interiores contemporáneos.

El óptimo nivel de iluminación que se obtiene con este luminario, aumenta la eficiencia en bancos, tiendas, oficinas, librerías, aulas escolares, salas de lectura y salas de exhibición porque distribuye la luz al máximo eliminando totalmente el deslumbramiento y asegurando una visión confortable, colores reales y ambiente agradable.

DIMENSIONES NOMINALES EN CM.

Catálogo	A	B	C	D
6600-420	61.4	61.4	67.0	57.0
6600-438	59.0	122.4	67.0	130.0
6600-440	59.0	122.4	67.0	130.0

UNIDADES DIMENSIONES EN CM.



**COEFICIENTES DE UTILIZACION**  
 HOLOPHANE 6600-440  
 4-40 W / BLANCO FRIO  
 TEST19254CR

PISO	TECHO	20%									
		80%		50%		20%		0%		0%	
PARED		80%	50%	20%	0%	80%	50%	20%	0%	80%	50%
		0		.85	.85	.85	.79	.79	.79	.72	.72
1		.76	.73	.71	.71	.69	.67	.65	.64	.63	.61
2		.67	.63	.60	.63	.60	.57	.55	.53	.53	.50
3		.60	.55	.51	.57	.53	.49	.53	.50	.47	.45
4		.54	.48	.44	.51	.46	.43	.48	.44	.41	.40
5		.49	.43	.38	.46	.41	.38	.43	.40	.37	.36
6		.44	.38	.34	.42	.37	.35	.39	.36	.32	.31
7		.40	.34	.30	.38	.33	.30	.36	.32	.29	.28
8		.37	.31	.27	.35	.30	.27	.33	.29	.26	.25
9		.34	.28	.24	.32	.27	.24	.31	.27	.24	.23
10		.31	.26	.22	.30	.25	.22	.29	.24	.21	.20

**DATOS DE BRILLANTEZ PROMEDIO**  
 HOLOPHANE No. 6600-440  
 4-40 WATTS BLANCO FRIO  
 LAMPARAS FLUORESCENTES  
 BRILLANTEZ EN FOOTLAMBERTS

Ángulo Vertical	Eje Transversales	Eje 45°	Eje Longitudinales
0°	1170	1170	1170
30°	1300	1280	1150
45°	1240	1175	980
55°	630	730	560
60°	465	550	420
65°	450	445	370
70°	370	380	345
75°	390	380	363
80°	410	405	380
85°	430	405	363
90°	445	420	355

**NIVELES DE ILUMINACION MINIMOS EN LUXES RECOMENDADOS POR EL I.E.S.  
PARA SISTEMAS DE ALTO MONTAJE**

CLASIFICACION DE CALLES	TIPO DE AREA		
	COMERCIAL	INTERMEDIA	RESIDENCIAL
CARRETERAS (Autopistas, libres)	8	6	5
VIAS RAPIDAS (Circuitos, Perifericos)	10	8	6
MAYOR (Eje vial, boulevares)	12	9	6
COLECTOR (Callees de menor importancia)	8	6	6

**METODO GLOBAL DE CALCULO PARA SISTEMAS DE ALTO MONTAJE**

AREA MAXIMA POR POSTE

$$A_p = (H_m \times 5)^2$$

NUMERO DE POSTE

$$N_p = \frac{\text{AREA TOTAL}}{A_p}$$

NUMERO DE LUMINARIOS POR POSTE

$$N_{Lum} = \frac{E \times A_p}{I_m \times C.U. \times F.M.}$$

AREA MAXIMA POR POSTE

$$A_p = (30 \times 5)^2$$

$$A_p = 22.500 \text{ m}^2$$

NUMERO DE POSTE:

$$N_p = \frac{120.000}{22.500} = 5,3 = 5$$

NUMERO DE LUMINARIOS POR POSTE:

$$N_{Lum} = \frac{10 \times 22.500}{110.000 \times 0,62 \times 0,72} = 4,6$$

$$N_{Lum} = 5$$

**EJEMPLO DE APLICACION:**

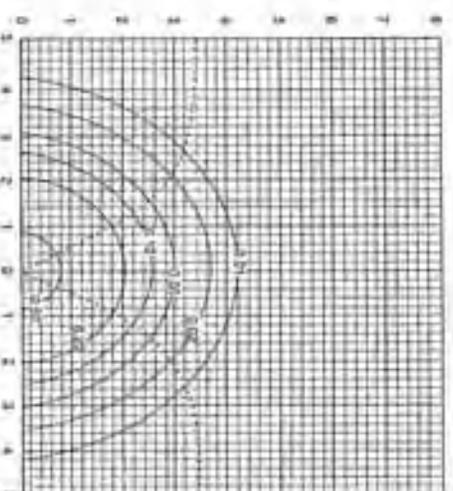
**DISTRIBUIDOR VIAL EN ZONA COMERCIAL DE VIAS RAPIDAS.**

ALTURA DE MONTAJE: 30 mts.

LUMINARIO HOLOPHANE CAT No.

LAMPARA: 1000 W. ADITIVOS METALICOS

$$\text{AREA: } 300 \times 400 = 120.000 \text{ m}^2$$



## MÉTODO DE CAVIDAD ZONAL

Cuando el nivel de iluminancia inicial requerido se conoce y el número de luminarias necesarios para obtener ese nivel, se usa una variación de la fórmula de lumen estándar:

$$\# \text{ de luminarias} = \frac{\text{Plano de la superficie deseada} \times \text{Área en pies cuadrados} \times \text{lámpara/luminario} \times \text{lumen/lámpara} \times \text{CU} \times \text{LLF}}{\text{CU} \times \text{LLF}}$$

El factor de pérdida total de luz (LLF) consiste de dos factores básicos, depreciación de lumen de lámpara (LLD) y depreciación por suciedad en el luminario (LDD). Si se han de encontrar los niveles iniciales, se usa un multiplicador de 1. Los factores de pérdida de luz, junto con la salida de lumen total de lámpara varía con el fabricante y tipo de lámpara o luminario y se determinan consultando la información publicada de los fabricantes.

En ocasiones, otros factores de pérdida de luz pueden necesitar ser aplicables. Algunos de estos son, factor de balastro, temperatura ambiente del luminario, factor de voltaje y depreciación de polvo de la superficie del cuarto.

Tabla A

Porcentaje de reflectancia efectiva en la cavidad de piso o techo para diferentes combinaciones de reflectancia

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

## AHORRO DE ENERGIA

**HOLOPHANE** siempre preocupado por los cada vez más altos costos de energía eléctrica, le presenta la opción económica para sus programas de mantenimiento, en sus instalaciones con luminarios fluorescentes de 2X40 w. que le van a proporcionar hasta un 25% de ahorro de energía. Esto únicamente se consigue con el uso de nuestro paquete de armés de alta reflectancia (92%), balastro de bajas pérdidas, lámparas de 34 w. con bases telescópicas y el controlente **REFRACTOGRID**.



**REFRACTOGRID** le ofrece los siguientes beneficios:

- 70% de reducción en luminancia (brillantez), en la visión directa comparada con los mejores sistemas convencionales.
- Configuración refractiva hemisférica que combina con cualquier diseño de plafón.
- Ocultamiento total de las lámparas en el ángulo normal de visión que es (único en el mercado).
- Alto confort visual.
- Uniformidad de iluminación superior debido a su gran relación de espaciamiento de 1.4 veces la altura de montaje.
- Más luz útil debido sus elevados coeficientes de utilización.
- Todos los gabinetes vienen equipados con bases telescópicas para asegurar una efectiva conexión eléctrica a pesar de las vibraciones.



**COEFICIENTES DE UTILIZACIÓN**  
HOLOPHANE No. 07-940  
44° W/ 150MM FRO  
TEST 4000

ANCHO TUBO PARALELO	30%			50%			70%		
	30%	50%	70%	30%	50%	70%	30%	50%	70%
1	76	76	76	76	76	76	76	76	76
2	71	62	67	67	62	62	62	61	60
3	66	53	59	59	53	53	53	54	53
4	61	47	53	53	47	47	47	48	46
5	57	41	47	47	41	41	41	42	40
6	53	37	43	43	37	37	37	38	36
7	50	34	40	40	34	34	34	35	33
8	47	31	37	37	31	31	31	32	30
9	44	28	34	34	28	28	28	29	27
10	41	26	31	31	26	26	26	27	25
11	38	24	29	29	24	24	24	25	23
12	36	22	27	27	22	22	22	23	21

NUMERO DE CATALOGO	LAMPARAS CANT. x WATTS	BALASTRO TIPO	BASE TIPO	DIMENSIONES APROX. EN CM.		
F-01-234-BT	2X34	NORMAL	TELESCOPICA	CATALOGO	A	B
F-01-234M-BT	2X34	BAJA PERDIDA NORMAL	TELESCOPICA			
F-01-240-BT	2X40	NORMAL	TELESCOPICA			
F-01-240M-BT	2X40	BAJA PERDIDA NORMAL	TELESCOPICA			
F-01-234	2X34	NORMAL	SURFACE	CATALOGO	A	B
F-01-234M	2X34	BAJA PERDIDA NORMAL	TELESCOPICA			
F-01-240M	2X40	BAJA PERDIDA NORMAL	TELESCOPICA			
F-01-240	2X40	NORMAL	SURFACE			
F-01-434-BT	4X34	NORMAL	TELESCOPICA	CATALOGO	A	B
F-01-434M-BT	4X34	BAJA PERDIDA NORMAL	TELESCOPICA			
F-01-440-BT	4X40	NORMAL	TELESCOPICA			
F-01-440M-BT	4X40	BAJA PERDIDA NORMAL	TELESCOPICA			
F-01-434	4X34	NORMAL	SURFACE	CATALOGO	A	B
F-01-434M	4X34	BAJA PERDIDA NORMAL	TELESCOPICA			
F-01-440M	4X40	BAJA PERDIDA NORMAL	TELESCOPICA			
F-01-440	4X40	NORMAL	SURFACE			
H-01-234-BT	2X34	NORMAL	TELESCOPICA	CATALOGO	A	B
H-01-234M-BT	2X34	BAJA PERDIDA NORMAL	TELESCOPICA			
H-01-240-BT	2X40	NORMAL	TELESCOPICA			
H-01-240M-BT	2X40	BAJA PERDIDA NORMAL	TELESCOPICA			
H-01-234	2X34	NORMAL	SURFACE	CATALOGO	A	B
H-01-234M	2X34	BAJA PERDIDA NORMAL	TELESCOPICA			
H-01-240M	2X40	BAJA PERDIDA NORMAL	TELESCOPICA			
H-01-240	2X40	NORMAL	SURFACE			
H-01-434-BT	4X34	NORMAL	TELESCOPICA	CATALOGO	A	B
H-01-434M-BT	4X34	BAJA PERDIDA NORMAL	TELESCOPICA			
H-01-440-BT	4X40	NORMAL	TELESCOPICA			
H-01-440M-BT	4X40	BAJA PERDIDA NORMAL	TELESCOPICA			
H-01-434	4X34	NORMAL	SURFACE	CATALOGO	A	B
H-01-434M	4X34	BAJA PERDIDA NORMAL	TELESCOPICA			
H-01-440M	4X40	BAJA PERDIDA NORMAL	TELESCOPICA			
H-01-440	4X40	NORMAL	SURFACE			

E= Sobreponer

F= Empotrar

G= Empotrado tipo plafón

I= Institucional

IF= Institucional empotrar

M= Balastro bajas pérdidas

BT= Base Telescópica

PREGUNTE A NUESTROS DISTRIBUIDORES AUTORIZADOS O DIRECTAMENTE CON NOSOTROS POR LOS LUMINARIOS TIPO "F".

Para mayor información técnica comuníquese a nuestras oficinas

# ANEXO C

## GLOSARIO

## LUZ E ILUMINACIÓN

Son dos conceptos muy distintos, que frecuentemente se confunden y son mal interpretados. La luz puede definirse como la causa y la iluminación como el efecto de la luz en las superficies sobre las cuales se incide.

### FACTORES QUE INTERVIENEN PARA UNA BUENA VISIBILIDAD

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

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

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

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

**ABSORCIÓN** – es la particularidad que tienen los materiales de transformar parcial o totalmente la energía luminosa que incide sobre ellos en otra forma de energía.

**ACOMODACIÓN** – proceso por el cual el ojo cambia de foco, al variar la distancia del objeto observado.

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

**BALASTRO** – relación del flujo luminoso emitido por una lámpara la cual es operada por un balastro convencional entre el flujo luminoso emitido por la misma lámpara cuando esta es operada por un balastro patrón.

**BRILLANTEZ O LUMINANCIA** – es la relación entre la intensidad luminosa en cierta dirección y la superficie, vista por un observador situado en la misma dirección.

**CANDELA** – unidad de intensidad luminosa igual a un lumen por steradian (lm/sr). Se define como la intensidad luminosa, en una dirección dada, de una fuente luminosa que emite radiación

monocromática ( $540 \times 10^{12}$  Hz = 555nm) y de la cual, la intensidad radiante en esa dirección es de 1/683 watts/steradian.

**CAVIDAD DE CUARTO** – es la cavidad formada por el plano de luminarios y el plano de trabajo.

**CAVIDAD DE PISO** – es la cavidad formada por el plano de trabajo y el piso.

**CAVIDAD DE TECHO** – es la cavidad formada por el techo y el plano de luminario.

**COEFICIENTE DE UTILIZACIÓN** – relación entre el flujo luminoso emitidos por un luminario que incide sobre el plano de trabajo y el flujo luminoso emitido por las lámparas solas del luminario.

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

**CURVAS DE DISTRIBUCIÓN** – es la representación grafica del comportamiento de la potencia luminosa emitida por un luminario. Se presenta en coordenadas polares y los valores están dados en candelas.

**CURVAS ISOFOOTCANDLE** – es un conjunto de curvas que unen puntos de igual nivel de iluminación (en pie-candelas) sobre un plano de trabajo.

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

**DEPRECIACIÓN DE LÚMENES DE LA LÁMPARA LLD** (Lamp Lumen Depreciation) – es la perdida de emisión luminosa (lúmenes), emitidos por la lámpara debido al uso normal de operación.

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

**EFICACIA LUMINOSA (DE UNA LÁMPARA)** – relación de flujo luminoso total emitido en lúmenes por la lámpara entre la potencia eléctrica consumida por la misma. Su unidad está dada en: lúmenes/watt.

**EFICIENCIA DE UN LUMINARIO** – relación de flujo luminoso emitido por un luminario con aquel que produce la lámpara desnuda usada en su interior.

**FACTOR DE PÉRDIDA DE LUZ (FACTOR DE MANTENIMIENTO)** – factor usado en el cálculo de iluminancia bajo condiciones dadas de tiempo y de uso. En él se toma en cuenta las variaciones de temperatura y tensión, acumulación de suciedad en las superficies del cuarto y en el luminario, depreciación de la emisión luminosa de la lámpara, procedimientos de mantenimiento y condiciones atmosféricas.

**FLUJO LUMINOSO** – es la energía radiante en forma de luz emitida por una fuente luminosa en la unidad de tiempo (segundo), su unidad es el lumen (lm).

**FUENTE LUMINOSA** – es toda materia, objeto o dispositivo, de la que parte la energía radiante que emite, cae dentro de los límites visibles del espectro electromagnético.

**ILUMINANCIA (E)** – es la densidad de flujo luminoso sobre una superficie  $E = \Phi/m^2$  y es directamente proporcional a la densidad luminosa e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia. Su unidad es el lux.

**LÁMPARA** – dispositivo que transforma la energía eléctrica en energía lumínica.

**LUMEN** – unidad de flujo luminoso.

**LUMINANCIA** – luminancia, frecuentemente llamado brillantez; es el nombre dado a lo que vemos. Brillantez es una sensación subjetiva, variable de la mínima iluminación u oscuridad hasta muy brillante.

**LUMINARIO** – dispositivo que se utiliza para controlar y dirigir el flujo luminoso generado por una o más lámparas.

Nivel luminoso o iluminancia – se define como la densidad de flujo luminoso que incide sobre una superficie. Se mide en luxes o footcandles.

**REFLEXIÓN** – es el fenómeno por el cual la luz al incidir sobre una superficie cambia de dirección de manera tal que el ángulo de incidencia es igual al ángulo de reflexión.

**REFRACCIÓN** – es el cambio de dirección que sufren los rayos luminosos al pasar de un medio a otro con diferente densidad.