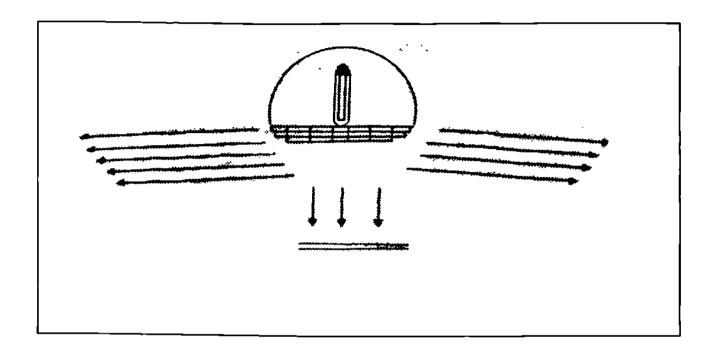
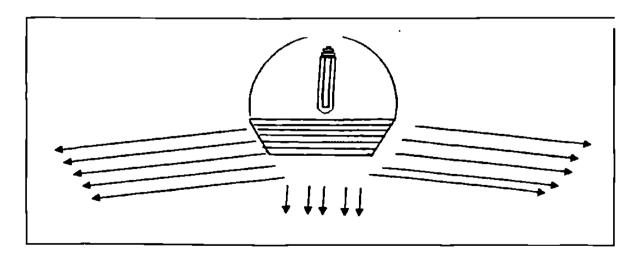
#### Refractor facetado:

Rayos más dirigidos hacia los lados que hacia abajo.



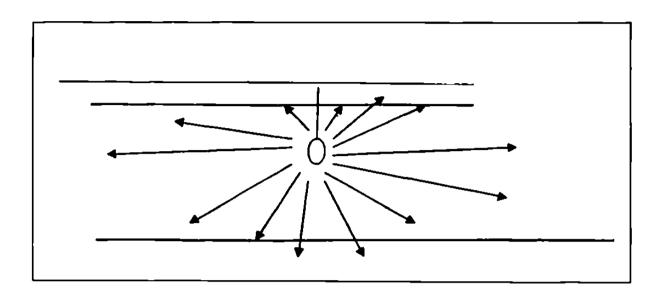
#### Refractor facetado abierto:

Rayos más concentrados hacia abajo y al lado calle.



El principio del alumbrado público se basa en que el luminario (principalmente por efecto del refractor) deberá distribuir la luz de la siguiente manera; el porcentaje mayor

de luz será dirigido hacia los lados de la calle, después deberá de proveer un tanto de luz hacia el frente, una cantidad todavía menor hacia la parte de atrás.



Un factor de gran importancia que debemos considerar al momento de calcular un sistema de alumbrado es el factor de depreciación por suciedad del luminario, el cual debe considerarse bajo los factores de la siguiente tabla.

DEPRECIACION POR SUCIEDAD DEL LUMINARIO				
LUMINARIO FILTRADO Y SELLADO	FACTOR 0.95			
LUMINARIO SIN FILTRO	FACTOR 0.80			

#### Información fotométrica de luminarios de alumbrado público.

La posición normal de operación de un luminario de alumbrado público se muestra en la figura al final del capítulo. La orientación es la misma en las curvas isofootcandle. La iluminación en el lado de la calle está comprendida en la región de los ángulos laterales  $90^{\circ}$  -  $0^{\circ}$  -  $270^{\circ}$  y el lado de la casa entre  $90^{\circ}$  -  $180^{\circ}$  -  $270^{\circ}$ . La luz hacia arriba es aquella por encima de los  $90^{\circ}$  verticales mientras que la luz hacia abajo es aquella de los  $90^{\circ}$  (del ecuador de la esfera).

La distribución de la iluminación se considera generalmente en un rango de condiciones típicas que incluyen: altura de montaje del luminario, localización transversal de los luminarios (caña), espaciamiento longitudinal de luminarios, anchos de la calle a ser eficazmente iluminados, arreglo de luminarios, por ciento de iluminación de lámparas dirigido al pavimento y áreas adyacentes, así como la eficiencia mantenida al sistema.

#### 7.1 Clasificación de luminarios.

La IES establece ciertos métodos y criterios para clasificar los luminarios:

- 1.- Distribución vertical de la iluminación.
- 2.- Distribución lateral de la iluminación.
- 3.- Control de la distribución de la iluminación sobre la candela máxima.

La clasificación de la distribución de la iluminación puede hacerse sobre la base de un diagrama isofootcandle que es una malla rectangular coordenada que tiene sobrepuestas una serie de líneas longitudinales de la calle (LRL), y una serie de líneas transversales de la calle (TRL), ambas múltiplos de la altura de montaje (MH).

#### Curvas isofootcandle.

El diagrama isofootcandle muestra la distribución de la iluminación en la superficie de la calle en la vecindad del luminario. Las líneas sobre el diagrama unen todos los puntos que tienen igual iluminación, como los contornos lineales de un mapa topográfico que indica todos los puntos de igual elevación. En estos términos conocemos la magnitud y dirección de cualquier punto en el diagrama (o calle), como también el gradiente de la iluminación con respecto a puntos cercanos. Para hacer esta información más universal, los valores en los ejes horizontal y vertical se proporcionan en función de la altura de montaje.

Es conveniente algunas veces redibujar la información isofootcandle a otra escala para utilizarla en un plano que contenga la localización de los luminarios. Al sobreponer este diagrama, la distribución de la iluminación puede estudiarse. En la parte inferior de la tabla de alturas de montaje se encuentra el factor de corrección, uno puede encontrar la altura de montaje para que los datos sean calculados.

#### Corrección de la altura de montaje.

Una corrección es aplicable en la información isolux si la altura de montaje utilizada es diferente de la calculada en la información

#### FACTOR DE CORRECCION DE LA ALTURA DE MONTAJE

USADO ABAJO= 100

(MH ACTUAL) (al cuadrado)

ALTURA DE MONTAJE (M) 7.5 8.5 9 9.5 12 13 14 11 FACTOR 1.23 1.11 0.83 0.69 0.59 0.51

Para obtener la iluminación a otras alturas de montaje, multiplique los valores de iluminación del diagrama isofootcandle por el factor de corrección como se muestra. Si el factor de corrección se requiere para otras alturas de montaje diferentes a las mostradas en la tabla, simplemente multiplique los niveles en luxes por el valor:

$$\underline{MH \text{ al cuadrado de la información}} = (\underline{MH})^2$$

$$mh al cuadrado propuesto (mh)^2$$

NOTA. No utilice este factor de corrección mh en las curvas de utilización.

#### Valores de flujo luminoso.

Los valores de flujo luminoso dan lúmenes de luz del luminario en cuadrantes: arriba, debajo de lado de la calle y del lado de la casa, y el total de lúmenes de salida del luminario (basados sobre 1000 lúmenes de salida de la lámpara. Ver factor de lámpara). Estos valores también se dan en por ciento de lúmenes nominales de lámpara. Este porcentaje representa exactamente la eficiencia del luminario

#### VALORES DE FLUJO LUMINOSO

	LúMENES	EFICIENCIA DE LA LAMPARA
LADO CALLE	620	62
HACIA ABAJO		
LADO CALLE	10	1
HACIA ARRIBA	_	
LADO ACERA	160	16
HACIA ABAJO		
LADO ACERA	10	1
HACIA ARRIBA		
TOTAL	800	80

#### Factor de lámpara.

Los valores de luxes, lúmenes y candelas de la curva fotométrica se ajustan para representar una lámpara que produce 1,000 lúmenes adentro del luminario. Por lo tanto, un factor de lámpara (LF) debe aplicarse cuando se utilicen estos valores en los cálculos.

Observe que esto permite a una curva fotométrica representar la distribución de más de una potencia de lámpara; por ejemplo lámparas de 250 y 400 w de vapor de sodio alta presión.

Multiplique los valores en lúmenes, candelas y luxes por:

## LF = <u>Lúmenes reales de la lámpara</u> 1000

Algunas curvas viejas presentan información basándose sobre los lúmenes de alguna lámpara en específico, que pueden ser o no los mismos lúmenes de salida de la lámpara que actualmente se utiliza. Si el valor en lúmenes es diferente, el factor de lámpara aplicable se calcula como sigue:

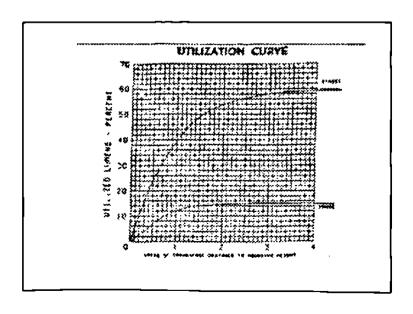
Factor de lámpara = (LF) <u>Lúmenes de la información fotométrica</u>

Lúmenes nominales actuales de la lámpara

El factor de lámpara nunca deberá utilizarse en la curva de utilización cuando calcule el espaciamiento o el promedio de iluminación en luxes.

#### Curva de utilización.

La curva de utilización, es la representación de la eficiencia del luminario que proporciona la cantidad de luz que incide en el arroyo y áreas adyacentes. La cantidad de luz que esta utilizándose o incidiendo en el área a ser iluminada, es dibujada como porcentaje del total de luz generada por el luminario para varios valores de distancia transversal (a través de la calle desde el luminario sobre el lado de la calle y de la casa) a la altura del montaje. El coeficiente de utilización para algún caso específico se obtiene de esta curva.



# 7.2 Guía de referencia rápida para la clasificación de iluminación de alumbrado público.

#### I. Distribución de iluminación vertical:

"larga" "media" "corta".

La distribución de la luz vertical está determinada por las áreas consideradas por las siguientes líneas transversales de la calle (TRL). Estas áreas son definidas como las zonas transversales de máximas candelas.

Distribución "corta" TRL = 1.00 MH a TRL = 2.25 MH

Distribución "media" TRL = 2.25 MH a TRL = 3.75 MH

Distribución "larga" TRL = 3.75 MH a TRL = 6.00 MH.

La localización del punto de máxima candela en estas zonas transversales de máxima candela determinan la clasificación de la iluminación vertical.

#### II. Control vertical.

"Cut-off" "Semi-cut-off" "Non-cut-off".

Los ángulos verticales de 90º y 80º son utilizados para clasificar el control vertical como se tabula:

Control vertical	Máxima intensidad emitida permisible.		
del luminario	900	800	
Cut – off	25 cd/1000 Im (2.5%)	100 cd/100 Im (10%)	
Semi – cut – off	50 cd/1000 Im (5%)	200 cd/100 Im (20%)	
Non - cut - off	No limitada	No limitada	

#### III. Distribución de iluminación lateral.

Clasificación "tipo" IES

Localice la ½ de la línea de máxima candela en el diagrama isofootcandle y note su posición relativa a la línea especificada longitudinal a la calle (LR). Este "tipo" se determina por la localización de la ½ de la línea de máxima candela en la curva isofootcandle para todas a excepción del Tipo V.

Tipo I: La mitad de la línea de máxima candela entre el área de ambos lados de la línea de referencia (LRL= 0 MH) y permanece entre el área con relación a LRL =1.0 MH en ambos lados de la casa y de la calle en la zona transversal de máxima candela.

TIPO II: La mitad de la línea de máxima candela no cruzan LRL= 1.75 MH sobre el lado de la calle en la zona transversal de máxima candela.

TIPO III: La mitad de la línea de máxima candela en el área comprendida de LRL = 1.75 a LRL = 2.75 MH, sobre el lado de la calle en la zona transversal de máxima candeal.

TIPO IV: La mitad de la línea transversal cruza a LRL = 2.75 MH en la zona transversal de máxima candela.

TIPO V: Cuando la forma tiene un círculo simétrico de la distribución de candela y es esencialmente igual en todos los ángulos laterales.

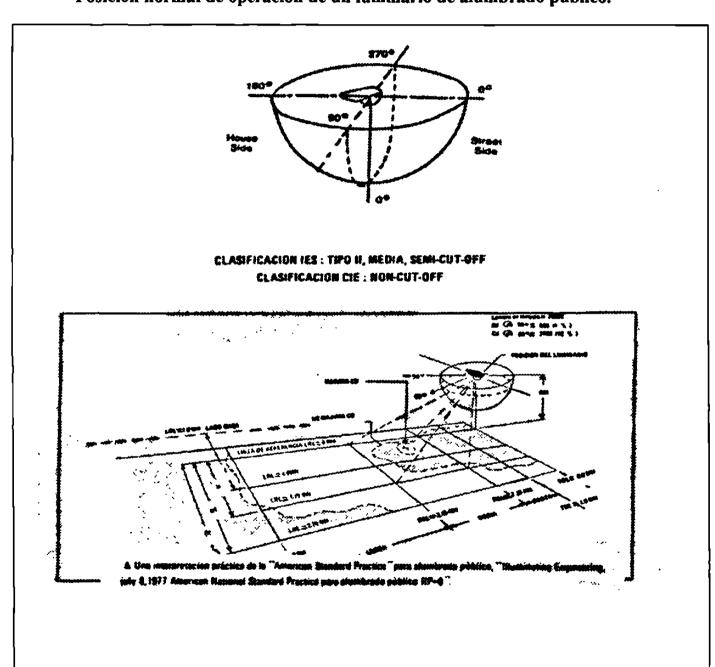
#### IV. Clasificación CIE (Comisión Internationale de L'Eclariage).

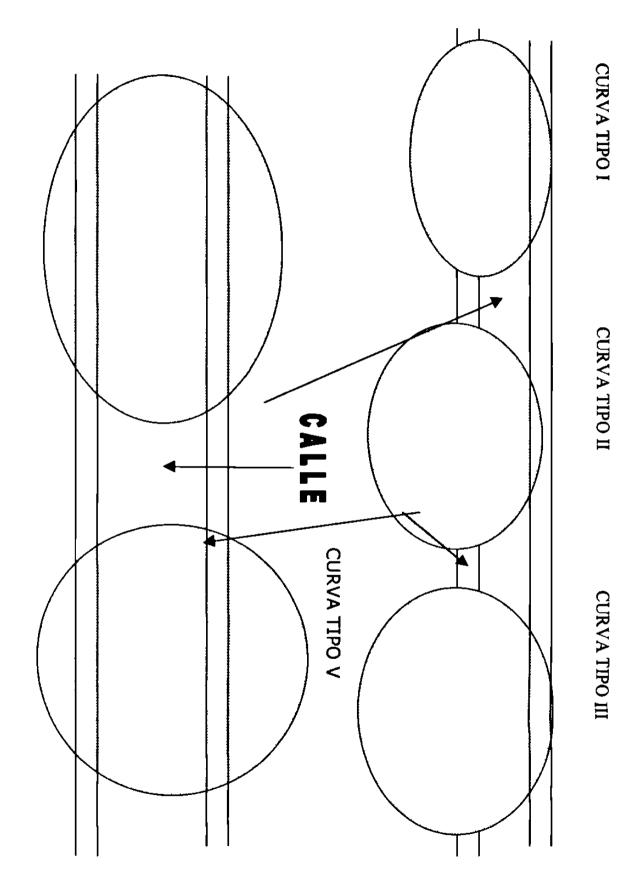
La clasificación CIE es relativamente sencilla dado a que se basa primeramente en el control vertical. El criterio está tabulada:

Tipo de	Localización del ángulo	Máxima intensidad	emitida permisible
luminario	vertical de máxima cd.	90°	80°
Cut-off	0 - 65 0	*10cd/100Im(1%)	30cd/1000Im(3%)
Semi-cut-off	$0 - 75^{0}$	*50cd/1000Im(5%)	100cd/1000Im(10%)
Non-cut-off		1000 cd	

<sup>\*</sup> Un máximo de 1000 cd, se permiten sin importar los lúmenes de lámpara.

### Posición normal de operación de un luminario de alumbrado público.





Tipos de curvas utilizadas en alumbrado público

## **CAPITULO 8**

## NIVELES DE ILUMINACION SEGÚN LA NORMA DE LA S.E.M.I.P.

# (SERCETARIA DE ENERGIA MINAS E INDUSTRIA PARAESTATAL)

# Y RECOMENDACIONES DE LA I.E.S.N.A. (ILLUMINATING ENGINEERGIN SOCIETY OF NORTH AMERICA)

#### Clasificación del área

#### Comercial:

El área de negocios de una municipalidad donde normalmente hay muchos peatones durante horas nocturnas. Esta definición se aplica a áreas de negocios de gran desarrollo, tanto dentro como fuera del centro de la municipialidad.

#### Intermedia:

Aquellas áreas de una municipalidad caracterizada por una moderna actividad peatonal nocturna, tal como zonas donde hay librerías, centros de recreación, grandes edificios de departamentos, edificios industriales o tiendas.

#### Residencial:

Areas destinadas para vivienda o mezcla de residencias y establecimientos comerciales pequeños, caracterizados por pocos peatones en la noche. Incluye zonas de habitación unifamiliares, y/o edificios de departamentos. Algunas zonas de oficinas o industriales caen en esta clasificación, si es consistente con la poca actividad nocturna de peatones.

## VALORES MINIMOS MANTENIDOS DE LURIMANCIA E ILUMINANCIA PARA ILUMINACION DE VALIDADES

	**************************************	PROMEDIO DE LUMINANCIA	UNIFORMIO LUMINAN	ic:a	RELACION DE DESLUMBRAMIENTO	**********
CLASIFICACION DE ARE VALIDADES	ASY	L( pre ) (ca/m <sup>3</sup> )	tproa Lmin	Loren	(MAXUMO) Ly alpro	
AUTOPISTAS Y CARRETI	eras	0.4	3.5 m 1	6a 1	53af	
VIAS DE ACCESO	COMERCIAL	10	321	541		
DONTROLADO EN ZOMÁ						
	INTERMEDIA	0.8	3#1	Sai	0.3a1	
	RESIDENCIAL	96	35 a 1	<b>\$</b> a 1		
VIAS PRINCIPALES	COMERCIAL	8.8	3#1	5m1		
	intermedia	<b>Ģ</b> €	3.5 # 1	est.	<b>4.4</b> 41	
	RESIDENCIAL	8.4	4#1	821		
ZAFRACHUDSS ZASV	COMERCIAL	Ω.8	Sal	10 a 1		
	INTERMEDIA	8.5	6a1	10 a 1	0.4 a 1	
	RESIDENCIAL	<b>9.3</b>	541	1041		

#### NIVELES DE ILLIMINACION RECOMENDADOS

	RECOMENDA			
CLASE DE AREA	CLASIFICACION DE CALLES	NIVEL DE LLIXES MANTENIDOS PROMEDIO MINIMO	UNIFORMICAD AVG/MIN. E/E	Lampara Sugerida
RECIDEN-	LOCAL	Y	5:1	LU70, LU100, LU150
CIAL	COLECTOR	•	<b>3:</b> 1	LU100, LU190
	MAYOR	. 12	3:1	LUM50, LUZ50
NTERME.	FOCAF	8	\$;1	LU100, LU190
DIA	COLECTOR	10	<b>9</b> :1	LU180, LU280
	MAYOR		<b>3</b> :\$	LUZRO,LUMOO
COMERCIAL	LOCAL	• C -	· 3 ·	- 0
	COLECTOR	14	3:1	LU250, LU400
	MAYOR	22	3:1	LUZSO, LUHCO, LUHCOO

#### Clasificación de la calle.

#### Mayor:

Parte de un sistema vial que sirve como red principal para el flujo de tráfico. Estas rutas conectan áreas de generación de tráfico importante con carreteras de acceso a la ciudad.

#### Colector:

Calles de distribución y colección de tráfico que conectan calles de categoría "mayor" con calles de categoría "local". Estas avenidas se usan principalmente para tráfico dentro de las áreas residenciales, industriales o comerciales.

#### Local:

Calles usadas principales para acceso directo a propiedades residenciales, comerciales o industriales, normalmente quienes transitan en esas calles, viven o trabajan en esa zona.

## **CAPITULO 9**

#### CALCULO DE ALUMBRADO PUBLICO

#### Cálculo del alumbrado de calles y carreteras

El cálculo del alumbrado de calles y carreteras se utilizará básicamente las mismas relaciones de lúmenes y áreas tal como se usa en el método de lumen que se sirve para el cálculo de alumbrado de interiores.- La diferencia existe en la forma de presentar e interpretar los datos fotométricos.

En la siguiente página encontrará una ilustración de la forma usual de presentar los datos fotométricos; dicha hoja corresponde a una luminaria tipo III y contiene toda la información necesaria para calcular un problema y además certificar predicciones.- Igualmente se pueden usar para comparar las características de los luminarios.

Un problema idealmente solucionado, sería cuando se logre con el máximo confort visual un nivel de iluminación constante en la superficie del lugar.

Los luminarios para la aplicación de alumbrado de calles deben tener una curva de distribución de la luz vertical y lateral tal que mediante su uso, se logre un nivel de iluminación constante.

La información fotométrica necesaria para calcular un problema, regularmente se proporciona mediante curvas que son llamadas: curvas de utilización, líneas isolux y curvas isofootcandle.

#### Curvas de utilizacion:

Las curvas de utilización son una medida de la cantidad de luz que cae sobre un plano horizontal enfrente o atrás de la luminaria, y por tanto mediante el uso de estas curvas se mide la fracción del flujo total producido por la luminaria que es utilizada en la calle, ya sea enfrente a la luminaria o sea el llamado lado calle, ya sea atrás de la luminaria, lo que comúnmente es llamado lado casa.

Los datos de la luminaria incluye los lúmenes emitidos por la lámpara, pero de estos en la propia luminaria son retenidos en cierta proporción dando una salida neta de la luminaria menor que los de la lámpara. Asimismo la luminaria emite una pequeña fracción de su luz de la horizontal hacia arriba que no es utilizada en iluminar la calle.

Todo esto es tomado en cuenta al momento de trazar las curvas de utilización de la luz y por tanto estas son trazadas para que nos digan cuánta luz cae sobre la calle como una fracción de los lúmenes nominales de la lámpara, pero no revela cómo es distribuida la luz; y debe, por esta razón, usarse en conjunto con las líneas isolux para obtener las verdaderas características de los luminarios.

Las curvas de utilización son dibujadas teniendo como abscisa la siguiente relación:

# <u>Distancia lateral lado casa o calle</u> Altura de montaie

#### Lineas isolux:

Por medio del uso de líneas isolux se puede mostrar como es distribuida la luz en un plano horizontal, todos los puntos sobre una línea isolux recibe los mismos lúmenes por unidad de superficie o sea todos los puntos de esas líneas tienen el mismo nivel de iluminación y por medio de la superposición de puntos sobre el plano que contiene dichas líneas se puede estudiar la uniformidad de la iluminación y sirve para determinar el nivel de iluminación sobre cualquier punto específico sobre la calle.

Las curvas isolux son hechas para una altura de montaje dada, pero la distancia horizontal está expresada en relaciones de la distancia real a la altura de montaje; los factores de corrección para otras alturas de montaje aparecen acompañando las líneas pero pueden calcularse de la siguiente manera:

Factor de corrección: Altura de montaje de las líneas isolux al cuadrado

Altura de montaje real al cuadrado

Igualmente, las curvas isolux son trazadas para una luminaria de determinados luxes, para luminarias del mismo tipo pero con otros lúmenes pueden obtenerse los niveles de iluminación de cualquier punto incrementado, disminuyendo los valores obtenidos en relación proporcional directamente a los lúmenes de la luminaria en uso.

Nivel promedio = <u>Lúmenes promedio de la lampara X Coeficiente de utilización X Factor de</u>

En servicio <u>mantenimiento de la luminaria</u>

En el servicio espaciamiento entre luminarias X ancho de la calle

O lo que es lo mismo:

Espaciamiento entre = (lúmenes por promedio) (coeficiente de) (factor de)

De la lámpara X utilización X mannto.

De la luminaria

Espaciamiento entre luminarias X ancho de la calle

Una modificación adicional a esta fórmula es necesaria para determinar la iluminación promedio sobre la pavimento cuando la fuente luminosa está en su mas bajo nivel de emisión. Para tales cálculos la fórmula se expresa así:

Nivel = (lúmenes de la lámpara) (factor de mtto.)

Mínimo al momento del (coeficiente de utilización) de la luminaria

Promedio reemplazo X X

Espaciamiento entre las

Luminarias X ancho de la calle

#### 9.2 CASO PRACTICO

Ejemplo de alumbrado público, partiendo de:

(W) ancho de calle = 50 feet.

(E) nivel de iluminación prom. Mantenido = 2 fc.

(MH) altura de montaje = 40 feet.

Distancia del poste a la orilla de la acera = 2 feet.

Longitud del brazo = 12 feet.

#### Curvas isocandle:

Otra manera de presentar la distribución de la intensidad luminosa es por medio de curvas isocandle. Las curvas representan los puntos de igual intensidad luminosa, cayendo sobre una superficie esférica que rodea la luminaria.

Como las curvas de todos los luminarios asimétricos son generalmente simétricas en el plano vertical en ángulo recto con la línea paralela a la calle, sólo es necesario mostrar la distribución de la luz en una hemiesfera.

#### 9.1 ARREGLOS

#### Ecuación para diseñar el alumbrado de calles

Tal como se menciona al iniciar este tema, en el diseño de alumbrado de calles se usa en principio el método de lúmenes solo con la diferencia que:

- a) Se calcula el espaciamiento entra luminarias y no el número total de luminarias a usar.
- Se usa un método diferente pero sencillo para el cálculo del coeficiente de utilización.
- c) Se requiere comprobar al final, si con la separación resultante del cálculo, se obtiene una distribución uniforme del nivel de iluminancia.

La fórmula del método de lumen dice:

No. de lámparas = (nivel de iluminación ) X área total a iluminar

Lúmenes por lámpara X coeficiente de

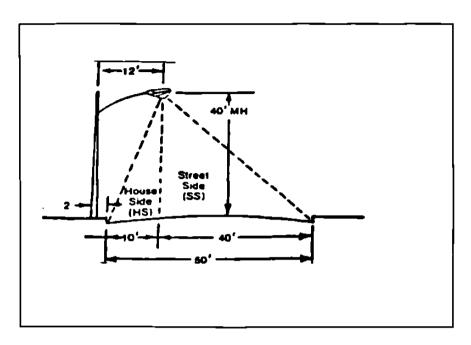
utilización X factor de mantenimiento

En el cálculo de alumbrado de calles, el número de lámparas se hace igual a la unidad y el área a iluminar es igual al área que le corresponde iluminar a esa luminaria o sea :

Area a iluminar = (ancho de la calle) X (espaciamiento entre luminarias)

Según estas consideraciones, la fórmula del método de lumen se convierte, para usarse en alumbrado de calles, en lo siguiente:

Información fotométrica (figura calle-poste, anexa).



#### Encontrar:

- a) Espaciamiento de luminarias a un solo lado para 2 fc.
- b) Uniformidad.

Seleccionamos (V.S.A.P. 400 watts).

#### Donde:

E = Nivel de iluminación en luxes.

LL = Lúmenes iniciales de lámpara.

LLD - Depreciación de lúmenes de lámparas.

LDD = Depreciación por suciedad en el luminario.

MF = Factor de mantenimiento.

W = Ancho de la calle.

CU = Coeficiente de utilización.

S = Espaciamiento de luminarios.

L = Lámpara LU 400 watts V.S.A.P.

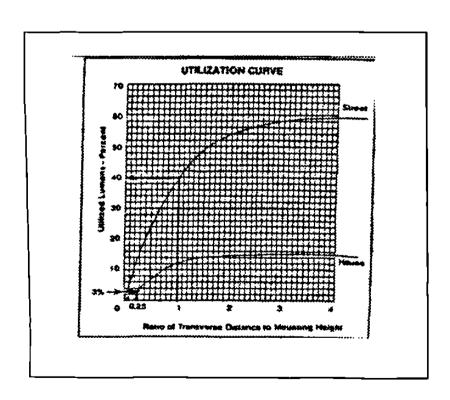
#### 9.3 Coeficiente de utilización.

$$CU_{LC}$$
 +  $CU_{LA}$   
 $CU_{LC} = \underline{DT} = \underline{50 - 10} = 1$  (de la curva de utilización  
 $MF$  40 corresponde un  $CU_{LC}$  =40%)

CU <sub>LA</sub> = 
$$\underline{DT} = \underline{10} = 0.25$$
 (corresponde un CU<sub>LA</sub> = 3%)  
MF 40

$$CU = CU_{LC} + CU_{LA} = 40\% + 3\% = 43\%$$

$$CU = 0.43$$



La ecuación para iluminación promedio es:

$$E = (LL) (CU) (MF)$$
(W) (S)

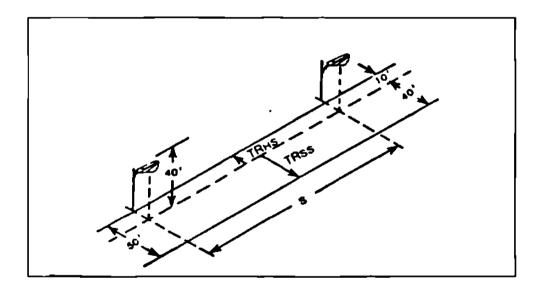
• 
$$MF = (LDD)(LDD)$$

$$MF = (0.73)(0.95)$$

$$MF = 0.69$$

a) Espaciamiento requerido:

$$S = (LL) (CU) (MF)$$
  $S = 50,000 \times 0.43 \times 0.69$   $S = 150$  feet.  
(E) (W)  $2 \times 50$ 

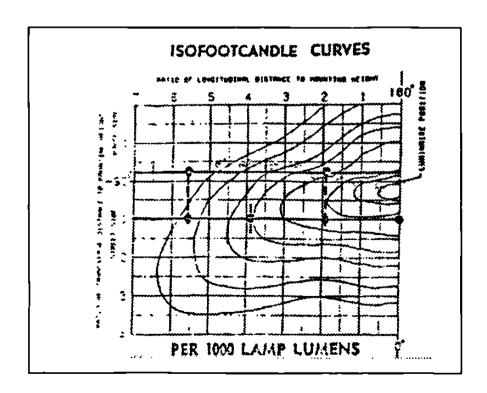


El valor mínimo de iluminación puede obtenerse estudiando el diagrama isofootcandle y considerando la contribución de luminarios en estudio. Generalmente el valor mínimo se encuentra longitudinalmente a la mitad del camino entre dos luminarios espaciados consecutivamente. Ahora este no es siempre el caso, ya que depende de la posición geométrica y la curva de distribución del modelo del luminario.

El nivel de iluminación significativa de los luminarios puede determinarse para los puntos P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>, etc., en forma de que estamos seguros de determinar el punto de mínima iluminación. Ver tabla anexa.

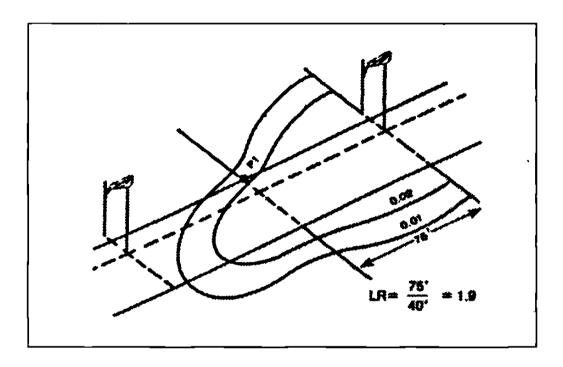
	1	Dist	ancia/ Alti	ura de Mo	ntaje	,			
	Radi	o Transv	ersai	Rad	io Longitu	dinal			
	P <sub>1</sub>	Pz	P <sub>3</sub>	P,	Pz	P <sub>3</sub>	P,	P <sub>2</sub>	Р,
A	-0 25	1.0	1.0	5.6	5.6	7.5	-	0.0014	
В	-0.25	1.0	1.0	1.9	1.9	3.8	0.0150	0.0350	0.0100
С	-0.25	1.0	1.0	1.9	1.9	0	0.0150	0.0350	0.0400
D_	-0.25	1.0	1.0	5.6	5.6	3.8		0.0014	0.0100
				Tot	ales		0.0300	0.0728	0.0600

Los valores tabulados abajo como coordenadas corresponden a los valores de iluminación que se leen en la curva isofootcandle.



El valor más bajo total de piescandelas es seleccionado de la tabulación. Este valor sería de 0.03 candelas (0.15 piescandelas de cada luminario) y está localizado en P<sub>1</sub>.

La siguiente figura muestra una visión en perspectiva de dos líneas de isopiescandelas que son consideradas cuando se determina el valor de iluminación en P<sub>1</sub>.



Los siguientes factores no deben ser aplicados a éste valor "crudo" de piescandelas como se muestra en la siguiente fórmula:

 $FC \min - (fc) (LF) (MF) (CF)$ 

FC mín - Punto mínimo de piescandelas.

fc = Piescandelas crudas totales del diagrama de isopiescandelas.

LF = Factor de la lámpara.

MF = Factor de mantenimiento.

CF - Factor de corrección de altura de montaje.

El punto mínimo de piescandelas es (0.030) (50) (0.69) (0.56) = 0.58. Por lo tanto, la tasa de uniformidad del promedio al mínimo sería.

$$\frac{2}{0.58}$$
 = 3.4 tasa de uniformidad.

#### 9.4 Iluminación con postes altos

#### Iluminación con superpostes:

Se refiere al uso del grupos de luminarios montados en postes de 20 m. o más de altura. Sus usos principales son los intercambios viales y estacionamientos, aunque se usa también en otro tipo de áreas.

La iluminación con superpostes es de gran interés entre otras cosas por la buena uniformidad que se logra en grandes distancias, siempre y cuando no se exceda el s/mh respectivo.

En general resulta más económico usar lámparas de mayor potencia a mayores alturas, que usar potencias menores a menor altura y con espaciamientos menores.

#### Ventajas:

- Sistema más económico.
- Mayor limpieza visual.
- Mejor uniformidad en mayores distancias.
- Mantenimiento más sencillos (si cuenta con sistema móvil).

Las alturas típicas de postes altos son:

20 m

25 m

30 m

Un criterio para la selección adecuada, sería el espaciamiento necesario para cubrir un área que deba quedar libre de postes.

#### Metodología:

- Clasificación del área (visto anteriormente).
- Clasificación de la calle (visto anteriormente).
- Clasificación del nivel de iluminación (visto anteriormente).
- Selección de la altura del poste.
- Determinación del número de postes.

- Selección del luminario.
- Determinación del número de luminarios por poste.
- Ubicación.

#### Determinación de la altura del poste

Un poste cubre eficientemente una distancia de 4 alturas de montaje, o sea un área de un circulo cuyo diámetro sea 4 mh. Sin embargo es común tener un espaciamiento entre 4 y 5 mh. El número de postes será entonces la necesaria para iluminar adecuadamente según la combinación anterior de requerimientos.

#### Selección de luminarios.

#### Básicamente existe dos tipos de iluminación:

- Luminarios de alumbrado público.- Su coeficiente de utilización es más alto y con menos deslumbramiento.
- Reflectores .- Su principal ventaja es que se pueden crear patrones asimétricos. Es más versátil.

#### Determinación del número de luminarios por poste.

El área cubierta por un poste es de:

$$Ap = (mh \times 2s)$$

El #número de luminarios por poste será:

$$N^{\circ} = \frac{EXAp}{fXfmXcu}$$

# = Número de luminarios por poste.

E = Nivel de iluminación (lux).

Ap = Area / poste (m\*2).

F = Flujo luminoso (lumen).

Fm - Factor de mantenimiento.

Cu = coeficiente de utilización.

#### Ubicación:

El método más sencillo para ubicar los postes es el método gráfico.

Debe determinarse el nivel de iluminación en los puntos (e1, e2 y e3) mediante la curva isolux correspondiente, además del nivel promedio para 2.0 y 2.5 mh.

#### Coeficiente de utilización:

Lado acera lado calle

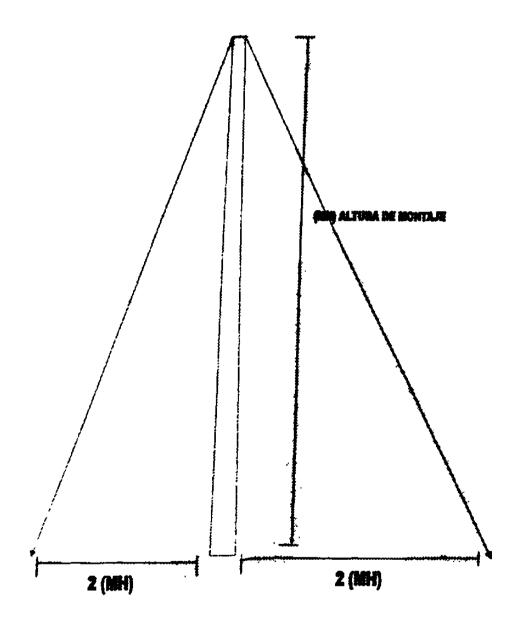
Cu = cu + cu

lado calle lado acera

#### Notas:

- La uniformidad prom./mín. deberá ser menor de 3:1 y se aplica a los tramos de carretera que se transitan.
- Los niveles de iluminación cuando se traslapan los círculos, se suman.

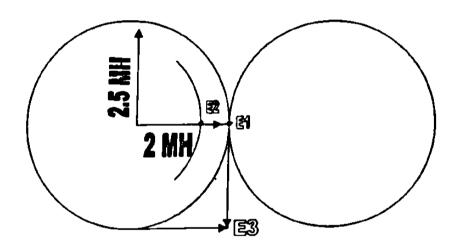
## Determinación de la altura del poste.



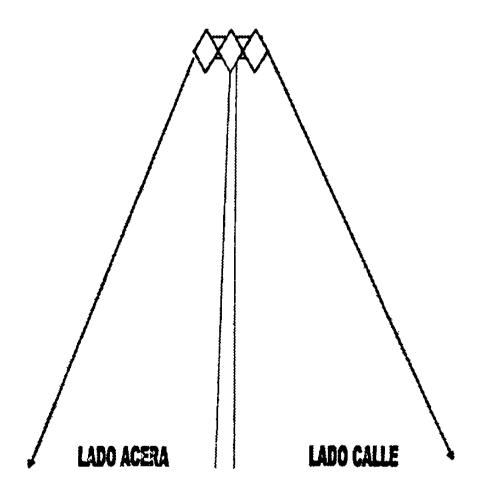
Un poste cubre eficientemente una distancia de 4 alturas de montaje, es decir, un área de un círculo cuyo diámetro es de 4 mh. Sin embargo, es común tener un espaciamiento de entre 4 y 5 mh.

## Ubicación por medio del método gráfico.

Debe determinarse el nivel de iluminación en los puntos (e1, e2, e3) mediante la curva isolux correspondiente además del nivel promedio para 2.0 y 2.5 mh.



#### Coeficiente de utilización.



CU(TOTAL) = CU (LADO CALLE) + CU (LADO ACERA)

#### Iluminación de túneles.

#### Definición de túnel:

Un túnel es definido como una estructura en un camino el cual restringe la iluminación normal de la luz del día de tal manera que la visibilidad del conductor es substancialmente disminuida.

#### Clasificación de túneles.

#### **Túneles cortos:**

Cuando la distancia es igual o menor que la distancia de frenado segura.

#### Túneles largos:

Cuando la distancia es mayor que la distancia de frenado segura o bien tiene una alineación o curvatura tal que impide al conductor ver el final del túnel.

#### Túneles divididos o individuos:

Cuando cuenta con estructura que delimita el tráfico por su sentido.

#### Bajopasos o sobrepasos:

Cuando la longitud del paso no excede el ancho del carril por el que pasa.

Factores que influencias la necesidad de iluminación de un túnel:

- a. Entorno general.
- b. Localización geográfica.
- c. Condiciones climáticas.
- d. Orientación de la estructura del túnel.
- e. Velocidad del tráfico.
- f. Volumen del tráfico.
- g. Materiales usados en la construcción del túnel.
- h. Estructuras divididas o no divididas.
- i. Aditamentos o adornos especiales.

#### Visibilidad en el área de acercamiento y el portal del túnel.

#### General:

Requiere de una orientación entre las instancias de ingeniería, de diseño, estructurales y de arquitectura para proveer las mejores condiciones de visibilidad en esta área. La reunión de criterios debe darse al inicio del proyecto.

#### Tipo de pavimento en el área de aproximamiento:

Dado que la adaptación del ojo antes de entrar a un túnel es afectada por el pavimento inmediato exterior, debe proveerse una superficie ennegrecida antes del umbral.

#### Efecto "hoyo negro":

Esto se debe a las diferencias entre las luminarias externas e internas. Ocurre cuando el conductor disminuye su velocidad ya que no alcanza a distinguir si el camino adelante esta despejado.

#### Efecto "apagón":

Los conductores que entren a un túnel a una velocidad relativamente alta, requerirá de cierto tiempo para que el ojo se adapte a las nuevas condiciones de visibilidad. Si la zona del umbral es demasiado corta el tiempo de adaptación será también muy corta, resultando así el efecto apagón.

Podemos entonces, identificar la zona del umbral, que debe ser por lo menos de una distancia de frenado seguro. La zona de transición, que debe ser de por lo menos igual longitud. (Véase tabla de distancias de frenado seguro). La iluminación del túnel puede ser reducida gradualmente por hasta sobrepasar estas dos etapas iniciales primordiales.

Factores a considerar en la luminancia en las superficies interiores de un túnel:

- Características de arquitectura o tipo de túnel.
- Características reflectivas del techo, paredes y piso.
- Anchura del túnel.

Distancia de frenado seguro en pavimento mojado (según la AASHTO, American Association of State Highway and Transportation Officials).

VELOCIDADES	VELOCIDADES DEL TRAFICO		RA DE FRENADO
Km/h	Mph	Metros	Pies
50	30	60	200
60	40	90	300
80	50	140	450
90	55	160	530
100	60	190	620
110	65	220	720

## Capitulo 10

#### CASO PRACTICO

#### DISEÑO DE ALUMBRADO DE LA AV. FIDEL VELAZQUEZ

#### ESTUDIO DE ALUMBRADO

#### **OBJETIVO:**

Determinar el Sistema de Alumbrado mas recomendable desde el punto de vista funcional y operacional al menor costo posible, y además que cumpla con las normas de diseño recomendadas por la SEMIP ( Secretaría de Energía Minas e Industria Paraestatal de Oct. 10 '94 ) y también con las recomendaciones de IES Iluminating Engineering Society ).

Por otra parte también hacer estudios económicos comparativos para determinar los costos totales de Alumbrado por KM. de avenida y por año para cada sistema de los analizados sin sacrificar niveles de iluminación por debajo de las normas.

#### **NIVEL DE ILUMINACION**

Los Niveles de Iluminación recomendados para este tipo Avenidas son según lo especificado por la SEMIP y la IES, son las siguientes :

Se recomiendan como niveles de iluminación aceptables

NORMA	TIPO DE	TIPO DE	NIVEL	UNIFORMIDAD
	AVENIDA	AREA		
SEGÚN SEMIP	VIA	AREA		
	PRINCIPAL	COMERCIAL	12 LUXES	3 a 1
SEGÚN LA IES	EXPRESSWAY	COMERCIAL	15 LUXES	
			(1.4 FC)	3 a 1

ALTERNATIVA	ANTERIOR	PROYECTADO
LUMINARIOS POR	50	28
MILIMETRO		
CARGA EN WATTS POR	23250	13020
MILIMETRO		
POSTES	25	14
DISTANCIA	40 mts.	72 mts.
INTERPOSTAL	}	
ALTURA DE MONTAJE	10 mts.	13 mts.
NIVEL DE ILUMINACION	25 Luxes	15 Luxes
UNIFORMIDAD	6.62	2.56
LUMINOSA		

Es importante destacar que el alumbrado anterior no cumplió con la uniformidad luminosa ya que debe tener una relación de 3 a 1 máximo y aun que el nivel promedio de iluminación es mayor (25 Luxes) es aun más importante la uniformidad luminosa que el nivel de iluminación.

Para este proyecto se selecciona el valor mínimo de 15 (Quince) Luxes mantenidos durante toda la vida útil de las lámparas.

#### UNIFORMIDAD

Para estas aplicaciones se recomienda un factor de uniformidad no mayor de:

#### 3 a 1 PARA CONFORT VISUAL Y SEGURIDAD

Que es el aceptado por ambas normas antes mencionadas.

La fotometría del equipo de iluminación representa la eficiencia del sistema ya que

 Es mejor poca luz distribuida uniformemente en un tramo largo de carretera (Uniformidad Luminosa)

vs

Mucha luz en un tramo menor de carretera con sombras en medio de los luminarios
 (Z - Efecto Zebra)

#### SISTEMA DE ILUMINACION

Se ha seleccionado el sistema de vapor de sodio alta presión, por su alta eficiencia

( Lúmenes por Watt ) y control de Distribución fotometrica por ser puntiforme la fuente luminosa.

El luminario seleccionado es tipo OV-25, Marca General Electric, Cat. M4AR40STAlGMS32 con curva de distribución perfeccionada y cristal de alta distribución luminosa. Siendo su equivalente en la Marca Lumisistemas el Modelo Cromalite \*400, Cat. CRS7F35. Ambos luminarios son para operar una lámpara de 400 Watts, en Vapor de Sodio Alta Presión.

#### DISTACIA INTERPOSTAL

Actualmente las distancias utilizadas son cuarenta metros ( 40 Metros ) pero después de hacer las comparaciones de niveles de iluminación, uniformidad y eficiencia luminica que cumple con los niveles mínimos recomendados, se encontró

que una distancia interpostal hasta setenta y dos metros satisface los requerimientos de las dos normas como se muestra en las gráficas que se adjuntan la páginas que se han obtenido de los programas de General Electric para lisis de Instalaciones de alumbrado en vías publicas ( Aladan II GE Lighting Systems ).

#### ARREGLO ( UBICACIÓN DE POSTES

Los postes se colocan sobre la barrera central de 85 cm. de alto, el poste que mide 11 mts. de altura, con brazos dobles que se elevan a 1.15 mts. mas y a cada 72 metros de separación por razones de modulación en este proyecto en particular.

#### ANCHO DE CALLE

La avenida tiene cinco carriles en cada dirección en este tramo lo que representa un ancho de 17.5 metros en cada cuerpo.

Altura de montaje 13 mts.

Longitud dei brazo 2.40 mts.

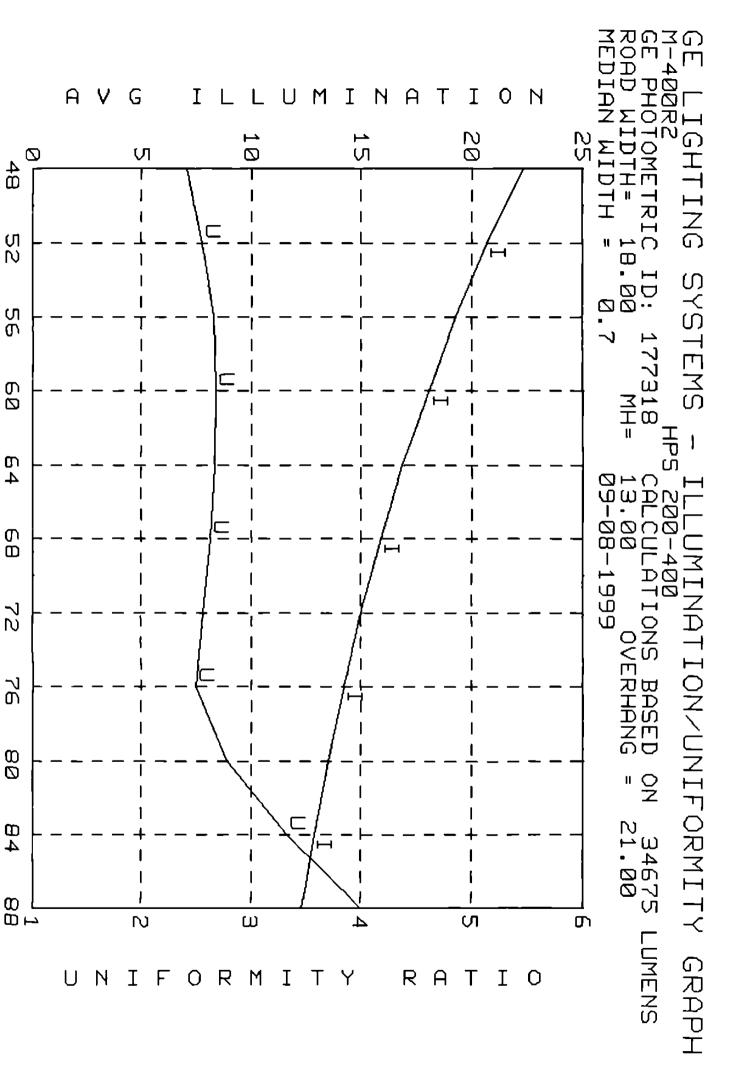
Nivel de Iluminación 15.02 luxes

Uniformidad luminosa 2.56

#### **ANALISIS**

Para determinar la Distribución luminosa se han utilizado los programas de computadora y los resultados se anexan en las páginas No.

Para la comparación de sistema propuesto con otras alternativas de solución de alumbrado, se ha utilizado una tabla comparativa que resume los resultados de los siguientes sistemas.



# GE LIGHTING SYSTEMS 09-08-1999 16:54:56

00A2 CUTOFF

HPS 400

PHOTOMETRIC ID: 177620 29200 LUMENS

DWAY WIDTH= 18.0, MH= 10.0, CURB OVERHANG= 21.0

IAN WIDTH = 0.7,

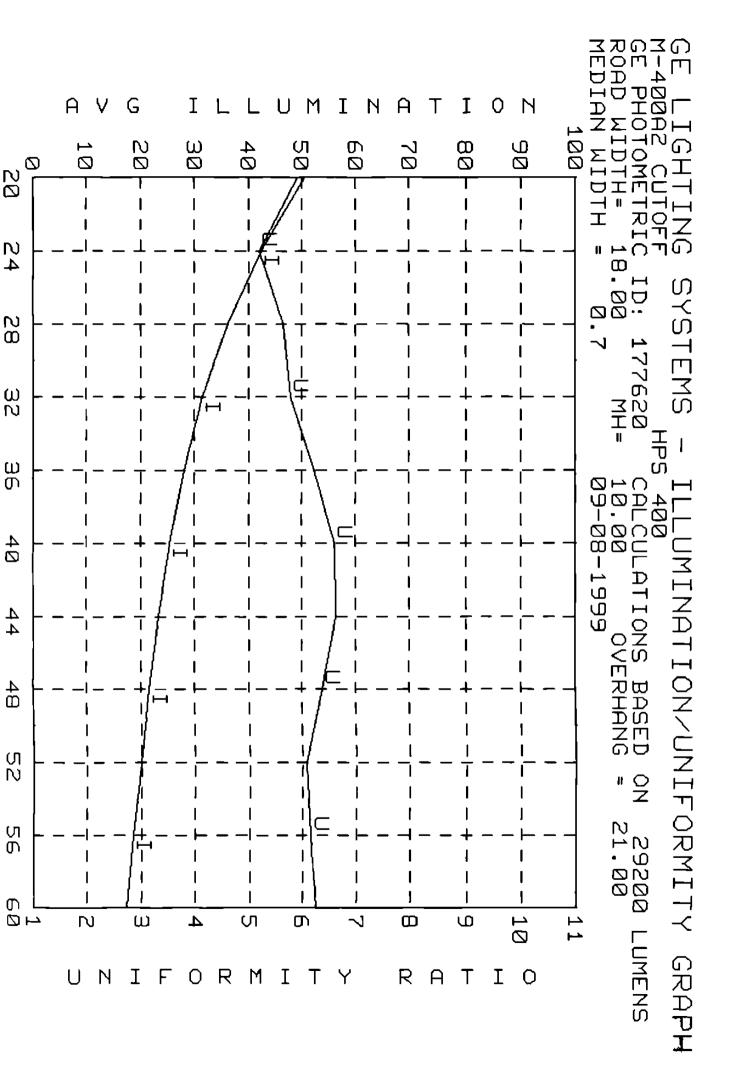
CING= 40 OPPOSITE ACROSS MEDIAN

	0.0	<b>Ε</b> Λ	10 0	15 0	20 0
	*	*	*	*	*
.00	4.68	5.16	5.52	4.76	3.84
.50	12.13	11.70	12.63	11.15	9.00
.00	21.74	21.67	24.45	26.43	23.37
.50	23.83	27.02	43.66	71.41	55.10
.00	20.22	25.81	36.99	65.90	66.74

### ILLUMINANCE SUMMARY

HORIZONTAL GRID SPACING	5.00	VERTICAL GRID SPACING	4.50
MAXIMUM GRID POINT VALUE	71.41	MINIMUM GRID POINT VALUE	3.84
AVERAGE OF 25 GRID POINTS	25.40	UNIFORMITY RATIO AVG/MIN	6.62
INIFORMITY RATIO MAX/MIN	18.61	NO. OF LUMINAIRES USED	8 00

mal deviations in luminaire installation, lighted area geometry, ctrical supply, lamp tolerances, luminaire tolerances, and obstructions ain the lighted space may produce illumination levels different from the ve predicted values.



### **COMENTARIOS:**

- 40% MENOS DE CONSUMO DE ENERGIA ELECTRICA
- 48% MENOS DE MANTENIMIENTO
- 48 % MENOS DE POSIBILIDAD DE PERCANSES VIALES EN POSTES
- EXELENTE UNIFORUDAD LUMNOSA
- · ·MAYOR VIDA UTIL DE SUBESTACION ELECTRICA CABLES, UNIDADES DE ENCENDIDO, FOTOCELDAS POR TRABAJAR UN 48% DE MENOR CARGA ELECTRICA.

### Programa de mantenimiento de alumbrado público

En alumbrado público el mantenimiento recae prácticamente en

- 1.- Cambio de lámparas
- 2.- Cambio de balastros
- 3.- Revisión de unidades de encendido ( Amperaje y voltaje en circuitos
- 4.- Limpieza de luminarios (suciedad).

### 1.- Cambio de lámparas

La vida de la lámpara (foco) de V.S.A.P. es de 24,000 horas. La depreciación de lúmenes en el transcurso de la vida es de .73 al final de la vida. Se recomienda el cambio cada 4 años ( 16,000 horas de operación ).

Esta pérdida nos representa de acuerdo al fabricante

- · 20 % de lámparas apagadas
- · 15 % de pérdida de luz

Nota: en el diseño de alumbrado público se consideran los lúmenes al final de la vida de foco, es decir, una pérdida de luz de 27% a 24,000 horas.

#### 2.- Cambio de balastros

La vida promedio de éste es de mas de 20, 000 horas de operación y lo que mas le afecta son las variaciones de voltaje.

Nota: en la revisión de unidades de encendido voltaje y amperaje) se detectan posibles fallas en balastros y cortos en el sistema.

### 3.- Limpieza de luminaríos ( suciedad)

La suciedad en un luminario es un factor de pérdida de luz debido a la disminución de reflexión (eficiencia) de los lúmenes de salida de luminario y la temperatura dentro de mismo hace que las partículas de suciedad, polvo, gases, etc. se horneen y queden adheridas desminuyendo la especularidad de reflector, es decir, perdiendo productividad.

Nota: se recomiendan luminarios sellados y filtrados con filtro de carbón activado y empaque E.P.T. (etileno, propileno, termopolímero).

### 4.- Revisión de unidades de encendido (amperaje y voltaje en circuitos)

Este punto es muy importante ya que un corto circuito o falla de tierra representa fallas continuas de encendido y apagado de sistema con el consiguiente incremento en el consumo de energía eléctrica y la disminución de la vida de los equipos.

Una fotocelda en mal estado implica que el alumbrado no prenda a tiempo, encienda antes o quede en operación ininterrumpida por día y noche, siendo esto desperdicio de energía eléctrica y disminución de vida de los equipos.

### Recomendaciones

Sugerimos que todo el alumbrado se alimente eléctricamente a través de subestación, ( con tarifa en alta tensión por ser mas económica ) unidades de encendido, y luminarios nuevos instalados en postes metálicos para lograr mejor distribución de iluminación y menor consumo de energía eléctrica.

### **CAPITULO 11**

### **ANALISIS ECONOMICO**

Información necesaria para preparar un análisis económico comparativo de alumbrado público.

Tanto el costo inicial como el de operación afectan el diseño de un sistema de iluminación. No hay seguridad para distinguir entre excelente y buena iluminación, buena y promedio, promedio y pobre. No existe un camino fácil para predecir el valor exacto de un sistema de iluminación que proporcione seguridad, moral de conductores y peatones y sobre todo visibilidad; es dificil evaluar la importancia de la iluminación en pesos y centavos.

No obstante los ingenieros consultores pueden equilibrar los costos, comparando los resultados obtenidos en el desarrollo de un sistema de iluminación confiable para una gran extensión, de acuerdo con lo presente, sobre experiencias previas obtenidas en la solución de problemas parecidos.

En la tabla 1 se muestra la información necesaria a considerar, para realizar dicho estudio. En algunos casos, no todos los factores pueden ser aplicados.

Pero cuando este método se utiliza en la determinación de factores individuales para incluirse en un análisis económico, hay que recordar que usted es un comprador de iluminación y no de luminarios. Por lo tanto, el resultado a comparar, siempre será en términos de "pesos-por-lux".

### El análisis económico total deberá incluir:

- 1) Inversión inicial en equipo
- 2) Trabajo inicial
- 3) Cálculos de iluminación
- 4) Costo anual
- 5) Materiales y mano de obra anual por mantenimiento

- 6) Costo anual de luminarios (Amortización)
- 7) Costo relativo de luz

# Identificación del trabajo

Areas y Calle (Tensión de alimentación)	Información de Entrada		Sistemas	e m a s	
Unidades utilizadas en la comparación	Identificación del luminario	I	H	III	IV
Cantidad de luminarios.	Especificados				
Costos por luminario.	€9				
Número de postes.	Especificados				
Altura de montaje.	X				
Poste + brazo.	€\$	_			
Número de lámparas / luminario.	Especificados				
Costo de lámpara	€9				
Factor de utilización.	Calculado				
Factor de mantenimiento.	Especificado				
Nivel de iluminación.	Luxes				
Kw / luminario.	Especificado				
Operación anual.	Horas / año				
Período de reemplazo.	Horas				
Reemplazo de lámparas / luminario.	Horas – hombre				
Tiempo de limpieza / luminario.	Horas – hombre				
Areas de espaciamiento.	M <sup>2</sup> o m.				
Postes (madera, lámina, etc.).	Especificados				
Costos por cimentación.	<b>∽</b>	_			
Costo por cimentación.	€				

Costo de parado de poste.	\$	
Costo de instalación de luminario.	<b>69</b>	
Costo de trabajo de mano de obra por mantenimiento / horas		
hombre.	\$	
Costo de energía / KWH.	Horas – hombre	
Tiempo de pintura / poste.	\$ / Kw / Mes	
Carga demandada.	Horas – hombre	
Tiempo al lugar de remplazo.	% / 100	
Cantidad de lámparas remplazadas en el lugar.		_
Número de limpiezas al año.	Especificados	

ANALISIS ECONOMICO DEL CASO PRACTIC	O DEL CASO PRACTI	CO:
AVE. FIDEL VELAZQUEZ, MONTERREY, N.L.	EZ, MONTERREY, N.L.	
DESCRIPCION	ALTERNATIV A	
	A	В
LUMINARIO	M400R2	M400A2
LAMPARA	V.S.A.P. 400 WATTS	V.S.A.P. 400 WATTS
CRUVA FOTOMETRIJCA	177318	177620
LUMENES INICIALES POR LUMINARIO	50,000	50,000
DURACION DE LA LAMP EN HS A 11 HS DE ENCENDIDO	24,000	24,000
WATTS TOTALES POR LUMINARIO	465	465
COSTO PROMEDIO KWH	\$ 1.00	\$ 1.00
HORAS DE OPERACIÓN ANUALES	4,015	4,015
DEPRECIACION DE LUMENES DE LA LAMPARA (LLD)	0.73	0.73
DEPRECIACION POR SUCIEDAD DE LUMINARIO (LDD)	0.95	0.8
LUMENES EFECTIVOS MANTENIDOS POR LUMINARIO	34,675	29,200
NIVEL DE ILUMINACIÓN MATENIDO PROMEDIO (LUXES)	15.1	25.4
UNIFORMIDAD LUMINOSA	2.56	6.62
ESPACIAMENTO DE LOS LUMINARIOS MTS	72	40
NUMEROS DE LUMINARIOS	26	50
C STO POR LUMINARIO	\$ 1,950.00	\$ 1,730.00

85	1.785	1	COSTO ANUAL OPERACION - RELATIVO
55	1.555	1	INVERSION INICIAL RELATIVO
1.00	98,72	\$ 55,283.00	COSTO ANUAL TOTAL
5.00	93,34	\$ 52,275.00	COSTO TOTAL ANUAL DE LA ENERGIA
3.00	4,20	\$ 2,350.00	COSTO ANUAL M. DE O POR REEMPLAZAR LAMPARAS
5.00	3 1,176.00	\$ 658.00	COSTO ANUAL DE LAS LAMPARAS REEMPLAZADAS
4	8.4	4.7	NUMERO DE LAMPARAS REEMPLAZADAS POR AÑO
3 218,500.00	218,5	\$ 140,532.00	INVERSION INICIAL TOTAL
3.00	4,37	\$ 5,019.00	COSTO TOTAL INICIAL POR LUMINARIO
.00	140	\$ 140.00	COSTO NETO DE LAS LAMPARA POR LUMINARIO
3.00	1,000	\$ 1,000.00	COSTO M.DE O EST POR ÎNSTALAR CADA LUMINARIO
3,000	1,50	\$ 1,929.00	COSTO ESTIMADO POR POSTE

# **COMENTARIOS:**

- 40% MENOS DE CONSUMO DE ENERGIA ELECTRICA
- 48% MENOS DE MANTENIMIENTO
- 8 % MENOS DE POSIBILIDAD DE PERCANSES VIALES CON LOS POSTES
- EXELENTE UNIFORMIDAD LUMNOSA
- MAYOR VIDA UTIL DE SUBESTACION ELECTRICA CABLES, UNIDADES DE ENCENDIDO, FOTOCELDAS POR TRABAJAR
- CON UN48Y CON MENOS CARGA ELECTRICA.

   CON UN48Y CON MENOS CARGA ELECTRICA.

   CON UN48Y CON MENOS CARGA ELECTRICA.

   CON UN48Y CON MENOS CARGA ELECTRICA.

## **CAPITULO 12**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

El alumbrado público es indispensable para reducir los accidentes viales, el vandalismo y minimizar las horas de recorrido de los automovilistas ya que al contar con alumbrado se incrementa la velocidad vehicular ( reduciendo tiempo de traslado ) pero se tiene que contar con personal profesional en la materia que dirija el alumbrado público de una localidad para optimizar y minimizar la cantidad de equipos instalados y con mejoras en los niveles de iluminación y uniformidad con los beneficios de menor inversión inicial y reducción del consumo de energía eléctrica, logrando con esto menor gasto de mantenimiento y operación de los sistemas de alumbrado.

## **BIBLIOGRAFIA**

### **ILLUMINATING ENGINEERING SOCIETY OF NORTH AMERICA 1995**

### 8 TH EDITION

### **LIGHTING HANDBOOK**

**G.E. LIGHTING SYSTEMS** 

MAKING THE WORLD BRIGHTER

**G.E. LIGHTING SYSTEMS** 

HENDERSONVILLE, NC ABRIL 1993

H.I.D. LIGHTING APPLICATION PROGRAMS & FOTOMETRY

# LISTADO DE TABLAS

i adia		Página
	Tareas prácticas realizado por el IERI	26
2.2	Valores de luminancia para tareas típicas	27
2.3	Valores de luminancia para tareas típicas	27
3.1	Sistema de Internacional de Unidades	47
3.3	Términos usuales en iluminación	47
5 2	Distribución de la potencia de entrada en lámparas típicas de descarga de	110
	alta intensidad de 400 watts	
5.2	Valores mínimos mantenidos de luminancia e iluminancia para	148
	iluminación de vialidades	
	Niveles de iluminación recomendados	148

# LISTADO DE GRAFICAS

Figura		Página
2.8	Campo normal de visión de un par de ojos humanos	23
2.9	Relación entre la iluminación eléctrica y la luz diurna	23
2.10	Defectos estadísticos de la vista con la edad	24
2.11	Factores de la visión	25
2.12	La abertura en la letra C es el detalle crítico	24
2.13	Iluminacion constante sobre superficies que reflejan diferentes	24
	cantidades de luz	
2.14	Iluminación constante sobre superficies que reflejan diferentes	26
	cantidades de luz	
2.15	Factor del tiempo en la visión	25
2.16	Todas las tareas desconocidas pueden relacionarse con el avalador de	28
	tareas visuales a esta curva de un disco circular de cuatro minutos	
3.1	Relación que existe entre un área esférica su radio y el ángulo sólido,	39
	el ángulo sólido subtenido por el área A,B,C,D, es de un	
	estereorradian (ángulo sólido área esférica/radio 2) en una esfera hay	
	4 esterradianes	
3 2	Ley Cuadrática Inversa. Iluminación normal sobre un punto (área	40
	finitamente pequeña), las superficies de todo el puntos son	
	perpendiculares a la dirección de la energía, cuando las superificies	
	se vuelven muy pequeñas, puede suponerse que son planos sin	
	detrimento notable en la exactitud	
3.3	Ley Cuadrática Inversa. Iluminación sobre superficies esféricas	40
3.4	Ley del coseno	41
3.5	Ley de coseno e iluminación	41
3.6	Reflexión rectangular	42
3 7	Reflexión extendida	42
3.8	Reflexión mixta	43

3.9	Reflexión difusa completa	43
3.10	Refracción	44
3.11	Transmisión extendida	45
3.12	Transmisión totalmente difusa	45
5.1	Espectro continuo. Distribución espectral de energía en la región	83
	visible característica de filamentos de tungsteno de igual wattaje,	
	pero diferente temperatura	
5 2	Espectro de línea. Distribución espectral de energía típica de una	83
	lámpara transparente de mercurio	
5.3	Espectro combinado continuo y de línea. Curvas de distribución de	84
	energia espectral en lámparas fluorescentes típicas	
5.5	Curva de depreciación para fuentes típicas de filamento	85
	incandescente	
5 6	Curva de mortalidad promedio para un grupo de lámparas de	85
	filamento Incandescente	
5.7	Lámpara de filamento incandescente	86
5.8	Formas típicas de filamentos	86
5.9	Formas típicas y designación de las bombillas	88
5.10	Algunas bases de lámparas incandescentes	90
5.11	Los filtros dicroicos de interferencia internos de las lámparas PAR	91
	les permite separar selectivamente la energía radiada por el filamento	
5.12	Distribución típica de la luz en lámparas de reflector plateado	91
5 13	Lámparas Tungsteno – Halógeno	92
5.14	Eficacia y vida relativa de varias lámparas de filamento de 100 watts	93
5.15	Ennegrecimiento de una lámpara. Corrientes de convección dentro	93
	de una bombilla con gas, mostrada a la izquierda con la base hacia	
	arriba y a la derecha con la base hacia abajo	
5.16	Temperatura de color	94
5 17	Características típicas de lámparas incandescentes	95
5 18	Funcionamiento de la lámpara fluorescente	95
5.19	Corte de una lámpara fluorescente del tipo de cátodo caliente y	96

	arranque precalentado que muestra unos electrodos típicos	
5.20	La lámpara fluorescente existe en configuraciones rectas, en forma	97
	de "U" y circulares de varios diámetros	
5.21	Sección amplificado de un electrodo de cátodo caliente	98
5.22	Diagrama de cromaticidad CIE, que muestra algunas lámparas	98
	fluorescentes blancas y de color en relación con la curva de un	
	cuerpo negro	
5.23	Circuito de pre-calentado que utiliza un reactor para una sola	99
	lámpara con condensador	
5.24	Distribución de energía en una lámpara fluorescente de color blanco	100
	fresco	
5.25	Curva típica de mantenimiento de la salida luminosa en lámparas	100
	fluorescentes que funcionan durante tres horas cada arranque	
5.25	Características típicas de temperatura de lámparas fluorescentes	101
5.27	Lámpara de mercurio con cubierta de fósforo de 400 watts	102
5.28	Formas de bombillas típicas de mercurio de lámparas de mercurio	103
5.29	El sistema ANSI utilizado para designar características de las	104
	lámparas	
5.30	Distribución espectrales de energía típicas en la mayoría de las	105
	lámparas de mercurio	
5.31	Curva de mortalidad de las lámparas de mercurio	106
5.32	Curva de mantenimiento de la salida luminosa es una lámpara	107
	transparente de mercurio de 400 watts con un tubo de arco de cuarzo	
5.33	Reactores para lámparas de mercurio de mercurio	108
5.34	Circuitos típicos para operar lámparas de mercurio	109
5.35	Construcción típicas de una lámparas de haluro metálico	110
5.36	Curva típica de mantenimiento de la salida luminosa para la lámpara	111
	de haluros metálicos	
5.37	Distribución típica de la energía espectral en las lámparas de haluros	112
	metálicos	
5.38	Curva típica de mantenimiento de la salida luminosa para la lámpara	113

	de sodio de alta presión	
5.39	Construcción típica de una lámpara de sodio de alta presión	114
5.40	El espectro de la lámpara de sodio de alta presión es continuo con	114
	algunos de todos los colores presentes	
5.41	Características comparativas de fuentes luminosas para propósitos de	115
	iluminación	
6	Principio de funcionamiento de un balastro	116
	Conexión lámpara HID directa a la fuente de poder	117
	Factor de potencia	118
	Tipos de balastro	119
	Principales tipos de balastro	120
7	Componentes básicos de un luminario típico de alumbrado público	132
	Aprovechamiento de la luz generada por una lámpara	134
	Aprovechamiento al máximo de los rayos luminosos en el área a	135
	iluminar= 80%	
	Refractor plano: Rayos más rápidos y concentrados hacia abajo	135
	Rayos mas dirigidos hacia los lados que hacia abajo	137
	Rayos más concentrados hacia abajo y al lado calle	137
	Posición normal de operación de un luminario de alumbrado público	145
	Tipos de curvas utilizadas en alumbrado público	146