



Universidad  
Politécnica  
de Cartagena

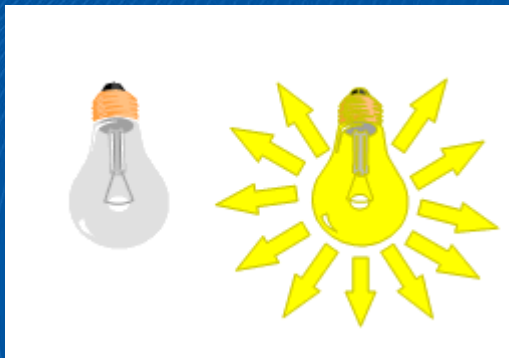
[www.upct.es](http://www.upct.es)



Universidad  
Politécnica  
de Cartagena

## 3<sup>ER</sup> Curso-GIRME-INGENIERÍA MINERA

UNIDAD III. Instalaciones Auxiliares



### TEMA 7. INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN BT. ILUMINACIÓN



# ILUMINACIÓN

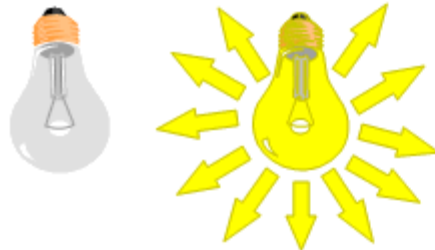
**La Luminotecnia** es la ciencia que estudia las distintas formas de producción de luz, así como su control y aplicación. Sus magnitudes principales son:

## FLUJO LUMINOSO

Es la magnitud que mide la potencia o caudal de energía de la radiación luminosa y se define como:

Potencia emitida en forma de radiación luminosa a la que el ojo humano es sensible, se mide en Lumen (Lm)

$$\Phi = \text{Flujo luminoso (lumen)}$$



### Ejemplos de flujos luminosos

Lámpara de incandescencia de 60 W.	730 Lm.
Lámpara fluorescente de 65 W. "blanca"	5.100 Lm.
Lámpara halógena de 1000 W.	22.000 Lm.
Lámpara de vapor de mercurio 125 W.	5.600 Lm.
Lámpara de sodio de 1000 W.	120.000 Lm.



# ILUMINACIÓN

## EFICIENCIA LUMINOSA

Expresa el rendimiento energético de una lámpara y mide la calidad de la fuente como un instrumento destinado a producir luz por la transformación de energía eléctrica en energía radiante visible.

Es el cociente entre el flujo luminoso total emitido y la potencia total consumida por la fuente

$$\rho = \frac{\Phi}{W} \quad \text{Lumen/watio}$$



Tipo de lámpara	Potencia	Rendimiento luminoso
	nominal [W]	lm/W
Incandescente común 40 W/220V	40	11
Fluorescente L 40 W/20	40	80
Mercurio de alta presión 400 W	400	58
Halogenuros metálicos 400 W	360	78
Sodio a alta presión 400 W	400	120
Sodio a baja presión 180 W	180	183



# ILUMINACIÓN

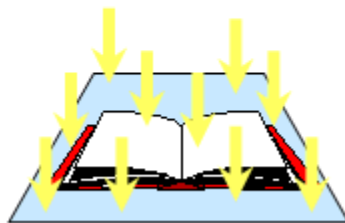
## ILUMINANCIA

Iluminancia o iluminación se define como el flujo luminoso incidente por unidad de superficie. Su unidad es el Lux.

El Lux se puede definir como la iluminación de una superficie de 1 m<sup>2</sup> cuando sobre ella incide, uniformemente repartido, un flujo luminoso de 1 Lumen.

$$E = \frac{\Phi}{S}$$

Lumen/m<sup>2</sup> = Lux



### EJEMPLOS DE ILUMINACIÓN

Mediodía en verano	100.000 Lux.
Mediodía en invierno	20.000 Lux.
Oficina bien iluminada	400 a 800 Lux.
Calle bien iluminada	20 Lux.
Luna llena con cielo claro	0,25 a 0,50 Lux.



# ILUMINACIÓN

## INTENSIDAD LUMINOSA

El flujo luminoso nos da la cantidad de luz que emite una fuente de luz en todas las direcciones del espacio. Para saber el flujo que se distribuye en cada dirección del espacio definimos la intensidad luminosa.

La intensidad luminosa de una fuente de luz en una dirección dada, es la relación que existe entre el flujo luminoso contenido en un ángulo sólido cualquiera, cuyo eje coincida con la dirección considerada, y el valor de dicho ángulo sólido expresado en estereorradianes. Su unidad es la Candela.

$$I = \frac{\Phi}{\omega}$$

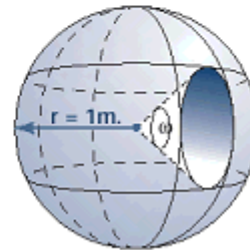
Candela (cd)



Flujo Luminoso



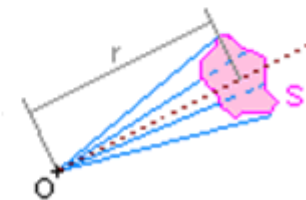
Intensidad Luminosa



$\omega_{\text{esfera}} = 4\pi$  estereorradianes



$\phi = 1 \text{ Lm}$   
 $E = 1 \text{ Lux}$   
 $S = 1 \text{ m}^2$   
 $I = 1 \text{ cd}$



$$\omega = \frac{S}{r^2}$$



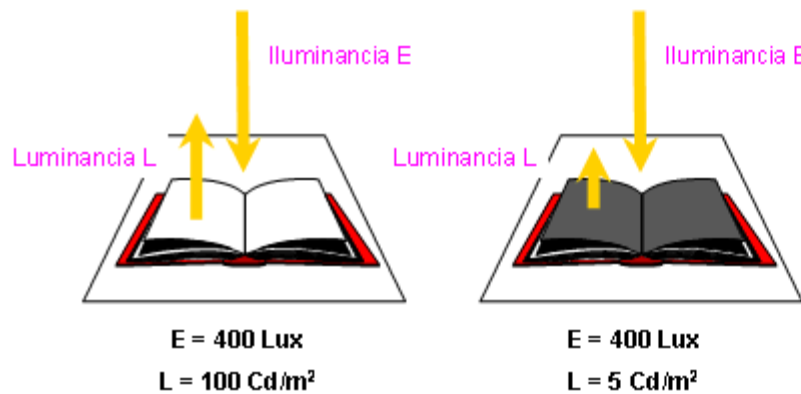
# ILUMINACIÓN

## LUMINANCIA

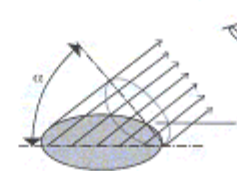
Intensidad luminosa reflejada por una superficie. Su valor se obtiene dividiendo la intensidad luminosa por la superficie aparente vista por el ojo en una dirección determinada. Su unidad es candelas/m<sup>2</sup>

$$L = \frac{I}{S}$$

candelas/m<sup>2</sup>



Cuando la superficie considerada  $S_0$  no es perpendicular a la dirección de la luz, habrá que considerar la superficie que resulta de proyectar  $S_0$  sobre dicha perpendicular.



$$S = S_0 \cos \alpha$$

$$L = \frac{I}{S_0 \cos \alpha}$$



# ILUMINACIÓN

## FÓRMULAS

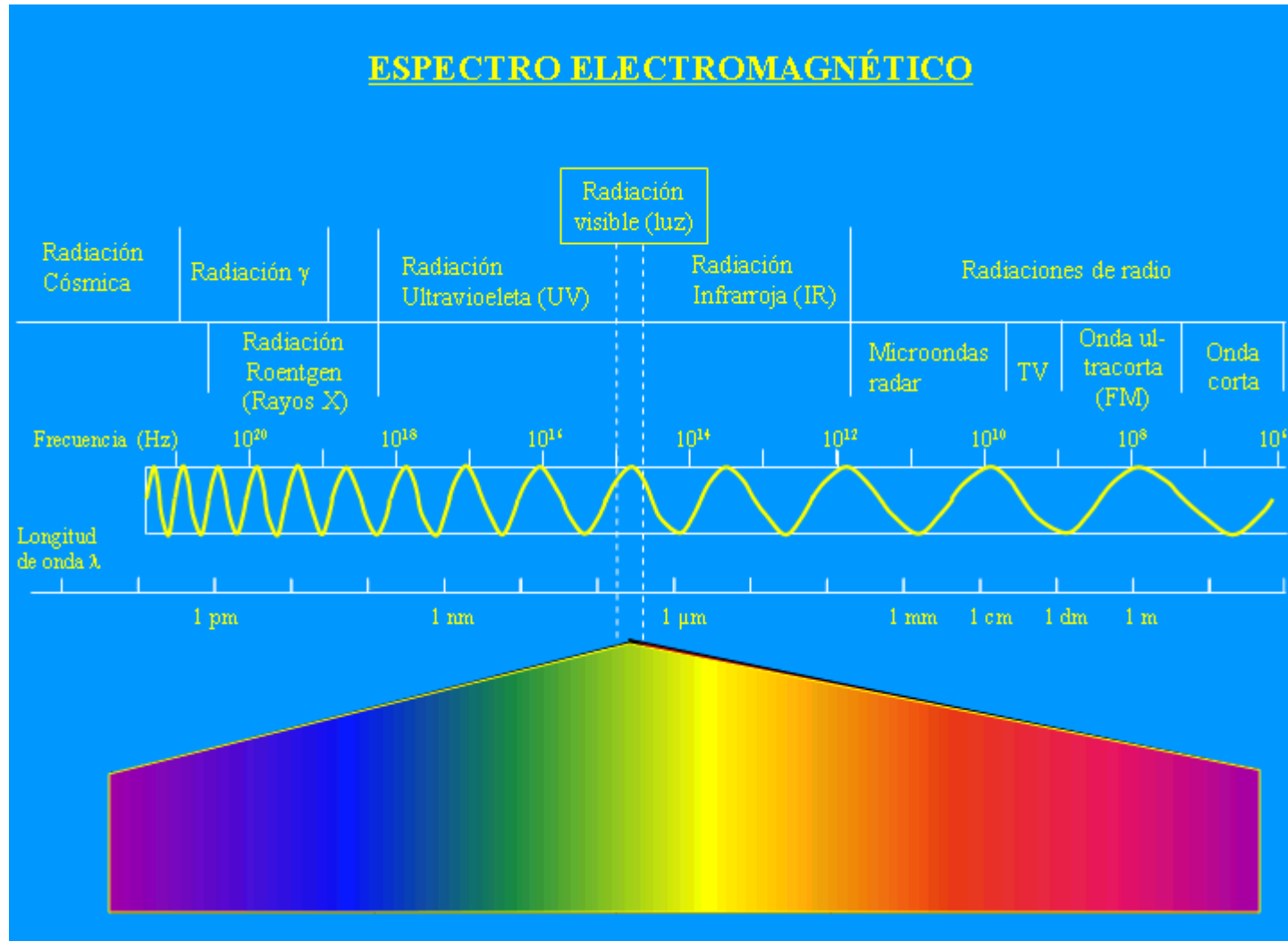
Magnitud	Fórmula	Unidad
Flujo luminoso	$\Phi$	Lumen
Eficiencia Lumiosa	$\rho = \Phi/W$	Lumen/watio
Iluminancia (nivel de iluminación)	$E = \Phi/S$	Lumen / m <sup>2</sup> = Lux
Intensidad luminosa	$I = \Phi/\omega$	Candela
Luminancia	$L = I/S$	Candela / m <sup>2</sup>







# ILUMINACIÓN

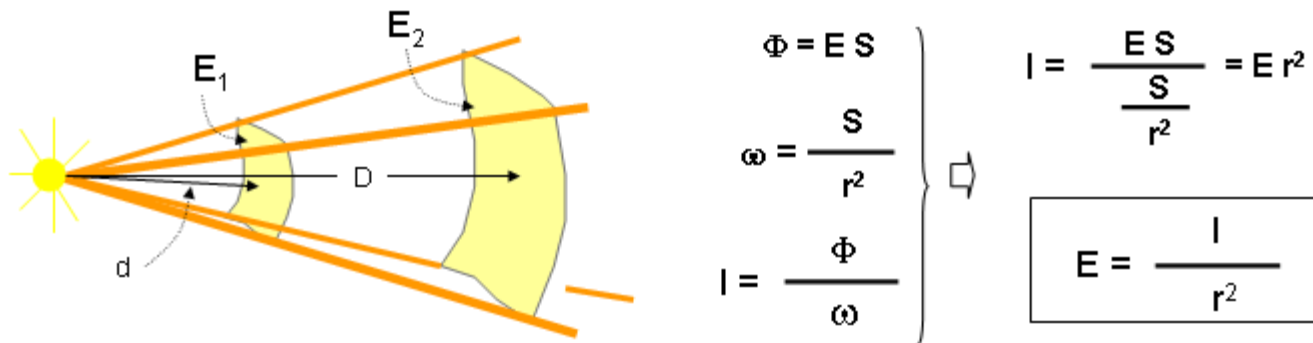




# ILUMINACIÓN

## LEYES Y CURVAS

### LEY DE INVERSA DE LOS CUADRADOS



Como los flujos luminosos y las intensidades luminosas son iguales en ambas superficies, tenemos que:

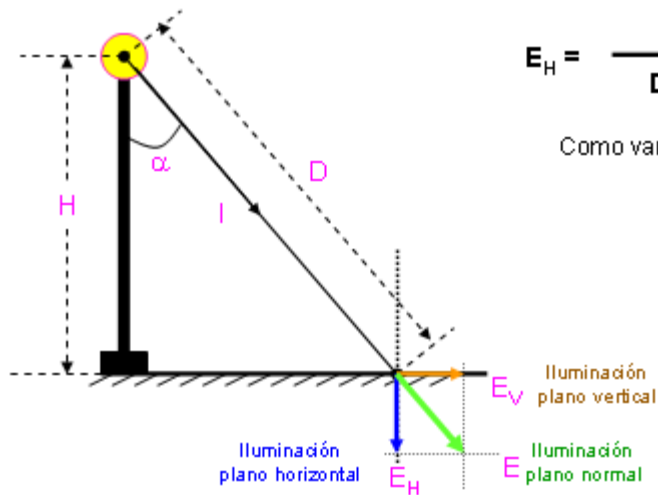
$$\left. \begin{array}{l} I = E_1 d^2 \\ I = E_2 D^2 \end{array} \right\} \Rightarrow E_1 d^2 = E_2 D^2 \Rightarrow \boxed{\frac{E_1}{E_2} = \frac{D^2}{d^2}}$$



# ILUMINACIÓN

## LEY DEL COSENO

Cuando la superficie iluminada no es perpendicular a la dirección del rayo luminoso, como el punto considerado en el gráfico, la iluminancia recibida se descompone en una componente horizontal  $E_H$  y una componente vertical  $E_V$



$$E_H = \frac{l}{D^2} \cos \alpha \quad E_V = \frac{l}{D^2} \operatorname{Sen} \alpha$$

Como vamos a calcular la **iluminación de la superficie horizontal**  $E = E_H$

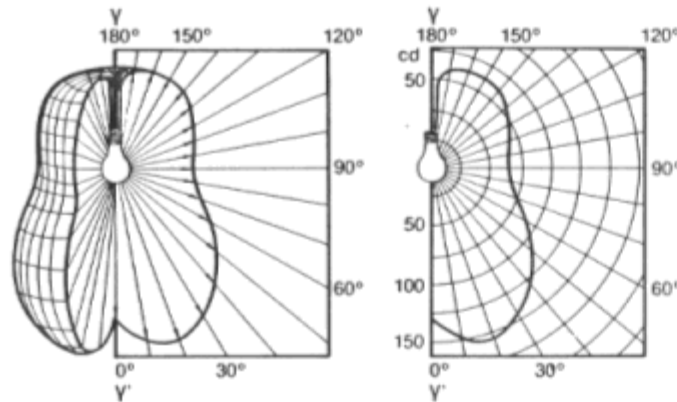
$$E_H = \frac{l \cos \alpha}{D^2} ; \quad \cos \alpha = \frac{H}{D} \Rightarrow D = \frac{H}{\cos \alpha}$$

$$E_H = \frac{l \cos^3 \alpha}{H^2}$$



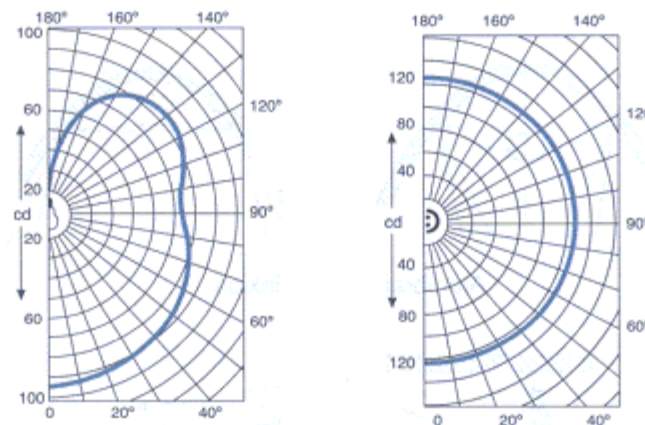
# ILUMINACIÓN

## CURVAS DE DISTRIBUCIÓN LUMINOSA



La distribución de las intensidades luminosas emitidas por una lámpara tipo standard, la mostramos de una forma general, para un flujo luminoso de 1.000 lúmenes, en la siguiente figura (siempre que no se indique lo contrario estas curvas vienen referidas a 1.000 Lm.). El volumen determinado por los vectores que representan las intensidades luminosas en todas las direcciones, resulta ser simétrico con respecto al eje Y-Y'; es como una figura de revolución engendrada por la curva fotométrica que gira alrededor del eje Y-Y'. Para otro flujo, la intensidad luminosa será:

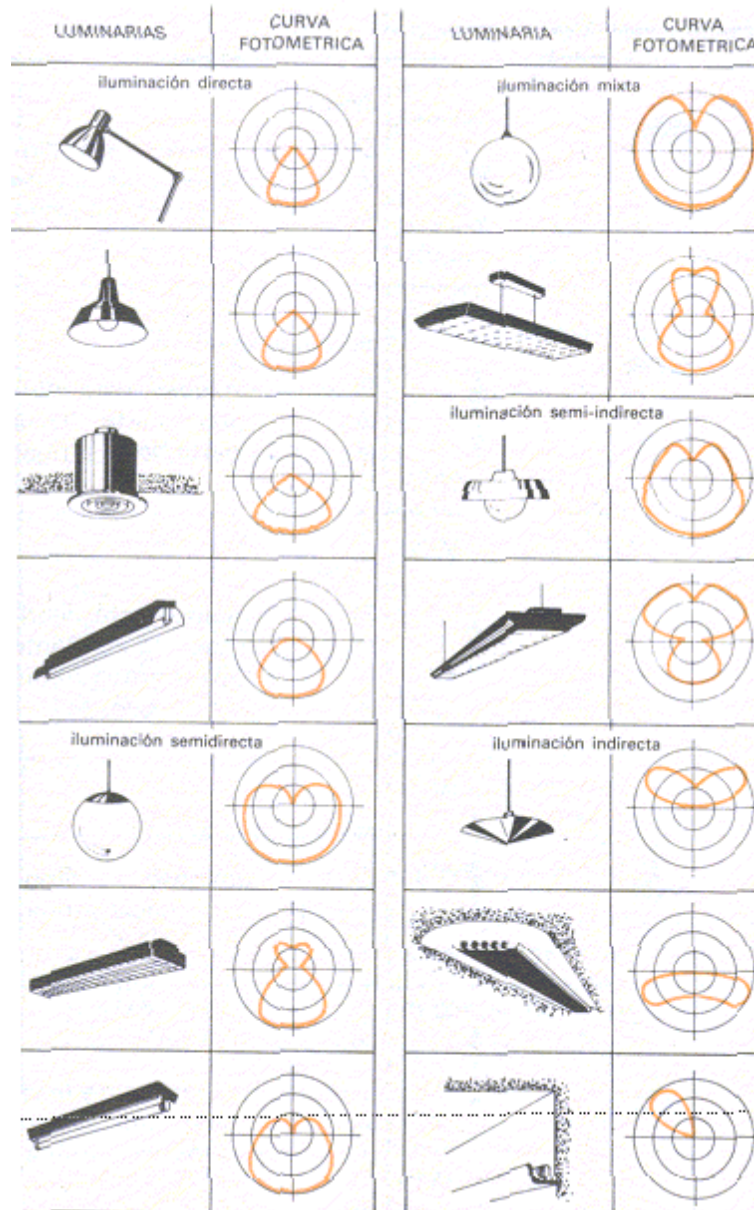
$$I_{\text{real}} = \Phi_{\text{lámpara}} \cdot \frac{I_{\text{gráfico}}}{1000}$$



Curvas fotométricas de lámpara incandescente y fluorescente



## Curvas Fotométricas de algunas Luminarias





# ILUMINACIÓN

## LUMINARIAS

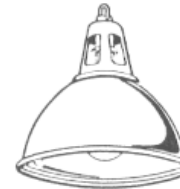
**Luminaria simétrica.**—Luminaria con reparto simétrico de la intensidad luminosa.



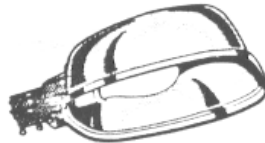
**Luminaria concentradora.**—Luminaria que concentra la luz en un haz estrecho.



**Luminaria ventilada.**—Luminaria a través de la cual circula aire debido a las corrientes de convección.



**Luminaria asimétrica.**—Luminaria con reparto asimétrico de la intensidad luminosa.



**Luminaria dispersora.**—Luminaria que reparte la luz en un haz ancho.



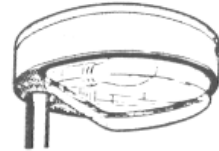
**Luminaria estanca.**—Luminaria provista de la protección necesaria, contra la penetración de la lluvia, polvo, etc.



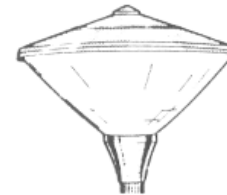
**Luminaria «cut-off».**—Luminaria que distribuye la luz, de manera que colocada horizontalmente, prácticamente suprime la totalidad de los rayos luminosos, que forman con su eje (perpendicular al plano de la calzada) un ángulo superior a 75°.



**Luminaria «semi cut-off».**—Luminaria que distribuye luz de manera que colocada horizontalmente, prácticamente suprime la totalidad de los rayos luminosos, que forman con su eje un ángulo superior a 80/85°.



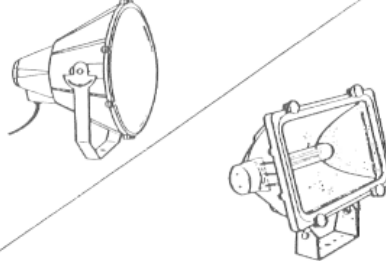
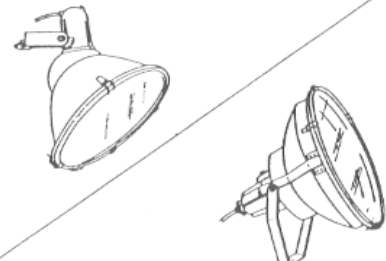
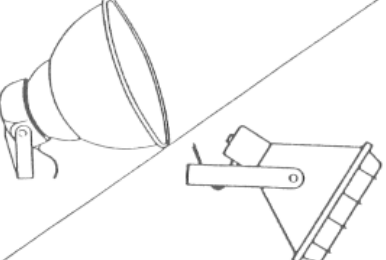
**Luminaria «non cut-off».**—Luminaria que no suprime ninguno de los rayos luminosos emitidos por debajo del plano horizontal que pasa por su centro geométrico.





# ILUMINACIÓN

TIPOS MAS USADOS DE PROYECTORES SEGUN LA CLASIFICACION DE NEMA - IES

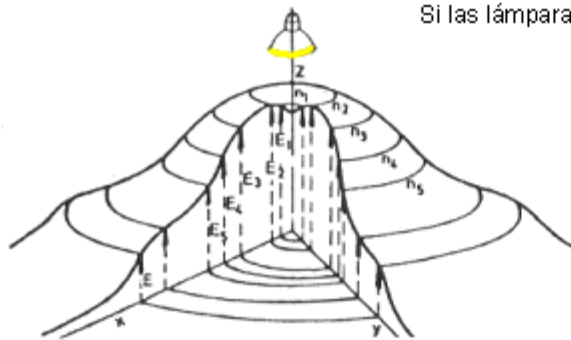
PROYECTORES: CLASES		Características principales	Lámparas usuales
	HD	Cerrados, excelente hermeticidad, excelente control del haz y buen mantenimiento que permite un gran número de aplicaciones en condiciones atmosféricas adversas. Con reflector auxiliar.	De proyección Cuarzo-yodo (doble envoltura)
	Intemperie dura Servicio general		Incandescencia (standard) Sodio alta presión tubular Cuarzo-yodo Mercurio con yoduros metalicos
	GP	Cerrados buena hermetidad, buen control del haz y fácil mantenimiento, costo inicial económico. Sin reflector auxiliar.	Incandescencia (standard) Mercurio (toda la gama) Luz mezcla Sodio alta presión tubular Sodio alta presión ovoidal
	Cerrado servicio general Proyector de campo cerrado		
	O	Para aplicaciones de corta duración o ambientes limpios, bajo costo inicial, fácil mantenimiento.	Incandescencia (standard) Mercurio C.C. Luz mezcla
	OI		O - sin reflector auxiliar OI - con reflector auxiliar



# ILUMINACIÓN

## CURVAS ISOLUX

Son líneas que unen puntos de una superficie que tienen **igual nivel de iluminación**. Son análogas a las curvas de nivel de los planos topográficos, pero ahora en lugar de metros indican lux.  
Normalmente, **las curvas isolux se suministran**, para una determinada luminaria, reducidas a la distancia de **1 metro** y referidas a **1.000 lúmenes**. Los valores de las curvas a otra distancia y a otro flujo luminoso se realizan mediante la fórmula:

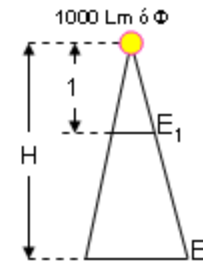


Si las lámparas en lugar de 1000 Lm tienen un flujo  $\Phi$  la nueva iluminación E valdrá:

$$\left. \begin{aligned} E_1 &= k \cdot 1000 \\ E &= K \cdot \Phi \end{aligned} \right\} E = \frac{E_1 \cdot \Phi}{1000}$$

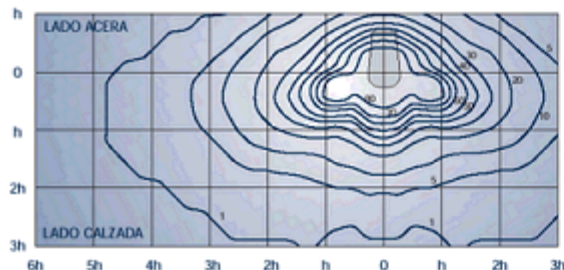
Si en lugar de 1 m la distancia es H la E valdrá:

$$\left. \begin{aligned} E &= \frac{1^2}{H^2} \end{aligned} \right\} E = \frac{E_1}{H^2}$$



Si las lámparas en lugar de 1000 Lm tienen un flujo  $\Phi$  y la distancia es H la iluminación E valdrá:

$$E = \frac{E_1 \cdot \Phi}{1000 H^2}$$





# LUMINARIA

Según la Norma UNE-EN 60598-1, se define luminaria como aparato de alumbrado que reparte, filtra o transforma la luz emitida por una o varias lámparas y que comprende todos los dispositivos necesarios para el soporte, la fijación y la protección de lámparas, (excluyendo las propias lámparas) y, en caso necesario, los circuitos auxiliares en combinación con los medios de conexión con la red de alimentación.

De manera general consta de los siguientes elementos:

**1. Armadura o carcasa:** Es el elemento físico mínimo que sirve de soporte y delimita el volumen de la luminaria conteniendo todos sus elementos.

**2. Equipo eléctrico:** Sería el adecuado a los distintos tipos de fuentes de luz artificial y en función de la siguiente clasificación:

- Incandescentes normales sin elementos auxiliares.
- Halógenas de alto voltaje a la tensión normal de la red, o de bajo voltaje con transformador o fuente electrónica.
- Fluorescentes. Con reactancias o balastos, condensadores e ignitores, o conjuntos electrónicos de encendido y control.
- <sup>17</sup> - De descarga. Con reactancias o balastos, condensadores e ignitores, o conjuntos electrónicos de encendido y control.



# LUMINARIA

**3. Reflectores:** Son determinadas superficies en el interior de la luminaria que modelan la forma y dirección del flujo de la lámpara. En función de cómo se emita la radiación luminosa pueden ser:

- Simétrico (con uno o dos ejes) o asimétrico.
- Concentrador (haz estrecho menor de  $20^\circ$ ) o difusor (haz ancho entre  $20$  y  $40^\circ$ ; haz muy ancho mayor de  $40^\circ$ ).
- Especular (con escasa dispersión luminosa) o no especular (con dispersión de flujo).
- Frío (con reflector dicróico) o normal.

**4. Difusores:** Elemento de cierre o recubrimiento de la luminaria en la dirección de la radiación luminosa. Los tipos más usuales son:


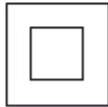

- Opal liso (blanca) o prismática (metacrilato traslúcido).
- Lamas o reticular (con influencia directa sobre el ángulo de apantallamiento).
- Especular o no especular (con propiedades similares a los reflectores).

**5. Filtros:** En posible combinación con los difusores sirven para potenciar o mitigar determinadas características de la radiación luminosa.

## LUMINARIA. CLASIFICACIÓN POR EL GRADO DE PROTECCIÓN ELÉCTRICA

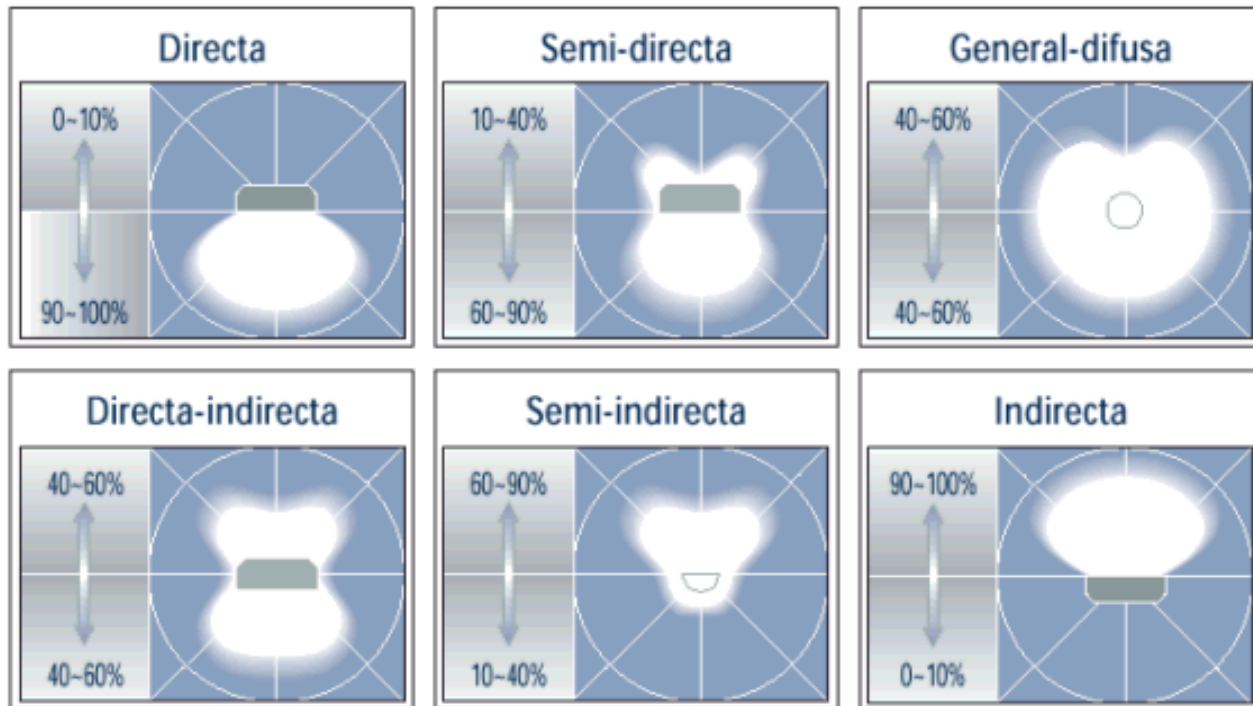
Las luminarias deben asegurar la protección de las personas contra los contactos eléctricos.

Según el grado de aislamiento eléctrico, las luminarias pueden clasificarse como:

PROTECCION CONTRA LOS CHOQUES ELECTRICOS		
CLASE DE PROTECCION	DEFINICION	SIMBOLO
0	Luminarias en las que la protección contra los choques eléctricos recae exclusivamente sobre el aislamiento principal; descansando la protección, en caso de fallos del aislamiento principal, sobre el medio circundante.	
I	Luminarias en las que la protección contra los choques eléctricos recae exclusivamente sobre el aislamiento principal y un conductor de protección conectado a tierra (Toma de tierra), que debe conectarse al borne marcado. 	
II	Luminarias en las que la protección contra los contactos eléctricos no recae exclusivamente sobre el aislamiento principal sino que comprende medidas suplementarias, tales como el doble aislamiento o el aislamiento reforzado. Estas luminarias no incorporan toma de tierra.	
III	Luminarias en las que la protección contra los contactos eléctricos, se realiza alimentando las luminarias a una muy baja tensión de seguridad (MBTS).	

## LUMINARIAS. CLASIFICACIÓN POR LA EMISIÓN DEL FLUJO

De acuerdo con el porcentaje de flujo luminoso total distribuido por encima y por debajo del plano horizontal, se clasifican en:



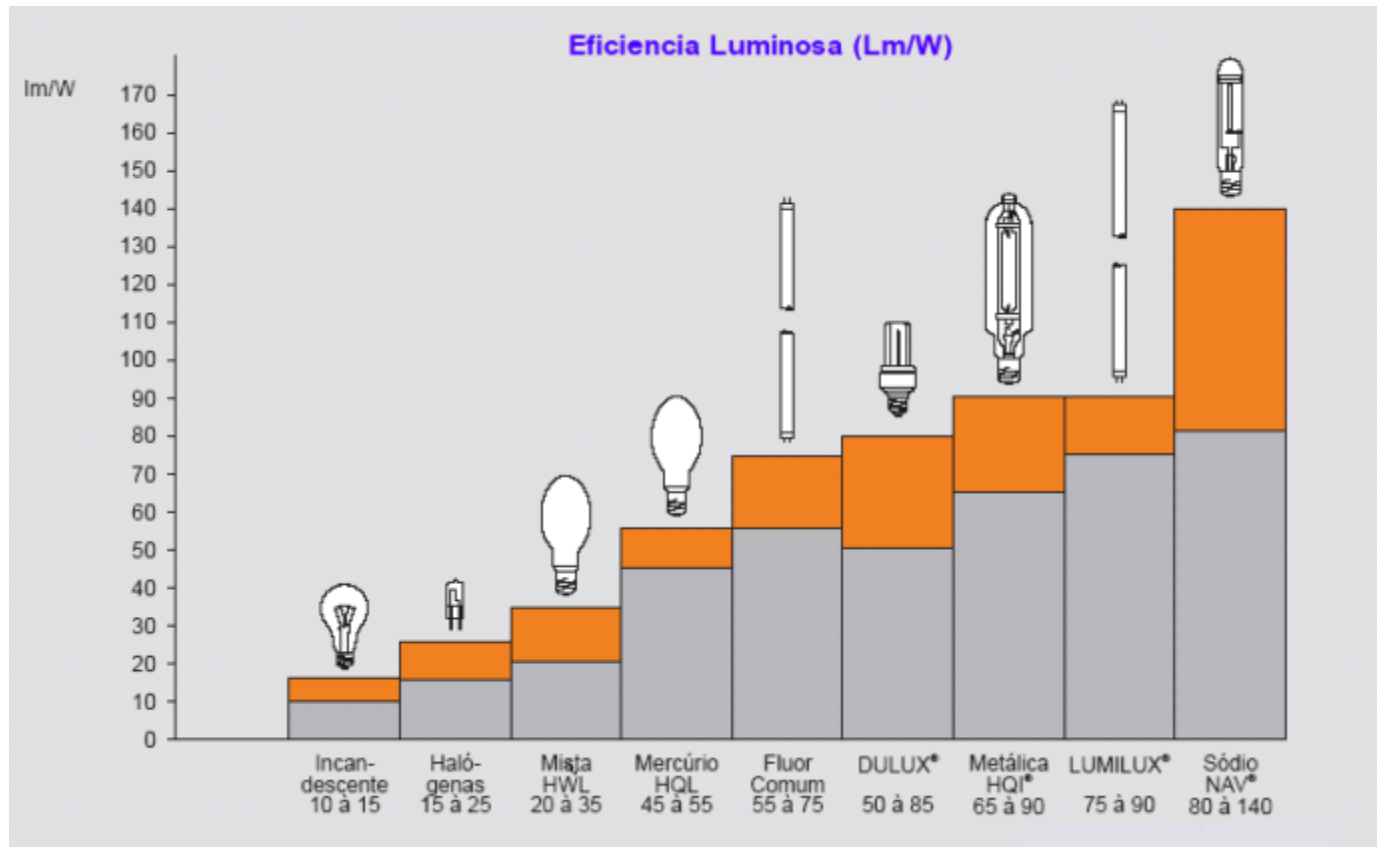


# VALORES TÍPICOS

Tipo de fuente	Potencia W	Flujo Luminoso Lm	Eficacia luminosa Lm/W
Vela de cera		10	
Lámpara incandescente	40	430	10,75
	100	1.300	13,80
	300	5.000	16,67
Lámpara Fluorescente compacta	7	400	57,10
	9	600	66,70
Lámpara Fluorescente tubular	20	1.030	51,50
	40	2.600	65,00
	65	4.100	63,00
Lámpara vapor de Mercurio	250	13.500	54,00
	400	23.000	57,50
	700	42.000	60,00
Lámpara Mercurio Halogenado	250	18.000	72,00
	400	24.000	67,00
	100	80.000	80,00
Lámpara vapor de Sodio alta presión	250	25.000	100,00
	400	47.000	118,00
	1.000	120.000	120,00
Lámpara vapor de Sodio baja presión	55	8.000	145,00
	135	22.500	167,00
	180	33.000	180,00



# LÁMPARAS. CLASES





# LÁMPARAS. CLASES

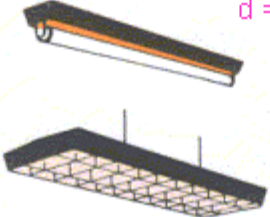
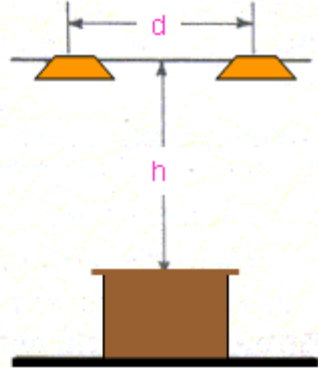


## Aplicaciones:

TIPO DE LÁMPARA	COSTO RELATIVO LÁMPARA	EFICACIA LUMINOSA	ASPECTO CROMÁTICO	REPRODUCCIÓN DE COLORES	APLICACIONES	
Incandescentes	Bajo	Muy baja	Cálido	Excelente	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ámbito de aplicación muy general.</li> <li>- Se presta bien a los alumbrados localizados y decorativos.</li> <li>- Dado su bajo costo, son interesantes en utilización intermitente.</li> </ul>	
Halógenas	Medio-bajo	Baja	Cálido	Excelente	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alumbrado interior decorativo.</li> <li>- Alumbrado por proyector en zonas deportivas, aeropuertos, monumentos.</li> </ul>	
FLUORESCENTES	Blanca cálida	Medio-elevado	Media Alta	Cálido	Buena (De lujo) Media	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alumbrado público.</li> <li>- Las de lujo son indicadas en carnicerías, restaurantes, etc.</li> </ul>
	Blanca fría	Medio-elevado	Media Alta	Intermedio	Buena (De lujo) Media	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Naves industriales, almacenes, escuelas, oficinas.</li> <li>- Las de lujo son indicadas para tiendas, comercios y oficinas que necesiten un buen rendimiento de color.</li> </ul>
	Luz día	Medio-elevado	Media Alta	Frío	Buena (De lujo) Media	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Con altos niveles de iluminación (1000 lux).</li> <li>- Las de lujo, en tiendas de tejidos.</li> </ul>
	Nueva generación (Trifósforo)	Elevado	Alta	Frío intermedio cálido	Buena	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aplicaciones que necesiten alto rendimiento luminoso y de color.</li> </ul>
Vapor de Mercurio	Medio	Media	Frío	Media	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Las de bulbo claro en jardines y parques.</li> <li>- Las de color corregido se utilizan en la industria y para alumbrado público.</li> </ul>	
Halogenuros metálicos	Elevado	Alta	Frío	Buena	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alumbrado de grandes espacios y vestíbulos de gran altura por proyectores.</li> <li>- Alumbrados deportivos (TV color).</li> </ul>	
Vapor de sodio de alta presión	Elevado	Alta	Cálido	Media	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alumbrado público.</li> <li>- Alumbrado industrial naves altas.</li> </ul>	
Vapor de sodio baja presión	Elevado	Muy alta	Cálido	Muy pobre	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alumbrado público.</li> <li>- Alumbrado de seguridad.</li> <li>- Alumbrado arquitectónico.</li> </ul>	



# ILUMINACIÓN

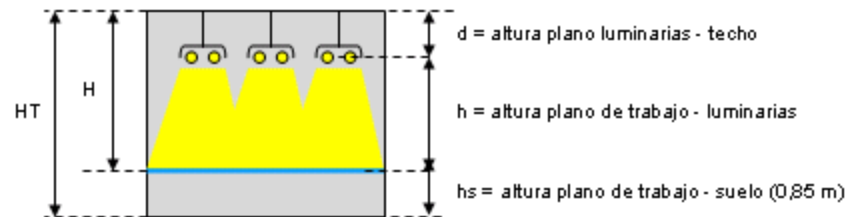
## LUMINARIAS: DISTACIAS-ALTURA

LUMINARIA		d - h
Regletas	 <p><math>d = 1,1 h</math></p>	
Reflectores amplios	 <p><math>d = h</math></p>	
Reflectores medios	 <p><math>d = 0,9 h</math></p>	





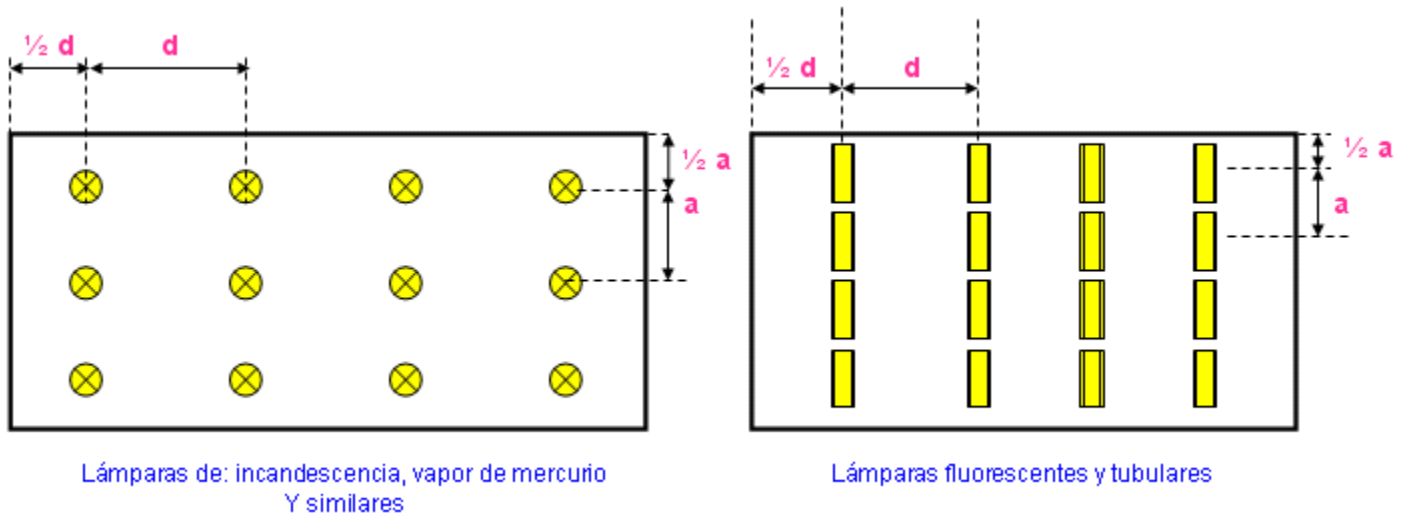
# ILUMINACIÓN



	<b>Altura de las luminarias</b>
Locales de altura normal (oficinas, viviendas, aulas...)	$h$ = Lo más altas posibles
Locales con iluminación directa, semidirecta y difusa	Óptimo: $h = 4/5 (HT - 0,85)$
Locales con iluminación indirecta	$d \approx 1/4 (HT - 0,85)$ $h \approx 3/4 (HT - 0,85)$



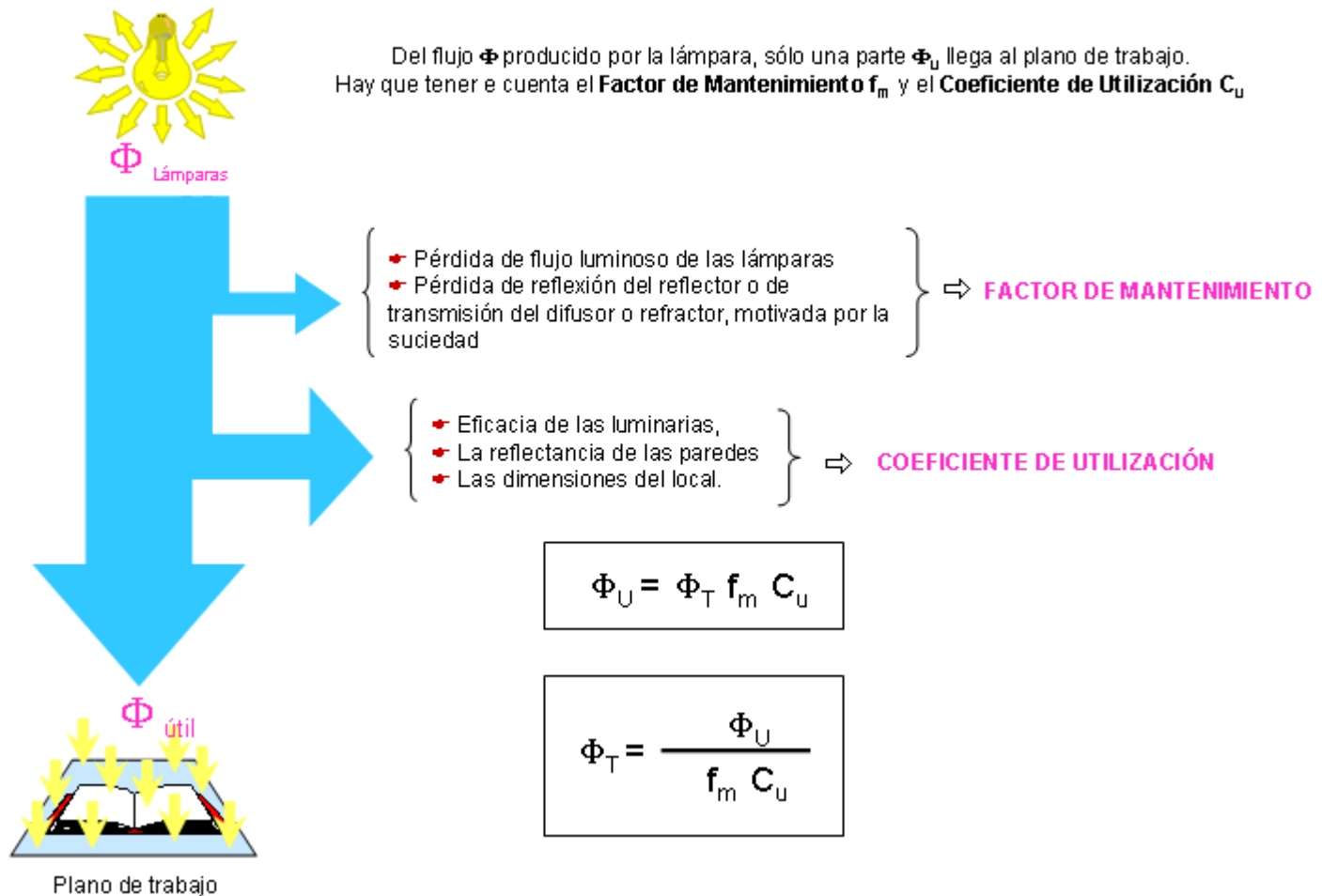
# ILUMINACIÓN





# ILUMINACIÓN

## Factor de Mantenimiento y Coeficiente de Utilización





# ILUMINACIÓN

## FACTOR DE MANTENIMIENTO

Una instalación de alumbrado no mantiene indefinidamente las características luminosas iniciales. Ello se debe a dos factores, principalmente:

1º) A la pérdida de flujo luminoso de las lámparas, motivada tanto por el envejecimiento natural como por el polvo y suciedad que se deposita en ellas.

2º) A la pérdida de reflexión del reflector o de transmisión del difusor o refractor, motivada asimismo por la suciedad

La experiencia acumulada a lo largo de los años, hace posible situar el factor de mantenimiento  $f_m$  dentro de límites comprendidos entre el 80 y el 50%

## COEFICIENTE DE UTILIZACIÓN

Al cociente entre el flujo luminoso que llega al plano de trabajo (flujo útil), y el flujo total emitido por las lámparas instaladas, es lo que llamaremos "Coeficiente de utilización".

$$C_U = \frac{\Phi_U}{\Phi_L}$$

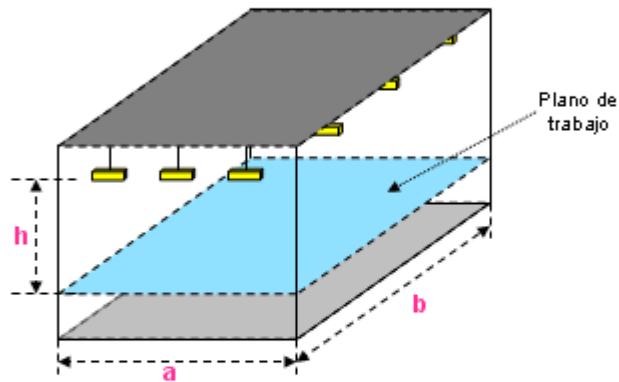
Este coeficiente depende de diversas variables tales como la **eficacia de las luminarias, la reflectancia de las paredes, y las dimensiones del local.**



# ILUMINACIÓN

## CÁLCULO del COEFICIENTE DE UTILIZACIÓN

Para hallar e  $C_u$  es preciso calcular previamente el **índice del local K** :

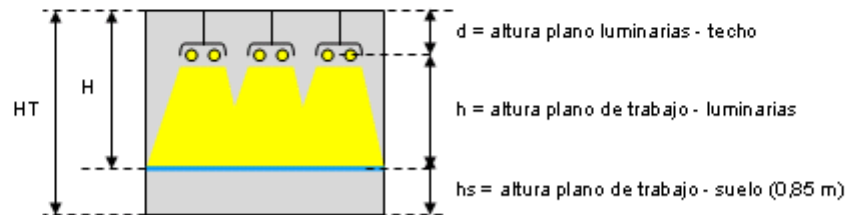


Iluminación directa, semidirecta, directa-indirecta y general difusa:

$$k = \frac{a \cdot b}{h \cdot (a + b)}$$

Iluminación, semiindirecta e indirecta:

$$k = \frac{3 a b}{2 H (a + b)}$$



A partir del índice del local **K** y los **factores de reflexión** obtenemos el **Coefficiente de Utilización  $C_u$**  en una tabla propia de cada luminaria :



# ILUMINACIÓN

Coeficientes de reflexión		
	Color	Factor de reflexión
Techo	Blanco o muy claro	0.7
	claro	0.5
	medio	0.3
Paredes	claro	0.5
	medio	0.3
	oscuro	0.1
Suelo	claro	0.3
	oscuro	0.1

Tipo de aparato de alumbrado	Índice del local k	Factor de utilización Cu								
		Factor de reflexión del techo								
		0.7			0.5			0.3		
		Factor de reflexión de las paredes								
		0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1
	1	.28	.22	.16	.25	.22	.16	.26	.22	.16
	1.2	.31	.27	.20	.30	.27	.20	.30	.27	.20
	1.5	.39	.33	.26	.36	.33	.26	.36	.33	.26
	2	.45	.40	.35	.44	.40	.35	.44	.40	.35
	2.5	.52	.46	.41	.49	.46	.41	.49	.46	.41
	3	.54	.50	.45	.53	.50	.45	.53	.50	.45
	4	.61	.56	.52	.60	.56	.52	.60	.56	.52
	5	.63	.60	.56	.63	.60	.56	.62	.60	.56
	6	.68	.63	.60	.66	.63	.60	.65	.63	.60
	8	.71	.67	.64	.69	.67	.64	.68	.67	.64
10	.72	.70	.67	.71	.70	.67	.71	.70	.67	



## CÁLCULO DE ALUMBRADO DE INTERIORES

Las consideraciones hechas hasta aquí, nos permiten determinar el flujo luminoso necesario para producir la iluminación  $E$  sobre una superficie útil de trabajo  $S$ . El flujo necesario será:

$$\Phi_U = E S$$

$$\Phi_T = \frac{\Phi_U}{f_m C_u}$$

$$\Phi_T = \frac{E S}{f_m C_u}$$

Conocido el flujo total necesario  $\Phi_T$ , el número  $N$  de lámparas a utilizar suponiendo un flujo  $\Phi_L$  por luminaria:

$$N = \frac{\Phi_T}{\Phi_L}$$

También es importante tener en cuenta el **Factor de Uniformidad**:

<b>Factor de uniformidad</b>	<b>Alumbrado General</b>	<b>Alumbrado Localizado</b>
$E_{\text{mínima}} / E_{\text{media}}$	$\geq 0,8$	$\geq 0,5$



# ILUMINACIÓN

ALUMBRADO DE INTERIORES		
Clase de trabajo	Niveles de iluminación en lux	
	Buena	Muy buena
<b>1. Oficinas</b>		
Salas de dibujo	750	1500
Locales de oficina (mecanografía, escritura, etc.)	400	800
Lugares trabajo discontinuo (archivo, pasillo, etc.)	75	150

Color	Reflexión
Blanco	70 %
Claro	50 %
Medio	30 %
Oscuro	10 %

<b>2. Escuelas.</b>		
Aulas	250	500
Laboratorios	300	600
Salas de dibujo	400	800
Talleres	250	500
<b>3. Industrias.</b>		
Gran precisión (relojería, grabados, etc.)	2.500	5.000
Precisión (ajuste, pulido, etc.)	1.000	2.000
Ordinaria (taladros, torneado, etc.)	400	800
Basto ( Forja, laminación, etc.)	150	380
Muy basto (almacenaje, embalaje, etc.)	80	150

<b>4. Comercios.</b>		
Grandes espacios de venta	500	1.000
Espacios normales de venta	250	5.000
Escaparates grandes	1.000	2.000
Escaparates pequeños	500	1.000





# ILUMINACIÓN

## Etapas para el Cálculo del Alumbrado Interior

- **Dimensiones** del local: altura, ancho, largo.
- Nivel de **iluminación E** (Lux) de acuerdo al uso
- Elección del **tipo de lámpara**
- Elección del **tipo de luminaria**
- Determinación del **índice del local k**
- Determinación del **coeficiente de utilización  $C_u$**  (con el valor del índice del local y los valores de reflexión en paredes y techos, de acuerdo a los colores propuestos)
- **Factor de mantenimiento de  $f_m$**
- Calcular el **flujo total** para la iluminación del local
- Calcular el **número de luminarias** con sus lámparas correspondientes
- **Distribución de las luminarias** con sus lámparas correspondientes
- Cálculo de la **potencia instalada**



# ILUMINACIÓN

Tipo de aparato de alumbrado	Índice del local k	Factor de utilización ( $\eta$ )												
		Factor de reflexión del techo												
		0.8					0.7			0.5			0.3	0
		Factor de reflexión de las paredes												
		0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1	0.3	0.1	0	
 10 % 60 %	0.6	.39	.35	.32	.38	.34	.32	.38	.34	.31	.33	.31	.30	
	0.8	.48	.43	.40	.47	.42	.40	.46	.42	.39	.41	.38	.37	
	1.0	.53	.49	.46	.52	.48	.45	.51	.47	.45	.46	.44	.41	
	1.25	.58	.54	.51	.57	.53	.50	.55	.51	.49	.50	.48	.45	
	1.5	.62	.58	.54	.61	.57	.54	.58	.55	.52	.53	.51	.48	
	2.0	.66	.62	.59	.64	.61	.58	.61	.59	.57	.56	.55	.52	
	2.5	.68	.65	.63	.67	.64	.62	.64	.61	.60	.59	.57	.54	
	3.0	.70	.67	.65	.69	.66	.64	.65	.63	.61	.60	.59	.56	
	4.0	.72	.70	.68	.70	.69	.67	.67	.66	.64	.63	.61	.58	
	5.0	.73	.71	.70	.71	.70	.68	.68	.67	.66	.64	.63	.59	
$D_{max} = 1.0 H_m$ $f_m .70 .75 .80$														

Luminaria 1. Industrial suspendida.

Tipo de aparato de alumbrado	Índice del local k	Factor de utilización ( $\eta$ )												
		Factor de reflexión del techo												
		0.8					0.7			0.5			0.3	0
		Factor de reflexión de las paredes												
		0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1	0.3	0.1	0	
 0 % 100 %	0.6	.66	.62	.60	.66	.62	.60	.65	.62	.59	.62	.59	.58	
	0.8	.75	.71	.68	.75	.71	.68	.74	.71	.68	.70	.68	.67	
	1.0	.80	.76	.73	.80	.76	.73	.79	.76	.73	.76	.73	.72	
	1.25	.85	.81	.80	.85	.81	.80	.84	.81	.78	.80	.78	.77	
	1.5	.88	.86	.82	.88	.85	.82	.88	.84	.82	.84	.82	.81	
	2.0	.94	.90	.88	.93	.90	.88	.92	.89	.87	.88	.87	.85	
	2.5	.96	.93	.92	.96	.93	.91	.94	.92	.90	.91	.89	.88	
	3.0	.99	.95	.94	.98	.95	.93	.96	.94	.92	.93	.91	.89	
	4.0	1.01	.99	.96	1.00	.98	.96	.98	.97	.95	.95	.94	.92	
	5.0	1.02	1.01	.99	1.01	1.00	.98	1.00	.98	.97	.97	.96	.94	
$D_{max} = 0.7 H_m$ $f_m .70 .75 .80$														

Luminaria 2. Industrial suspendida.

Tipo de aparato de alumbrado	Índice del local k	Factor de utilización ( $\eta$ )												
		Factor de reflexión del techo												
		0.8					0.7			0.5			0.3	0
		Factor de reflexión de las paredes												
		0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1	0.3	0.1	0	
 0 % 85 %	0.6	.37	.32	.29	.37	.32	.29	.37	.32	.29	.32	.29	.28	
	0.8	.47	.42	.38	.46	.42	.38	.46	.41	.38	.41	.38	.37	
	1.0	.54	.48	.45	.54	.48	.45	.53	.48	.45	.48	.45	.43	
	1.25	.60	.56	.52	.60	.55	.52	.60	.55	.52	.54	.52	.50	
	1.5	.66	.61	.57	.65	.60	.57	.64	.60	.57	.59	.56	.55	
	2.0	.72	.67	.64	.71	.67	.64	.70	.66	.63	.66	.63	.62	
	2.5	.76	.71	.68	.75	.71	.68	.73	.71	.68	.70	.67	.65	
	3.0	.79	.75	.72	.78	.75	.71	.77	.73	.71	.72	.71	.69	
	4.0	.82	.79	.77	.81	.79	.76	.80	.77	.75	.76	.75	.73	
	5.0	.84	.82	.79	.83	.81	.78	.82	.79	.77	.78	.77	.75	
$D_{max} = 1.1 H_m$ $f_m .55 .60 .65$														

Luminaria 3. Industrial suspendida.

Tipo de aparato de alumbrado	Índice del local k	Factor de utilización ( $\eta$ )												
		Factor de reflexión del techo												
		0.8					0.7			0.5			0.3	0
		Factor de reflexión de las paredes												
		0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1	0.3	0.1	0	
 0 % 60 %	0.6	.30	.26	.25	.29	.26	.23	.29	.26	.23	.25	.23	.22	
	0.8	.36	.32	.29	.35	.32	.29	.35	.31	.29	.31	.29	.27	
	1.0	.43	.40	.37	.43	.40	.37	.42	.39	.37	.39	.37	.36	
	1.25	.47	.44	.42	.47	.44	.41	.46	.43	.41	.43	.41	.40	
	1.5	.50	.47	.44	.50	.47	.44	.49	.46	.44	.46	.44	.43	
	2.0	.53	.50	.49	.53	.50	.48	.51	.50	.48	.49	.47	.46	
	2.5	.55	.53	.51	.55	.53	.51	.54	.52	.50	.51	.50	.49	
	3.0	.57	.54	.53	.56	.54	.52	.55	.53	.51	.52	.51	.50	
	4.0	.59	.57	.55	.58	.56	.55	.56	.55	.54	.54	.53	.52	
	5.0	.60	.58	.57	.59	.57	.56	.57	.56	.56	.56	.54	.53	
$D_{max} = 0.8 H_m$ $f_m .65 .70 .75$														

Luminaria 4. Fluorescente directo con rejilla



# ILUMINACIÓN

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

Luminaria 5. Fluorescente directo con rejilla.

Tipo de aparato de alumbrado	Índice del local k	Factor de utilización ( $\eta$ )												
		Factor de reflexión del techo					Factor de reflexión de las paredes							
		0.8					0.7		0.5		0.3		0	
		0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1	0.3	0.1	0	
	0.6	.24	.21	.19	.24	.21	.19	.23	.21	.19	.20	.19	.18	
	0.8	.29	.26	.24	.29	.26	.24	.28	.26	.24	.26	.24	.23	
	1.0	.32	.29	.27	.32	.29	.27	.32	.29	.27	.29	.27	.26	
	1.25	.36	.32	.31	.35	.32	.31	.34	.32	.30	.32	.30	.29	
	1.5	.38	.35	.33	.38	.35	.33	.37	.34	.32	.34	.32	.32	
	2.0	.41	.38	.37	.40	.38	.36	.39	.38	.36	.37	.36	.35	
	2.5	.43	.40	.38	.42	.40	.38	.41	.39	.38	.39	.38	.37	
	3.0	.44	.42	.40	.43	.42	.40	.42	.41	.39	.40	.39	.38	
	4.0	.45	.44	.42	.45	.43	.42	.44	.43	.42	.42	.41	.40	
	5.0	.47	.45	.44	.46	.45	.44	.45	.44	.43	.43	.42	.41	
$D_{max} = 0.6 H_m$														
$f_m .65 .70 .75$														

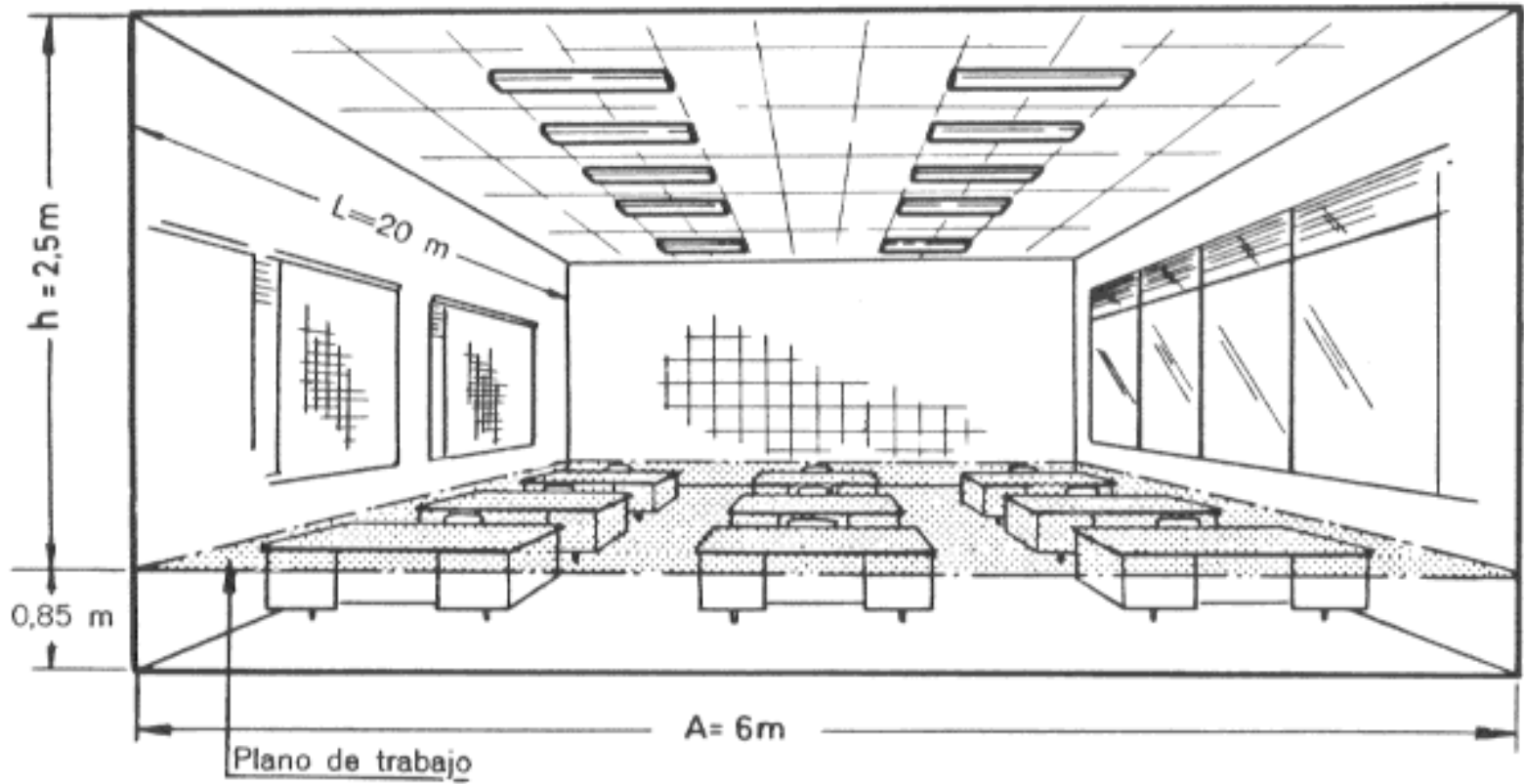
Luminaria 6. Fluorescente directo con rejilla.

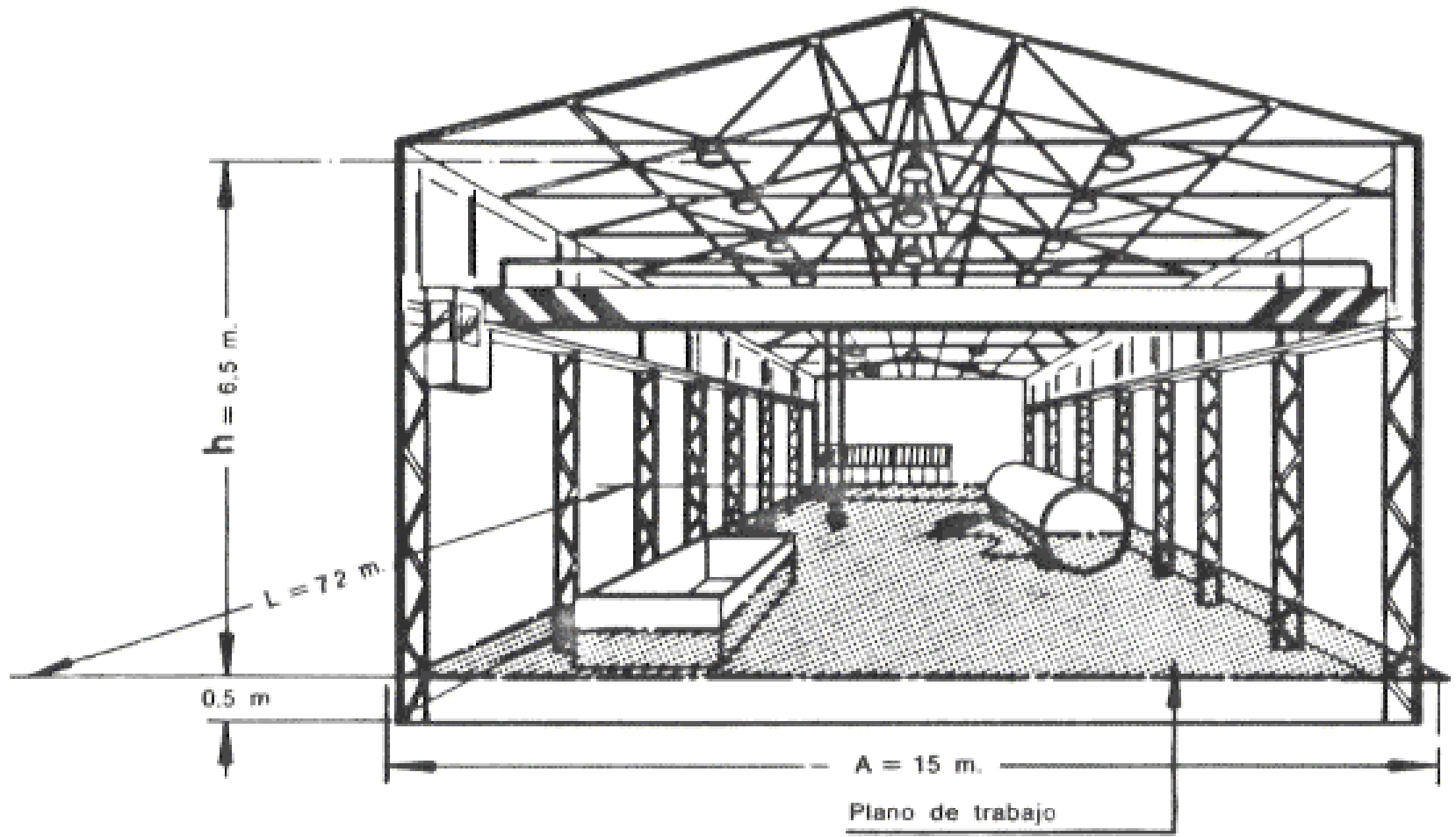
Tipo de aparato de alumbrado	Índice del local k	Factor de utilización ( $\eta$ )												
		Factor de reflexión del techo					Factor de reflexión de las paredes							
		0.8					0.7		0.5		0.3		0	
		0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1	0.3	0.1	0	
	0.6	.20	.16	.13	.20	.16	.13	.19	.16	.13	.15	.13	.12	
	0.8	.25	.22	.18	.25	.20	.18	.23	.19	.17	.19	.17	.16	
	1.0	.37	.27	.24	.30	.26	.23	.28	.24	.22	.22	.21	.18	
	1.25	.35	.31	.28	.34	.30	.28	.30	.28	.26	.26	.24	.21	
	1.5	.37	.33	.30	.36	.32	.29	.32	.30	.27	.27	.25	.23	
	2.0	.42	.38	.35	.40	.37	.34	.37	.33	.31	.31	.29	.25	
	2.5	.44	.41	.39	.42	.40	.37	.39	.36	.34	.33	.32	.27	
	3.0	.47	.44	.41	.45	.42	.40	.40	.38	.36	.34	.33	.28	
	4.0	.50	.47	.45	.47	.45	.43	.42	.40	.39	.36	.35	.29	
	5.0	.51	.49	.47	.49	.47	.46	.43	.42	.40	.39	.36	.30	
$D_{max} = 1.1 H_m$														
$f_m .65 .70 .75$														

35 Luminaria 7. Suspendida general difusa y directa-indirecta.

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

Luminaria 8. Suspendida general difusa y directa-indirecta.

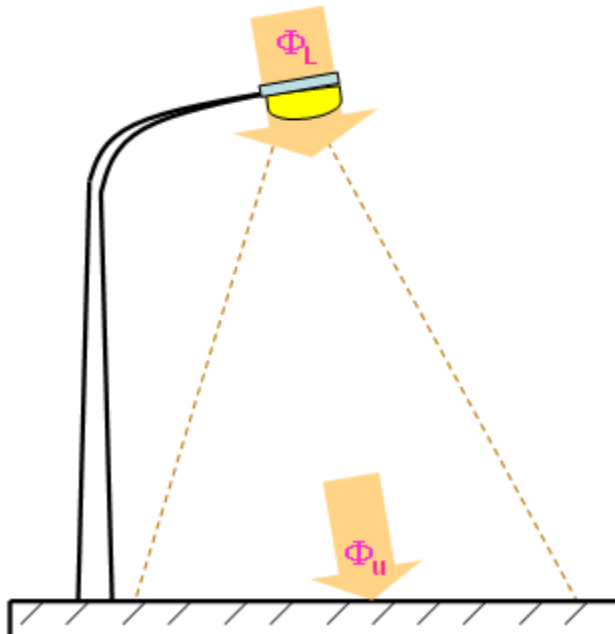




# ALUMBRADO DE EXTERIORES

Para el cálculo utilizaremos el "Método del Flujo Total", un método sencillo que, aunque no muy exacto, nos permite obtener unos valores útiles como primera aproximación, o para alumbrados en los que no son necesario resultados precisos:

## Factor de Utilización



El **factor de utilización** es una medida del rendimiento del conjunto lámpara-luminaria y se define como el cociente entre el **flujo útil  $\Phi_U$** , el que llega a la calzada, y el **emitido por la lámpara  $\Phi_L$**

Normalmente se representa mediante curvas, que suministran los fabricantes con las luminarias, en función del cociente anchura de la calle/altura (**A/H**) en el lado calzada y acera respectivamente.

$$\eta = \frac{\Phi_U}{\Phi_L}$$

# ALUMBRADO DE EXTERIORES

## CÁLCULO DE ALUMBRADO EXTERIOR

El objetivo es calcular la distancia de separación entre las luminarias que garantice un nivel de iluminación  $E_m$  medio determinado. Se conoce:

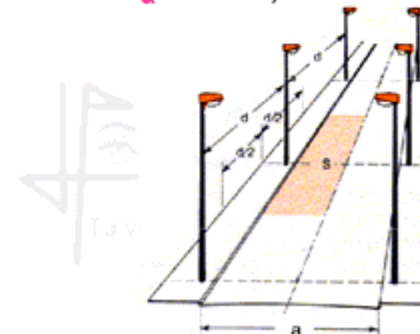
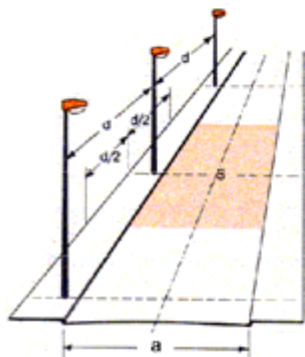
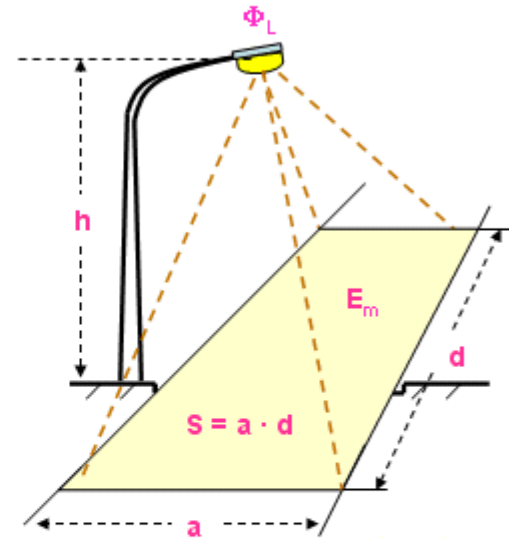
- Ancho de la calzada  $a$
- Altura de los puntos de luz  $h$
- Flujo luminoso de la lámpara (inicial)  $\Phi_{L0}$
- Disposición de los puntos de luz (**unilateral, pareado,...**)

$$\left. \begin{aligned} \Phi_U &= \frac{\Phi_L}{\eta} \\ \Phi_U &= E_m S \\ \Phi_L &= \frac{\Phi_U}{f_m C_d} \end{aligned} \right\} \Rightarrow$$

$$\Phi_L = \frac{E_m S}{\eta f_m C_d}$$

- $E_m$  Iluminación media
- $S$  Superficie a iluminar =  $a \cdot d$
- $\eta$  Factor de utilización
- $f_m$  Factor de mantenimiento
- $C_d$  Coeficiente de depreciación de las lámparas

$$d = \frac{\Phi_L \eta f_m C_d}{E_m a}$$



# ALUMBRADO DE EXTERIORES

## Tablas Útiles

Tipo	Iluminación media $E_m$ (Lux)
Autopistas, autovías y carreteras con intenso tráfico	20-35
Vías urbanas y plazas importantes	10-20
Vías y paseos residenciales	5-15
Polideportivos	100-500

Disposición	Relación anchura/altura
Unilateral	$\leq 1$
Tresbolillo	$1 < A/H \leq 1.5$
Pareada	$> 1.5$

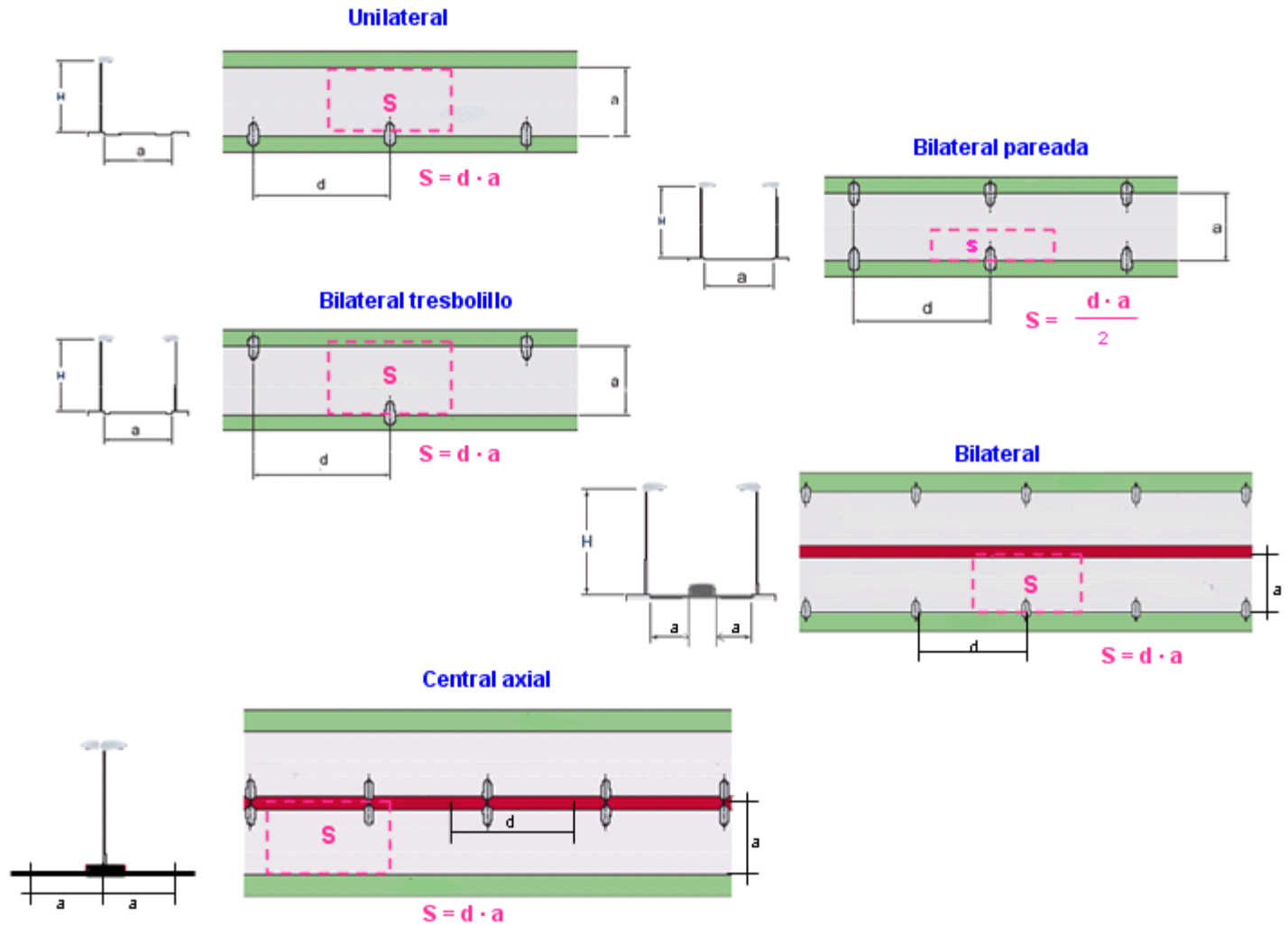
Iluminación media $E_m$ (lux)	Separación / altura
$2 \leq E_m < 7$	$5 \leq d/h < 4$
$7 \leq E_m < 15$	$4 \leq d/h < 3.5$
$15 \leq E_m \leq 30$	$3.5 \leq d/h < 2$

Factor de mantenimiento $f_m$		
vía	Luminaria abierta	Luminaria cerrada
Limpia	0.75	0.80
Media	0.68	0.70
Sucia	0.65	0.68

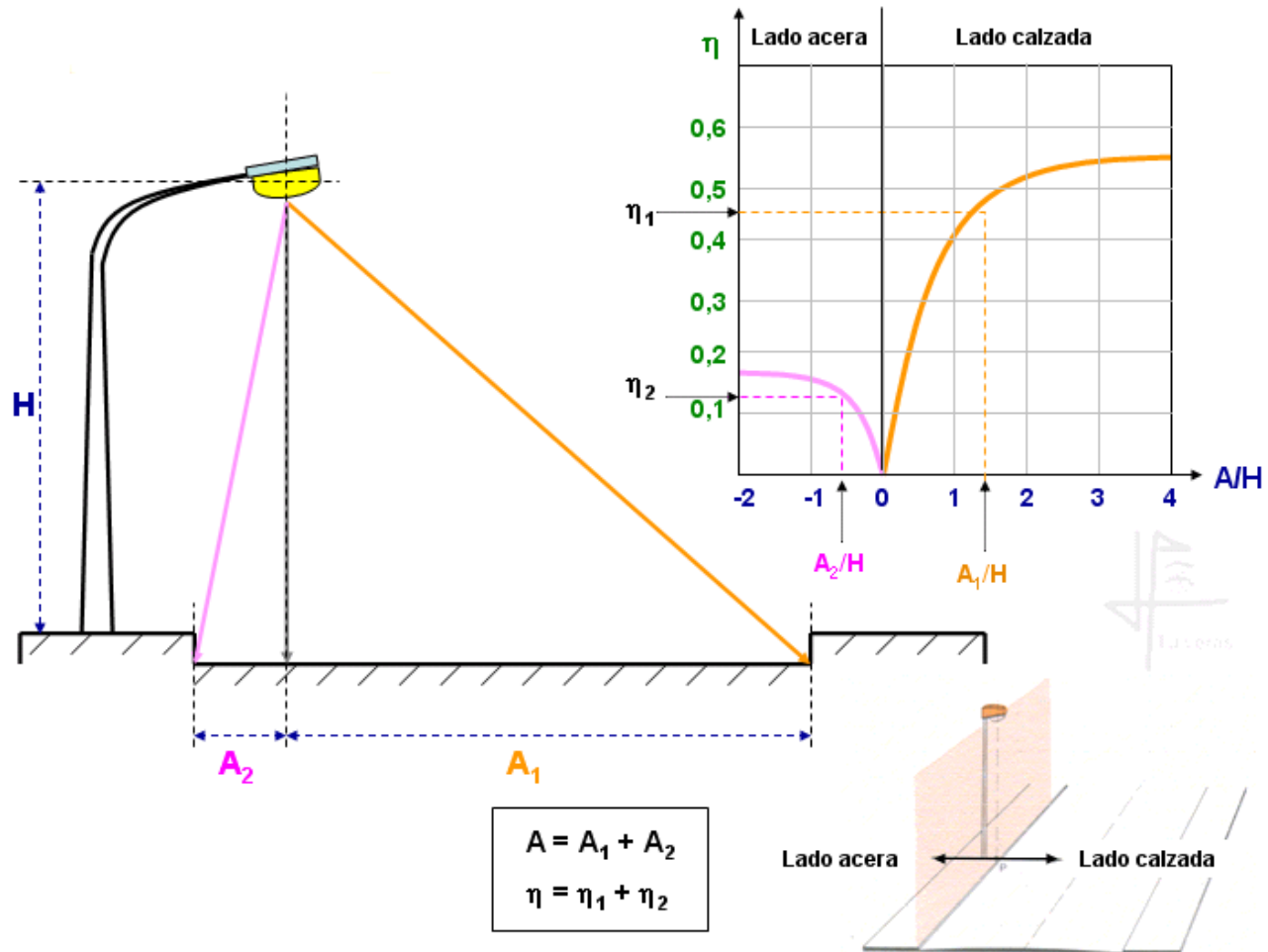
Flujo de la lámpara ( $\Phi_L$ )	Altura (m)
$3.000 \leq \Phi_L < 10.000$	$6 \leq H < 8$
$10.000 \leq \Phi_L < 20.000$	$8 \leq H < 10$
$20.000 \leq \Phi_L < 40.000$	$10 \leq H < 12$
$\Phi_L \geq 40.000$	$\geq 12$



# ALUMBRADO DE EXTERIORES



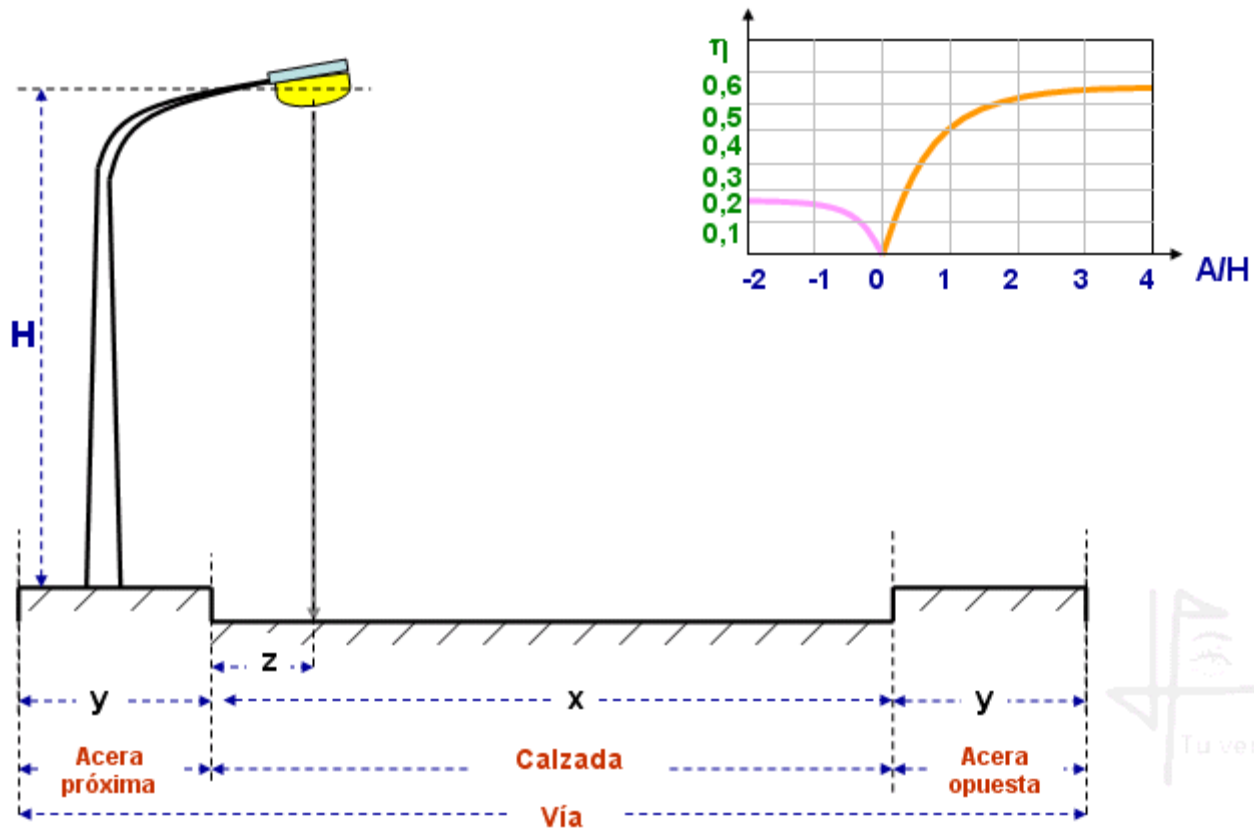
## Cálculo del Factor de Utilización



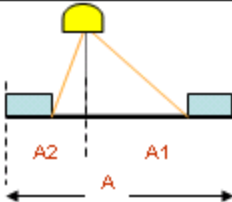
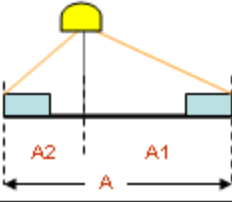
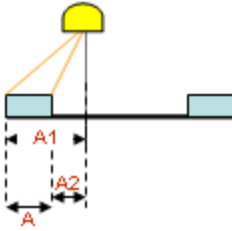
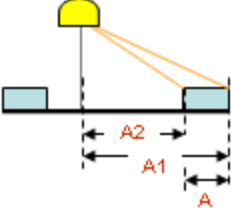


# ALUMBRADO DE EXTERIORES

## Cálculo de Otros Factores de Utilización



# ALUMBRADO DE EXTERIORES

	A	$A_1$	$A_2$	$\eta$
<b>Calzada</b>		$(x - z)$	$z$	$\eta = \eta_1 + \eta_2$
<b>Vía</b>		$(x - z) + y$	$z + y$	$\eta = \eta_1 + \eta_2$
<b>Acera próxima</b>		$z + y$	$z$	$\eta = \eta_1 - \eta_2$
<b>Acera opuesta</b>		$(x - z) + y$	$(x - z)$	$\eta = \eta_1 - \eta_2$