

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA  
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ALCOY  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

**APUNTES: ILUMINACIÓN**

**3<sup>er</sup> Curso, Grado en Ingeniería Eléctrica**

**Profesor: Pedro Ángel Blasco Espinosa**

### 1. LA LUZ

- 1.1. Características de las ondas
  - Longitud de onda ( $\lambda$ )
  - Frecuencia (f), espectro de frecuencias
  - Velocidad de propagación (v)
- 1.2. Naturaleza de la luz
- 1.3. Percepción de la luz
- 1.4. Conceptos visuales (Contraste, Adaptación, Deslumbramiento)

### 2. PROPIEDADES ÓPTICAS DE LOS MATERIALES

- 2.1. Reflexión
- 2.2. Transmisión
- 2.3. Absorción
- 2.4. Refracción

3

### 3. EL COLOR

- 3.1. Generalidades
- 3.2. Temperatura de color (TC)
- 3.3. Índice de rendimiento del color (IRC)

### 4. PRINCIPALES MAGNITUDES

- 4.1. Flujo Luminoso (Potencia luminosa)
- 4.2. Eficiencia Luminosa (rendimiento luminoso)
- 4.3. Iluminancia (Nivel de iluminación)
- 4.4. Intensidad Luminosa
- 4.5. Luminancia

### 5. BIBLIOGRAFIA

4

### 1. TIPOS DE LÁMPARAS

#### 1.1. Lámparas INCANDESCENTES

- L. Incandescente con Halógenos

#### 1.2. Lámparas de DESCARGA. Conceptos generales

##### 1.2.1. Lámparas de Descarga en VAPOR DE MERCURIO (VM)

- L. VM de Baja Presión (VMBP): Lámparas Fluorescentes
- L. VM de Alta Presión (VMAP)
  - L. de Luz Mezcla
  - L. con Halogenuros metálicos

##### 1.2.2. Lámparas de Descarga en VAPOR DE SODIO (VS)

- L. VS a Baja Presión (VSBP)
- L. VS a Alta Presión (VSAP)

#### 1.3. Lámparas de Inducción

#### 1.4. Lámparas LED (Diodos emisores de luz)

5

#### 1.5. Tablas características y comparativas

#### 1.6. Esquemas de montaje característicos según tipos de lámparas

#### 1.7. Tipos de casquillos

#### 1.8. Codificación de las lámparas

### 2. LUMINARIAS

#### 2.1. Características

- Ópticas, Eléctricas y mecánicas.
- Elementos constituyentes.

#### 2.2. Clasificación

- Por grado de protección eléctrica
- Por emisión del flujo luminoso
- Por tipo de instalación

### 3. BIBLIOGRAFÍA

6

### 1. Conceptos de Alumbrado de Interiores

- 1.1. Deslumbramiento
- 1.2. Consideraciones sobre la elección de lámparas y luminarias
- 1.3. Color; Temperatura de color e Índice de rendimiento de color (IRC)
- 1.4. Sistemas de Alumbrado
- 1.5. Métodos de Alumbrado
- 1.6. Factores de depreciación de la eficacia luminosa y mantenimiento
- 1.7. Niveles de Iluminación recomendados; Tablas

### 2. Métodos de Cálculo de alumbrado de Interior

#### 2.1. Método de los Lúmenes

- 2.1.1. Proceso de cálculo
- 2.1.2. Ejemplo de cálculo mediante uso de Información Técnica del fabricante
- 2.1.3. Ejemplo de cálculo

#### 2.2. Método del punto a punto

- 2.2.1. Proceso de cálculo

7

### 3. Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación, CTE HE 3

- 3.1. Ámbito de aplicación
- 3.2. Procedimiento de verificación
- 3.3. Eficiencia energética de la instalación, VEEI
- 3.4. Sistemas de control y regulación
- 3.5. Cálculos
- 3.6. Equipos
- 3.7. Mantenimiento y conservación

### 1. CRITERIOS DE IMPLANTACIÓN Y CALIDAD

- 1.1. Objetivos
- 1.2. Criterios de implantación
- 1.3. Criterios de calidad. Selección de la clase de alumbrado
  - 1.3.1. Luminancia media
  - 1.3.2. Coeficiente de Uniformidad. Uniformidad de la luminancia
  - 1.3.3. Deslumbramiento, Limitación del deslumbramiento
  - 1.3.4. Coeficiente de iluminación en los alrededores, Factor de borde
  - 1.3.5. Tablas REEIAE

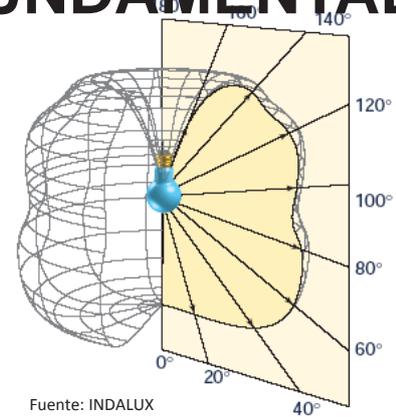
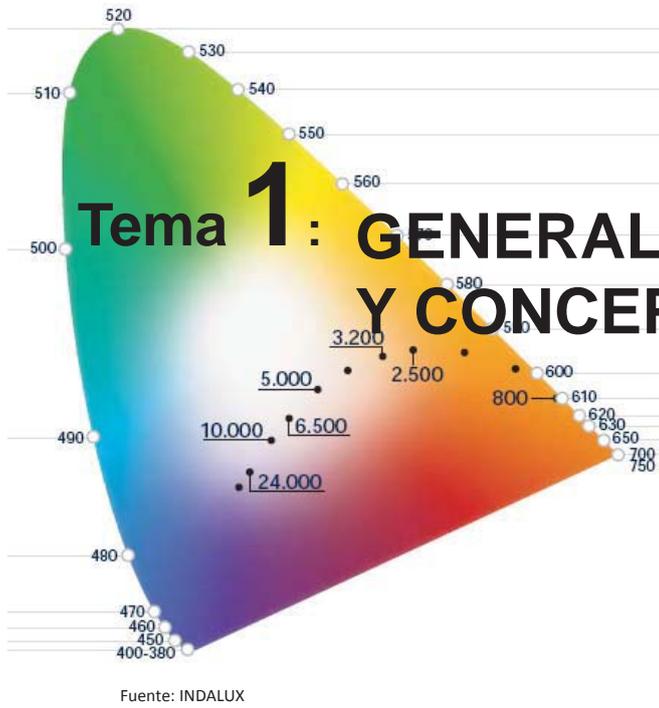
### 2. LUMINARIAS Y DISPOSICIÓN EN LA VÍA

- 2.1. Tipos de lámparas y luminarias
- 2.2. Disposición de las luminarias en la vía
- 2.3. Niveles de iluminación recomendados.

9

### 3. CÁLCULOS LUMINOTÉCNICOS DE ALUMBRADO EXTERIOR

- 3.1. Cálculo de Iluminancia
  - 3.1.1. Método del factor de utilización, Método de los lúmenes.
  - 3.1.2. Método de los nueve puntos.
- 3.2. Cálculo de la Luminancia



### 1. LA LUZ

- 1.1. Características de las ondas
  - Longitud de onda ( $\lambda$ )
  - Frecuencia (f), espectro de frecuencias
  - Velocidad de propagación (v)
- 1.2. Naturaleza de la luz
- 1.3. Percepción de la luz
- 1.4. Conceptos visuales (Contraste, Adaptación, Deslumbramiento)

### 2. PROPIEDADES ÓPTICAS DE LOS MATERIALES

- 2.1. Reflexión
- 2.2. Transmisión
- 2.3. Absorción
- 2.4. Refracción

13

### 3. EL COLOR

- 3.1. Generalidades
- 3.2. Temperatura de color (TC)
- 3.3. Índice de rendimiento del color (IRC)

### 4. PRINCIPALES MAGNITUDES

- 4.1. Flujo Luminoso (Potencia luminosa)
- 4.2. Eficiencia Luminosa (rendimiento luminoso)
- 4.3. Iluminancia (Nivel de iluminación)
- 4.4. Intensidad Luminosa
- 4.5. Luminancia

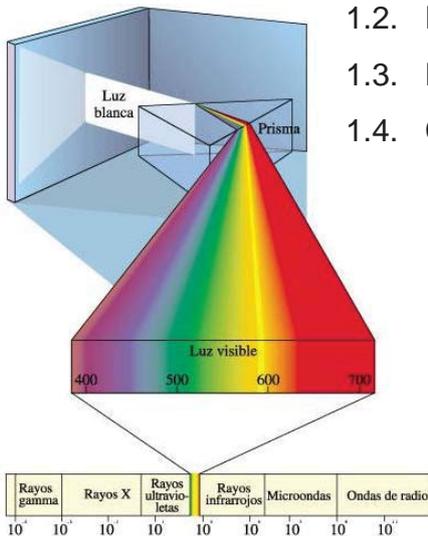
### 5. BIBLIOGRAFIA

14

1. LA LUZ

1.1. Características de las ondas

- Longitud de onda ( $\lambda$ )
- Frecuencia (f), espectro de frecuencias
- Velocidad de propagación (v)



1.2. Naturaleza de la luz

1.3. Percepción de la luz

1.4. Conceptos visuales (Contraste, Adaptación, Deslumbramiento)

Fuente: INDALUX

15

1. LA LUZ

La luz, son ondas electromagnéticas que propagan la energía producida por oscilaciones de campos eléctricos y magnéticos y no precisan un medio material para hacerlo.

Las ondas de luz se propagan en **régimen periódico** (intervalos regulares de tiempo), **de valor medio nulo**.

Las características fundamentales de las ondas quedan definidas por los siguientes parámetros:

- Longitud de onda ( $\lambda$ )
- Frecuencia (f), espectro de frecuencias
- Velocidad de propagación (v)

1.1. Características de las ondas

Longitud de onda ( $\lambda$ )

La longitud de onda permite clasificar el espectro de las radiaciones visibles.

Es la distancia que una onda recorren en un periodo

$$\lambda = v \cdot T \text{ (m)}$$

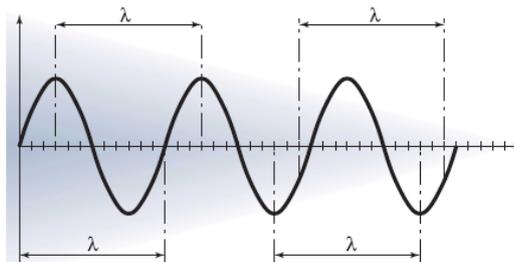
Siendo:

T: Periodo (sg)

V: Velocidad de propagación en el medio

$$v_{\text{vacío}} = 3 \cdot 10^8 \text{ m/sg}$$

16



Fuente: INDALUX

**Frecuencia (f)**

Corresponde al número de periodos por unidad de tiempo, y está en relación directa con la velocidad de propagación de la onda en el medio (vacío) e inversa con la longitud de onda.

Es una magnitud fija, independiente del medio de propagación, por lo que se emplea en la clasificación de las ondas electromagnéticas.

$$T = \frac{1}{f} \text{ (sg)}$$

$$f = \frac{v}{\lambda} \text{ (Hz)}$$

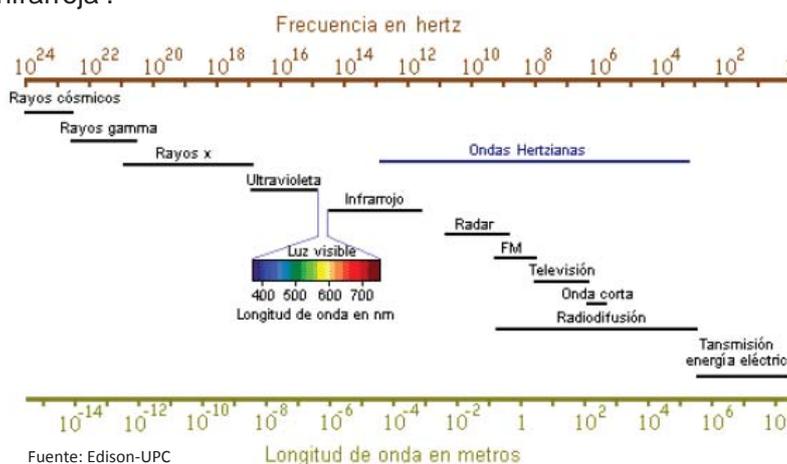
**Velocidad de propagación (v)**

Depende del tipo de onda y de las características del medio. En un medio homogéneo e isotrópico, la velocidad de propagación es igual en todas direcciones.

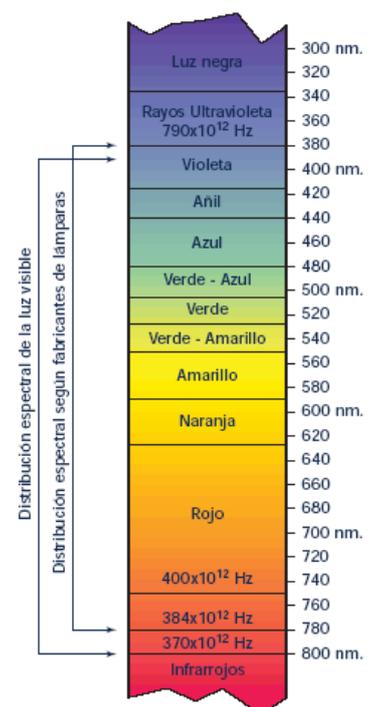
$$v = \frac{\lambda}{T} \text{ (m/sg)}$$

**1.2. Naturaleza de la luz**

- La naturaleza de la luz está caracterizada por el espectro de frecuencias que componen la distribución espectral de la luz visible para el ojo humano, que en el caso del ojo humano están comprendidas entre 380 (violeta) ÷780 nm (rojo).
- Dentro del espectro visible, la longitud de onda menor corresponde al violeta y la más larga al rojo.
- En los extremos de estos se encuentran las radiaciones ultravioleta (UV) e infrarroja .



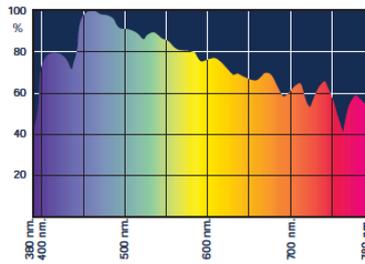
Fuente: Edison-UPC



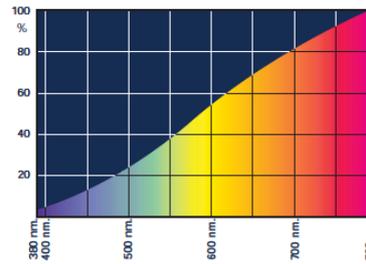
Fuente: INDALUX

1.2. Naturaleza de la luz

- Radiación en el espectro continuo: Corresponde a lámparas incandescentes, con gran emisión en el infrarrojo

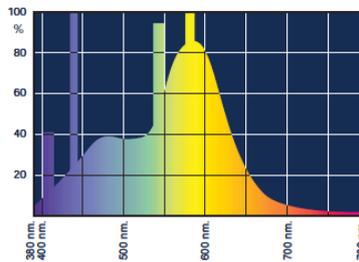


Distribución espectral de la luz del día normal  
Fuente: INDALUX

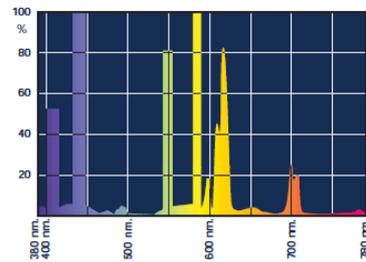


Distribución espectral de lámpara incandescente

- Radiación en el espectro discreto: Corresponde a lámparas de descarga gaseosa. Los picos de emisión son característicos del tipo de gas utilizado para la descarga



Distribución espectral de una lámpara fluorescente de color blanco frío  
Fuente: INDALUX



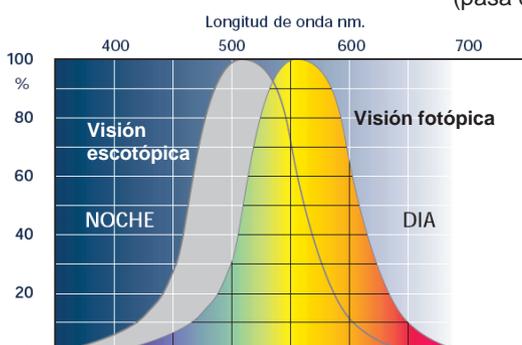
Distribución espectral de una lámpara de vapor de mercurio de color corregido

1.3. Percepción de la luz

La percepción de la luz es subjetivo, depende de la fisiología del ojo y de la percepción del color de cada persona.

En la visión, la cantidad de luz es un factor fundamental, así:

- **Visión fotópica:** Nivel de iluminación bueno ( $> 3 \text{ cd/m}^2$ ), Luz día  
Visión nítida, detallada y excelente distinción de los colores.
- **Visión escotópica:** Nivel de iluminación malo ( $< 0.25 \text{ cd/m}^2$ ), Noche.  
Pérdida de percepción del color, sensibilidad a los tonos azules e intensidad de la luz
- **Visión mesiotópica:** Niveles de iluminación intermedios ( $0.25 \div 3 \text{ cd/m}^2$ ).  
Disminución de la percepción del color a medida que disminuye la cantidad de luz (pasa de una alta sensibilidad al amarillo (amarillo verdoso) hasta el azul)



Fuente: INDALUX

Las curvas de sensibilidad del ojo se definen para:

- La luz diurna (amarillo verdoso; 555 nm para visión fotópica) produce la máxima sensación luminosa en el ojo.

Luz nocturna (azul verdoso, 480 nm, para visión escotópica).

1.4. Conceptos visuales

- Acomodación

Capacidad que tiene el ojo de ajustarse de forma automática a las diferentes distancias de los objetos y obtener imágenes nítidas (ej.: distancia focal).

Se realiza en el cristalino del ojo, y se pierde con la edad, haciendo necesaria una mayor cantidad de luz para conseguir ver una imagen nítida.

- Contraste

**Los objetos se perciben por los contrastes de color de luminancia** que presentan las distintas partes de su superficie entres sí y en relación al fondo en que aparece el objeto.

Para: - Altos niveles de iluminación: el ojo es sensible a los colores

- Bajos niveles de iluminación: la percepción de los objetos es debida al contraste con relación al fondo.

Contraste de colores

Fuente: Internet

		Fondo								
		Rojo	Naranja	Amarillo	Verde	Azul	Violeta	Negro	Blanco	Gris
Primer Plano	Rojo	Pobre	Pobre	Buena	Pobre	Mala	Pobre	Buena	Buena	Pobre
	Naranja	Pobre	Pobre	Pobre	Pobre	Pobre	Mala	Buena	Pobre	Pobre
	Amarillo	Buena	Buena		Pobre	Buena	Pobre	Buena	Pobre	Buena
	Verde	Pobre	Pobre	Pobre		Buena	Buena	Buena	Pobre	Buena
	Azul	Mala	Pobre	Buena	Buena		Pobre	Pobre	Buena	Pobre
	Violeta	Pobre	Mala	Buena	Pobre	Pobre		Buena	Buena	Pobre
	Negro	Pobre	Buena	Buena	Buena	Pobre	Buena		Buena	Pobre
	Blanco	Buena	Buena	Pobre	Pobre	Buena	Buena	Buena		Buena
	Gris	Pobre	Pobre	Buena	Buena	Pobre	Pobre	Pobre	Buena	

- Adaptación

Capacidad que tiene el ojo de ajustarse de forma automática a cambios en los niveles de iluminación (mayor o menor apertura del diafragma).

Si la iluminación es muy intensa la pupila se contrae para reducir la cantidad de luz y si es escasa se dilata para captar la mayor cantidad de luz.

El tiempo de adaptación entre un local con gran iluminancia a otro a oscuras es de aproximadamente 30 minutos.

Al contrario, es de unos segundos (efecto túnel).

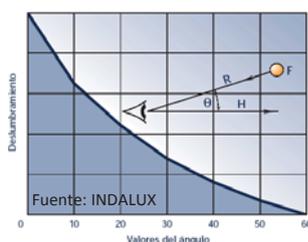


Fuente: Edison-UPC

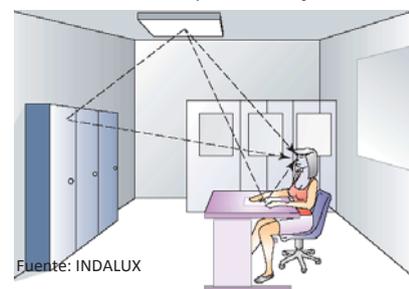
- Deslumbramiento

Produce molestias y/o incapacidad de distinguir objetos debido a contrastes excesivos en el espacio o en el tiempo.

Pueden ser directo, debidas a fuentes luminosas (luminarias, ventanas) o reflejado debido a superficies de gran reflectancia (sup. especulares) .



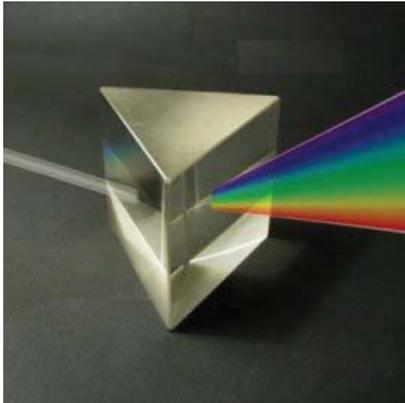
Fuente: INDALUX



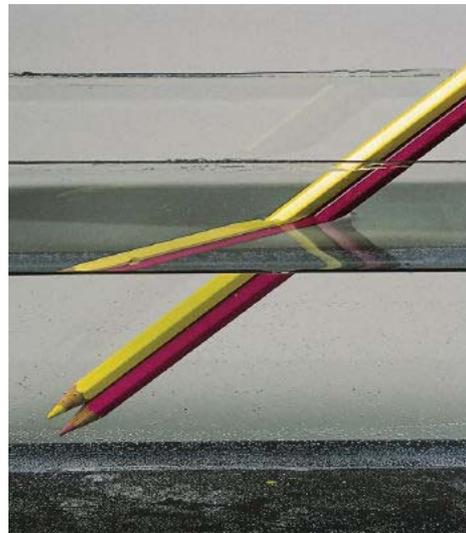
Fuente: INDALUX

2. PROPIEDADES ÓPTICAS DE LOS MATERIALES

- 2.1. Reflexión
- 2.2. Refracción
- 2.3. Transmisión
- 2.4. Absorción



Fuente: Internet



Fuente: Internet

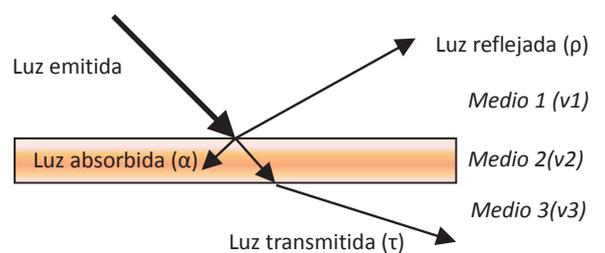
Cuando la luz al propagarse por un medio encuentra otro en su trayectoria experimenta una serie de fenómenos:

Cuando choca contra la superficie de este parte de la luz se refleja retornando hacia el primer medio y si el cuerpo es opaco el resto de la luz será absorbida.

En el caso que el medio que encuentra sea transparente parte de la luz será absorbida y parte atravesará el cuerpo transmitiéndose.

La luz puede experimentar los siguientes fenómenos:

- Reflexión
- Transmisión – Refracción
- Absorción



La energía total incidente será la suma debidas a las energías transmitida, absorbida y reflejada. En todos los casos ocurren simultáneamente dos o tres fenómenos.

Para cada uno de los fenómenos se define un coeficiente que expresa el porcentaje correspondiente, en tanto por uno.

- Factor de reflexión ( $\rho$ )
- “ “ transmisión ( $\tau$ )
- “ “ absorción ( $\alpha$ )

$\rho + \alpha + \tau = 1$	Cuerpos Transparentes
$\rho + \alpha = 1$	Cuerpos Opacos ( $\tau = 0$ )

# Tema 1: GENERALIDADES Y CONCEPTOS FUNDAMENTALES

## 2. PROPIEDADES ÓPTICAS DE LOS MATERIALES

### 2.1. Reflexión

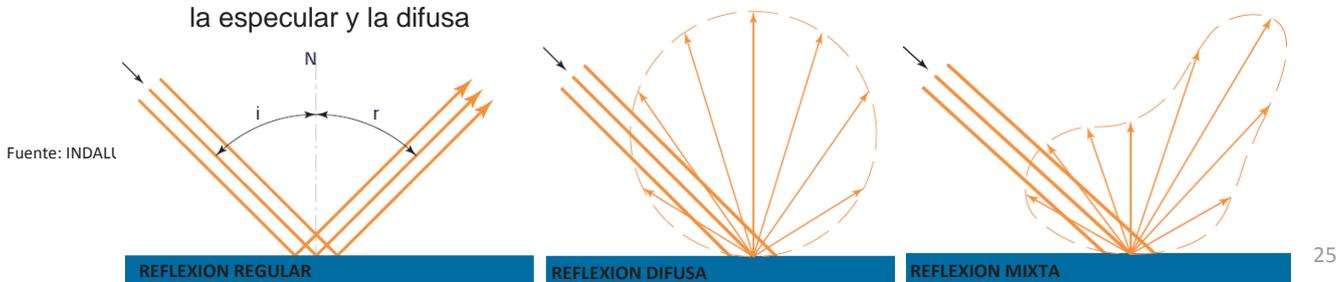
Se produce cuando la luz choca contra una la superficie plana de separación entre dos medios diferentes (gases (atmósfera), líquidos o sólidos).

Cuando la luz es reflejada por una superficie, un porcentaje se pierde debido al fenómeno de la absorción.

La relación entre la luz que es reflejada y la luz incidente se denomina **reflectancia** de la superficie.

La dirección con que la luz sale reflejada del objeto depende del tipo de superficie.

- **En una dirección única:** Si la superficie está pulida o brillante. **Reflexión regular o especular.**
- **Diseminada en todas direcciones:** Cuerpos rugosos, papel blanco mate, paredes, cielos rasos, nieve. **Reflexión difusa.**
- **En todas direcciones con una dirección predominante sobre las demás:** Superficies metálicas sin pulir, barnizadas, papel brillante. **Reflexión mixta.** Es una reflexión intermedia entre la especular y la difusa



# Tema 1: GENERALIDADES Y CONCEPTOS FUNDAMENTALES

## 2. PROPIEDADES ÓPTICAS DE LOS MATERIALES

### 2.1. Reflexión

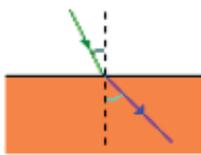
- Los factores de reflexión de los materiales son de gran importancia en los cálculos luminotécnicos.
- Permiten definir las características de los cerramientos del local a iluminar.

Factores de reflexión para la luz blanca día.

Fuente: INDALUX

Superficie reflectora	% factor de reflexión
Plata brillante	92 - 97
Oro	60 - 92
Plata blanca (mate)	85 - 92
Niquel pulido	60 - 65
Cromo pulido	60 - 65
Aluminio pulido	67 - 72
Aluminio electrobrillantado	86 - 90
Aluminio vaporizado	90 - 95
Cobre	35 - 80
Hierro	50 - 55
Porcelana esmaltada	60 - 80
Espejos	80 - 85
Pintura blanca mate	70 - 80
Beige claro	70 - 80
Amarillo y crema claro	60 - 75
Techos acústicos	60 - 75
Verde muy claro	70 - 80
Verde claro y rosa	45 - 65
Azul claro	45 - 55
Gris claro	40 - 50
Rojo claro	30 - 50
Marrón claro	30 - 40
Beige oscuro	25 - 35
Marrón, verde y azul oscuros	5 - 20
Negro	3 - 4

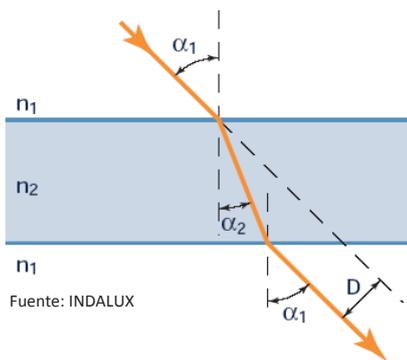
2.2. Refracción



Refracción

Se produce cuando la luz incidente es desviada, cambiando de dirección, al atravesar una superficie que separa dos medios diferentes. (Sigue la ley de la refracción).

El fenómeno de la refracción es debido a que la velocidad de propagación de la luz de cada medio es diferente. La velocidad de propagación disminuye si la densidad del nuevo medio es mayor y aumenta si es menor. Al cambio de velocidad se le denomina refracción.



Fuente: INDALUX

$$n_1 \cdot \text{sen } \alpha_1 = n_2 \cdot \text{sen } \alpha_2 \rightarrow \frac{\text{sen } \alpha_1}{\text{sen } \alpha_2} = \frac{n_2}{n_1} = n$$

$n_1$ : Índice de refracción del primer medio. ( $n_1 = 1$  Para el aire)  
 $n_2$ : Índice de refracción del segundo medio.  
 $\alpha_1$ : Ángulo de incidencia  
 $\alpha_2$ : Ángulo de refracción

La refracción **varía según la longitud de onda**. Las ondas cortas como el azul o el violeta, se transmiten más que las ondas largas como la roja. Al grado de separación de color, que depende del ángulo de incidencia y de las propiedades refractarias del material, se le denomina dispersión.

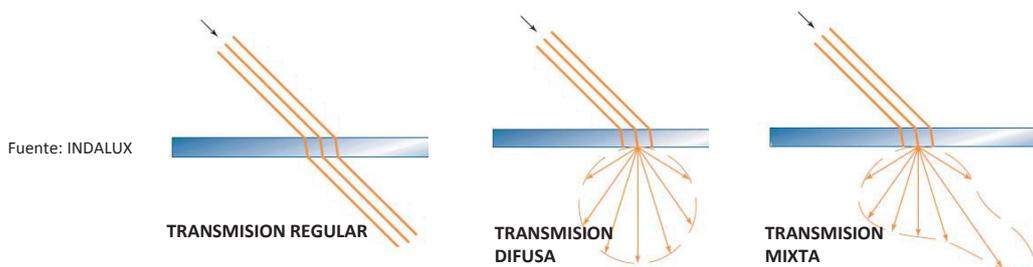
2.3. Transmisión

Se puede considerar una **doble refracción**. La primera refracción ocurre cuando del primer medio (p. ej. aire) al segundo medio (p. ej. vidrio), lo atraviesa y posteriormente vuelve a refractarse cuando pasa nuevamente del segundo al primer medio (p.ej. del vidrio al aire).

El fenómeno de la transmisión es característico de ciertos tipos de vidrios, cristales, agua, plástico, aire, etc.

Se pueden diferenciar tres tipos de transmisión:

- **Transmisión regular:** El rayo de luz no es desviado tras atravesar el objeto interpuesto. Cuerpos transparentes (vidrios).
- **Transmisión difusa:** La luz es diseminada en todas las direcciones al atravesar el objeto. Cuerpos translucidos, como cristales esmerilados o vidrios opacos opalizados.
- **Transmisión mixta:** Combinación de la transmisión regular y difusa, con una dirección de la luz predominante tras atravesar el cuerpo interpuesto. Vidrios orgánicos, cristales labrados.



Fuente: INDALUX

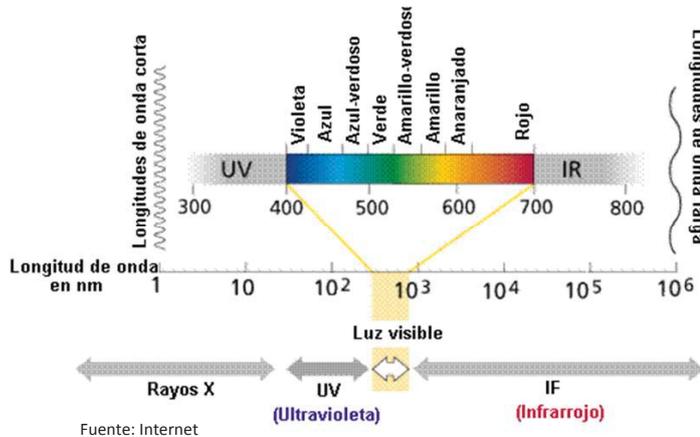
TRANSMISION REGULAR

TRANSMISION DIFUSA

TRANSMISION MIXTA

2.4. Absorción

La absorción está **asociada al color**. La luz blanca se genera por la mezcla de colores, lo cuales solo son perceptibles por el ojo dentro de un intervalo acotado del espectro electromagnético.



La luz blanca al incidir sobre un objeto, parte son absorbidos por la superficie de este y parte son reflejados.

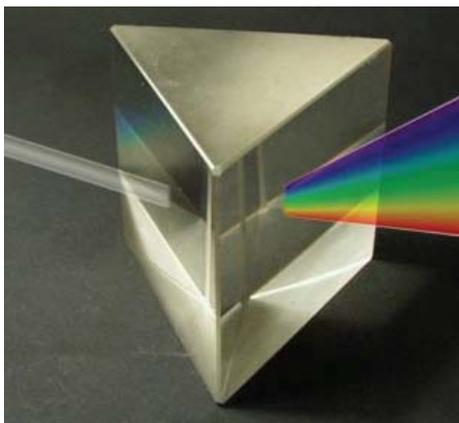
Las **componentes del espectro reflejados** son las que determinan el color que vemos.

El color que se percibe de un objeto depende del tipo de luz con el cual lo iluminamos y de los colores que este sea capaz de reflejar.

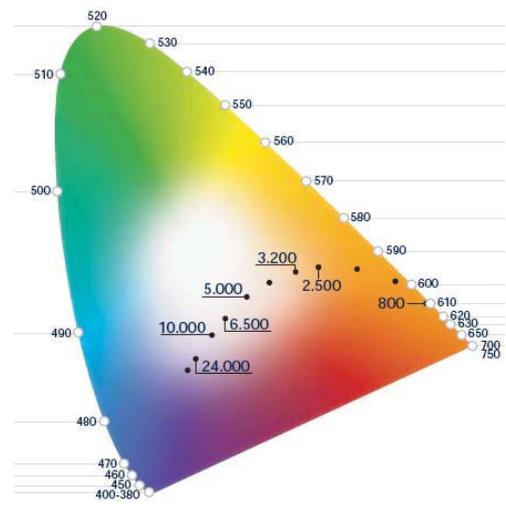
Un objeto tiene un color determinado (rojo) porque refleja la luz roja y absorbe el resto de componentes de la luz blanca.

3. EL COLOR

- 3.1. Generalidades
- 3.2. Temperatura de color (TC)
- 3.3. Índice de rendimiento de color o Índice de Reproducción Cromática (IRC)



Fuente: Internet



Fuente: INDALUX

3.1. Generalidades.

La luz blanca está formada por el conjunto de siete colores fundamentales que forman el arco iris, caracterizados cada uno por su correspondiente longitud de onda.

Color	Longitud de onda
violeta	~ 380-450 nm
azul	~ 450-495 nm
verde	~ 495-570 nm
amarillo	~ 570-590 nm
naranja	~ 590-620 nm
rojo	~ 620-750 nm

Fuente: Internet

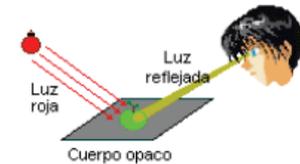
Si se ilumina un objeto opaco con luz blanca, este refleja un color o mezcla de estos absorbiendo el resto, siendo las radiaciones luminosas reflejadas las que determinan el color que percibimos.



Fuente de luz blanca.

Si el objeto iluminado refleja todas las radiaciones, será de color blanco; por el contrario si las absorbe todas será de color negro.

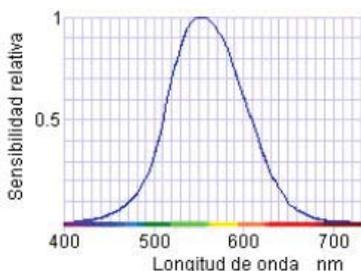
Si el objeto opaco se ilumina con una luz monocromática (solo emite determinadas longitudes de onda), los colores se verán deformados.



Fuente de luz monocromática 31  
Fuente: Edison-UPC

3.1. Generalidades.

El color es una sensación visual siendo la máxima sensibilidad la correspondiente a la longitud de onda de 555 nm que corresponde al amarillo verdoso. Según nos alejamos del máximo, la sensibilidad en la percepción del color disminuye.



Fuente: Edison-UPC

Sensaciones asociadas a los colores.	
Blanco	Frialdad, higiene, neutralidad.
Amarillo	Actividad, impresión, nerviosismo.
Verde	Calma, reposo, naturaleza.
Azul	Frialdad
Negro	Inquietud, tensión.
Marrón	Calidez, relajación.
Rojo	Calidez intensa, excitación, estimulante.

Colores fríos: Violetas, azules, verdes  
Colores cálidos: Amarillos, naranjas, rojos, verdes claros

Colores primarios o básicos: Son aquellos cuya combinación en cualquier proporción producen los demás colores. Azul, Verde y rojo (RGB).

Colores secundarios: Se obtienen con mezclas al 50%.

Colores terciarios: Se obtienen mezclando dos secundarios entre sí.



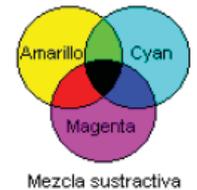
3.1. Generalidades.

Las mezclas de colores **pueden ser aditivas o sustractivas** (en luminotecnica se consiguen mediante filtros y haces de luz)

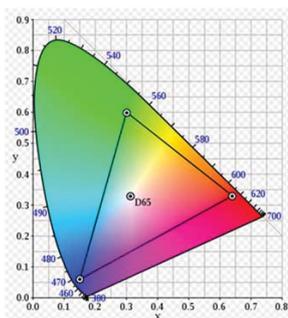
**Mezcla aditiva:** Se obtiene sumando haces de V + R + A . El color resultante dependerá de la proporción. En el caso de obtener el color blanco los colores serán complementarios.



**Mezclas sustractivas o pigmentarias:** Se obtienen aplicando a la luz blanca una serie sucesiva de filtros de colores que darán una intensidad intermedia entre los colores.



Fuente: Internet



Fuente: Internet

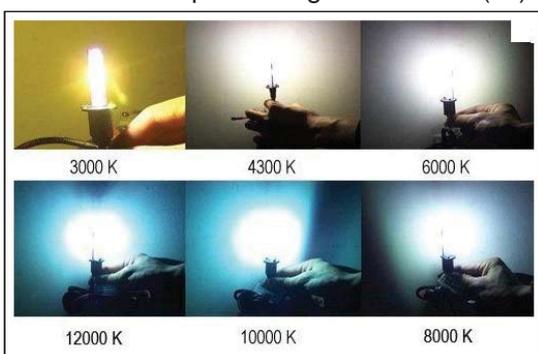
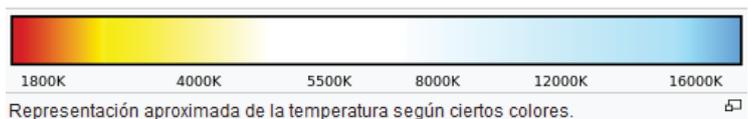
Para definir las proporciones de colores primarios que tiene un determinado color se emplea el sistema sRGB o sistema colorimétrico de la CIE (diagrama cromático).

3.2. Temperatura de Color (TC / K)

Las apariencias de color de las lámparas (fuente de luz) viene determinada por su temperatura de color correlacionada. La temperatura de color es una expresión que se utiliza para indicar el color de una fuente de luz **por comparación de esta con el color de un cuerpo negro** (cuerpo radiante perfecto, cuya emisión de luz es debida únicamente a su temperatura).

Un cuerpo negro (igual que cualquier cuerpo incandescente) cambia de color según aumenta su temperatura, pasando de color rojo sin brillo, a rojo claro, naranja, amarillo, blanco, blanco azulado y azul.

Se expresa en grados Kelvin (°K)



Fuente: Internet

La llama de una vela es similar a un cuerpo negro calentado a 1800°K, se dice entonces que tiene una TC de 1800 K

Las lámparas incandescentes tiene una temperatura de color comprendida entre 2700 y 3200 K por lo que su punto de color queda situado prácticamente sobre la curva del cuerpo negro. La TC no esta relacionada con el filamento incandescente.

3.2. Temperatura de Color (TC / K)

El dato de la temperatura de color (TC) se refiere únicamente al color de la luz, no a su composición espectral.

Es un dato característico de las lámparas.



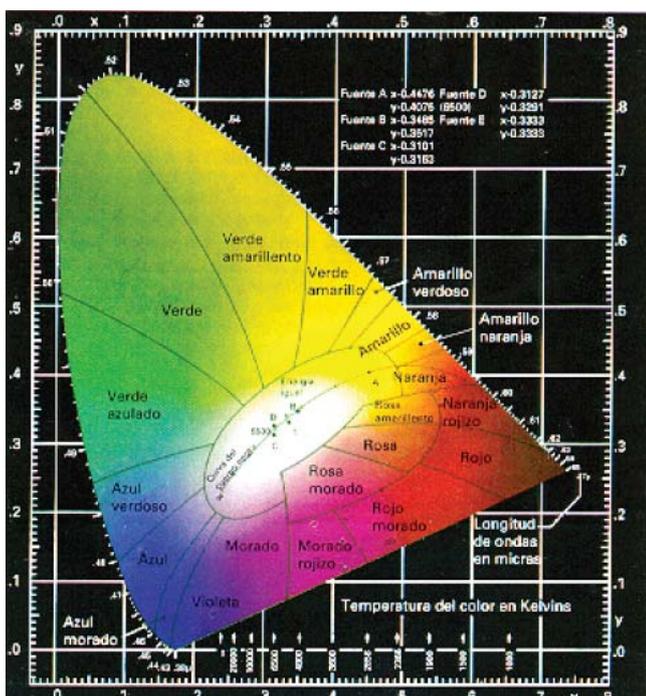
Fuente: Internet

Vatios	Tipo de color	CCT [K]
15	Blanco cálido	2940
15	Blanco frío	4040
15	Blanco	3450
15	Luz Día	6400
18	Blanco cálido	2940
18	Blanco frío	4040
18	Blanco	3450
18	Luz Día	6400
30	Blanco cálido	2940
30	Blanco frío	4040
30	Blanco	3450
30	Luz Día	6400

Dos fuentes de luz pueden tener un color muy parecido y poseer el mismo tiempo unas propiedades de reproducción cromática muy diferentes.

La temperatura de color **no es una medida de la temperatura**. Únicamente define color y es aplicable a fuentes de luz que tengan gran semejanza con el cuerpo negro.

3.2. Temperatura de Color (TC / K)



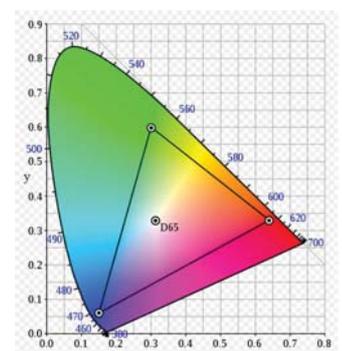
Fuente: Internet

Diagrama cromático CIE x,y (RGB)

Las curvas representan el color que emite un cuerpo negro en función de su temperatura. Se llama curva de temperatura de color del cuerpo negro (TC / K)

El espacio de color RGB (Red Green, Blue) como colores primarios puede definirse por las coordenadas cromáticas x,y:

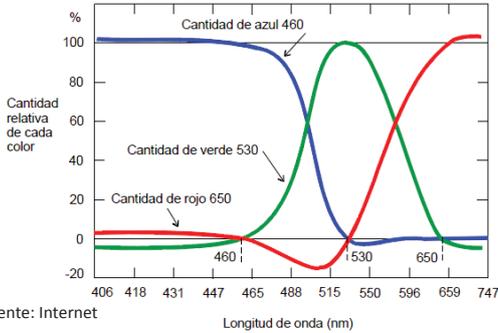
- Rojo [0.64000, 0.3300]
- Verde [0.3000, 0.6000]
- Azul [0.1500, 0.0600]
- Blanco: R+V+A [0.3127, 0.3290]



3.2. Temperatura de Color (TC / K)

Diagrama monocromático:

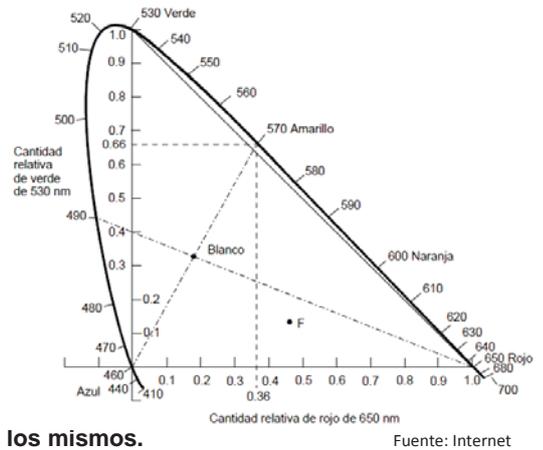
Por ejemplo, para seleccionar un color amarillo particular de  $\lambda = 570$  nm, las cantidades relativas necesarias para igualar cualquier color monocromáticos son: rojo ( $\lambda = 650$  nm), verde ( $\lambda = 530$  nm) y azul ( $\lambda = 460$  nm)



Porcentajes RGB del color buscado:

- Rojo: 36%
- Verde: 66%
- Azul: (-2%)

Estas curvas son estandarizadas, ya que los datos reales varían según el observador y la intensidad de la luz.



Una forma de representarlo es utilizando el diagrama cromático CIE:

- Eje horizontal: Rojo,  $\lambda = 650$  nm, 36%
- Eje vertical: Verde,  $\lambda = 530$  nm, 66%
- Azul: calculado a partir de los anteriores,  $\lambda = 460$  nm, -2%

Los puntos sobre la curva corresponden a los colores espectrales.

Eligiendo uno cualquiera se obtienen sus componentes en porcentaje

La región dentro de la curva corresponde a colores no saturados.

La mezcla aditiva de colores se sitúa sobre una línea recta que une los mismos.

3.2. Temperatura de Color (TC / K)

Tabla de equivalencia entre apariencia de color y temperatura de color

Grupo de apariencia de color	Apariencia de color	Temperatura de color (K)
1	Cálida	Por debajo de 3.300
2	Intermedio	De 3.300 a 5.300
3	Frio	Por encima de 5.300

Fuente: INDALUX

En la correlación de la temperatura de color se definen tres grados de apariencia según la tonalidad de la luz; Luz fría (tono blanco azulado), Luz neutra (luz blanca), Luz cálida (tono blanco rojizo).

Para hacernos una idea de cómo afecta la luz al color consideremos una habitación de paredes blancas con muebles de madera de tono claro.

Fuente de luz	Temperatura de color en K
Lámpara incandescente	2.800
Tubo fluorescente (blanco cálido)	3.000
Tubo fluorescente (blanco día)	4.000
Tubo fluorescente (luz de día)	6.000
Luz solar directa con el cielo despejado	6.000

Si la iluminamos con lámparas incandescentes, ricas en radiaciones en la zona roja del espectro, se acentuarán los tonos marrones de los muebles y las paredes tendrán un tono amarillento. En conjunto tendrá un tono cálido muy agradable.

Ahora bien, si iluminamos la misma habitación con lámparas fluorescentes normales (luz día) ricas en radiaciones en la zona azul del espectro, se acentuarán los tonos verdes y azules de los muebles y muebles dando un aspecto frío.

Con este ejemplo se puede ver de que forma afecta el color de las lámparas (apariencia de color – TC) a la reproducción de los colores de los objetos (el rendimiento en color de los objetos).

3.2. Temperatura de Color (TC / K)

A pesar de lo visto en el ejemplo, la apariencia en color no basta para determinar qué sensaciones producirá una instalación para los usuarios.

Por ejemplo, es posible realizar una instalación con lámparas fluorescentes que llegue a resultar muy agradable o utilizar lámparas cálidas que produzca una sensación desagradable aumentando el nivel de iluminación de la sala.

El valor de la iluminancia conjuntamente con la apariencia en color de las lámparas determinará el aspecto final.

Temperatura	Color
2.000 °C	Rojo
2.800 °C	Anaranjado
3.200 °C	Amarillo
4.000 °C	Amarillo claro
5.000 °C	Marfil
5.500 °C	Blanco
6.000 °C	Verdoso
6.500 °C	Azulado
7.300 °C	Azul
9.000 °C	Azul intenso

Iluminancia (lux)	Apariencia del color de la luz		
	Cálida	Intermedia	Fría
$E \leq 500$	agradable	neutra	fría
$500 < E < 1.000$	↓	↓	↓
$1.000 < E < 2.000$	estimulante	agradable	neutra
$2.000 < E < 3.000$	↓	↓	↓
$E \geq 3.000$	no natural	estimulante	agradable

Fuente: Edison-UPC

39

3.3. Índice de Rendimiento de Color o Índice de Reproducción Cromática (IRC)

El rendimiento de color de las lámparas es una medida de la calidad de reproducción de los colores.

Esta calidad de reproducción de los colores se mide con el **Índice de Rendimiento del Color (IRC)**, que compara la fidelidad reproducción cromática de los objetos iluminados con una fuente de luz estandar. La IRC ofrece una indicación de la capacidad de la fuente lumínica en reproducir colores normalizados por comparación con la reproducción con una luz patrón de referencia.

Cuanto más alto sea el valor de IRC mejor será la reproducción del color, aunque sea a costa de sacrificar la eficiencia y el consumo energético.

Índice de reproducción cromático (IRC)	Nivel de reproducción cromático
IRC de 85 a 100	Excelente
IRC de 70 a 84	Bueno
IRC de 40 a 69	Aceptable
IRC menor de 40	Limitado

Fuente: Internet

El IRC tiene una escala que va del 1 (mínimo) al 100 (máximo, luz blanca).

40

3.3. Índice de Rendimiento de Color o Índice de Reproducción Cromática (IRC)

Fuentes Luminosas	Tc (°K)	IRC		
Cielo azul .....	10.000 a 30.000	85 a 100 (grupo 1)		
Cielo nublado .....	7.000	85 a 100 (grupo 1)		
Luz solar día .....	6.000	85 a 100 (grupo 1)		
Lámparas descarga (excepto Na) .....	6.000	96 a 100 (grupo 1)		
Luz día (halogenuros) .....				
Blanco neutral .....			3.000 a 5.000	70 a 84 (grupo 2)
Blanco cálido .....			Menos de 3.000	40 a 69 (grupo 3)
Lámpara descarga (Na) .....	2.900	Menos de 40		
Lámpara incandescente .....	2.100 a 3.200	85 a 100 (grupo 1)		
Lámpara fotográfica .....	3.400	85 a 100 (grupo 1)		
Llama de vela o de bujía .....	1.800	40 a 69 (grupo 3)		

Fuente: INDALUX

Aunque ya conocemos la importancia de las lámparas en la reproducción de los colores, hay que considera un aspecto importante; la elección del **color de los suelos, paredes, techos, muebles, etc..**

A pesar que la elección del color de estos elementos viene condicionada por aspectos estéticos, económicos y culturales, hay que considerar la repercusión que tiene el resultado final en el estado anímico de las personas.

3.3. Índice de Rendimiento de Color o Índice de Reproducción Cromática (IRC)

**Tonos fríos:** Calman y descansan, además de producir sensación de lejanía, depresión y pesadez.

**Tonos cálidos:** Sensaciones dinámicas, exaltación, alegría. Amplitud de espacio y ambiente acogedor.

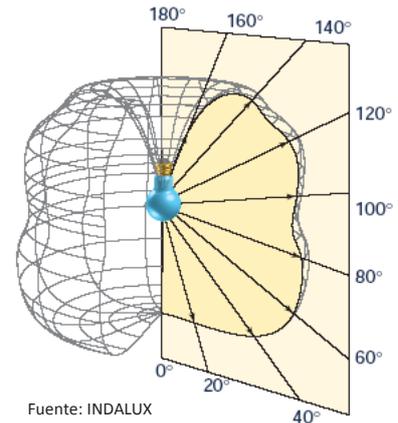
Una combinación de ambos puede dar como resultado un ambiente neutro y más agradable.

Grupo rendimiento en color	Rango de rendimiento en color (IRC o R <sub>a</sub> )	Apariencia de color	Ejemplos para usos preferible	Ejemplos para uso aceptable
1 A	IRC ≥ 90	Cálido Intermedio Frio	Igualaciones de color, exploraciones clínicas, galerías de arte	
1 B	90 > IRC ≥ 80	Cálido Intermedio	Casas, hoteles, restaurantes, tiendas, oficinas, escuelas, hospitales	
		Intermedio Cálido	Imprenta, industria de pintura y textiles, trabajo industrial	
2	80 > IRC ≥ 60	Cálido Intermedio Frio	Trabajo industrial	Oficinas, escuelas
3	60 > IRC ≥ 40		Industrias bastas	Trabajo industrial
4	40 > IRC ≥ 20			Trabajos bastos, trabajo industrial con bajo requerimiento de rendimiento de color

Fuente: INDALUX

4. PRINCIPALES MAGNITUDES

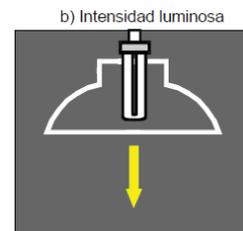
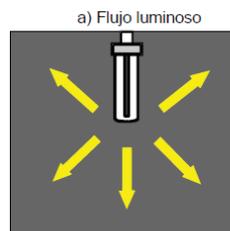
- 4.1. Flujo Luminoso (Potencia luminosa)
- 4.2. Rendimiento Luminoso (Eficiencia Luminosa)
- 4.3. Intensidad Luminosa
- 4.4. Iluminancia (Nivel de Iluminación)
- 4.5. Luminancia



Magnitudes que se relacionan con:

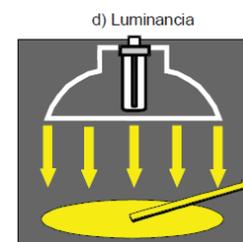
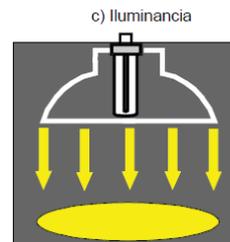
La fuente de luz:

- Flujo luminoso ( $\Phi$ , lm)
- Intensidad luminosa (I, cd)
- Iluminancia (E, lm/m<sup>2</sup>)



La luz que percibimos:

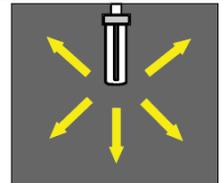
- Luminancia (L, cd/m<sup>2</sup>)



Fuente: Internet

En una fuente luminosa, ni toda la energía se convierte en luz visibles, ni toda la luz emitida llega al ojo y produce sensación luminosa.

#### 4.1. Flujo Luminoso, (Potencia Luminosa), $\Phi$ (lm)



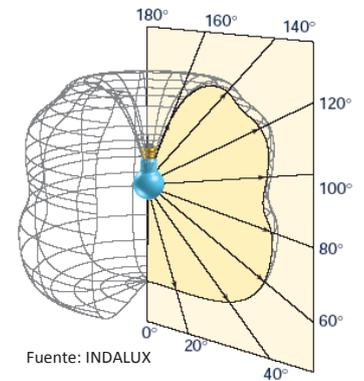
El Flujo luminoso es la cantidad de luz emitida por una fuente de luz, dentro del espectro visible, en un segundo y en todas las direcciones.

**La unidad del flujo luminoso ( $\Phi$ ) es el lumen (lm).**

El lumen es el flujo luminoso de la radiación monocromática que se caracteriza por una frecuencia de valor  $5,40 \cdot 10^{14}$  Hz (valor patrón de referencia), y por un flujo de energía radiante de  $1/683$  W.

Un vatio de energía radiante de longitud de onda 555 nm (amarillo – verde) en el aire emitida por un cuerpo negro equivale a 683 lm aproximadamente:

$$1 \text{ Vatio-luz a } 555 \text{ nm} = 683 \text{ lm}$$

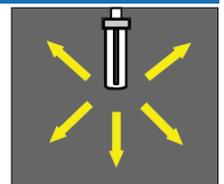


Un **cuerpo negro** (teórico) es aquel que absorbe toda la radiación que incide sobre él en cualquier dirección y longitud de onda y emite la máxima radiación posible a cualquier temperatura, («es un absorbedor y un emisor de luz (radiación) perfecto»).

La radiación incidente no se refleja ni traspasa el cuerpo.

45

#### 4.1. Flujo Luminoso, (Potencia Luminosa) , $\Phi$ (lm)



##### Medida del flujo luminoso

Es característico del foco luminoso.

La medida del flujo luminoso se realiza en el laboratorio por medio de un fotoelemento ajustado según la curva de **sensibilidad fotópica** del ojo a las **radiaciones monocromáticas** incorporando a una esfera hueca denominada Esfera de Ulbricht, y en cuyo interior se coloca la fuente luminosa a medir.

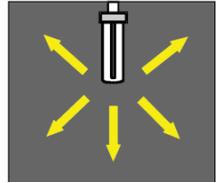


Fuente: INDALUX

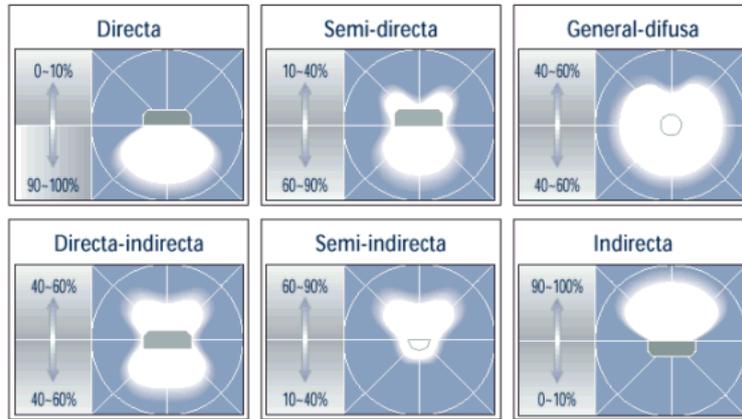
Los fabricantes proporcionan el dato del flujo luminoso de las lámparas para la potencia nominal (ver diapositiva nº 38).

46

4.1. Flujo Luminoso, (Potencia Luminosa) ,  $\Phi$  (lm)



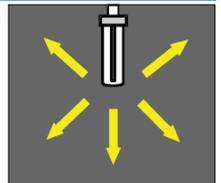
Según el porcentaje de flujo luminoso total distribuido por encima o por debajo del plano horizontal de una luminaria estas se pueden clasificar en:



Fuente: INDALUX

(Ver transparencia pagina 47)

4.1. Flujo Luminoso, (Potencia Luminosa) ,  $\Phi$  (lm)



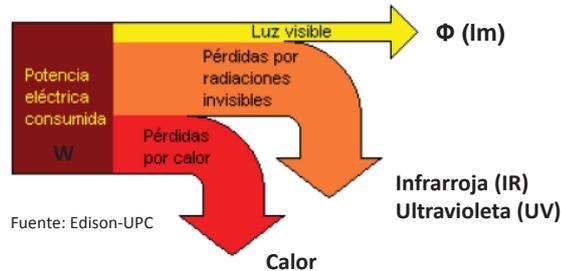
Valores típicos de flujo luminoso según el tipo de fuente luminosa y de la potencia de esta

Tipo de fuente luminosa	Potencia (W)	Flujo Luminoso (lm)
Vela de cera		10
Lámpara incandescente	40	430
	100	1300
	300	5000
Lámpara Fluorescente compacta	7	400
	9	600
Lámpara Fluorescente tubular	20	1030
	40	2600
	65	4100
Lámpara de Vapor de Mercurio	250	13500
	400	23000
	700	42000
Lámpara de Mercurio Halogenado	250	18000
	400	24000
	100	80000
Lámpara de Vapor de Sodio Alta Presión	250	25000
	400	47000
	1000	120000
Lámpara de Vapor de Sodio a Baja Presión	55	8000
	135	22500
	180	33000
Lámparas Led	1.3	50
	5	250
	9	550
	18	1600
	30	2600

Fuente: INDALUX - Bibliografía

4.2. Rendimiento Luminoso; (Eficiencia Luminosa),  $\eta$ ,  $\epsilon$  (lm/W)

De la energía eléctrica que una lámpara consume, no toda se transforma en luz visible, perdiéndose un porcentaje en forma de calor, radiación no visible (infrarrojo IR o ultravioleta UV), etc.



El rendimiento luminoso de una fuente de luz, indica el flujo (radiación visible) que emite la misma por cada unidad de potencia eléctrica consumida para su obtención.

Se representa por  $\epsilon$ ,  $\eta$  y su unidad es el lm/w.

La eficiencia luminosa viene determinada por:

$$\eta, \epsilon = \frac{\Phi}{P} \left( \frac{\text{lm}}{\text{W}} \right)$$

4.2. Rendimiento Luminoso; (Eficiencia Luminosa),  $\eta$ ,  $\epsilon$  (lm/W)

Valores típicos de flujo luminoso según el tipo de fuente luminosa y de la potencia de esta

Tipo de fuente luminosa	Potencia (W)	Flujo Luminoso (lm)	Eficacia luminosa (lm/W)
Vela de cera		10	
Lámpara incandescente	40	430	10.75
	100	1300	130.80
	300	5000	16.67
Lámpara Fluorescente compacta	7	400	57.10
	9	600	66.70
Lámpara Fluorescente tubular	20	1030	51.50
	40	2600	65.00
	65	4100	63.00
Lámpara de Vapor de Mercurio	250	13500	54.00
	400	23000	57.50
	700	42000	60.00
Lámpara de Mercurio Halogenado	250	18000	72.00
	400	24000	67.00
	100	80000	80.00
Lámpara de Vapor de Sodio Alta Presión	250	25000	100.00
	400	47000	118.00
	1000	120000	120.00
Lámpara de Vapor de Sodio a Baja Presión	55	8000	145.00
	135	22500	167.00
	180	33000	180.00
Lámparas Led	1.3	50	38.46
	5	250	50.00
	9	550	61.11
	18	1600	88.89
	30	2600	86.67

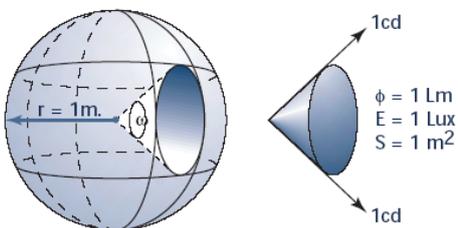
4.3. Intensidad Luminosa, I (cd)

La **intensidad luminosa** de una fuente de luz es igual al flujo luminoso emitido en una determinada dirección y contenida en un ángulo sólido cualquiera, cuyo eje coincida con la dirección considerada. El valor del ángulo sólido se expresará en estereoradianes

Su símbolo es I, y su unidad es la **candela (cd)**

La intensidad luminosa viene determinada por:

$$I = \frac{\Phi}{\omega} \quad (cd)$$



$\omega$  (total) =  $4\pi$  estereoradianes

Fuente: INDALUX

El **ángulo sólido o ángulo cónico**, es el ángulo tridimensional formado en el vértice de un cono. La unidad es el estereorradian (sr) y se define como el ángulo sólido para el que la superficie S es igual a  $r^2$ , donde r es el radio de la esfera. Dado que el área de la esfera es  $4\pi \cdot r^2$ , en una esfera completa hay  $4\pi$  (sr).

4.3. Intensidad Luminosa, I (cd)

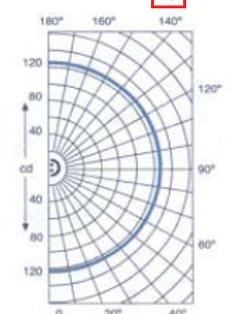
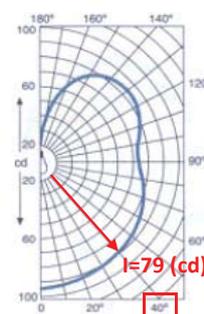
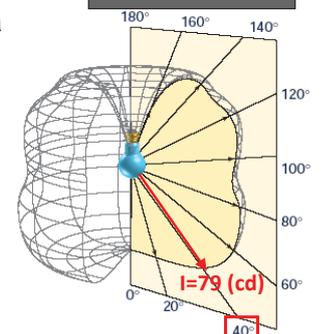
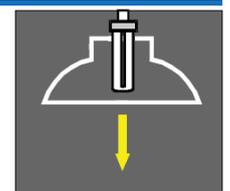
Sólido Fotométrico

Corresponde a la representación vectorial de la intensidad luminosa de una fuente de luz (manantial luminoso) en las infinitas direcciones del espacio. Constituye lo que se conoce como **distribución luminosa**.

Curvas fotométricas (curvas de distribución luminosa)

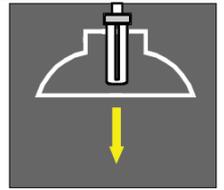
Si se hace pasar un plano por el eje de la fuente luminosa se obtiene la representación de las curvas fotométricas según la distribución luminosa espacial característica de cada lámpara / luminaria.

Mediante la utilización de la curva fotométrica de una fuente de luz se puede determinar con exactitud la intensidad luminosa en cualquier dirección, lo cual constituye un **dato necesario en los cálculos de iluminación**.



Curvas fotométricas de lámpara incandescente y fluorescente

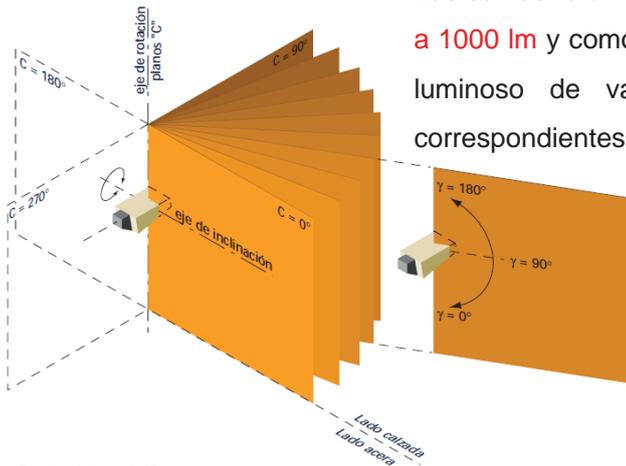
4.3. Intensidad Luminosa, I (cd)



Curvas fotométricas

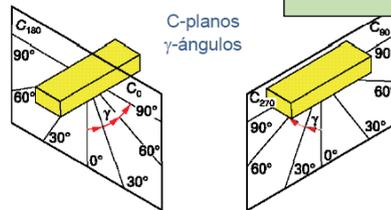
Las direcciones del espacio por las cuales se radia una intensidad luminosa se pueden determinar por tres coordenadas. Uno de los sistemas de coordenadas más utilizados para la obtención de curvas fotométricas es el denominado "I-C-γ"

Las curvas fotométricas se proporcionan referidas a un flujo luminoso emitido a 1000 lm y como el caso más general es que la fuente de luz emita un flujo luminoso de valor superior, los valores de la intensidad luminosa correspondientes se determinan mediante una regla de tres simple.



Para otro valor de flujo, la intensidad luminosa será:

$$I_{\text{real}} = \Phi_{\text{lámpara}} \cdot \frac{I_{\text{gráfico}}}{1000} \quad (\text{cd})$$

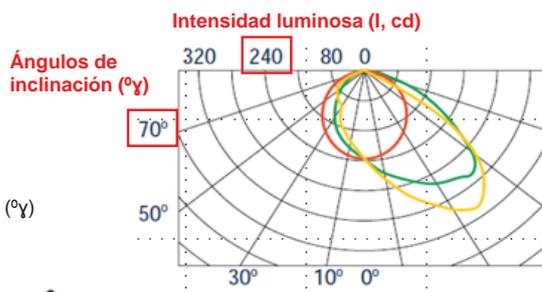
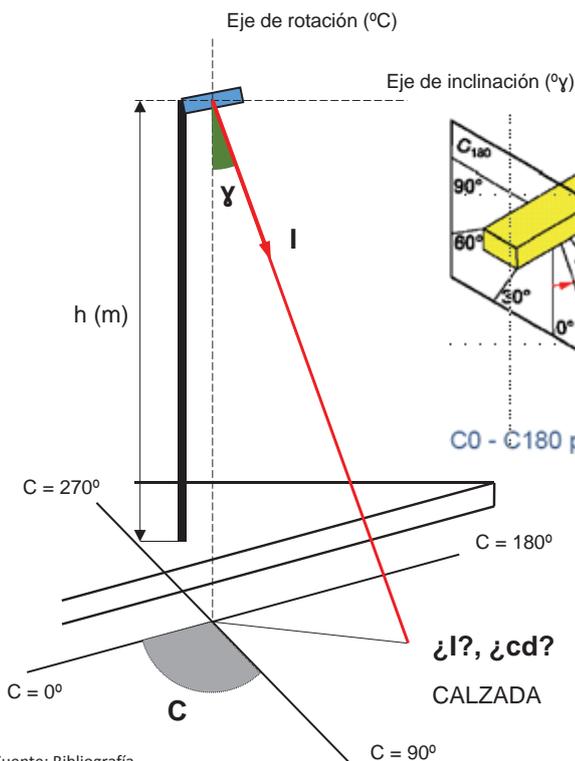
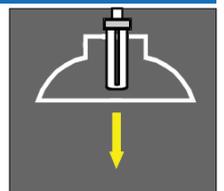


C0 - C180 plano

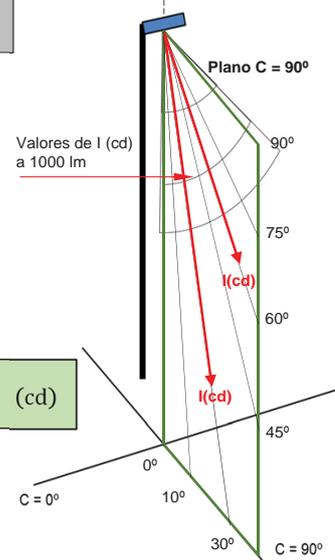
C90 - C270 plano

Fuente: Internet - Bibliografía

4.3. Intensidad Luminosa, I



Curva roja: C = 90°  
Curva verde: C = 45°  
Curva amarilla: C = 0°



$$I_{\text{real}} = \Phi_{\text{lámpara}} \cdot \frac{I_{\text{gráfico}}}{1000} \quad (\text{cd})$$

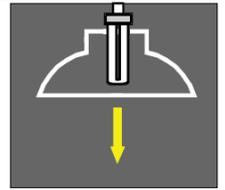
¿I?, ¿cd?  
CALZADA

Fuente: Bibliografía

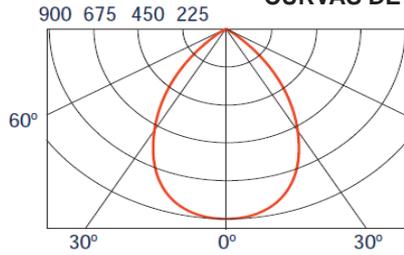
4.3. Intensidad Luminosa, I (cd)

Curvas fotométricas

Cuando se coloca una lámpara en un reflector (luminaria), se distorsiona su flujo luminoso proporcionando un volumen cuya forma es distinta (con respecto a la lámpara únicamente), ya que depende de las características propias del reflector. Por lo tanto, las curvas de distribución según los distintos tipos de planos son diferentes.

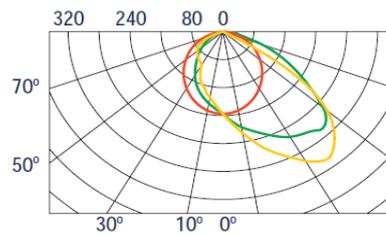


DIAGRAMAS POLARES O CURVAS DE DISTRIBUCIÓN LUMINOSA



Unidad = cd/1000 lm  
C=90° — C=45° — C=0° —

**Distribución simétrica.** Curvas idénticas para cualquiera de los planos meridionales (Y-Y'), por lo que una sola curva es suficiente para su identificación fotométrica.



Unidad = cd/1000 lm  
C=90° — C=45° — C=0° —

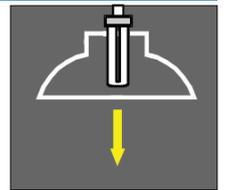
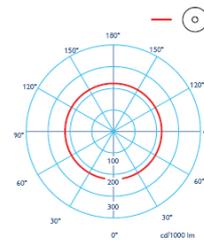
Fuente: INDALUX

**Distribución asimétrica.** Cada plano tiene una curva diferente, por lo que es necesario conocer todos los planos.

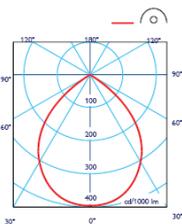
4.3. Intensidad Luminosa, I (cd)

Curvas fotométricas: Distribución simétrica

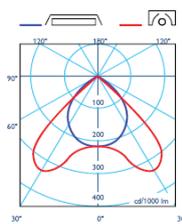
- Alrededor de un punto (simetría esférica).
- Alrededor de una línea (simetría rotacional).
- Alrededor de dos ejes perpendiculares (simetría plana).
- Alrededor de un eje, no principal (simetría).



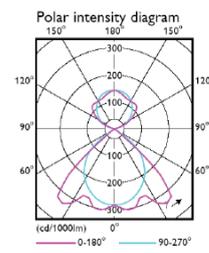
Simetría alrededor de un punto



Simetría alrededor de una línea



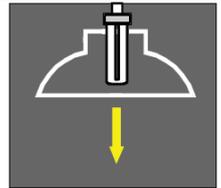
Simetría respecto a dos planos perpendiculares



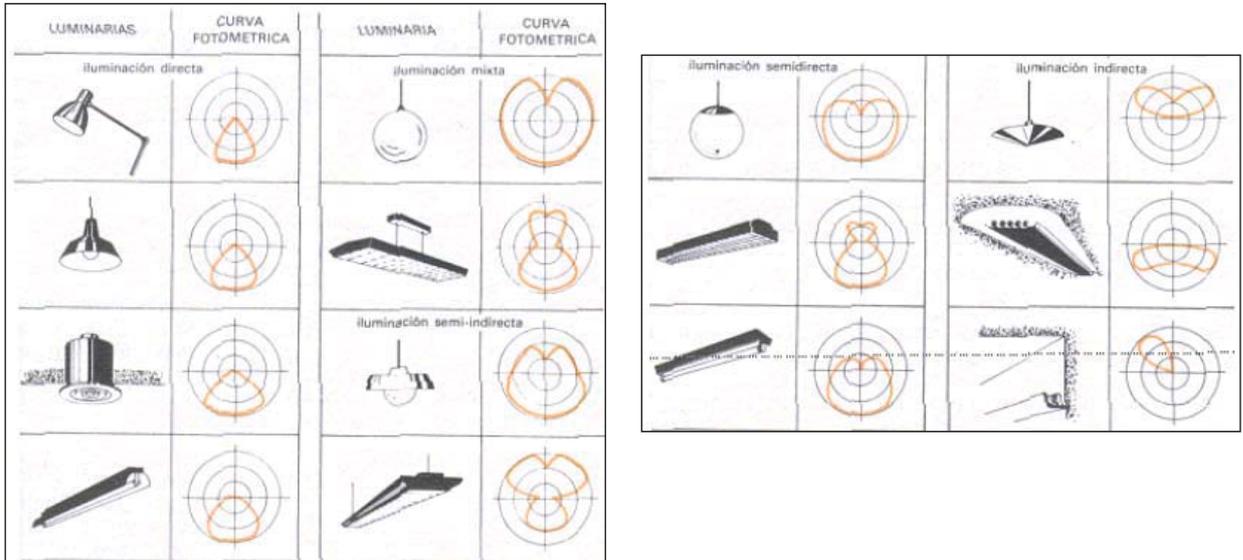
directa/indirecta



4.3. Intensidad Luminosa, I (cd)

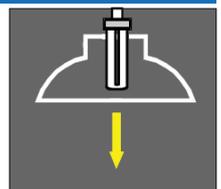


Curvas fotométricas de varios tipos de luminarias:



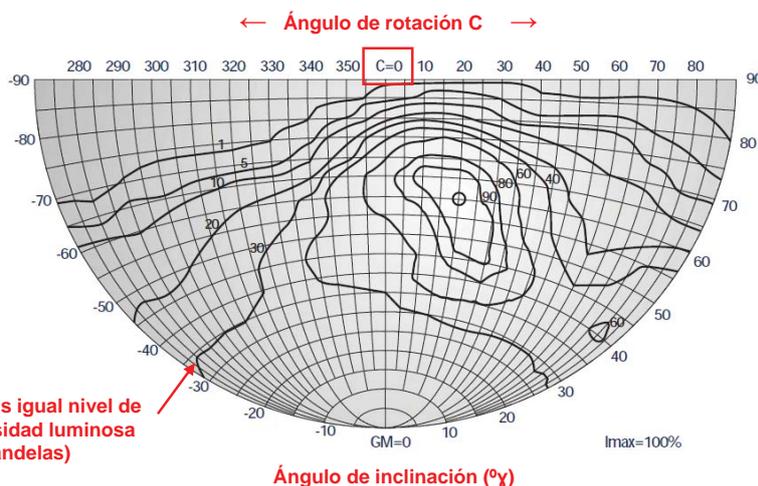
Fuente: INDALUX - Bibliografía

4.3. Intensidad Luminosa, I (cd)



Curvas fotométricas

Otro método de representación de la distribución del flujo luminoso es el diagrama de **curvas isocandelas** el cual consiste en imaginar la luminaria en el centro de una esfera en cuya superficie exterior se unen por una línea los puntos de igual intensidad (**curvas isocandelas**).



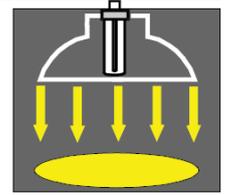
Curvas igual nivel de Intensidad luminosa (isocandelas)

Generalmente las luminarias tienen como mínimo un plano de simetría, por lo que se desarrolla solamente una semiesfera.

Esta forma de representación es mucho más completa, pero tiene el inconveniente de que se necesita una mayor experiencia para su interpretación.

Fuente: INDALUX

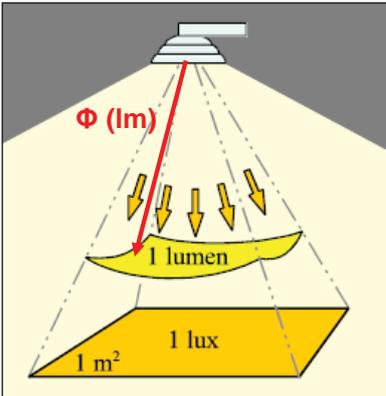
4.4. Iluminancia (Nivel de Iluminación); E (Lux)



La **iluminancia (E)** o nivel de iluminación de una superficie se define como la relación entre el Flujo Luminoso ( $\Phi$ ) que emite una fuente de luz y que es recibido por la superficie. **Su unidad es el lux.**

El lux (lx) puede ser definido como el nivel de iluminación de una superficie de 1 m<sup>2</sup> cuando sobre ella incide uniformemente repartido un flujo luminoso de 1 lm

$$E = \frac{\Phi}{S} \left( 1 \text{ lux} = \frac{1 \text{ lm}}{1 \text{ m}^2} \right)$$

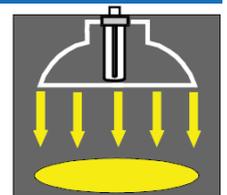


Fuente: Internet - Bibliografía

Es muy importante conocer el nivel de iluminación adecuado para realizar una determinada tarea visual. A tal efecto existen normas de carácter nacional e internacional que establecen los niveles de iluminación en función de la actividad desarrollada:

- Código Técnico de la Edificación (alumbrado interior).
- Reglamento de Eficiencia Energética en Instalaciones de alumbrado exterior.

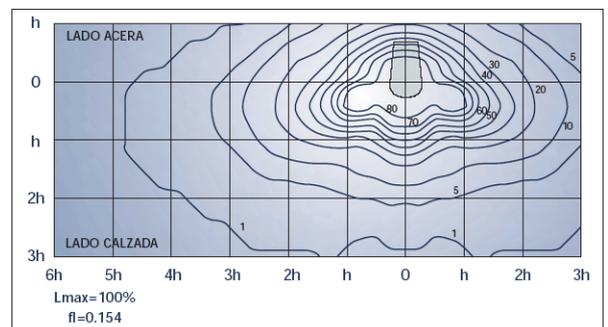
4.4. Iluminancia (Nivel de Iluminación); E (Lux)



El flujo emitido por una fuente de luminosa proporciona una iluminación (Iluminancia) sobre una superficie, cuyos valores se miden en **Lux**. Los valores proyectados sobre un mismo plano y unidos los de igual valor por medio de una línea dan lugar a las **curvas isolux**.

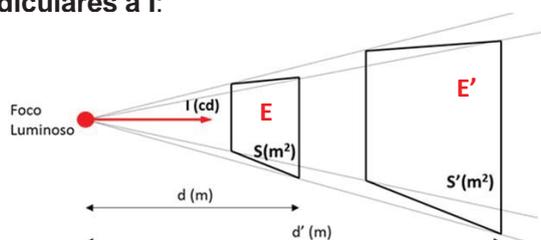
La Iluminancia (E) se rige por la ley inversa de los cuadrados, en la que se relaciona la Intensidad luminosa (I) y la distancia de la fuente luminosa.

$$E = \frac{I}{d^2} \text{ (lux)}$$



Fuente: INDALUX

Para superficies perpendiculares a I:

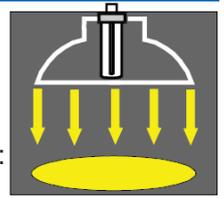


$$\frac{E}{E'} = \frac{d'^2}{d^2}$$

# Tema 1: GENERALIDADES Y CONCEPTOS FUNDAMENTALES

## 4. PRINCIPALES MAGNITUDES

### 4.4. Iluminancia (Nivel de Iluminación); E (Lux)



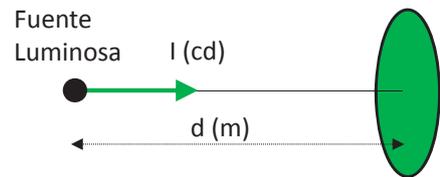
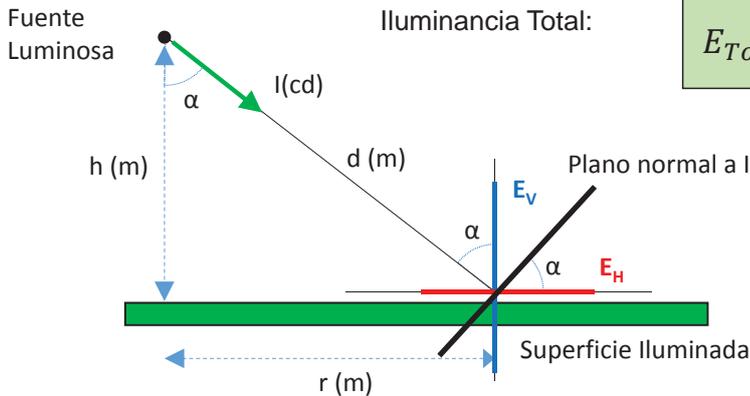
Para superficies no perpendiculares al haz de la Intensidad Luminosa (I) incidente:

$$E = \frac{I}{d^2} \text{ (lux)}$$

Iluminancia Horizontal: 
$$E_H = \sum \frac{I \cdot \cos \alpha}{d^2} = \sum \frac{I \cdot \cos^3 \alpha}{h^2}$$

Iluminancia Vertical: 
$$E_V = \sum \frac{I \cdot \sin \alpha}{d^2} = \sum \frac{I \cdot \cos^2 \alpha \cdot \sin \alpha}{h^2}$$

Iluminancia Total: 
$$E_{Total} = \sqrt{E_H^2 + E_V^2}$$

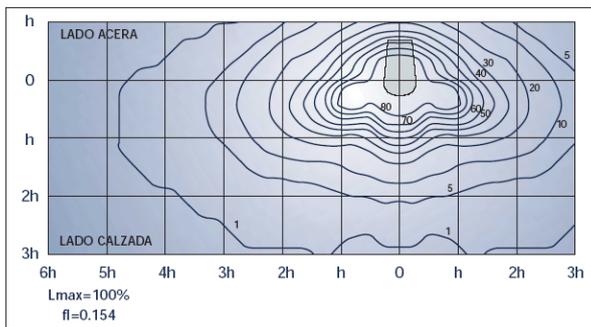
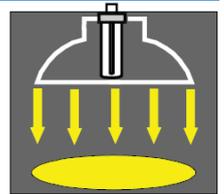


61

# Tema 1: GENERALIDADES Y CONCEPTOS FUNDAMENTALES

## 4. PRINCIPALES MAGNITUDES

### 4.4. Iluminancia (Nivel de Iluminación); E (Lux)



Fuente: INDALUX - Bibliografía

Las curvas isolux son características de cada luminaria.

Están reducidas a la distancia de 1 m y referidas a 1000 lm.

Para valores de las curvas a otra distancia y a otro flujo luminoso:

- Para el caso en que las lámparas tengan un valor de flujo luminoso distinto de  $\Phi = 1000$  lm:

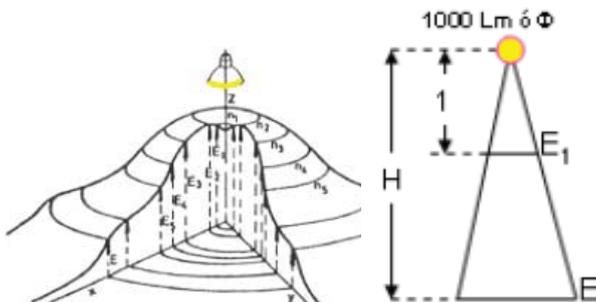
$$\left. \begin{aligned} E_1 &= K \cdot 1000 \\ E &= K \cdot \Phi \end{aligned} \right\} E = \frac{E_1 \cdot \Phi}{1000}$$

- Para una distancia H:

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

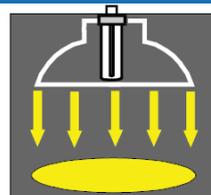
- Para lámparas con un flujo luminoso distinto de 1000 lm y están a una distancia H:

$$E = \frac{E_1 \cdot \Phi}{1000 \cdot H^2} \rightarrow E_{real} = \frac{E_{grafica} \cdot \Phi_{real-lampara}}{1000 \cdot H^2}$$



# Tema 1: GENERALIDADES Y CONCEPTOS FUNDAMENTALES

## 4. PRINCIPALES MAGNITUDES



### 4.4. Iluminancia (Nivel de Iluminación); E (Lux)

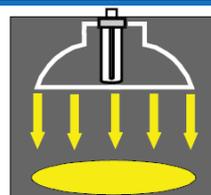
Tabla de niveles de iluminación recomendados en función de la actividad desarrollada

ACTIVIDAD	NIVELES DE ILUMINACIÓN (LUX)			TONOS DE LUZ RECOMENDADOS			ACTIVIDAD	NIVELES DE ILUMINACIÓN (LUX)			TONOS DE LUZ RECOMENDADOS			ACTIVIDAD	NIVELES DE ILUMINACIÓN (LUX)			TONOS DE LUZ RECOMENDADOS		
	MÍNIMO	BUENO	MEJ BUENO	LUZ DÍA	BLANCO	BLANCO CÁLIDO		MÍNIMO	BUENO	MEJ BUENO	LUZ DÍA	BLANCO	BLANCO CÁLIDO		MÍNIMO	BUENO	MEJ BUENO	LUZ DÍA	BLANCO	BLANCO CÁLIDO
<b>ABSCENDIORES</b>							<b>LOCALES INDUSTRIALES</b>													
Interior	300	600	700				Comunes a todas las categorías:	100	200	400				Industrias Químicas	200	300	600			
Relativo	50	100	200				Alumbrado general	100	200	400				Delante de los aparatos comerciales	200	300	600			
<b>EDIFICIOS AGRÍCOLAS</b>							Depósitos	50	200	400				Molido, macedado, triturado	200	300	600			
Garajes, cocheros: Alumbrado general	50	100	200				Entrada, pasillos, escaleras	100	200	600				Sobre el plano de la mesa	300	600	1200			
Reparaciones	200	300	500				Instrumentos de medida y control	300	500	1000				Sobre mesas y pupitres	200	300	600			
Generos, almocenas: general	50	150	300				Sobre las mesas de dibujo	100	200	600				Sobre niveles, marcapisos	300	500	1000			
Gallineros, polivertezas y conejeros	50	150	300				Industrias de precisión: Ajuste, pulido	1000	2800	6000				Industrias Textiles	1000	2000	3000			
Preparación de los alimentos al pastado	100	200	400				Industrias de precisión: Ajuste, pulido	600	1000	2000				Alumbrado localizado	700	1000	2500			
<b>ENSEÑANZA</b>							Industrias muy bastas	700	80	190				Control final	600	700	1200			
Dibujo de arte, industrial y costura	600	700	1000				Industrias gan precision	300	600	600				Preparación: Mezccla, varado, estirado	150	300	600			
Gimnasia	150	300	300				Industrias ordinarias: Taladros, formado	300	600	600				Talleres de corte	300	500	1000			
Salas de clases y laboratorios	200	500	1000				Imprenta y Artes Gráficas	300	600	1000				Trabajos sobre el bñador	300	500	1000			
Pizarras	300	500	700				Quilómetros y apionadoras	300	600	1000				<b>Industrias Del Transporte</b>						
Salas de conferencias	200	500	1000				Máquinas de composición mecánica	300	600	1000				Estación de Ferrocarril	100	200	400			
Vestibulos, habitaciones de paso	150	300	700				Máquinas de salida de las hojas	300	600	1000				Salas de servicio	200	300	500			
Vestuarios, tocadoras, lavabos	50	100	250				Mesas de arreglo, composición	700	1000	2000				Patios y accesos	150	200	500			
<b>CANAJES</b>							Industrias Alimenticias	300	600	1000				Surtidores	200	300	600			
Reparaciones	100	150	300				Engastado, cerrado de cajas	300	500	1000				Garajes de Automóviles	100	150	300			
<b>HABITACIONES</b>							Ensayado	150	200	400				Lavado, engrase, cuidado en general	100	150	300			
Cuartos de baño: Alumbrado general	50	100	250				Escogido	300	600	1000				Reparaciones	200	300	500			
Esipijos	200	500	1000				Estilación	300	600	1000				Hangares de Aviones	200	300	600			
Cocinas	150	300	600				Frigoríficos: Cámara frigorífica	300	600	1000				Alumbrado general	200	300	600			
Cuartos de estar: Alumbrado general	70	200	400				Salas de máquinas	150	200	400				Entrenamiento y reparaciones	300	500	1000			
Lectura	200	500	700				Preparación de pastas, llenado de lelas	300	600	1000				Muebles Marítimos	100	200	400			
Cuartos de niños	70	200	400				Laboratorio	300	600	1000				Mecanidos	50	100	200			
Dormitorios: Alumbrado general	50	100	250				Preparación de pastas, llenado de lelas	250	400	600				Vajeros	100	200	400			
Camras	200	500	500				Tratamiento de subproductos	150	200	400				Venta de Billetes	100	150	300			
Escaleras	100	150	300				Industrias Metalúrgicas	300	700	1200				Alumbrado general	100	150	300			
Trabajo de escuelas en casa	300	600	750				Alumbrado localizado en los molinos	500	700	1200				Andenes de viajeros	100	200	400			
<b>HOSPITALES Y CLINICAS</b>							Cabinas de pulverización	200	300	600				Casilleros, Distribuidores y facturas	300	500	1000			
Habitaciones y salas: Alumbrado general	100	200	400				Laminado, cizallado y trillado	300	600	600				Salas de equipajes	100	150	300			
Alumbrado de noche	10	100	250				Nave de gaseado de carrocerías	200	300	600				<b>OPICINAS Y ADMINISTRACIONES</b>						
Sobre la cama, examen y lectura	300	600	750				Preparación de óleos, pintura	300	500	1000				Archivo	100	200	400			
Gabinas dentales, sillón	700	2000	5000				Dosificación y mezcla de los colores	2000	3500	5000				Manejo de libros, mecanografía	300	500	1000			
Salas de espera	200	400	600				Pulido de pinturas, decoración, acabado	300	600	1000				Vestibulos, habitaciones y de paso	150	600	700			
Lectura	200	500	700				Inspección: Detalles a verificar minuciosamente	3000	4000	5000				<b>RESIDIOS</b>						
Salas de información	300	500	1000				Detalles a verificar minuciosamente	300	600	1200				Gran des Superficies						
Mesas de operación	3000	5000	6000				Detalles a verificar fino	1000	2000	3000				Alumbrado general	300	500	1000			
Quirófanos	300	600	1000				Detalles a verificar muy fino	1000	2500	4000				Escapates sobre calle comercial	1000	3000	6000			
Salas de examen	300	600	1000				Rebarbado	200	300	600				Escapates sobre calle no comercial	500	1000	2000			
Alumbrado localizado	200	400	600				Talleres de montaje: Piezas muy pequeñas	1000	1500	3000				Estantes de mercancías	100	200	400			
<b>CAFES Y RESTAURANTES</b>							Talleres de montaje de piezas medianas	200	300	600				Presentaciones, escaparates y vitrinas	1000	2000	3000			
Cocinas	200	400	700				Talleres de montaje de piezas pequeñas	500	1000	2000				Paquetes Superficies	500	700	1200			
Comedores y salones	100	300	600				Trabajos de piezas medianas en banco	300	600	1000				Sobre los mostradores	200	300	500			
Dormitorios: Alumbrado general	100	200	400				Trabajos de piezas pequeñas en banco	500	700	1200				Sobre los mostradores	300	500	700			
Camas	200	600	800				Trabajos muy finos en banco o máquina	1000	1500	3000				Escaparates	600	1000	2000			
Recepción: Alumbrado general	100	200	400																	
Alumbrado localizado	300	600	750																	

Fuente: Internet

# Tema 1: GENERALIDADES Y CONCEPTOS FUNDAMENTALES

## 4. PRINCIPALES MAGNITUDES



### 4.4. Iluminancia (Nivel de Iluminación); E (Lux)

La medida del nivel de iluminación real se realiza mediante el uso del **Luxómetro**.



Fuente: Internet

Los luxómetros disponen de una célula fotoeléctrica que, al incidir la luz sobre su superficie, generan impulsos débiles de corriente (mA) que se ve amplificada en función de la luz incidente. La corriente se mide con un miliamperímetro, de forma analógica o digital, calibrado directamente en lux.

Para medir la iluminancia de una superficie se debe situar el luxómetro perpendicularmente a la fuente luminosa.

4.4. Iluminancia (Nivel de Iluminación) ; E (Lux)

**Ejemplo nº 1:**

Una sala de estudio de dimensiones 12.0 m de largo y 6.0 m de ancho dispone de luminarias ya instaladas.

La superficie de lectura recibe un flujo luminoso de  $\Phi = 14.000 \text{ lm}$ .

¿Tiene la sala de estudio un adecuado nivel de iluminación?

Espacio a iluminar	Nivel de iluminación (lux)
Iluminación mínima de servicio en espacios exteriores.	20
Almacenes exteriores y patios de almacenamiento.	30
Pasillos exteriores, plataformas, aparcamientos cerrados.	50
Diques, muelles.	75
Teatros, salas de concierto, dormitorios de hoteles, aseos y lavabos.	100
Zonas de circulación en industrias, depósitos y almacenes.	150
Iluminación mínima de servicio para locales cerrados.	200
Trabajos medios manuales y a máquina. Trabajos normales en la industria química y alimentación; lectura ocasional y archivo.	300
Trabajos medios manuales y a máquina; montaje de automóviles; naves de imprentas; oficinas en general, almacenes y tiendas.	500
Salas de lectura de pruebas, salas de dibujo y oficinas con máquinas de contabilidad.	750
Trabajos finos manuales y a máquina; montaje de máquinas para oficinas, trabajos con colores; salas donde se realicen dibujos muy precisos.	1.000
Trabajos muy finos manuales y a máquina; montaje de instrumentos y pequeños mecanismos de precisión, componentes electrónicos, calibración e inspección de piezas pequeñas y complicadas.	1.500
Trabajos minuciosos y muy precisos, por ejemplo, partes muy pequeñas de instrumentos, relojería y grabado; zona de operaciones en quirófano.	2.000

4.4. Iluminancia (Nivel de Iluminación) ; E (Lux)

**Ejemplo nº 2:**

Se precisa realizar la instalación de alumbrado general de un taller mecánico de dimensiones 20.0 m de largo y 10,0 m de ancho.

¿Cuál será el flujo luminoso que deben proporcionar las lámparas a instalar?

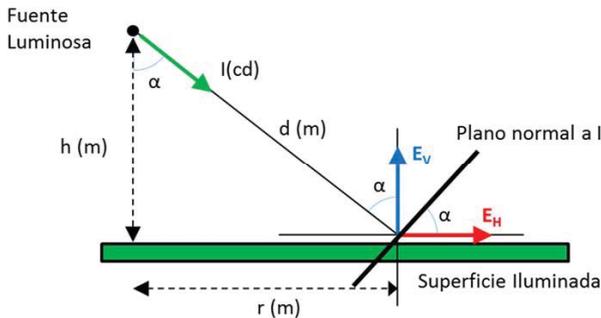
Espacio a iluminar	Nivel de iluminación (lux)
Iluminación mínima de servicio en espacios exteriores.	20
Almacenes exteriores y patios de almacenamiento.	30
Pasillos exteriores, plataformas, aparcamientos cerrados.	50
Diques, muelles.	75
Teatros, salas de concierto, dormitorios de hoteles, aseos y lavabos.	100
Zonas de circulación en industrias, depósitos y almacenes.	150
Iluminación mínima de servicio para locales cerrados.	200
Trabajos medios manuales y a máquina. Trabajos normales en la industria química y alimentación; lectura ocasional y archivo.	300
Trabajos medios manuales y a máquina; montaje de automóviles; naves de imprentas; oficinas en general, almacenes y tiendas.	500
Salas de lectura de pruebas, salas de dibujo y oficinas con máquinas de contabilidad.	750
Trabajos finos manuales y a máquina; montaje de máquinas para oficinas, trabajos con colores; salas donde se realicen dibujos muy precisos.	1.000
Trabajos muy finos manuales y a máquina; montaje de instrumentos y pequeños mecanismos de precisión, componentes electrónicos, calibración e inspección de piezas pequeñas y complicadas.	1.500
Trabajos minuciosos y muy precisos, por ejemplo, partes muy pequeñas de instrumentos, relojería y grabado; zona de operaciones en quirófano.	2.000

4.4. Iluminancia (Nivel de Iluminación) ; E (Lux)

Ejemplo nº 3:

Determinación de la ILUMINANCIA de una fuente puntual.

Determinar la ILUMINANCIA total (E), así como sus componentes horizontales ( $E_H$ ) y Verticales ( $E_V$ ) para los siguientes ángulos de incidencia ( $0^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $60^\circ$  y  $75^\circ$ ), de una superficie iluminada por una fuente luminosa de  $I = 90$  cd de intensidad constante en todas direcciones situada a una altura  $h = 3$  m



$\alpha$	d (m)	$E_H$ (lux)	$E_V$ (lux)	E (lux)
$0^\circ$				
$30^\circ$				
$45^\circ$				
$60^\circ$				
$75^\circ$				

4.4. Iluminancia (Nivel de Iluminación) ; E (Lux)

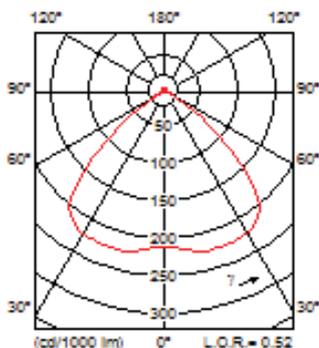
Ejemplo nº 4:

Determinación de la ILUMINANCIA sobre unas coordenadas fijadas.

Se dispone de una luminaria simétrica situada en el centro de una habitación de dimensiones 5 x 3 m y 3 m de altura sobre el suelo.

El flujo luminoso de la lámpara /luminaria es de  $\Phi_{LUMINARIA} = 2600$  lm.

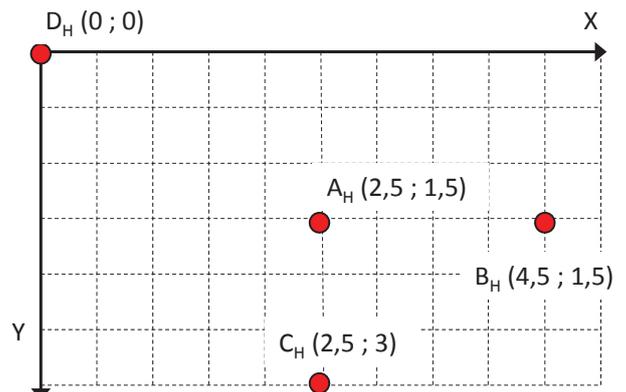
Determinar la iluminancia sobre los puntos marcados en el gráfico a partir del diagrama polar de la luminaria.



Flujo de la lámp.: 5000 lm  
 L.O.R.: 0.52  
 Flujo del sistema: 2600 lm  
 Pot. Del sistema: 65 W  
 AlxD: 0.08x0.55 m



TCS740 1xTL5C60W HFP



## Tema 1: GENERALIDADES Y CONCEPTOS FUNDAMENTALES

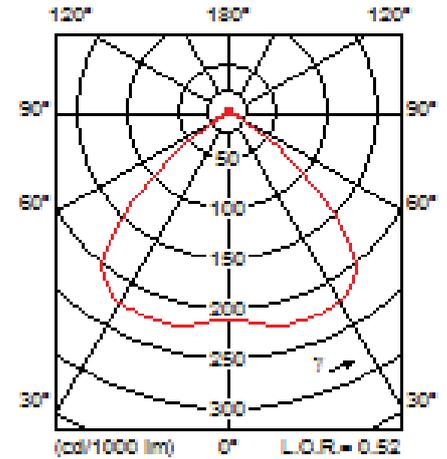
### 4. PRINCIPALES MAGNITUDES

#### 4.4. Iluminancia (Nivel de Iluminación) ; E (Lux)

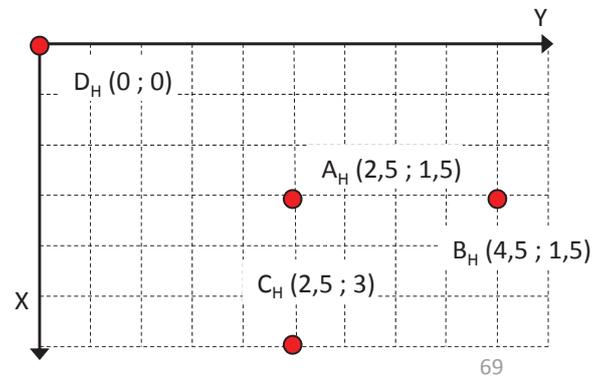
##### Ejemplo nº 4:

##### Pasos:

1. Calcular el ángulo de incidencia  $\alpha$ :
2. Leer sobre el Diagrama Polar el valor relativo de I:
3. Calcular la Iluminancia:



Punto	$\alpha$	$I_{\text{relativo}}$ (cd/1000lm)	$I_{\text{real}}$ (cd)	$E_h$ (lux)	$E_v$ (lux)	$E$ (lux)
A						
B						
C						
D						



## Tema 1: GENERALIDADES Y CONCEPTOS FUNDAMENTALES

### 4. PRINCIPALES MAGNITUDES

#### 4.4. Iluminancia (Nivel de Iluminación) ; E (Lux)

##### Ejemplo nº 5:

##### **Determinación de la ILUMINANCIA.**

Determinar la iluminancia que tiene una superficie situada perpendicularmente al haz de intensidad luminosa que emite un foco luminoso de 1100 cd.

La distancia entre la superficie y el foco luminoso es de:

- 4,5 m.
- 7,0 m, con una inclinación de  $38^\circ$  respecto al haz de la intensidad luminosa incidente.

4.4. Iluminancia (Nivel de Iluminación) ; E (Lux)

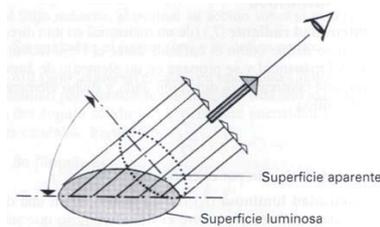
Ejemplo nº 6:

Determinar la altura a la que se debe colocar una farola de alumbrado público que dispone de una lámpara de VSAP - 2200 cd, para que genere la misma iluminancia que una lámpara de 3500 cd que está situada a una altura de 10 m.

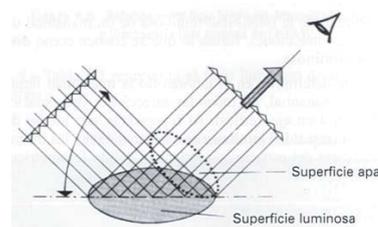
Nota: Los vales de las intensidades están referidas a un ángulo de inclinación de 28°

4.5. Luminancia, L (cd/m<sup>2</sup>)

La luminancia mide el brillo tanto de la fuente luminosa como el reflejado por la superficie u objeto iluminado.



Luminancia debida a Fuente primaria (emisora de luz)



Luminancia debida a Fuente secundaria (luz reflejada)

Fuente: INDALUX

**El ojo percibe luminancias** (no percibe colores, sino brillos como atributos del color). La percepción de la luz es realmente la percepción de las diferencias de luminancias, siendo independiente de la distancia de observación; así a igual nivel de iluminación diferentes objetos tienen luminancias distintas porque tienen distinto poder de reflexión).



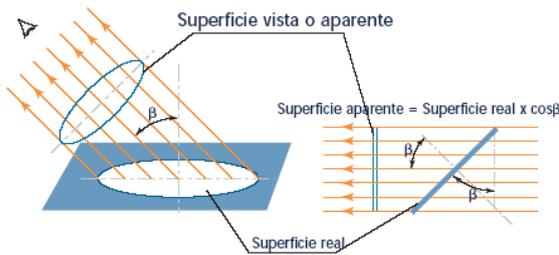
Fuente: Edison-UPC

4.5. Luminancia, L (cd/m<sup>2</sup>)

La luminancia (L) es el efecto de luminosidad que produce una superficie en la retina del ojo en una dirección determinada, tanto si procede de una fuente primaria generadora de luz como secundaria que refleja la luz. Su unidad es cd/m<sup>2</sup>

La luminancia (L) responde a la expresión siguiente:

$$L = \frac{I}{S_{\text{aparente}}} = \frac{I}{S \cdot \cos \beta} \left( \frac{\text{cd}}{\text{m}^2} \right)$$



Fuente: INDALUX

Cuando la superficie a considerar (S) no es perpendicular a la dirección de la luz, habrá que considerar la superficie que resulta de proyecta "S" sobre la perpendicular

$$S_{\text{aparente}} = S \cdot \cos \beta$$

4.5. Luminancia, L (cd/m<sup>2</sup>)

La medida la iluminancia se realiza por medio del **luminancimetro o nitómetro**.



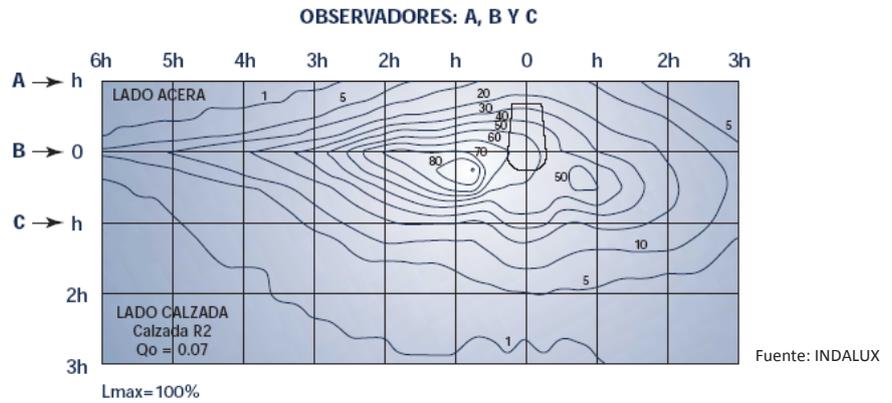
Fuente: Internet

El lumancimetro se basa en dos sistemas ópticos, uno de dirección y otro de medición.

El de dirección se orienta de forma que la imagen coincida con el punto a medir, la luz que llega una vez orientado se convierte en impulsos de corriente eléctrica que es captada mediante un sistema de lectura analógica o digital mostrando los valores en cd/m<sup>2</sup>

4.5. Luminancia, L (cd/m<sup>2</sup>)

Las luminancias, que dependen del flujo luminoso reflejado por una superficie en la dirección del observador, pueden ser representadas gráficamente por medio de las **curvas de isoluminancias** en valores de cd/m<sup>2</sup>.



LUMINANCIA TÍPICA DE ALGUNAS FUENTES DE LUZ	
Luna	0,25 cd/cm <sup>2</sup>
Cielo despejado	0,3 a 0,5 "
Llama de una vela	0,8 "
Lámpara fluorescente	0,8 "
Lámpara incandescente "opal"	1 a 5 "
Lámpara incandescente mate	5 a 50"
Lámpara de mercurio de alta presión	11 "
Filamento de lámpara incandescente	500 a 1.000 "
Sol	150.000 "

Valores típicos de luminancias de algunas fuentes de luz

5. BIBLIOGRAFÍA

- Curso de Luminotécnica UPC: <http://edison.upc.es>
- Manual de Alumbrado PHILIPS
- Manual de Alumbrado INDALUX
- Catálogos técnicos de fabricantes.
- Guía práctica de alumbrado eléctrico (Henry Graffigni)
- Luz, lámparas y luminarias (Carlos Jiménez)

Nota legal: Parte de la imágenes así como información contenidas en estos apuntes han sido recogidas de fuentes públicas y en algún caso anónimas de Internet y son en todo caso propiedad de sus autores.

## Tema **2**: TIPOS DE LÁMPARAS Y LUMINARIAS



### 1. TIPOS DE LÁMPARAS

#### 1.1. Lámparas INCANDESCENTES

- L. Incandescente con Halógenos

#### 1.2. Lámparas de DESCARGA. Conceptos generales

##### 1.2.1. Lámparas de Descarga en VAPOR DE MERCURIO (VM)

- L. VM de Baja Presión (VMBP): Lámparas Fluorescentes
- L. VM de Alta Presión (VMAP)
  - L. de Luz Mezcla
  - L. con Halogenuros metálicos

##### 1.2.2. Lámparas de Descarga en VAPOR DE SODIO (VS)

- L. VS a Baja Presión (VSBP)
- L. VS a Alta Presión (VSAP)

#### 1.3. Lámparas de Inducción

#### 1.4. Lámparas LED (Diodos emisores de luz)

79

#### 1.5. Tablas características y comparativas

#### 1.6. Esquemas de montaje característicos según tipos de lámparas

#### 1.7. Tipos de casquillos

#### 1.8. Codificación de las lámparas

### 2. LUMINARIAS

#### 2.1. Características

- Ópticas, Eléctricas y mecánicas.
- Elementos constituyentes.

#### 2.2. Clasificación

- Por grado de protección eléctrica
- Por emisión del flujo luminoso
- Por tipo de instalación

### 3. BIBLIOGRAFÍA

80

## Tema 2: TIPOS DE LÁMPARAS

### 1. TIPOS DE LÁMPARAS

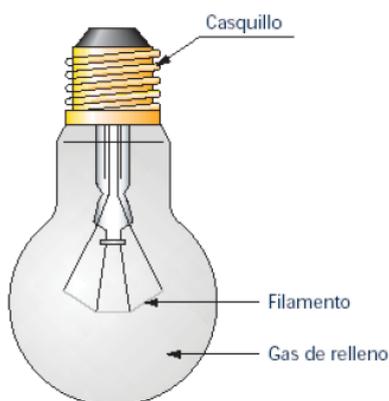
- 1.1. Lámparas INCANDESCENTES (prohibida su fabricación por la CE)
  - L. Incandescente con Halógenos (prohibida su fabricación por la CE, desde el 01-St-2016)
- 1.2. Lámparas de DESCARGA. Conceptos generales
  - 1.2.1. Lámparas de Descarga en VAPOR DE MERCURIO (VM)
    - L. VM de Baja Presión (VMBP): Lámparas Fluorescentes
    - L. VM de Alta Presión (VMAP)
      - L. de Luz Mezcla
      - L. con Halogenuros metálicos
  - 1.2.2. Lámparas de Descarga en VAPOR DE SODIO (VS)
    - L. VS a Baja Presión (VSBP)
    - L. VS a Alta Presión (VSAP)
- 1.3. Lámparas de Inducción
- 1.4. Lámparas LED (Diodos emisores de luz)
- 1.5. Tablas características y comparativas
- 1.6. Esquemas de montaje característicos según tipos de lámparas
- 1.7. Tipos de casquillos
- 1.8. Codificación de las lámparas

81

## Tema 2: TIPOS DE LÁMPARAS

### 1.1. Lámparas INCANDESCENTES

#### 1.1. Lámparas INCANDESCENTES CONVENCIONALES



Fuente: INDALUX

**Gas de relleno:** Gases inertes (90 % Argón, 10% Nitrógeno)

**Casquillos:** E27 (para la mayoría de potencias comerciales)

#### Características básicas:

- **Aplicaciones:** Alumbrado doméstico
- **Vida útil:** 1000 h
- **Rendimiento energético:** Muy Bajo
  - 15 % Luz
  - 85 % Pérdidas por calor y emisión de radiación no visible



Fuente: Edison-UPC

- **Reproducción de color:** IRC Ra 100; Excelente reproducción de colores
- **Apariencia de color:** Blanco cálido
- **Temperatura de color:** 2600 °K.
- **Eficiencia luminosa:** Relación de potencias / Flujo luminoso

P (W)	Flujo Luminoso (lm)
25	225
40	430
60	730
100	1380
150	2100

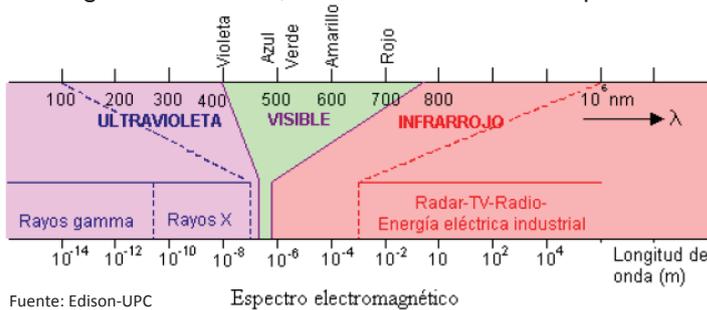
82

## Tema 2: TIPOS DE LÁMPARAS

### 1.1. Lámparas INCANDESCENTES

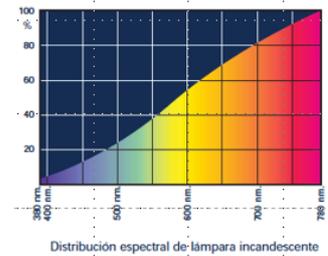
#### 1.1. Lámparas INCANDESCENTES CONVENCIONALES

- La luz se obtiene mediante el proceso de incandescencia por agitación térmica de los átomos del material que constituye el filamento (Wolframio)
- Bajo rendimiento energético, la mayor parte de la energía consumida se convierte en calor y emisión de radiaciones lumínicas no visibles (85%; IR) y únicamente el 15 % se transforma luz visible.
- Depreciación luminosa con respecto al tiempo. Con el tiempo se reduce significativamente el Flujo Luminoso, debido al ennegrecimiento de la ampolla por evaporación del filamento de wolframio y su posterior condensación.
- Por contra poseen una buena reproducción cromática de los colores debida a que irradia en todas las longitudes de onda, lo cual le confiere un espectro de emisión continuo.



Fuente: Edison-UPC

Espectro electromagnético



Fuente: INDALUX

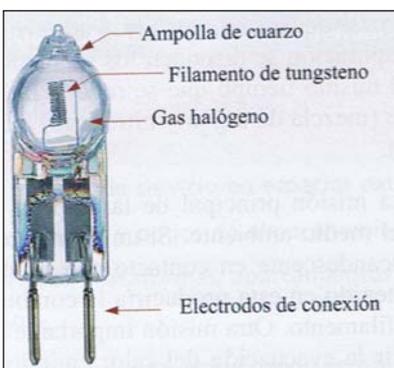
- Se conectan directamente a la red, no precisan equipos auxiliares para su funcionamiento.
- Están siendo sustituidas por lámparas de mayor rendimiento (directiva UE y CIE), principalmente por lámparas halógenas de wolframio, fluorescentes compactas y led.

83

## Tema 2: TIPOS DE LÁMPARAS

### 1.1. Lámparas INCANDESCENTES

#### Lámparas INCANDESCENTES CON HALÓGENOS



Fuente: Internet

**Gas de relleno:** Halógeno (Yodo o Bromo)  
**Filamento:** Tungsteno  
**Ampolla:** Cuarzo  
**Casquillos:** Gran variedad de casquillos conectores según aplicaciones  
E14 (Casquillo rosca pequeña)  
E27 (C. rosca tradicional)  
R7s (C. lámparas lineales)  
G (C. dos pines: GU5.3; GX5.3; GU10; GY6.35 ...)

#### Características básicas:

- **Aplicaciones:** Alumbrado doméstico, de interior y exterior de proyección.
- **Vida útil:** 2000 - 5000 h
- **Alta eficiencia energética** (menor potencia eléctrica)
  - Alta emisión de calor (temperaturas entre 300 ÷ 600 °C en la superficie de la ampolla)
- **Reproducción del color:** IRC 90-100 Ra Buena – Excelente reproducción de colores
- **Apariencia de color:** Blanco
- **Temperatura de color:** 29000 °K
- Funcionamiento similar a las incandescentes normales, con la particularidad que el halógeno ayuda a conservar el filamento
- Emisión de radiación UVA (ultravioleta) junto con la luz blanca visible (evitar usarse directamente para la lectura).
- No deben tocarse directamente con los dedos (L. lineales, provoca “desvitrificación”, deteriorando el tubo y provocando que el filamento se funda).
- No tienen depreciación luminosa en el tiempo



84

## Tema 2: TIPOS DE LÁMPARAS

### 1.1. Lámparas INCANDESCENTES

#### Lámparas INCANDESCENTES CON HALÓGENOS

- Gran variedad de formas (cápsulas, lineales, reflectoras dicróicas) según usos.

- Eficiencia: Relación de potencias / Flujo luminoso

- Amplia variedad tipos y potencias (5W – 5000 W)
- Alto rendimiento W-lm (a pesar de altas pérdidas por emisión de calor). Frente a las L. Incandescentes convencionales proporcionan mayor flujo luminoso a menor potencia y tamaño



Fuente: Internet

#### Clasificación según nivel de tensión:

- Lámparas Halógenas a MBT (12V)

Precisan transformador (230-12V) .

Clasificación:

- Con Reflector: Focalización de la luz en un área pequeña.
- Sin reflector: Mayor área de dispersión de la luz .

- Lámparas halógenas a BT (230 V)

No precisan transformador.

Clasificación:

- Con Reflector: Focalización de la luz en un área pequeña.
- Sin reflector: Mayor área de dispersión de la luz . Suelen presentarse en forma de ampolla (reemplazo directo de las incandescentes convencionales) y lineales (forma tubular, de alta potencia, uso habitual no domestico).

P(W)	Flujo Luminoso (lm)
1	50 – 80
5	155 - 189
10	550
20	950
60	3000-3400
90	4500-5100
150	7500-8500
500	10500
1000	22000
1500	33000
2000	44000

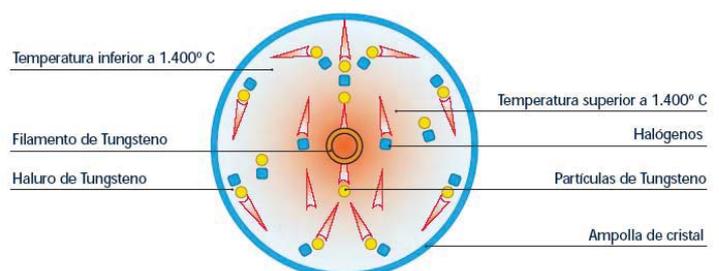
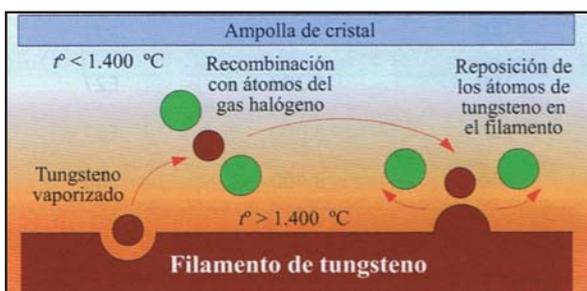
## Tema 2: TIPOS DE LÁMPARAS

### 1.1. Lámparas INCANDESCENTES

#### Lámparas INCANDESCENTES CON HALÓGENOS

- A diferencia de las lámparas incandescentes convencionales que al evaporarse las partículas de wolframio (W) se condensan en las paredes de la ampolla provocando el oscurecimiento, las lámparas incandescentes halógenas (yodo, bromo, etc.) aprovechan el ciclo regenerativo del halógeno para prevenir el oscurecimiento.

- El wolframio evaporado se combina con el halógeno para formar un compuesto wolframio-halógeno, que a diferencia del vapor de W, se mantiene en forma gaseosa, para lo que la temperatura de la ampolla debe ser lo suficientemente elevada para evitar la condensación.



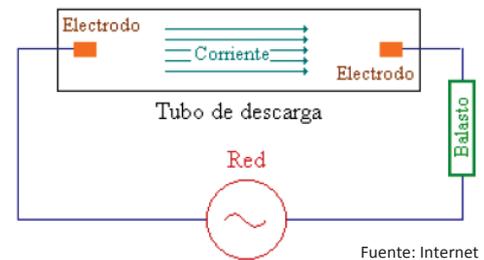
Fuente: INDALUX

- Al entrar en contacto con el filamento incandescente, se descompone debido a la alta temperatura del wolframio, que vuelve a depositarse en el filamento y halógeno, continuando en el ciclo regenerativo.

#### 1.2. Lámparas de DESCARGA: CONCEPTOS GENERALES

- Las lámparas de descarga son más eficientes (bajas pérdidas de energía por emisión de calor) y económicas que las L. incandescentes, lo que las ha llevado a ser las más usadas.
- La emisión de luz se consigue mediante la excitación de un gas contenido en el interior de la lámpara (tubo de descarga) el cual es sometido a una descarga eléctrica entre dos electrodos.
- En función del gas contenido en la lámpara (vapor de Mercurio o Vapor de Sodio) y de su presión (alta o baja presión), las lámparas pueden ser catalogadas en dos grandes familias, cada una de ellas con sus propias características luminosas:

- Lámparas de descarga en Vapor de Mercurio
  - A baja presión (VMBP)
  - A alta Presión (VMAP)
- Lámparas de descarga en Vapor de Sodio
  - A Baja Presión (VSBP)
  - A Alta Presión (VSAP)



Fuente: Internet

#### Principio de funcionamiento

- En las lámparas de descarga la luz se consigue estableciendo una corriente eléctrica entre dos electrodos situados en el interior de la lámpara que contiene gas de relleno o vapor ionizado.

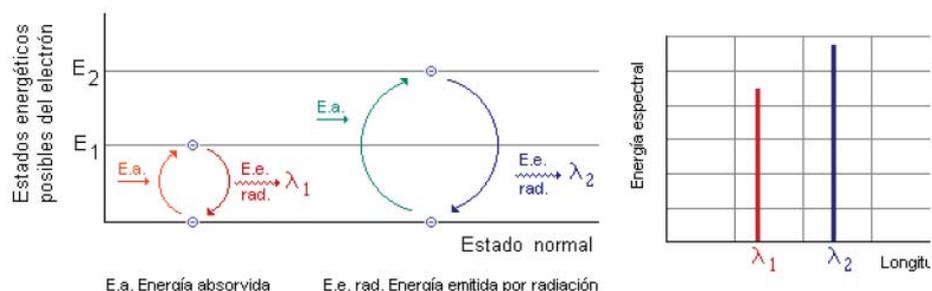
87

#### Principio de funcionamiento

- Como consecuencia de la d.d.p. entre los electrodos, se establece una circulación de electrones que atraviesa el gas. Cuando un electrón choca con los electrones de las capas externas de los átomos, les transmite energía y puede suceder:

- La energía transmitida sea lo suficientemente elevada para arrancar al electrón de su orbital de estabilidad: El electrón al chocar con otros átomos repite el proceso. Si no se limita puede provocar la destrucción de la lámpara por exceso de corriente.
- La energía que recibe el electrón NO sea suficiente para ser arrancado:

En este caso el electrón ocupa un orbital inestables de mayor energía y al volver a su estado orbital estable libera energía en forma de radiación electromagnética en el espectro de UV o visible.



Fuente: Edison-UPC

Relación entre los estados energéticos adquiridos por los electrones al ser sometido el gas de relleno a una d.d.p. y las franjas visibles en el espectro (emisión discreta)

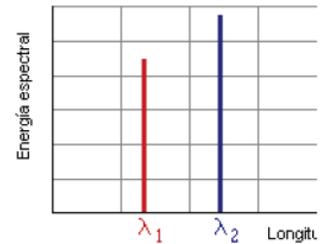
88

## Tema 2: TIPOS DE LÁMPARAS

### 1.2. Lámparas de Descarga

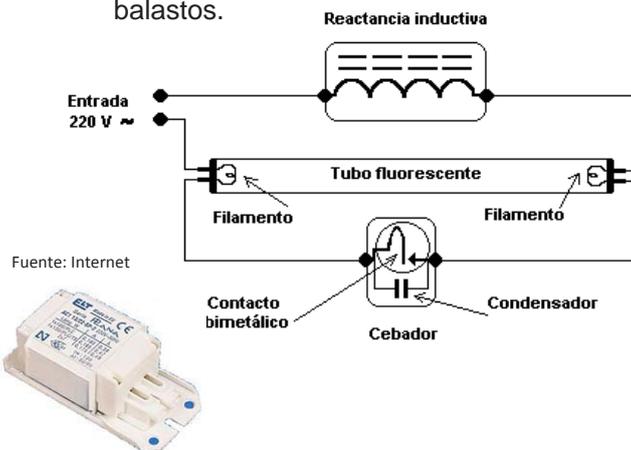
#### Principio de funcionamiento

- El espectro de emisión es discontinuo; como consecuencia la luz emitida no es blanca.
- La capacidad de reproducir los colores de las lámpara desdescarga, **en general, es peor que las lámparas incandescentes** que poseen un espectro continuo. Para mejorar la reproducción de colores y aumentar la eficacia, se recubre el tubo con sustancias fluorescentes que transforman las radiaciones UV en luz visible.



#### Elementos Auxiliares

- En la mayoría de casos precisan de elementos auxiliares para su funcionamiento: cebadores y balastos.



Fuente: Internet

- - **Cebadores / Arrancadores:** Suministran un breve pico de tensión entre los electrodos del tubo, el cual es necesario para iniciar la descarga y vencer la resistencia inicial del gas al paso de la corriente eléctrica. Tras el encendido, en un periodo transitorio en el cual el gas se estabiliza. Producen un consumo de potencia (corriente elevada) mayor del nominal. Suponen una pérdida del 0,8 al 1,5 % de la potencia de la lámpara



89

## Tema 2: TIPOS DE LÁMPARAS

### 1.2. Lámparas de Descarga

#### Elementos Auxiliares

- **Balastos o reactancia:** Limitan el exceso de corriente que atraviesa la lámpara evitando un exceso de electrones que circula por el gas, lo cual aumentaría la corriente hasta destruir la lámpara.

Existen dos tipos de balastos:

- **Balastos electromagnéticos o reactancias (inductivas):** Desde el punto de vista de las pérdidas se distinguen dos tipos:
  - Balasto electromagnético estándar
  - Balasto electromagnético de bajas pérdidas
- **Balastos electrónicos**

Los balastos asociados a las lámparas deben proporcionar a estas los parámetros de trabajo dentro de los límites de funcionamiento con las menores pérdidas posibles

Según el tipo de lámpara los equipos pueden ser :

- Lámpara tubular fluorescente T8, (d=26)	Electromagnético / Electrónico
- Lámpara tubular fluorescente T5, (d=16)	Electrónico
- Lámpara fluorescente compacta	Electromagnético / Electrónico
- Lámpara vapor de mercurio	Electromagnético
- Lámpara de halógenos metálicos	Electromagnético/ Electrónico
- Incandescencia halógenas :	Electromagnético / Electrónico
- Lámparas de inducción electromagnética	Electrónico



Fuente: IDAE

Rango de pérdidas	Tipo de Balasto		
	Magnético estándar	Magnético bajas pérdidas	Electrónico
Fluorescencia	20-25 %	14-16 %	8-11 %
Descarga	14-20%	8-12 %	6-8 %
Halógenas baja tensión	15-20 %	10-12 %	5-7 %

#### Elementos Auxiliares

- El **balasto electrónico** proporciona un arranque más rápido y funcionan a una frecuencia elevada (20 KHz) evitando el efecto flicker de los balastos convencionales ( $2 \cdot f = 100 \text{ Hz}$ ). Proporcionan un rendimiento mayor (9 ÷ 10 %)
- Reemplaza el conjunto convencional de reactancia (balasto inductivo, cebador y condensador), incrementando su eficacia y el rendimiento (50%) de las lámparas.
- Reducción del 25% de la energía consumida respecto a los electromagnéticos.
- Suelen tener un f.d.p = 1 o ser de carácter ligeramente capacitivo.
- No se calientan y tienen un elevado rendimiento energético (95 ÷ 98%).
- Debido a la frecuencia de funcionamiento proporcionan un mayor rendimiento luminoso. (con 32 W se obtiene el mismo flujo luminoso que con 36 W con balasto convencional).
- Posibilidad de conectar varias lámparas.
- Permiten ajustar el nivel de la intensidad de iluminación y conectar sensores y sistemas de regulación automática.
- En función del tipo de encendido:
  - Con precaldeo: Para locales con un nº elevado de encendidos
  - Sin precaldeo: Nº encendidos / apagados < 3



91  
Fuente: Internet

#### Eficiencia energética

- Hay que considerar la eficiencia de las lámparas y las de los elementos auxiliares.
- En las lámparas las pérdidas son debidas al calor y las radiaciones no visibles (UV). El porcentaje dependerá de la clase de lámpara utilizada.
- La eficiencia de los balastos dependerá del tipo (convencional o electrónico) y del fabricante de este.



Balance energético de una lámpara de descarga

- De forma comparativa, las eficiencias energéticas de las lámparas varían según:
  - Lámpara de luz mezcla: 19 - 28 lm/W
  - Lámpara de VSAP; 100 - 183 lm/W

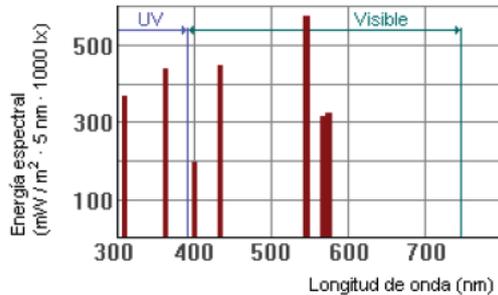
Tipo de lámpara	Eficacia sin balasto (lm/W)
Fluorescentes (VMBP)	38 – 91
Luz mezcla	19 – 28
Vapor de Mercurio alta presión (VMAP)	40 – 63
Halogenuros metálicos	75 – 95
Vapor de sodio a baja presión (VSBP)	100 – 183
Vapor de sodio a alta presión (VSAP)	70 – 130

## Tema 2: TIPOS DE LÁMPARAS

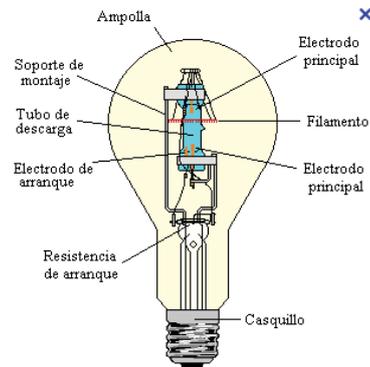
### 1.2. Lámparas de Descarga

#### Características cromáticas

- La luz que emiten es una mezcla de unas pocas radiaciones monocromáticas (UV) o espectro visible (espectro discreto); lo que no proporciona una buena reproducción cromática.



Fuente: Edison-UPC



Lámpara de Luz Mezcla

- La solución se basa en proporcionar radiaciones que completen el espectro con longitudes de onda distintas a las que proporciona inicialmente la lámpara; así:
  - Lámparas de Luz Mezcla: Incandescente + Descarga
  - Aumento de presión del gas; (bandas de emisión más anchas y próximas).
  - Incorporar sustancias sólidas al gas que al vaporizarse emitan radiaciones monocromáticas complementarias.
  - Recubrimiento de las paredes del tubo con sustancias fluorescente que conviertan las radiaciones UV en visibles.

93

## Tema 2: TIPOS DE LÁMPARAS

### 1.2. Lámparas de Descarga

#### Duración

- En la vida promedio o duración de la lámparas intervienen:
  - Depreciación del flujo: Ennegrecimiento de la superficie de la lámpara por acumulación del material emisor de electrones que recubre los electrodos.
    - Pérdida de eficacia en el caso de lámparas fluorescentes.
  - Agotamiento del material emisor que recubre los electrodos (degradación).
  - Descomposición gradual del gas de relleno.

Tipo de lámpara	Vida promedio (h)
Fluorescentes (VMBP)	12500
Luz mezcla	9000
Vapor de Mercurio alta presión (VMAP)	25000
Halogenuros metálicos	11000
Vapor de sodio a baja presión (VSBP)	23000
Vapor de sodio a alta presión (VSAP)	23000

- Factores ambientales: Son sensibles a las temperaturas exteriores (L. Baja presión: sensibles a bajas temperaturas, problemas de arranque).
- Número de ciclos de encendido: deterioro de la sustancia emisora de los electrodos.

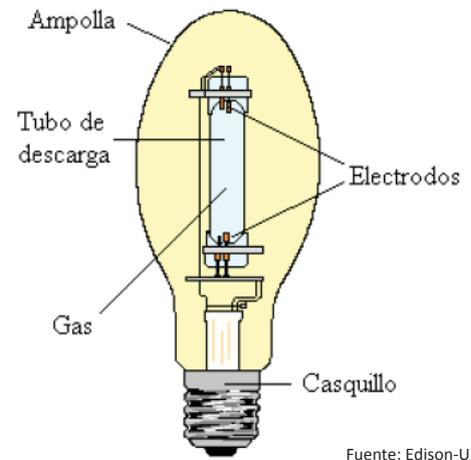
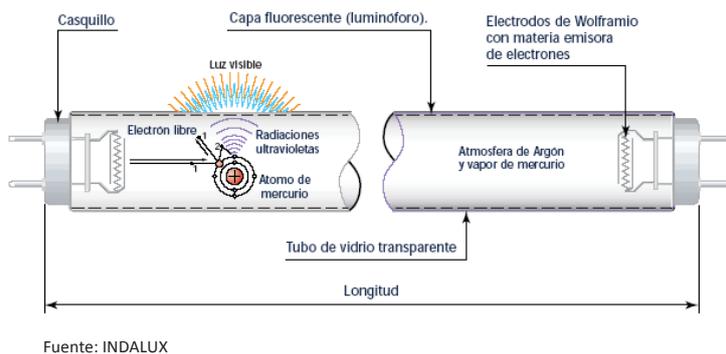
94

## Tema 2: TIPOS DE LÁMPARAS

### 1.2. Lámparas de Descarga

#### Parte de la lámpara

- Dependen del tipo de lámparas de que se trate.
- Como elementos comunes, todas disponen de:
  - Tubo de descarga
  - Electrodo
  - Ampolla exterior
  - Casquillo o electrodos de conexión.



95

## Tema 2: TIPOS DE LÁMPARAS

### 1.2.1. Lámparas de Descarga en Vapor de Mercurio (VM)

#### 1.2.1. Lámparas en VAPOR DE MERCURIO A

##### BAJA PRESIÓN:

##### Lámparas Fluorescentes

- Gran variedad de lámparas fluorescentes:
  - Lineales: utilizan balasto, cebador, condensador por separado
  - Compactas: incorporan en la misma lámpara el bloque balasto, cebador, condensador. Pueden ser sustituidas por las incandescentes convencionales, con ahorros de un 70%.

##### Características básicas:

- **Aplicaciones:** Alumbrado doméstico, de interior, industrial, etc.
- **Vida útil:** 5000 - 7000 h (según nº de encendidos). Las compactas pueden alcanzar 10000 h. Depreciación flujo luminoso por pérdida de eficacia polvo fluorescente y ennegrecimiento paredes del tubo y alto nº de encendidos.
- **Alta eficiencia energética** : entre 38 – 91 lm/W
- **Apariencia de color:** Diferentes blancos, tonos fríos.
- **Temperatura de color:** 2600 – 6500 °K
- **Reproducción del color:** IRC Ra 80-90. Moderado a excelente
- Superficie interna de la ampolla con recubrimiento de sustancia fluorescente.



L. Fluorescentes Lineales	
P (W)	Flujo luminoso (lm)
18	1000 – 1300
36	2500 – 3000
58	4000 - 5000

L. fluorescentes Compactas	
P (W)	Flujo luminoso (lm)
13	900
18	1200
26	1800

96

## Tema 2: TIPOS DE LÁMPARAS

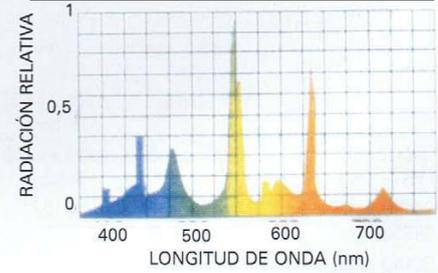
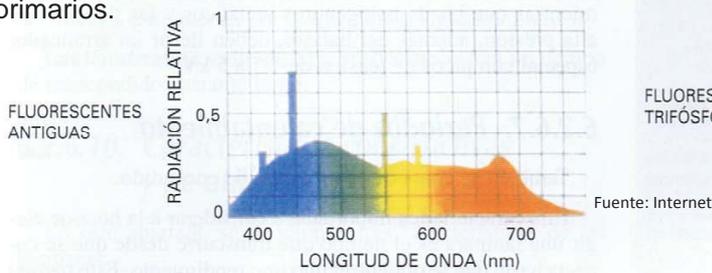
### 1.2.1. Lámparas de Descarga en Vapor de Mercurio (VM)

#### Lámparas Fluorescentes

Las lámparas fluorescentes son lámparas de descarga en Vapor de Mercurio a baja presión (0.8 Pa) con recubrimiento de polvo fluorescente que convierte la radiación ultravioleta (UV) en radiación visible. La composición del recubrimiento le confiere las características cromáticas, la cantidad de luz emitida y la temperatura de color.

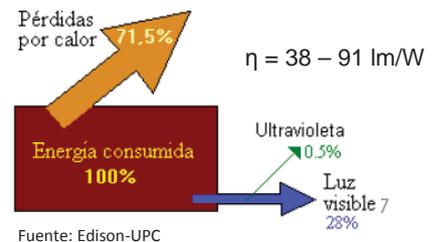
Actualmente se emplean dos tipos de polvos fluorescentes, los que producen un espectro continuo (antiguas) y los trifósforos que emiten tres bandas de los primarios.

Apariencia de color	Tcolor (K)
Blanco cálido	3000
Blanco	3500
Natural	4000
Blanco frío	4200
Luz día	6500



Generalmente emplean ampollas de tipo tubular con electrodos sellados en cada extremo. El tubo de descarga contiene vapor de mercurio a baja presión junto con una pequeña cantidad de gas inerte que facilita el encendido y la regulación del arco.

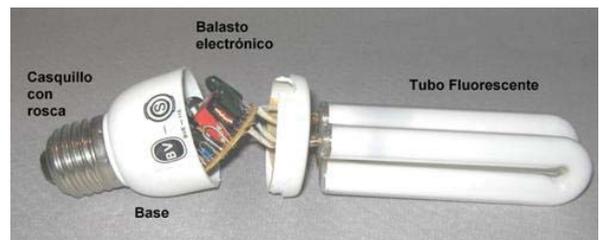
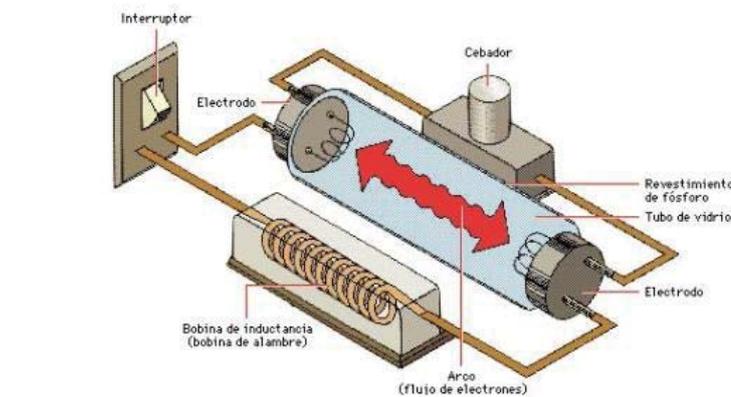
El balance energético de este tipo de lámparas es elevado:



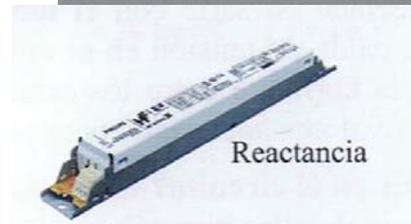
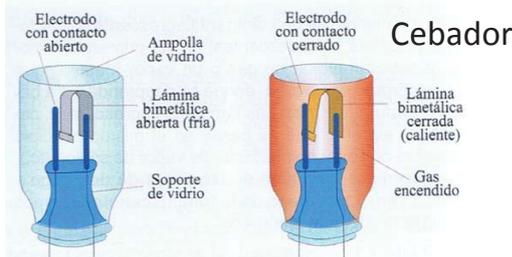
## Tema 2: TIPOS DE LÁMPARAS

### 1.2.1. Lámparas de Descarga en Vapor de Mercurio (VM)

#### Lámparas Fluorescentes



Fuente: Internet



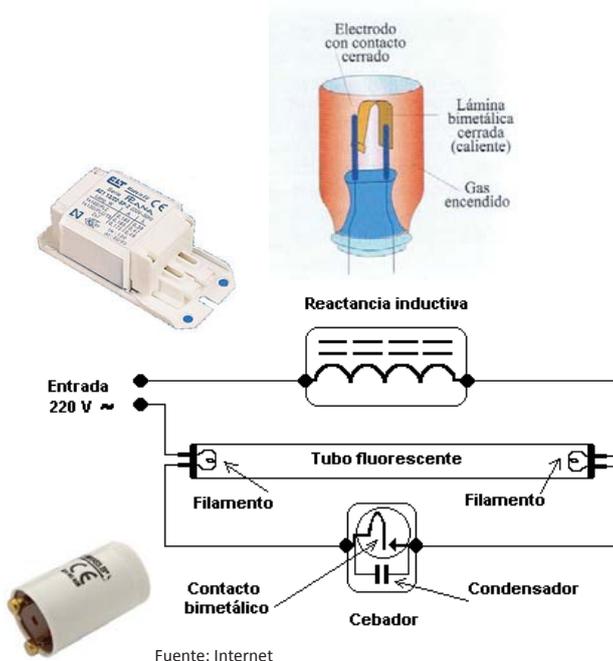
## Tema 2: TIPOS DE LÁMPARAS

### 1.2.1. Lámparas de Descarga en Vapor de Mercurio (VM)

#### Lámparas Fluorescentes

- Funcionamiento durante el arranque:

- Al conectar la corriente, en el cebador se produce un arco entre la bilamina y el electrodo que se encuentra en una atmósfera de gas Neon (Argón), de forma que proporcione la tensión de pico y el nº de impulsos de alta tensión necesarios para encender la lámpara.



- La descarga hace que la lámina bimetalica se caliente deformándose hasta tocar el electrodo y cierre el circuito. Al cerrarse los electrodos, los filamentos de los electrodos de la lámpara se ponen incandescentes formando una nube de iones de Neon (Argón) y Mercurio.

- Cuando se enfría la lamina del cebador se separa del electrodo forzando la descarga interna del tubo.

- La corriente que circula por el interior del tubo se ve limitada por la reactancia.

- La reactancias convencionales son de tipo inductivo, dando lugar a un factor de potencia muy bajo, por lo cual es necesario compensarlo empleado condensadores de capacidad adecuada.

## Tema 2: TIPOS DE LÁMPARAS

### 1.2.1. Lámparas de Descarga en Vapor de Mercurio (VM)

#### Lámparas Fluorescentes

Uso correcto de las lámparas fluorescentes					Solución óptima		Solución alternativa			
Colores de luz Philips	Especial	Blanco cálido			Blanco neutro		Luz día fría			
	79	827	927	830	930	840	940	950	865	965
Áreas de ventas										
Frutería										
Carne										
Textiles, piel										
Muebles, alfombras										
Deportes, juegos, papelería										
Fotografía, relojería, joyería										
Cosmética, peluquería										
Flores										
Librerías										
Industria										
Talleres										
Ensamblaje electr. y mecánico										
Manufacturas textiles										
Impresión, artes gráficas										
Evaluación de colores										
Galerías de arte										
Almacenes										
Viveros										
Oficinas, colegios										
Zonas de oficina										
Salas de reuniones										
Aulas										
Vestibulos, pasillos										
Otros										
Viviendas										
Restaurantes										
Museos										
Gimnasios, polideportivos										
Habitaciones de hospital										
Salas de curas										

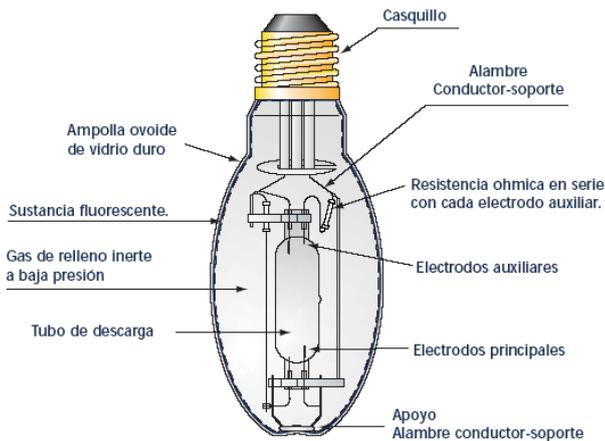
## Tema 2: TIPOS DE LÁMPARAS

### 1.2.1. Lámparas de Descarga en Vapor de Mercurio (VM)

#### Lámparas de Vapor de Mercurio a Alta Presión

##### Características básicas:

- **Aplicaciones:** Alumbrado industrial general, áreas deportivas, aeropuertos y alumbrado público
- **Vida útil:** 8000 h (considerando depreciación)  
16000 h (sin depreciación)
- **Eficiencia energética media**



Fuente: INDALUX

- **Apariencia de color:** Azulado-verde; Blanco (color corregido)
- **Temperatura de color:** 3500 ÷ 4500 K (color corregido)
- **Reproducción de color:** IRC: Ra 40-45 (color corregido)
- **Tiempo de encendido:** entre 4 – 5 minutos (en caso de reencendido, la lámpara debe de enfriarse previamente)
- **Eficacia:** 40 ÷ 60 lm/W.
- **Amplia gama de potencias:** 80 – 2000 W
- Precisan equipos auxiliares para el arranque
- Alta relación Potencia / Flujo luminoso:

P (W)	Flujo luminoso (lm)
50	1800
80	3500
125	5600
250	12000
400	21000

101

## Tema 2: TIPOS DE LÁMPARAS

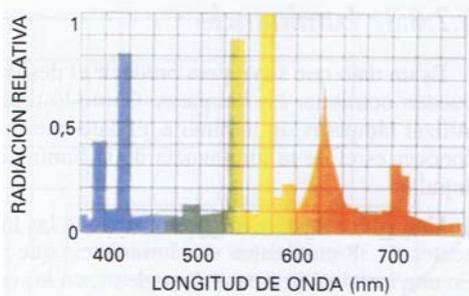
### 1.2.1. Lámparas de Descarga en Vapor de Mercurio (VM)

#### Lámparas de Vapor de Mercurio a Alta Presión

- La descarga se produce en el interior de un tubo de cuarzo que contiene una pequeña cantidad de mercurio y un relleno de gas inerte (Argón) que ayuda al encendido.
- Una parte de la descarga se emite en forma de radiación visible y otra en forma de radiación ultravioleta (UV) no visible.
- Ante un balance energético estas lámparas tienen una eficiencia energética media, debido al alto nivel de pérdidas por calor.



Fuente: Edison-UPC, Internet



Para mejorar el rendimiento lumínico de las lámparas, las ampollas se recubren con un polvo fluorescente (vanadio de itrio) que convierte la radiación UV en radiación visible, incrementando el nivel de iluminación con respecto a una lámpara sin capa de recubrimiento.

- El espectro de emisión en la zona visible se encuentra cercano al azul – verde, sin radiaciones rojas. Para resolver el problema se suelen emplear sustancias fluorescentes que emitan en esta zona del espectro. Las lámparas que disponen de esta corrección del color se denominan de VMAP-COLOR CORREGIDO. Se aumenta la eficiencia lumínica y mejora la calidad del color de la fuente y la reproducción del color

102

## Tema 2: TIPOS DE LÁMPARAS

### 1.2.1. Lámparas de Descarga en Vapor de Mercurio (VM)

#### Lámparas de Vapor de Mercurio a Alta Presión

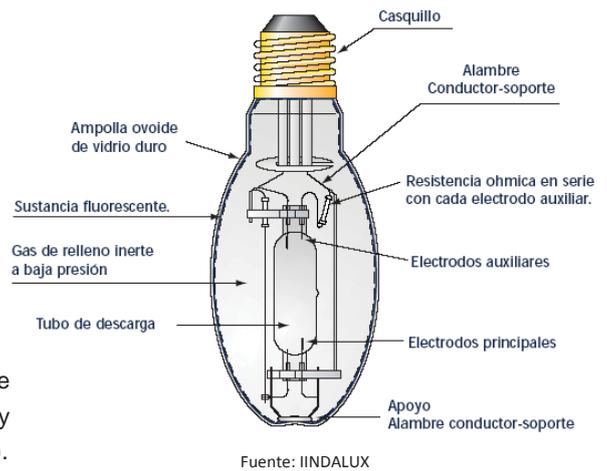
##### **Funcionamiento:**

Se deben considerar tres fases diferenciadas:

- Ignición
- Encendido
- Estabilización

##### **Ignición:**

La ignición se logra por medio de un electrodo auxiliar o de arranque, ubicado muy próximo del electrodo principal y conectado al otro mediante una resistencia de alto valor (25 K $\Omega$ ).



Cuando la lámpara se enciende, se produce un gradiente de alto voltaje entre los electrodos principales y auxiliares o de arranque, ionizándose el gas de relleno de alrededor en forma de descarga luminiscente. La resistencia funciona como limitadora de la corriente.

La descarga se extiende por todo el tubo de descarga bajo la influencia del campo eléctrico entre los dos electrodos principales.

Cuando se alcanza el electrodo más alejado, la corriente aumenta de forma considerable. Como resultado, los electrodos principales se calientan hasta que la emisión aumenta lo suficiente como para permitir que la descarga luminiscente cambie completamente a una descarga de arco, sin que el electrodo auxiliar desempeñe otra función en el proceso, debido a la alta resistencia conectada en serie con él.

En esta etapa, la lámpara funciona como una de descarga de baja presión. La descarga llena el tubo y posee una apariencia azulada (violeta).

103

## Tema 2: TIPOS DE LÁMPARAS

### 1.2.1. Lámparas de Descarga en Vapor de Mercurio (VM)

#### Lámparas de Vapor de Mercurio a Alta Presión

##### **Encendido:**

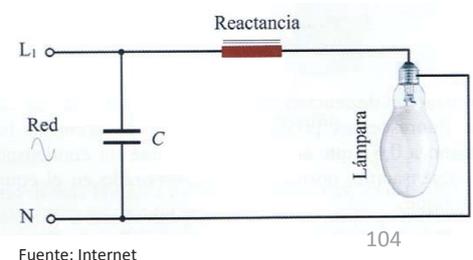
Una vez ionizado el gas inerte, la lámpara aún no ofrece su máxima capacidad de producción de luz hasta que el mercurio del tubo de descarga no este totalmente vaporizado. Esto se produce pasado el denominado tiempo de encendido (tiempo desde el momento de la ignición hasta alcanzar el 80% de la máxima producción de luz; aprox.: 4 minutos).

Como resultado de la descarga de arco en el gas inerte se genera el caldeo dando lugar a un rápido aumento de la temperatura dentro del tubo de descarga. Esto causa la vaporización gradual del mercurio, aumentando la presión del vapor y concentrando la descarga hacia una banda angosta a lo largo del eje del tubo. A medida que aumenta la presión, la energía que irradia se concentra en forma de líneas espectrales de longitudes de onda mayores introduciendo una pequeña porción de luz continua, lo que provoca que la luz se torne más blanca (blanco azulado característico).

##### **Estabilización:**

Trascurrido un tiempo, el arco logra un punto de estabilización y la lámpara alcanza el denominado punto de equilibrio termodinámico total. En este punto todo el mercurio se evapora y la descarga ocurre en vapor de mercurio no saturado.

Las lámparas de VMAP, como la gran mayoría de las lámparas de descarga, posee una característica de resistencia negativa (arco eléctrico) y, por lo tanto, no puede operar por su cuenta en un circuito sin un balasto adecuado en serie para estabilizar el flujo de corriente a través de ella.



104

## Tema 2: TIPOS DE LÁMPARAS

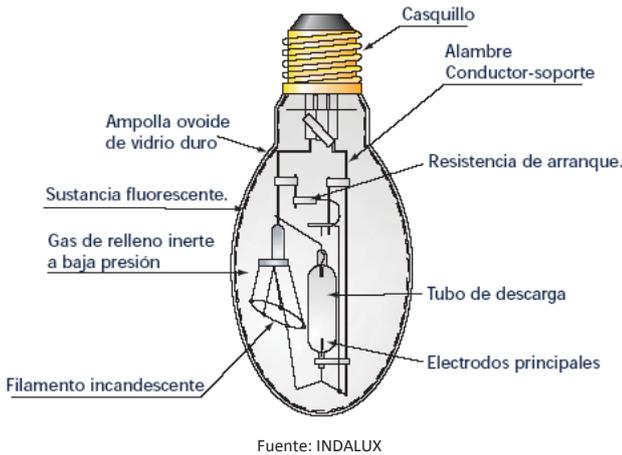
### 1.2.1. Lámparas de Descarga en Vapor de Mercurio (VM)

#### Lámparas de VMAP, LUZ MEZCLA

Las lámparas de LUZ MEZCLA, son una combinación de la Lámpara de VAPOR DE MERCURIO A ALTA PRESIÓN con la lámpara INCANDESCENTE.

##### Características básicas:

- **Aplicaciones:** Alumbrado público y sustitución de L. Incandescentes
- **Vida útil:** 6000 h (considerando depreciación)
- **Eficiencia energética baja:** (alto nivel de pérdidas por calor)



- **Apariencia de color:** Blanco
- **Temperatura de color:** 3600 K
- **Reproducción del color:** IRC Ra 60. Buena reproducción del color.
- **Tiempo de encendido:** 2 minutos (en caso de reencendido, la lámpara debe de enfriarse previamente)
- **Eficacia:** 20 ÷ 60 lm/W.
- NO Precisan equipos auxiliares para el arranque
- Alta relación Potencia / Flujo luminoso:

P (W)	Flujo luminoso (lm)
160	3100
250	5600
500	14000

105

## Tema 2: TIPOS DE LÁMPARAS

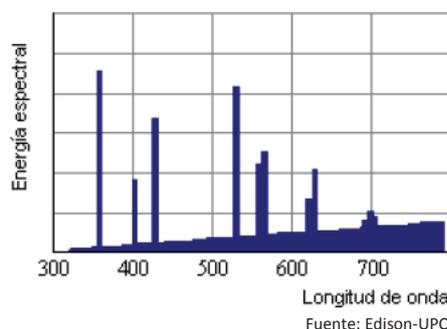
### 1.2.1. Lámparas de Descarga en Vapor de Mercurio (VM)

#### Lámparas de VMAP, LUZ MEZCLA

Las lámparas de LUZ MEZCLA, son una combinación de la Lámpara de VAPOR DE MERCURIO A ALTA PRESIÓN con la lámpara INCANDESCENTE con recubrimiento fosforescente.

Se diseñan para corregir la luz azulada de las lámparas de VMAP, mediante la superposición al espectro discreto de emisión del mercurio el espectro continuo de la lámpara incandescente, mediante la inclusión en la misma ampolla de un tubo de descarga de vapor de mercurio y un filamento incandescente de wolframio.

Al mezclarse (superponerse) los espectros de emisión del mercurio y de la incandescencia, se obtienen lámparas con características operativas totalmente diferentes a aquellas que poseen tanto las lámparas de VMAP como las de incandescencia por separado.



106

## Tema 2: TIPOS DE LÁMPARAS

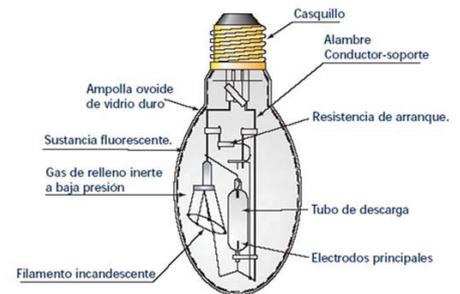
### 1.2.1. Lámparas de Descarga en Vapor de Mercurio (VM)

#### Lámparas de VMAP, LUZ MEZCLA

- Tienen una duración limitada (6000 h), debida al tiempo de vida del filamento (principal causa de fallo); además de ennegrecimiento de la ampolla debido a la evaporación del wolframio del filamento incandescente y a la pérdida de eficacia de los polvos fluorescentes.
- No precisan de equipos auxiliares (balasto) para la puesta en funcionamiento, por lo que son adecuadas para ser sustituidas por lámparas incandescentes.
- A excepción del filamento incandescente y del gas utilizado en la ampolla externa, las partes constituyentes de la lámpara son las mismas que para las lámparas de VMAP; así:

• **Filamento:** Actúa como balasto de resistencia para el tubo de descarga, estabilizando la corriente. Está constituido por un arrollamiento de wolframio conectado en serie con el tubo de descarga y situado junto o alrededor de este, a fin de obtener una buena superposición de emisión y propiciar el encendido rápido del tubo.

• **Gas de relleno en ampolla externa:** Así como en las lámparas incandescentes el gas de relleno está compuesto por Argón, más un agregado de nitrógeno para evitar un arco en el filamento. Para mantener la evaporación del wolframio al mínimo, la presión de llenado es mayor que la de una lámpara de VMAP convencional.



107

## Tema 2: TIPOS DE LÁMPARAS

### 1.2.1. Lámparas de Descarga en Vapor de Mercurio (VM)

#### Lámparas de VMAP, con HALOGENUROS METÁLICOS

Las L. con HALOGENUROS METÁLICOS, son L. de VMAP a las que se han añadido halógenos para conseguir mejorar la eficiencia luminosa, la temperatura de color y alargar la vida útil.

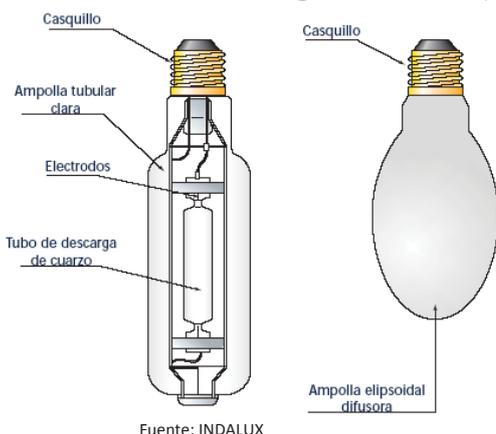
#### Características básicas:

- **Aplicaciones:** Aquellas que precisan una buena reproducción cromática. Exposiciones, retransmisiones deportivas para TV, hipódromos, proyectores etc.
- **Vida útil:** 10000 h
- **Eficiencia energética media:** (alto nivel de pérdidas por calor)



Halógenos metálicos (HM)

P (W)	Flujo luminoso (lm)
70	5500
150	13500
250	20000
400	38000
1000	90000
2000	220000



- **Apariencia de color:** Blanco frío
- **Temperatura de color:** 3000 - 6000 K (según tipo de yoduro añadido)
- **Reproducción del color:** IRC: Ra 65 - 85 (Excelente reproducción del color)
- **Tiempo de encendido:** media 10 minutos (en caso de reencendido mediante tensión de choque o la lámpara debe de enfriarse previamente)
- **Eficacia:** 60 ÷ 96 lm/W.  
Alta relación Potencia / Flujo luminoso
- Precisan equipos especiales para el arranque

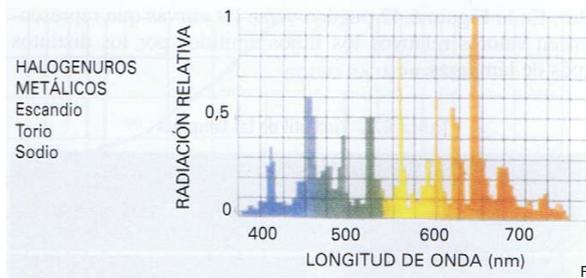
108

## Tema 2: TIPOS DE LÁMPARAS

### 1.2.1. Lámparas de Descarga en Vapor de Mercurio (VM)

#### Lámparas de VMAP, con HALOGENUROS METÁLICOS

- Las lámparas con HALOGENUROS METÁLICOS, son L. de VMAP a las que se han añadido halógenos (yoduros) metálicos (sodio, talio, indio, Dystrosio, Holmio, Tulio) consiguiendo mejorar en gran medida la capacidad de reproducir el color de las lámparas de VMAP.
- Cada sustancia añadida proporciona nuevas líneas al espectro de emisión, dando como resultado una temperatura de color de 3000 a 6000 K (dependiendo del halógeno añadido) y un rendimiento del color IRC de 65 - 85

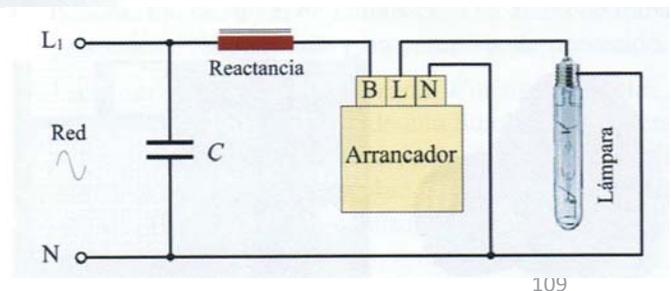


Aportaciones cromáticas de los halógenos:

- Sodio: Amarillo
- Talio: Verde
- Indio: Azul

Fuente: Internet

- Tienen un periodo de encendido largo, alrededor de 10 minutos, (tiempo de estabilización de la descarga).
- Precisan de un equipo de encendido especial, debido a que las tensiones de arranque son muy elevadas (1500 – 5000 V).



## Tema 2: TIPOS DE LÁMPARAS

### 1.2.1. Lámparas de Descarga en Vapor de Mercurio (VM)

#### Lámparas de VMAP, con HALOGENUROS METÁLICOS

- Permiten el reencendido con la lámpara en caliente mediante tensiones de choque (35-60 KV) o en su defecto, es necesario que se estas se enfríen entre 4 y 15 minutos (tiempo medio de 10 minutos).
- En las lámparas con HALOGENUROS METÁLICOS, parte de estos son vaporizados cuando la lámpara alcanza la temperatura normal operativa. El vapor de los halógenos se disocia posteriormente dentro de la zona central del arco, en halógeno y metal consiguiendo así aumentar considerablemente la eficacia luminosa y aproximar el color al de la luz diurna solar.

## Tema 2: TIPOS DE LÁMPARAS

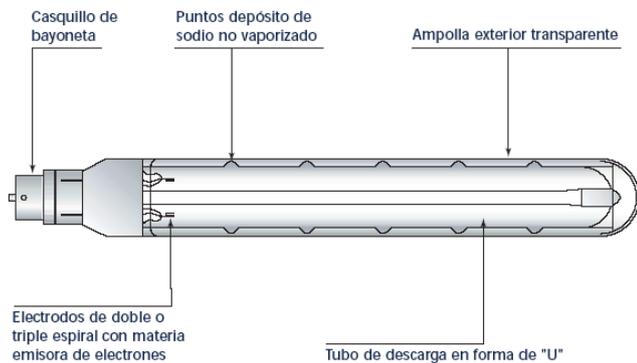
### 1.2.2. Lámparas de Descarga en Vapor de Sodio (VS)

#### 1.2.2. Lámparas de descarga en VAPOR de SODIO (VS):

##### Vapor de Sodio a Baja Presión (VSBP)

###### Características básicas:

- **Aplicaciones:** Grandes áreas que no precisan una buena reproducción de colores. Alumbrado público viario, autopistas, puertos, pasos subterráneos, etc.
- **Vida útil:** 6000 – 8000 h (muy baja depreciación del flujo luminoso)
- **Vida media:** 15000 h (muy alta. Agotamiento sustancia emisora)
- **Eficiencia energética media:** (nivel de pérdidas por calor)



Fuente: INDALUX

- **Apariencia de color:** Amarillo monocromático (prox. 555 nm)
- **Reproducción de color:** IRC Ra 20-80. Baja reproducción del color
- **Temperatura de color:** 1800 °K
- **Tiempo de encendido:** 10 minutos (en caso de reencendido la lámpara debe de enfriarse previamente)
- **Eficacia:** 160 ÷ 180 lm/W. (muy alto)
- Precisan equipos auxiliares para el arranque
- Alta relación Potencia / Flujo luminoso

P (W)	Flujo luminoso (lm)
33	4600
55	8100
90	13000
135	22500
180	32000

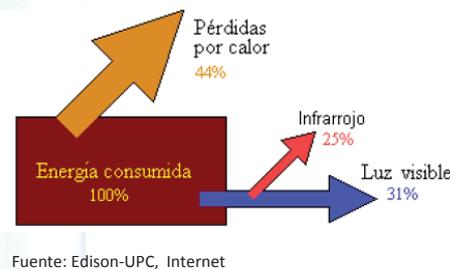
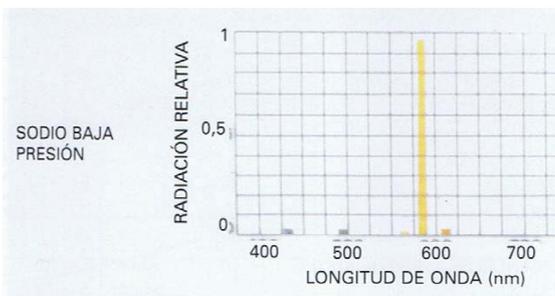
111

## Tema 2: TIPOS DE LÁMPARAS

### 1.2.2. Lámparas de Descarga en Vapor de Sodio (VS)

#### Lámparas de descarga en VAPOR de SODIO a BAJA PRESIÓN (VSBP)

- La radiación que emiten las lámparas de VSBP, es monocromática de color amarillo (muy próxima a la máxima sensibilidad del ojo humano, 555 nm).
- Permiten una gran comodidad y agudeza visual, con una buena percepción de los contrastes
- El monocromatismo amarillo, provoca que la reproducción de colores y el rendimiento de color sean muy malos, imposibilitando distinguir los colores de los objetos.
- Tienen un grado de eficiencia energética media debido al nivel de pérdidas por emisión de calor.



- El tubo de descarga tienen forma de U (reducción de pérdidas y tamaño) contenido en una ampolla de vidrio tubular vacío (muy resistente al efecto muy corrosivo del sodio) con una capa de óxido de indio en la superficie interna que actúa como reflector selectivo infrarrojo y permite mantener una temperatura de trabajo adecuada (aprox. 270 °C).
- En el tubo existen puntos de condensación del vapor de sodio, de tal forma que cuando este condensa se deposite en estos puntos y se mantenga elevada la temperatura de funcionamiento, logrando la mayor eficiencia luminosa posible.

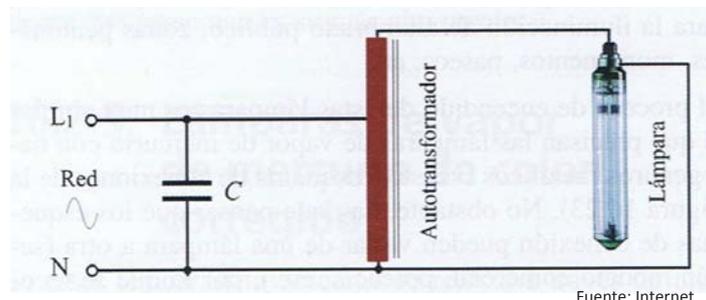
112

## Tema 2: TIPOS DE LÁMPARAS

### 1.2.2. Lámparas de Descarga en Vapor de Sodio (VS)

#### Lámparas de descarga en VAPOR de SODIO a BAJA PRESIÓN (VSBP)

- La relleno de la lámpara con gas neón permite iniciar la descarga y alcanzar el calor suficiente para vaporizar el sodio.
- La vaporización del sodio es gradual, lo que le confiere el característico color amarillo monocromático.
- Alcanzan el máximo flujo luminoso transcurridos unos 10 minutos (tiempo necesario para vaporizar el sodio y comenzar a emitir luz). En el caso de reencendido por interrupción momentánea del suministro eléctrico la lámpara arranca de forma inmediata, ya que la presión es baja y la tensión aplicada es suficiente como para restablecer el arco.
- Precisan equipos auxiliares para el arranque, formado por un autotransformador (balasto) e ignitor para una tensión de impulso según tipo de lámpara y potencia.
- Los valores nominales de consumo se alcanzan al cabo de unos 10-15 minutos del encendido. En el caso de apagado de la lámpara (no momentáneo) , precisa enfriarse previamente antes del reencendido.



113

## Tema 2: TIPOS DE LÁMPARAS

### 1.2.2. Lámparas de Descarga en Vapor de Sodio (VS)

#### Lámparas de descarga en VAPOR de SODIO a ALTA PRESIÓN (VSAP)

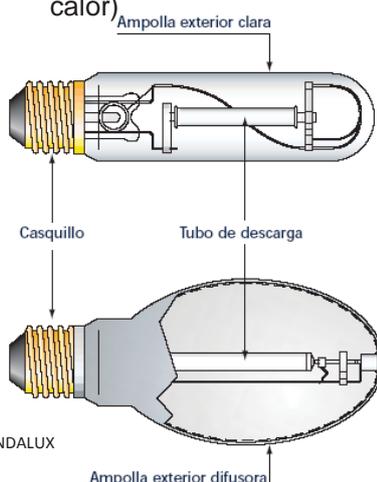
##### Características básicas:

- **Aplicaciones:** Alumbrado general en industria, alumbrado público viario, iluminación decorativa.
- **Vida útil:** 8000 – 12000 h (muy baja depreciación del flujo luminoso)
- **Vida media:** 20000 h (muy alta)
- **Eficiencia energética media - elevada:** (nivel de pérdidas por calor)



Vapor de sodio de alta presión (SAP)

P (W)	Flujo luminoso (lm)
50	3500
70	5600
100	10000
150	14000
250	25000
400	47000
1000	128000



- **Apariencia de color:** Blanco amarillento (Blanco dorado)
- **Temperatura de color:** 2000 - 2200 K
- **Reproducción de color:** IRC: Ra 25-80 . Baja reproducción del color. (Existen lámparas con IRC 65 - 80)
- **Temperatura de color:** 2000 – 2500 °K
- **Tiempo de encendido:** muy breve (en caso de reencendido precisan enfriarse previamente entre 4-15 min.)
- **Eficacia:** 130 lm/W. (alto)
- Precisan equipos auxiliares para el arranque
- Alta relación Potencia / Flujo luminoso

Fuente: INDALUX

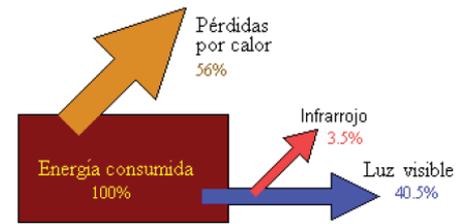
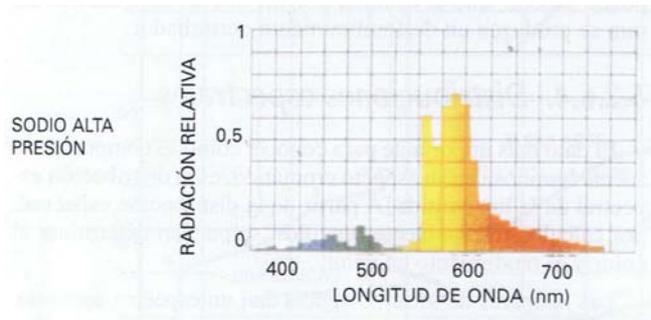
114

## Tema 2: TIPOS DE LÁMPARAS

### 1.2.2. Lámparas de Descarga en Vapor de Sodio (VS)

#### Lámparas de descarga en VAPOR de SODIO a ALTA PRESIÓN (VSAP)

- La radiación que emiten las lámparas de VSAP, tiene una distribución que abarca casi todo el espectro visible de la luz blanca (blanco dorado).
- Comparadas con las lámparas de VSBP permiten una reproducción de los colores mucho mejor
- Tienen un grado de eficiencia energética media debido al nivel de pérdidas por emisión de calor.



Fuente: Edison-UPC, Internet

- La duración de las lámparas se ve condiciona por depreciación del flujo luminoso, fugas en el tubo de descarga.
- Las condiciones de funcionamiento son muy exigentes, alcanza temperaturas de (1000 °C), alta presión y altos niveles de corrosión producidas por el sodio.

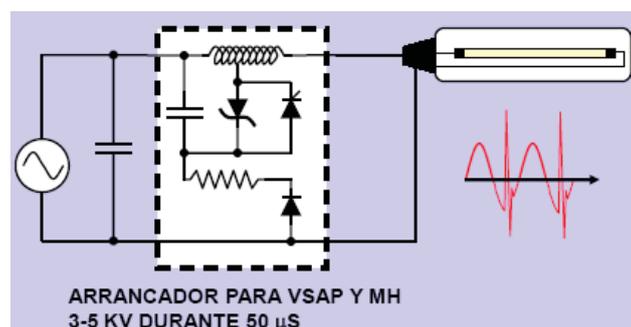
115

## Tema 2: TIPOS DE LÁMPARAS

### 1.2.2. Lámparas de Descarga en Vapor de Sodio (VS)

#### Lámparas de descarga en VAPOR de SODIO a ALTA PRESIÓN (VSAP)

- Muchas lámparas de VSAP poseen un arrancador auxiliar incorporado, el cual ayuda a reducir la medida de voltaje pico de encendido que necesita para encenderse la lámpara. En ocasiones se encuentra en la misma lámpara.
- Los valores nominales de consumo se alcanzan al cabo de 5 minutos de encendido. Cuando la lámpara se apaga, debido a una gran presión del quemador, necesita enfriarse entre 4 y 15 minutos para reencenderse nuevamente.
- Estas lámparas precisan de un equipo auxiliar formado por balasto e ignitor con tensión de impulso según tipo y potencia. También precisan de un condensador de compensación



Fuente: Internet

116

## Tema 2: TIPOS DE LÁMPARAS

### 1.3. Lámparas de Inducción

#### 1.3. Lámparas de INDUCCIÓN (sin electrodos):

##### Características básicas:

- **Aplicaciones:** Ubicaciones con dificultades de sustitución de las lámparas (ubicación, coste). Iluminación de túneles, techos de naves industriales muy altos y de difícil acceso.
- **Vida útil:** 60000 h (extremadamente alta)
- **Eficiencia energética alto:** (bajo nivel de pérdidas por calor)



Balasto electrónico de control  
Para lámparas de inducción

Fuente: Internet

- **Apariencia de color:** Diferentes tonalidades de blancos
- **Temperatura de color:** 2700 - 7000 K
- **Reproducción de color:** IRC: Ra-80 (muy alto)
- **Tiempo de encendido / reencendido:** instantáneo
- **Eficacia:** 80 lm/W. (medio)
- No tiene parpadeos; efecto flicker
- Precisan equipos auxiliares para el arranque.  
Equipo de control electrónico de alta frecuencia (250 KHz)
- Media-Alta relación Potencia / Flujo luminoso

P (W)	Flujo luminoso (lm)
100	8000
150	12000

117

## Tema 2: TIPOS DE LÁMPARAS

### 1.3. Lámparas de Inducción

#### 1.3. Lámparas de INDUCCIÓN (sin electrodos):

- Las lámparas de inducción se basan en el principio de descarga a baja presión, se prescinde de la necesidad de electrodos para desencadenar la ionización del gas.

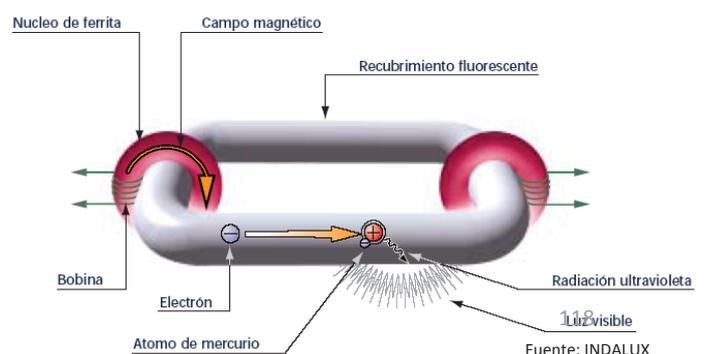
- Lámparas fluorescentes de Alta potencia sin electrodos: Se produce la descarga del gas a baja presión por efecto de la inducción. Se asocian a las lámparas fluorescentes (VMBP) porque producen luz mediante la excitación de los mismos polvos que los fluorescentes convencionales.



##### Funcionamiento:

- El vidrio de la lámpara forma un anillo cerrado, que permite obtener una descarga sin electrodos, ya que la energía es suministrada desde el exterior por un campo magnético creado por dos solenoides de ferrita.

- Disponen de un equipo de control de alta frecuencia (250 KHz) (normalmente separado de la lámpara) que genera un flujo de corriente en las bobinas en las que se genera un campo electromagnético inducido responsable de la excitación del gas (mercurio) contenido en la ampolla, que emite radiaciones UV que es transformada en luz visible mediante los polvos fluorescentes que recubren la ampolla.



## Tema 2: TIPOS DE LÁMPARAS

### 1.3. Lámparas de Inducción

#### Componentes principales de las lámparas de inducción

Disponen de tres componentes básicos:

Las lámparas consta de un recipiente de descarga con gas a baja presión y una antena compuesta por un núcleo cilíndrico de ferrita que crea un campo electromagnético dentro del recipiente en el que se induce una corriente eléctrica dando lugar a la ionización del gas.

#### Ampolla o cámara de descarga:

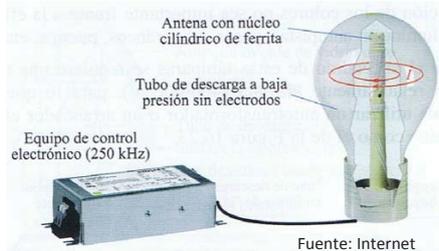
- Contiene un gas inerte y una pequeña cantidad de vapor de mercurio a baja presión.
- Las paredes están recubiertas por polvos fluorescentes (iguales a los empleados en las lámparas fluorescentes convencionales) que posibilitan diferentes temperaturas de color.

#### Antena:

- La energía suficiente para iniciar y mantener la descarga es suministrada a una antena constituida por un bobinado de inducción con núcleo de ferrita. La antena se conecta al generador de HF de 250 KHz o 1350 KHz mediante cable coaxial de longitud determinada (el cable es parte del circuito del oscilador)



Fuente: IDAE



#### Generador de alta frecuencia (HF):

- Genera c.a. de Alta frecuencia de 250 KHz o 1350 KHz que suministra a la antena y dispone de un oscilador.  
Puede producir interferencias electromagnéticas.

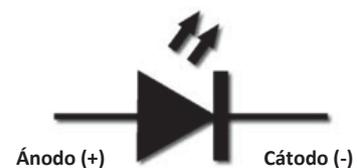
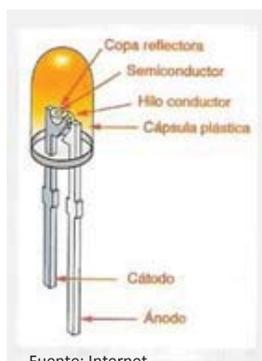
119

## Tema 2: TIPOS DE LÁMPARAS

### 1.4. Lámparas LED (Diodos emisores de luz)

#### 1.4. Lámparas LED

- LED (Light Emitting Diode; diodo emisor de luz). Es una lámpara de estado sólido constituida por un elemento pasivo optoelectrónico, basado en el principio de funcionamiento de la **Electroluminiscencia**.
- Su invención se atribuye a Nick Holonyak (1962).
- Un diodo es un elemento electrónico **semiconductor** (sustancia cuya conductividad eléctrica puede ser alterada mediante variaciones de temperatura, aplicación de campos eléctricos, concentraciones de impurezas, etc.), que permite el paso de la corriente eléctrica en una única dirección; y que cuando es polarizado adecuadamente entre ánodo y cátodo emite luz en una o más longitudes de onda (colores) al producirse el fenómeno de la electroluminiscencia.



- El material semiconductor empleado en la fabricación es el que caracteriza el color de la luz que emite.

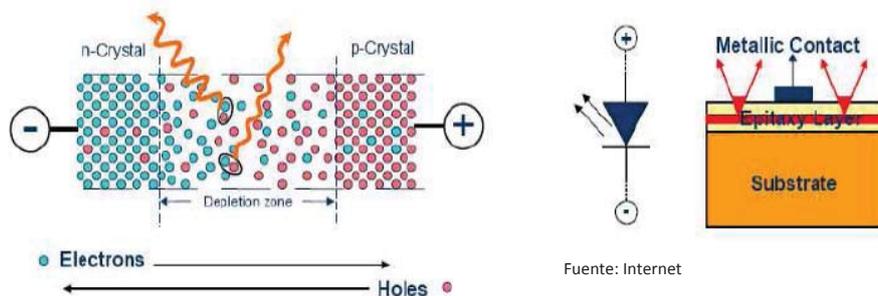
120

## Tema 2: TIPOS DE LÁMPARAS

### 1.4. Lámparas LED (Diodos emisores de luz)

#### 1.4. Lámparas LED

- El diodo es un dispositivo electrónico que permite el paso de corriente eléctrica en una sola dirección (ánodo → cátodo). Cuando se encuentra en polarización directa, se produce la combinación electrón-hueco, liberando energía en forma de fotones y emitiendo luz monocromática (electroluminiscencia).
- El color de la luz depende de la energía liberada por el fotón y está en relación directa con las características del material semiconductor empleado.
- El diodo puede disponer de elementos ópticos integrados para formar un patrón de color.
- Para aplicaciones optoelectrónicas (emisión de luz), se emplean semiconductores como el InGaP (emite luz ámbar y roja) o InGaN (emite luz próxima al UV, verde y azul).



121

## Tema 2: TIPOS DE LÁMPARAS

### 1.4. Lámparas LED (Diodos emisores de luz)

#### 1.4. Lámparas LED

##### Tipologías en su presentación. de LED aplicables en iluminación:

- **LED discreto:** Diodo LED individual  
(Nivel 0: Chip de Led)  
(Nivel 1: Componente Led)
- **Módulo LED:** Módulo formado por varios LED individuales montados sobre un circuito impreso. El conjunto puede incluir otros componentes como disipadores de calor, sistemas ópticos, control electrónico, etc.  
(Nivel 2: Matriz de Led's, Led's Array)
- **LED Retrofit:** Conforman las lámparas LED para la sustitución directa de otro tipo de lámparas (generalmente incandescentes, halógenas o fluorescentes).  
(Nivel 3: Módulo Led)
- **Luminarias LED:** Luminarias que emplean la tecnología LED como fuente luminosa. Pueden estar formadas por uno o varios módulos LED.  
(Nivel 4: Luminaria Led)



Fuente: Internet

Nivel 0	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4
Chip de LED	LED o lámpara	LEDs en PCB	Módulo LED con óptica y alimentador	Luminaria

## Tema 2: TIPOS DE LÁMPARAS

### 1.4. Lámparas LED (Diodos emisores de luz)

#### 1.4. Lámparas LED

##### Componentes de una lámpara de LED (de alta potencia luminosa):

- Las partes constituyentes de una lámpara LED de alta potencia luminosa son:

- **CHIP:**

Se utilizan Led's discretos individuales.

- Son el componente principal
- Deben tener alta fiabilidad.
- Proporcionan las características cromáticas: (capa de recubrimiento del chip)
  - Capa de fosforo amarillo ocre: Luz cálida (similar halógena)
  - Capa fosforo amarillo-verde: Luz fría (similar fluorescente común)

- **DISIPADOR DE CALOR:**

Elemento imprescindible en lámparas LED de alta potencia luminosa.

- Disipa el calor producido en la zona de deplexión de los diodos.
- Los mantiene dentro del rango de funcionamiento adecuado.
- Una deficiente disipación de calor puede ocasionar la destrucción del LED



- **CONTROLADOR (Driver):**

Sistema electrónico que controla el funcionamiento de la lámpara de alta potencia luminosa.

- En caso de emplearse el Led apto para ser conectado a corriente alterna, dispone de un puente rectificador y un transformador reductor.

123

## Tema 2: TIPOS DE LÁMPARAS

### 1.4. Lámparas LED (Diodos emisores de luz)

#### 1.4. Lámparas LED

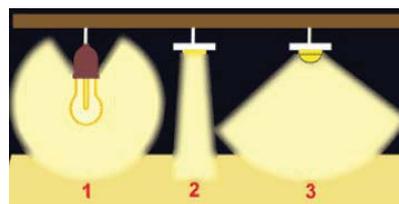
##### Componentes de una lámpara de LED (de alta potencia luminosa):

- Las partes constituyentes de una lámpara LED de alta potencia luminosa son:

- **COMPONENTES ÓPTICOS:**

Confieren el ángulo de difusión de la luz

- Los LED normalmente emiten luz de forma unidireccional (focalizada).
- La lámpara puede disponer de un componente óptico formado por pequeñas lentes que difunden la luz (adaptándola al uso, alumbrado viario).
- Se alcanzan ángulos de difusión de 120°.
- Con el paso del tiempo y un elevado número de horas de funcionamiento puede producirse una depreciación de la cantidad de luz emitida.



- (1): Luz halógena omnidireccional.  
(2): Chip LED unidireccional  
(3): Lámpara LED con componentes ópticos.



- (1): Chip LED.  
(2): Disipador de calor  
(3): Controlador.  
(4): Componente óptico

Fuente: Internet

124

## Tema 2: TIPOS DE LÁMPARAS

### 1.4. Lámparas LED (Diodos emisores de luz)

#### 1.4. Lámparas LED

##### Parámetros característicos de los LED:

- Los parámetros que habitualmente proporcionan los fabricantes **NO son extrapolables al funcionamiento de los LED** una vez incorporados a una luminaria, módulo, o lámpara Retrofit.
- Pueden variar significativamente durante el tiempo de funcionamiento (los fabricantes caracterizan los LED en función de condiciones nominales mediante ensayo pulsado referidas a  $T = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; por lo que infieren que los LED's no se calientan).
- Los datos proporcionados de esta forma NO representan las características de funcionamiento una vez instalados, ya que los LED no funcionan de forma pulsada sino continua; con lo que estos **se calientan y sufren una depreciación del flujo emitido y como consecuencia una pérdida de eficacia (lm/w)** (especialmente si disponen de componente óptico).
- **En la tecnología LED, todos los parámetros de funcionamiento (flujo luminoso, vida, consumo energético) están directamente relacionados entre sí:**
  - **Aumento continuo de la Temperatura** → **Depreciación del flujo luminoso**  
(No emiten radiación IR, la temperatura debe disiparse por conducción y/o convección).  
(Para  $I > 150\text{ lm}$  la disipación de calor es crítica y debe estar continuamente asegurada)
  - **Vida del LED** → Relación directa de la  **$T^a$  de funcionamiento** y de la **corriente de alimentación**  
(Vida del LED: tiempo que el LED emite el flujo luminoso indicado en las especificaciones)

125

## Tema 2: TIPOS DE LÁMPARAS

### 1.4. Lámparas LED (Diodos emisores de luz)

#### 1.4. Lámparas LED

##### Parámetros característicos de los LED:

- **Parámetros que caracterizan la vida del LED:**
  - **L70 B50:** Transcurridas las horas de vida señaladas, al menos el 50% de los LED's poseen un flujo luminoso del 70%
  - **L70:** Transcurridas las horas de vida señaladas, el flujo luminoso será del 70% para el 100% de los LED's
- **Disipación eficiente del calor** → Aumento de la Vida del LED y del Flujo luminoso emitido.
- **Consumo energético** → **Relación no lineal con el flujo emitido**  
(Un incremento en la corriente, los LED pueden hacerse funcionar con diferentes intensidades, duplicar la corriente de ensayo solo incrementa el flujo en 1,7; de forma que la eficiencia (lm/w) se ve reducida)
- **Factor de Mantenimiento** →  $Fm_{\text{máximo}} = 0.8 - 0.85$  (L70:  $Fm = 0.85$ )
- **Tiempo de encendido:** Muy bajo (aprox. 0.25 sg); en caso de reencendido no precisan enfriarse.

126

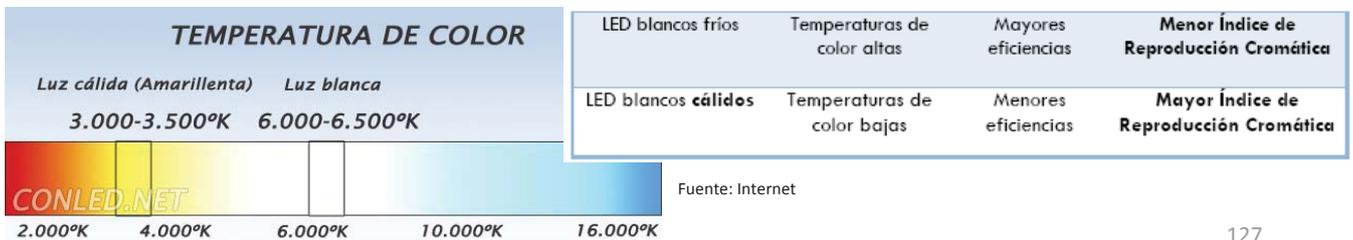
## Tema 2: TIPOS DE LÁMPARAS

### 1.4. Lámparas LED (Diodos emisores de luz)

#### 1.4. Lámparas LED

##### LED de color Blanco

- Se generan a partir de LED de color azul, al cual se añade fosforo que absorbe la radiación UV y emite luz blanca visible (proceso muy similar a las lámparas fluorescentes).
- La luz blanca puede también conseguirse mediante LED UV o la combinación de 3 LED's de colores complementarios (rojo, azul, verde).
- **La cantidad de fosforo caracteriza la temperatura de color :**
  - Alta cantidad fosforo: Luz blanca cálida, IRC desde 2700 K con buena reproducción cromática. Menor eficiencia.
  - Baja cantidad de fosforo: Luz blanca fría, IRC hasta 6000 K con baja reproducción cromática. Mayor eficiencia.



## Tema 2: TIPOS DE LÁMPARAS

### 1.4. Lámparas LED (Diodos emisores de luz)

#### 1.4. Lámparas LED

- Existe una amplísima gama LED destinada a todo tipo de aplicaciones en iluminación.
- Todos los fabricantes de lámparas y luminarias incluyen en sus catálogos referencias de estos productos.



Luminaria de alumbrado interior



Luminaria de alumbrado interior

Fuente: Fabricantes

- En muchos casos se emplean como lámparas de sustitución, según:
  - Lámparas de sustitución directa de la lámpara original: No se modifica el esquema eléctrico y funcionan conectadas al equipo original (balasto).
  - Lámparas para NO sustituir la lámpara original: Se ha de desconectar o puentear el equipo (balasto)

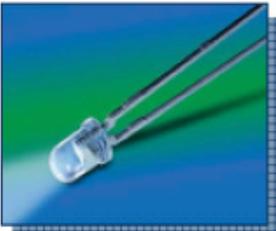
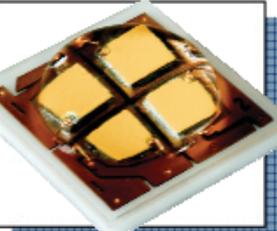
• **Las fotometrías de las luminarias han de ser específicas para lámparas tipo LED**, (en caso de ser sustituidas en luminarias ya existentes, las características fotométricas pueden variar de forma drástica, y no obtenerse los resultados esperados)

## Tema 2: TIPOS DE LÁMPARAS

### 1.4. Lámparas LED (Diodos emisores de luz)

#### 1.4. Lámparas LED

- Características orientativas de LED's según su modo de montaje:

LED Radial	LED montado en superficie SMT		Chip-on-board
			
Radial LED (3mm/5mm) : 0.1W	Power TOPLED < 0.3 W	High Flux LED 1.5 ...3 W	Compact light source ~ 10 W...30 W
<b>Características:</b> - Lentes epoxi integra - Max.I 20-30mA	<b>Características:</b> - 2 V - 4 V - Max. current ~70mA - Flujo Luminoso: 4lm	<b>Características:</b> - Max. I>700 mA - Flujo: >40lm	<b>Características:</b> - Max. I>>1A - Flujo Lum>100lm

Fuente: Internet

## Tema 2: TIPOS DE LÁMPARAS

### 1.4. Lámparas LED (Diodos emisores de luz)

#### 1.4. Lámparas LED

- Características orientativas de LED's:

TABLA ORIENTATIVA DE CONSUMOS APROXIMADOS Y POTENCIA LUMINOSA

Valores en lúmenes (lm)	CONSUMO APROXIMADO EN WATTS (W) SEGÚN EL TIPO DE LÁMPARA			
	LEDs	Incandescentes	Halógenas	CFL y fluorescentes
50 / 80	1,3	10	---	---
110 / 220	3,5	15	10	5
250 / 440	5	25	20	7
550 / 650	9	40	35	9
650 / 800	11	60	50	11
800 / 1500	15	75	70	18
1600 / 1800	18	100	100	20
2500 / 2600	25	150	150	30
2600 / 2800	30	200	200	40

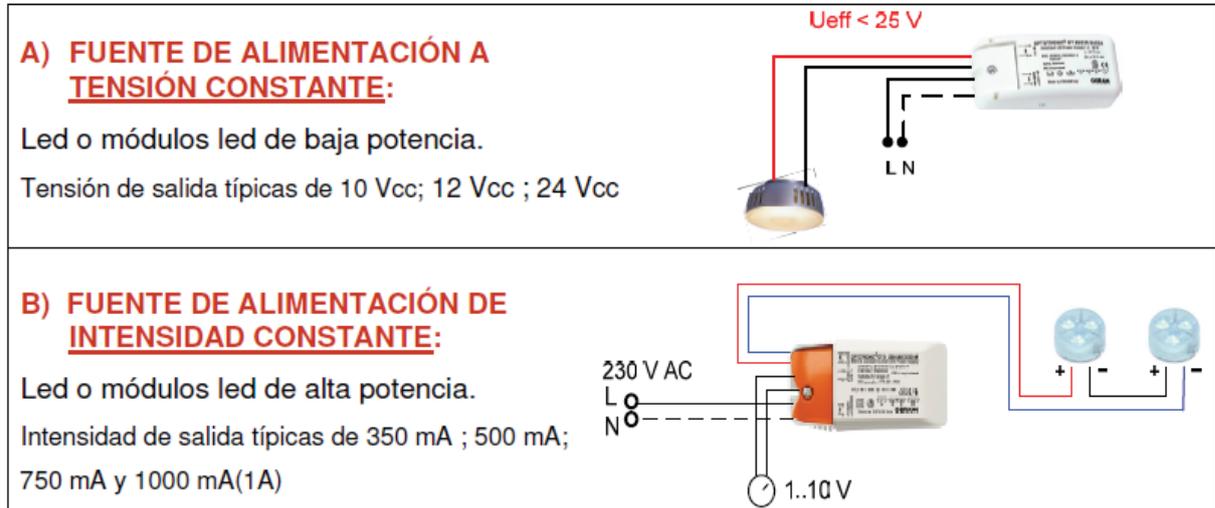
## Tema 2: TIPOS DE LÁMPARAS

### 1.4. Lámparas LED (Diodos emisores de luz)

#### 1.4. Lámparas LED

- Modos de conexión, según el tipo de LED:

Dependiendo del tipo del LED:



Fuente: Internet

131

## Tema 2: TIPOS DE LÁMPARAS

### 1.5. Tablas características y comparativas

#### 1.5. Tablas características y comparativas

Relación entre: Potencias / Flujos / Eficacias

FUENTES DE LUZ					
TIPO	POTENCIAS (W)		FLUJOS (lm)		EFICACIAS (lm/W)
INCANDESCENCIA	1 a	2.000	6 a	40.000	8 a 20
INCANDESCENCIA CON HALÓGENOS	3 a	10.000	36 a	220.000	18 a 22
FLUORESCENTES TUBULARES	4 a	215	1.000 a	15.500	40 a 93
FLUORESCENTES COMPACTAS	5 a	36	250 a	2.900	50 a 82
VAPOR DE MERCURIO	50 a	2.000	1.800 a	125.000	40 a 58
HALOGENUROS METÁLICOS	75 a	3.500	5.000 a	300.000	60 a 95
SODIO ALTA PRESIÓN	50 a	1.000	3.500 a	130.000	66 a 130
SODIO BAJA PRESIÓN	18 a	180	1.800 a	33.000	100 a 183

Fuente: Internet

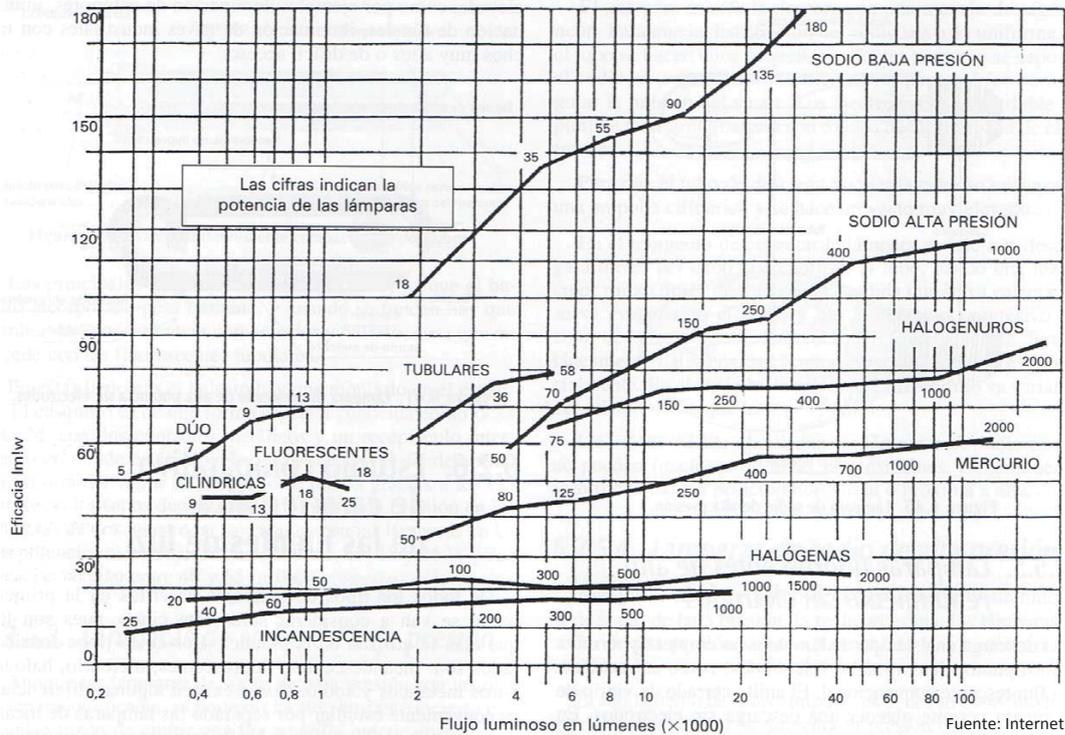
132

## Tema 2: TIPOS DE LÁMPARAS

### 1.5. Tablas características y comparativas

#### 1.5. Tablas características y comparativas

Relación entre: Potencias / Flujos / Eficacias



133

## Tema 2: TIPOS DE LÁMPARAS

### 1.5. Tablas características y comparativas

#### 1.5. Tablas características y comparativas

Relación entre: Vida útil / Perdida de flujo / Luminancia

FUENTES DE LUZ			
TIPO	VIDA ÚTIL (h)	PÉRDIDA FLUJO (%)	LUMINANCIA (cd/m <sup>2</sup> )
INCANDESCENCIA	1.000	20	claras $2 \times 10^5$ mates $2,5 \times 10^5$
INCANDESCENCIA CON HALÓGENOS	2.000	0	$2 \times 10^5$
FLUORESCENTES TUBULARES	12.000 <sup>(1)</sup>	25	$8 \times 10^3$
FLUORESCENTES COMPACTAS	10.000 <sup>(1)</sup>	25	$1 \times 10^4$
VAPOR DE MERCURIO	16.000 <sup>(1)</sup>	30	$1 \times 10^5$
HALÓGENUROS METÁLICO	2.500 a 14.000 <sup>(1)</sup>	40	claras $8,5 \times 10^5$ difusas $1,5 \times 10^5$
SODIO ALTA PRESIÓN	16.000 <sup>(1)</sup>	40	claras $5 \times 10^5$ difusas $2,5 \times 10^5$
SODIO BAJA PRESIÓN	14.000 <sup>(1)</sup>	15	$1 \times 10^5$

<sup>(1)</sup> Encendidos de 10 horas.

134

## Tema 2: TIPOS DE LÁMPARAS

### 1.5. Tablas características y comparativas

#### 1.5. Tablas características y comparativas

Relación entre: Color / Temperatura de color / IRC

FUENTES DE LUZ			
TIPO	COLOR	TEMP. DE COLOR (K)	RTO. EN COLOR
INCANDESCENCIA	Blanco cálido	2.600 a 2.800	100
INCANDESCENCIA CON HALÓGENOS	Blanco	3.000	100
FLUORESCENTES TUBULARES	Diferentes blancos	2.600 a 6.500 Tc (corr)	50 a 97
FLUORESCENTES COMPACTAS	Blanco cálido	2.700 Tc (corr)	80
VAPOR DE MERCURIO	Blanco	4.000 y 4.500 Tc (corr)	48 y 50
HALOGENUROS METÁLICOS	Blanco frío	4.800 a 6.500 Tc (corr)	67 a 95 (según potencia)
SODIO ALTA PRESIÓN	Blanco amarillento	2.100	25 Tc (corr)
SODIO BAJA PRESIÓN	Amarillo (monocromático)	1.800 Te (corr)	no aplicable

Fuente: Internet

135

## Tema 2: TIPOS DE LÁMPARAS

### 1.5. Tablas características y comparativas

#### 1.5. Tablas características y comparativas

Relación entre: Periodo calentamiento / Intensidad en el arranque / reencendido en caliente

TIPO	PERIODO DE CALENTAMIENTO	INTENSIDAD EN EL ARRANQUE $I_0$	REENCENDIDO EN CALIENTE
INCANDESCENCIA	Inmediato	$I_0 = 15 I_r$	Inmediato
INCANDESCENCIA CON HALÓGENOS	Inmediato	$I_0 = 15 I_r$	Inmediato
FLUORESCENTES TUBULARES	2 o 3 s	$I_0 = 2 I_r$	2 o 3 s
FLUORESCENTES COMPACTAS	1 segundo	$I_0 = 2 I_r$	1 segundo
VAPOR DE MERCURIO	5 minutos	$I_0 = 1,5 I_r$	7 minutos
HALOGENUROS METÁLICOS	2 minutos	$I_0 = 1,3 I_r$	7 minutos Inmediato <sup>(1)</sup>
SODIO ALTA PRESIÓN	7 minutos	$I_0 = 1,2 I_r$	Inmediato
SODIO BAJA PRESIÓN	12 minutos	$I_0 = 0,95 I_r$	20 minutos

<sup>(1)</sup> Arrancador especial

Fuente: Internet

136

## Tema 2: TIPOS DE LÁMPARAS

### 1.5. Tablas características y comparativas

#### 1.5. Tablas características y comparativas

Relación entre: Formas / Posición de funcionamiento / utilización

TIPO	FORMAS	POSICIÓN DE FUNCIONAMIENTO	UTILIZACIÓN	Ámbito de uso	Tipos de lámparas más utilizados
INCANDESCENCIA	Esférica. Vela Tubular. Par. Seta.	Cualquiera	Doméstico Automóvil Comercio	Doméstico	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Incandescente</li> <li>▶ Fluorescente</li> <li>▶ Halógenas de baja potencia</li> <li>▶ Fluorescentes compactas</li> </ul>
INCANDESCENCIA CON HALÓGENOS	Tubular Reflector	Horizontal+15° Cualquiera	Monumental Doméstico	Oficinas	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Alumbrado general: fluorescentes</li> <li>▶ Alumbrado localizado: incandescentes y halógenas de baja tensión</li> </ul>
FLUORESCENTES TUBULARES	Tubular Circular En U	Cualquiera	Doméstico Oficinas Industrial	Comercial (Depende de las dimensiones y características del comercio)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Incandescentes</li> <li>▶ Halógenas</li> <li>▶ Fluorescentes</li> <li>▶ Grandes superficies con techos altos: mercurio a alta presión y halogenuros metálicos</li> </ul>
FLUORESCENTES COMPACTAS	Cilíndrica Dúo Esférica	Cualquiera	Doméstico Oficinas	Industrial	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Todos los tipos</li> <li>▶ Luminarias situadas a baja altura (<math>\leq 6</math> m): fluorescentes</li> <li>▶ Luminarias situadas a gran altura (&gt;6 m): lámparas de descarga a alta presión montadas en proyectores</li> <li>▶ Alumbrado localizado: incandescentes</li> </ul>
VAPOR DE MERCURIO	Ovoide	Cualquiera	Vial Industrial	Deportivo	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Luminarias situadas a baja altura: fluorescentes</li> <li>▶ Luminarias situadas a gran altura: lámparas de vapor de mercurio a alta presión, halogenuros metálicos y vapor de sodio a alta presión</li> </ul>
HALOGENUROS METÁLICOS	Cilíndrica Ovoide	Horizontal+45° Vertical+15°	Deportivo Comercial		
SODIO ALTA PRESIÓN	Cilíndrica Ovoide	Cualquiera	Vial Industrial		
SODIO BAJA PRESIÓN	Tubular	Horizontal+20°	Vial		

Fuente: Internet

137

## Tema 2: TIPOS DE LÁMPARAS

### 1.5. Tablas características y comparativas

#### 1.5. Tablas características y comparativas

Cuadro resumen

TIPO DE LAMPARA	CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS	GAMA DE POTENCIAS (W)	RENDIMIENTO LUMINOSO (lm/W)	VIDA UTIL (HORAS)	IRC	TIEMPO DE ENCEDIDO (minutos)	TIEMPO DE REENCENDIDO (minutos)	COSTE LÁMPARA	EQUIPO ELÉCTRICO	NOTAS
INCANDESCENTE	Filamento de Wolframio en bulbo transparente relleno de gas inerte.	25 - 2.000	10 - 20	1.000	100	0	0	BAJO	NO	Fácil instalación y regulación de intensidad
INCANDESCENTE HALÓGENAS	Filamento de Wolframio en bulbo transparente con halógenos.	60 - 2.000	15 - 27	2.000	100	0	0	MEDIO	NO	Su diseño permite su uso en pequeñas luminarias compactas. Los Halogenuros previenen oscurecimientos y aumento de vida y eficacia.
FLUORESCENTES	Tubo de cristal tratado interiormente con polvo fluorescente excitado por radiación UV.	20 - 65	38 - 60	7.500	80	0	0	MEDIO-BAJO	SI	Efecto estroboscópico
VAPOR DE MERCURIO ALTA PRESIÓN	Descarga en tubo de cuarzo, ampolla exterior cubierta de fluorescente.	50 - 2.000	32 - 60	8.000	50	5	6	MEDIO	SI	Mejor rendimiento de color. Apropiaada para iluminaciones exteriores
LUZ MEZCLA	Con filamento de Wolframio que actúa de balasto y potencia la luz roja.	160 - 500	19 - 28	6.000	60	2	2	ALTO	NO	Alumbrados semi-exteriores localizados donde es importante la reproducción de colores
V.M.A.P. CON HALOGENUROS METÁLICOS	Se añaden halogenuros para mejorar el rendimiento de color.	70 - 3.500	56 - 100	8.000	95	10	5	BAJO	SI	Buen rendimiento de color. Acto para alumbrado exterior
VAPOR DE SODIO BAJA PRESIÓN	En tubo de vidrio rodeado de óxido de indio para acumular el calor.	18 - 180	72 - 169	8.000	0	15	3	MEDIO	SI	Para alumbrados exteriores (públicos, autovías, etc.)
VAPOR DE SODIO ALTA PRESIÓN	En tubo de vidrio rodeado de óxido de indio para acumular el calor.	35 - 1.000	42 - 124	12.000	25	10	10	ALTO	SI	Apariencia cálida apropiada para exteriores

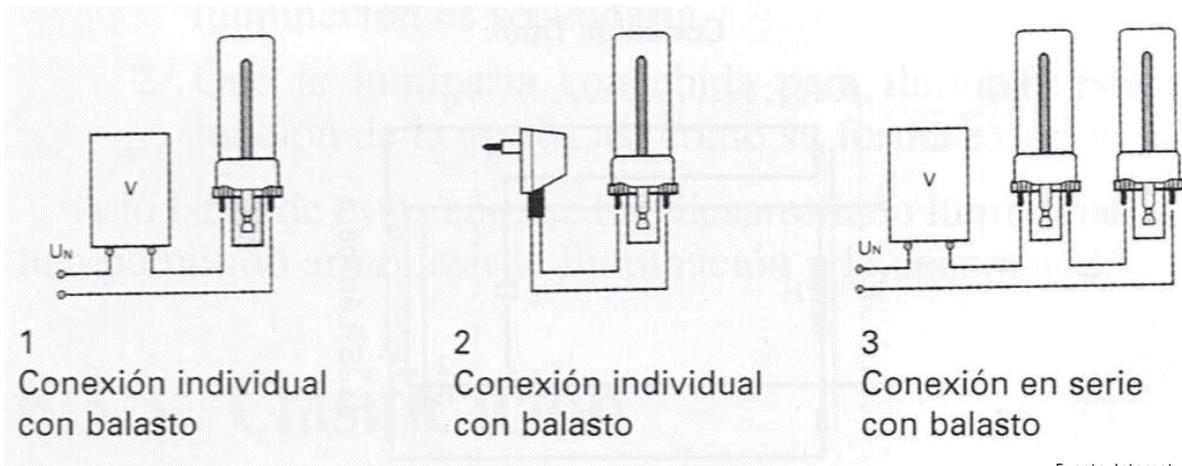
## Tema 2: TIPOS DE LÁMPARAS

### 1.6. Esquemas de montaje característicos según tipo de lámpara

#### 1.6. Esquemas de montaje característicos según tipo de lámpara

Esquemas de conexiones:

Para balastos convencionales de lámparas fluorescentes



Fuente: Internet

Leyenda:

F = Portalámparas para 4 pitones

St = Cebador

$U_N$  = Tensión de red

V = Balasto

139

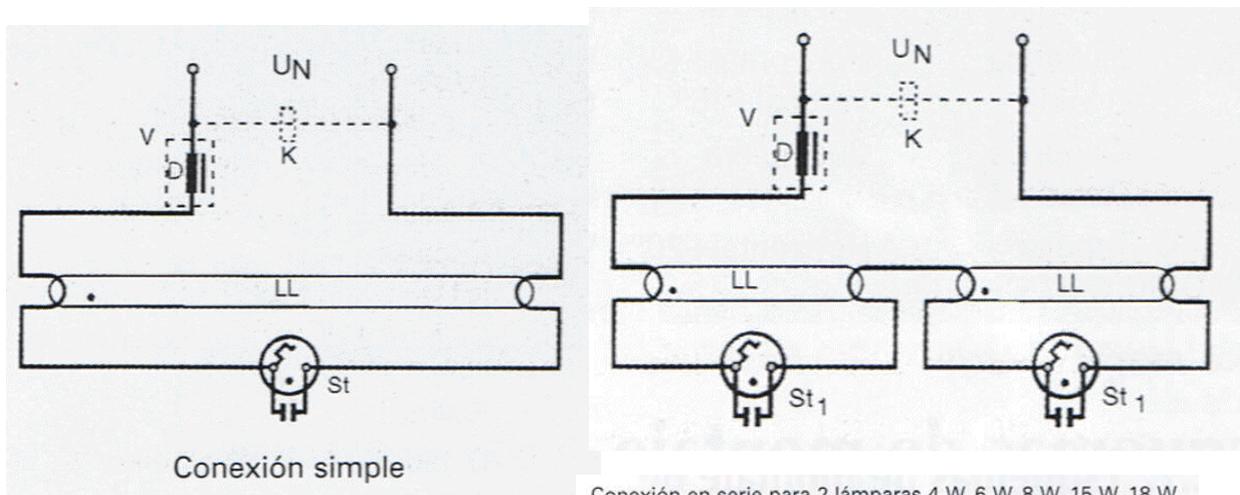
## Tema 2: TIPOS DE LÁMPARAS

### 1.6. Esquemas de montaje característicos según tipo de lámpara

#### 1.6. Esquemas de montaje característicos según tipo de lámpara

Esquemas de conexiones:

Para balastos convencionales de lámparas fluorescentes



Leyenda:

F = Portalámparas para 4 pitones

St = Cebador

$U_N$  = Tensión de red

V = Balasto

Fuente: Internet

140

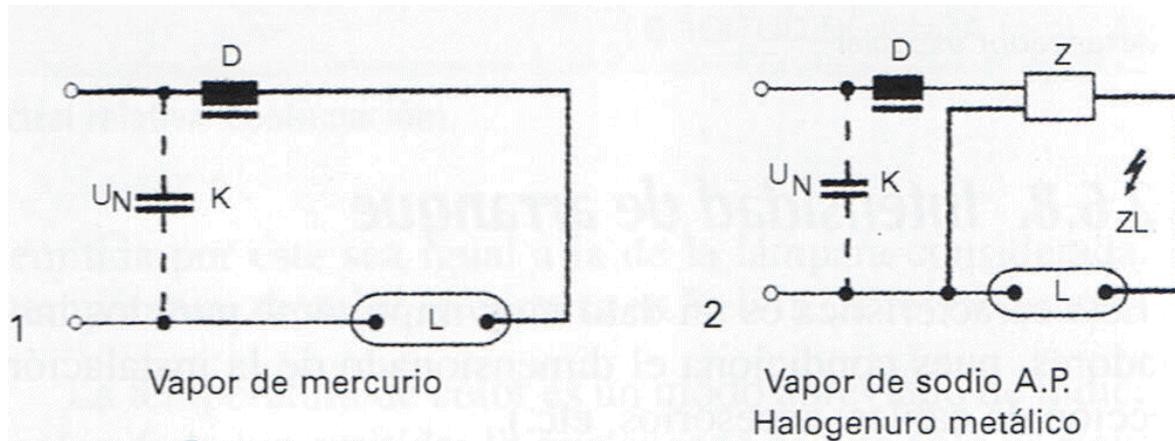
## Tema 2: TIPOS DE LÁMPARAS

### 1.6. Esquemas de montaje característicos según tipo de lámpara

#### 1.6. Esquemas de montaje característicos según tipo de lámpara

Esquemas de conexiones:

Para Vapor de Mercurio (alta y baja presión)



Fuente: Internet

141

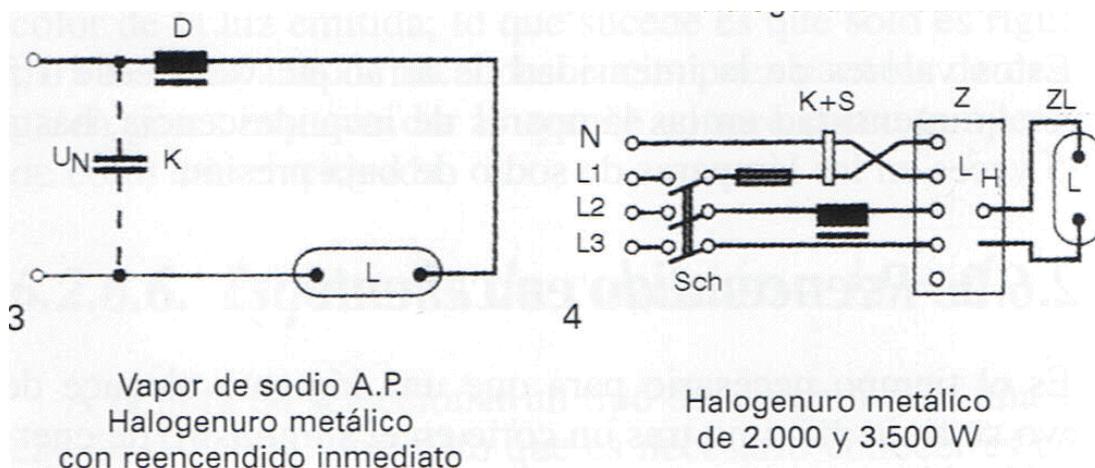
## Tema 2: TIPOS DE LÁMPARAS

### 1.6. Esquemas de montaje característicos según tipo de lámpara

#### 1.6. Esquemas de montaje característicos según tipo de lámpara

Esquemas de conexiones:

Para Vapor de Sodio



Fuente: Internet

Leyenda:

F = Portalámparas para 4 pitones

St = Cebador

$U_N$  = Tensión de red

V = Balasto

142

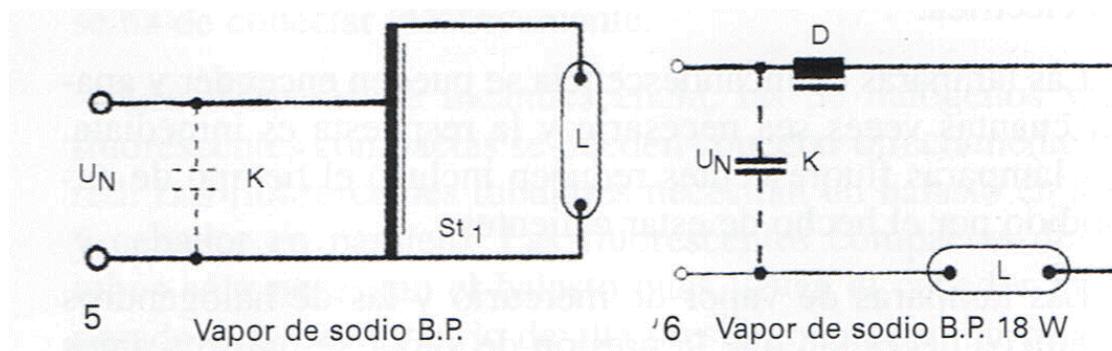
## Tema 2: TIPOS DE LÁMPARAS

### 1.6. Esquemas de montaje característicos según tipo de lámpara

#### 1.6. Esquemas de montaje característicos según tipo de lámpara

Esquemas de conexiones:

Para Vapor de Sodio



Fuente: Internet

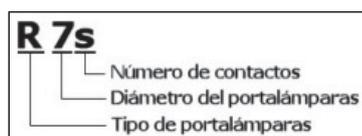
143

## Tema 2: TIPOS DE LÁMPARAS

### 1.6. Esquemas de montaje característicos según tipo de lámpara

#### 1.7. Tipos de casquillo

Codificación:



Tipos de Portalámparas:

E	Rosca tipo Edison
B o BA	Casquillo tipo Swan o de bayoneta
C	Contacto de presión de tubo circular
G	Contacto por clemas de presión simples
GX	Contacto por clemas de presión reforzadas
GU	Contacto por clemas para bombillas con protección de emisión calorífica trasera
GZ	Contacto por clemas para bombillas de alta emisión calorífica trasera
R	Casquillos para lámparas rectilíneas con terminales simples
RX	Casquillos para lámparas rectilíneas con terminales reforzados
Fa	Casquillos para lámparas rectilíneas con terminal macho

144

## Tema 2: TIPOS DE LÁMPARAS

### 1.6. Esquemas de montaje característicos según tipo de lámpara

#### 1.7. Tipos de casquillo

##### Diámetro de portalámparas:

10 mm	Lámparas miniatura
11 mm	Lámparas de bajo consumo
12 mm	Lámparas tipo bi-pin
13 mm	Tubos fluorescentes
14 mm	Rosca Edison pequeña, vela
15 mm	Lámparas rectilíneas
27 mm	Rosca Edison estándar
40 mm	Rosca Edison gigante

##### Número de contactos:

s	Contacto sencillo
d	Contacto doble
q	Contacto cuádruple

145

## Tema 2: TIPOS DE LÁMPARAS

### 1.6. Esquemas de montaje característicos según tipo de lámpara

#### 1.7. Tipos de casquillo // Tipos de casquillos de uso habitual:

	<b>E14</b> Utilizada en bombillas de pequeño tamaño, sobre todo incandescentes, como las lámparas vela o de gota.		<b>G53</b> Halógenas de parábola de reflexión ancha
	<b>E27</b> El casquillo más extendido en Europa. Lo llevan las bombillas incandescentes, fluorescentes compactas, de halogenuros metálicos...		<b>G9</b> Bombillas halógenas
	<b>E40</b> Igual que las E14 y E27 pero creada para soportar potencias más elevadas.		<b>G4</b> Bombillas halógenas
	<b>B22d</b> Usado comúnmente en bombillas incandescentes		<b>GY6.35</b> Bombillas halógenas
	<b>GU10</b> Halógenas dicroicas, LEDs, etc...		<b>G5</b> Bombillas halógenas
	<b>GZ10</b> Halógenas dicroicas, LEDs, etc...		<b>G13</b> Usada en tubos fluorescentes
	<b>R7s</b> Usada en bombillas halógenas rectas		<b>2GX13</b> Usada en tubos fluorescentes circulares
	<b>Fa4</b> Usada en bombillas halógenas rectas		<b>2G13</b> Para tubos fluorescentes dobles
	<b>GU4</b> Mayormente de uso en bombillas halógenas y halógenas dicroicas		<b>Fa6</b> Muy poco habitual, para lámparas de descarga de mercurio a baja presión
	<b>GU5.3</b> Mayormente de uso en bombillas halógenas y halógenas dicroicas		<b>G23</b> Mayormente usada en bombillas de bajo consumo
			<b>2G11</b> Mayormente usada en bombillas de bajo consumo dobles
			<b>G10q</b> Usada en tubos fluorescentes circulares
			<b>2G7</b> Usada en bombillas de bajo consumo

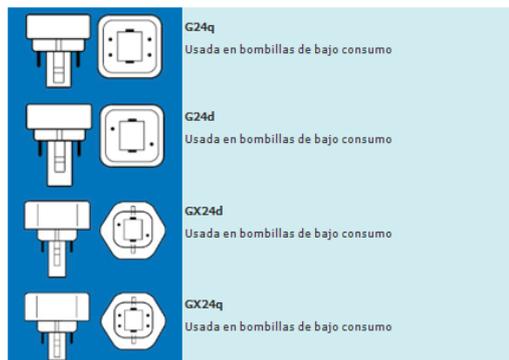
Fuente: Internet

146

## Tema 2: TIPOS DE LÁMPARAS

### 1.6. Esquemas de montaje característicos según tipo de lámpara

#### 1.7. Tipos de casquillo // Tipos de casquillos de uso habitual:



Fuente: Internet

147

## Tema 2: TIPOS DE LÁMPARAS

### 1.6. Esquemas de montaje característicos según tipo de lámpara

#### 1.8. Codificación de las lámparas:

Según Sistema Unificado de Designación de Lámparas **LBS**

**I**      **INDANDESCENTES**

**CDM**    **DESCARGA DE ALTA INTENSIDAD**

**TL**      **FLUORESCENTES**

**MHN**    **HALOGENUROS METÁLICOS**

**TL5:**     Tubo lineal estrecho, D = 16 mm

**HIT**

**TL5-C:**   Tubo circular estrecho

**HIE**

**TL8-D:**   Tubo lineal D = 26 mm

**PL**      **FLUORESCENTES COMPACTAS**

**H**        **VAPOR DE MERCURIO A ALTA PRESIÓN**

**PL-S:**    2 Contactos

**HPL**

**PL-C:**    4 Contactos

**HQL**

**PL-T:**    6 Contactos

**HSL**

**PL-L:**    2 Contactos largos

**SON**    **VAPOR DE SODIO A ALTA PRESIÓN**

**QT**      **HALÓGENAS**

**HST**

**HSE**

**QLS**    **INDUCCIÓN**

**SDW**    **VAPOR DE SODIO A BAJA PRESIÓN**

### 2. LUMINARIAS

#### 2.1. Características

- Ópticas, Eléctricas y mecánicas.
- Elementos constituyentes.

#### 2.2. Clasificación

- Por grado de protección eléctrica
- Por emisión del flujo luminoso
- Por tipo de instalación



Fuente: Fabricantes

149

### 2.1. Características

#### 2.1. Características

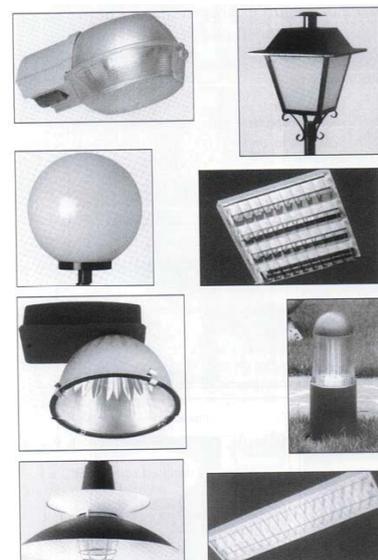
La luminaria es la parte del equipo de alumbrado, que distribuye, filtra o transforma la luz emitida por una o varias lámparas y que contiene todos los elementos necesarios para su funcionamiento, incluyendo los mecanismos de protección y fijación.



Fuente: Fabricantes

Las luminarias reúnen una serie de características:

- Ópticas
- Eléctricas
- Mecánicas

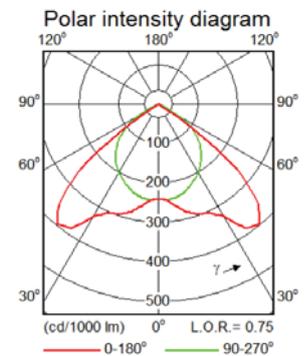


150

#### 2.1. Características

##### Ópticas:

- El diseño óptico es el responsable de la forma y la distribución de la luz emitida.
- Las luminarias deben asegurar:
  - Reparto luminoso adecuado, según el tipo de instalación a que se destinen (interior, exterior).
  - Evitar la contaminación lumínica.
  - Evitar el deslumbramiento a los usuarios
  - Buen rendimiento luminoso del conjunto lámpara-luminaria.
- Las características ópticas de las luminarias se pueden clasificar según el porcentaje de flujo luminoso emitido por encima y por debajo del plano horizontal que atraviesa la lámpara; siendo distintas para interior y exterior.



Fuente: Philips

##### Eléctricas:

- Dependiendo de su grado de protección eléctrica (ante el riesgo de contactos eléctricos a personas).
- Se establecen clasificaciones según el grado de aislamiento eléctrico (Clase).
- Deben ser capaces de albergar el equipo eléctrico adecuado para cada tipo de lámpara, así como ser de fácil instalación y mantenimiento.
- El calentamiento debe ser compatible con su construcción y su utilización.

151

#### 2.1. Características

##### Mecánicas:

- Se establecen clasificaciones según el grado de protección mecánica (código IP, código IK).
- Deben tener una adecuada resistencia mecánica acorde con el uso al que se destinan.
- Deben construirse con materiales adecuados a su uso.

##### Elementos constituyentes:

De forma general, las luminarias constarán de los siguientes elementos:

- **Armadura o carcasa:** Sirve de soporte y contiene todos los elementos necesarios para su funcionamiento y se adecuará a su uso.

- Para uso interior o exterior.
- Con ambientes agresivos
- Según montaje: superficial o empotrado, suspendidas o en carril, en pared, brazo o columna.

- **Equipos eléctricos:** Serán los adecuados según el tipo y características de la lámpara:

- L. Incandescentes: Sin equipos auxiliares.
- L. Halógenas: Conexión directa a la red o mediante transformador o eq. electrónico auxiliar.
- L. Fluorescentes: Con reactancias o balastos, condensadores y cebadores (ignitores) por separado o equipos conjuntos de balastos electrónicos de.
- L. de Descarga: Con reactancias o balastos, condensadores e ignitores o arrancadores electrónicos según el tipo y características de las lámparas



Fuente: Fabricante



152

2.1. Características

• **Reflectores:** Reflejan el flujo emitido por la lámpara modelando la forma y la dirección de este. En función de cómo emitan el flujo, se clasifican en:

- Simétricos, el flujo es igual en todas las direcciones.
- Asimétricos, existe una dirección predominante.
- Especular, con baja dispersión de la luz
- No especular, con alta dispersión de la luz.



• **Difusores:** Es el elemento de cierre de la luminaria en la dirección del flujo luminoso.

- Opal liso (cierre blanco)
- Prismático (translúcido)
- Especulares (reflectores)
- Reticulares

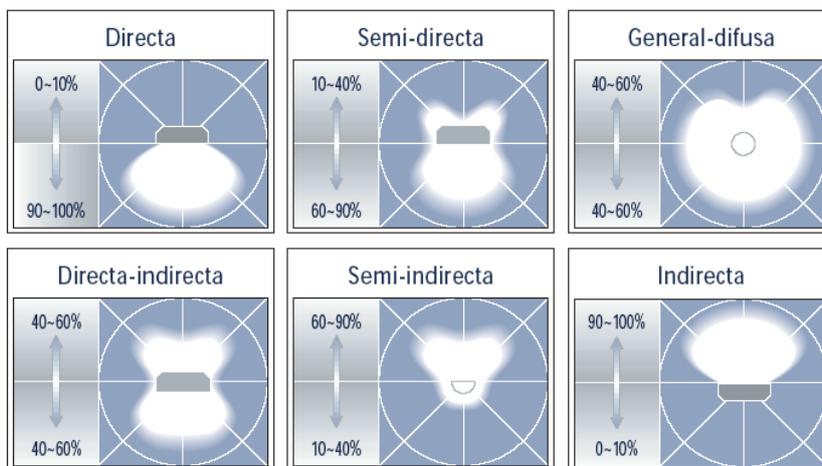


• **Filtros:** Se emplean para realzar o atenuar ciertas características de la luz

- Se emplean filtros de color (proyección, fotografía, etc.)
- Polarización de la luz (propagación en un solo plano)

Fuente: Fabricantes

• Clasificación según el porcentaje de flujo luminoso emitido por encima y por debajo del plano horizontal que atraviesa la lámpara.

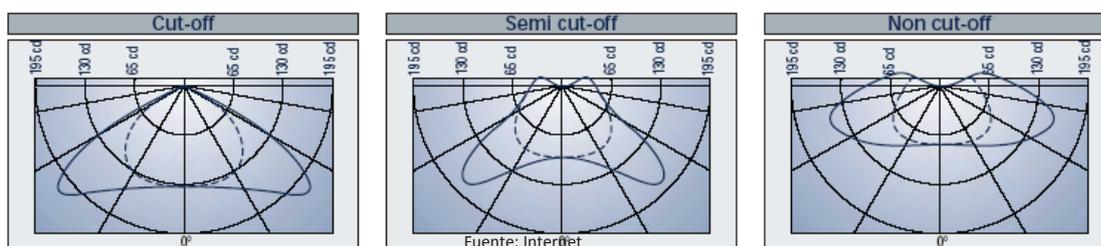


ILUMINACIÓN GENERAL DE INTERIOR

Clasificación de las luminarias según el porcentaje de flujo luminoso emitido

Fuente: INDALUX

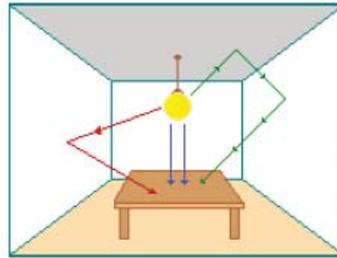
ILUMINACIÓN GENERAL DE EXTERIOR



Fuente: INDALUX

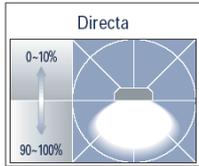
Fuente: Internet

Sistemas de alumbrado interior



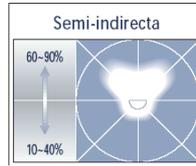
Fuente: Edison-UPC

- Luz directa
- Luz indirecta proveniente del techo
- Luz indirecta proveniente de las paredes



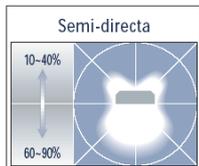
**Iluminación directa:**

- La totalidad del flujo de las lámparas se dirige al suelo.
- El más económico y de mayor rendimiento luminoso.
- Alto riesgo de deslumbramiento y produce de sombras duras



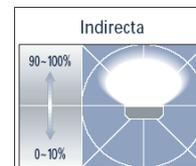
**Iluminación semi-indirecta:**

- La mayor parte del flujo proviene del techo y de las paredes
- Elevadas pérdidas por absorción. Pintar con tonos claros o blancos.
- Luz cálida con poco deslumbramiento
- Sombras suaves que proporcionan relieve a los objetos



**Iluminación semi-directa:**

- La mayor parte del flujo de las lámparas se dirige al suelo, el resto es reflejado en techo y paredes.
- Recomendable para techos muy altos sin claraboyas.
- Riesgo medio de deslumbramiento y produce de sombras suaves.



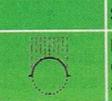
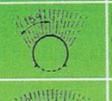
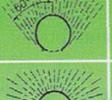
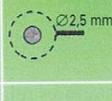
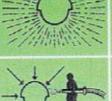
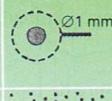
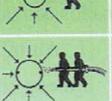
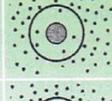
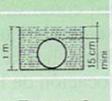
**Iluminación indirecta:**

- La mayor parte del flujo se dirige al techo.
- Solución cara y con elevadas pérdidas por absorción. Pintar con tonos claros o blancos.
- Luz cálida con poco deslumbramiento

- Clasificación según la protección contra choques eléctricos

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).	

- Clasificación según la protección mecánica

1.ª cifra: protección contra los cuerpos sólidos			2.ª cifra: protección contra los cuerpos líquidos		
IP	tests		IP	tests	
0		Sin protección	0		Sin protección
1		Protegido contra los cuerpos sólidos superiores a 50 mm (ej.: contactos involuntarios de la mano)	1		Protección contra las caídas verticales de gotas de agua (condensación)
2		Protegido contra los cuerpos sólidos superiores a 12,5 mm (ej.: dedos de la mano)	2		Protección contra las caídas de agua hasta 15° de la vertical
3		Protegido contra los cuerpos sólidos superiores a 2,5 mm (ej.: herramientas, tornillos)	3		Protegido contra el agua de lluvia hasta 60° de la vertical
4		Protegido contra los cuerpos sólidos superiores a 1 mm (ej.: herramientas finas, pequeños cables)	4		Protegido contra las proyecciones de agua en todas las direcciones
5		Protegido contra el polvo (sin sedimentos perjudiciales)	5		Protegido contra el lanzamiento de agua en todas las direcciones
6		Totalmente protegido contra el polvo	6		Protegido contra el lanzamiento de agua similar a los golpes de mar
			7		Protegido contra inmersión
			8		Protegido contra los efectos prolongados de inmersión en condiciones específicas

Fuente: Internet

## IP x y z

x: Protección contra polvo y cuerpos sólidos (de 0 a 6)

y: Protección contra penetración de líquidos (de 0 a 8)

z: Protección contra choque (código IK) (de 0 a 10)

IK	Energía de choque (julios)	Antigua 3.ª cifra IP
00	0	0
01	0,15	
02	0,20	1
03	0,35	
04	0,50	3
05	0,70	
06	1	
07	2	5
08	5	
(1)	6	7
09	10	
10	20	9

157

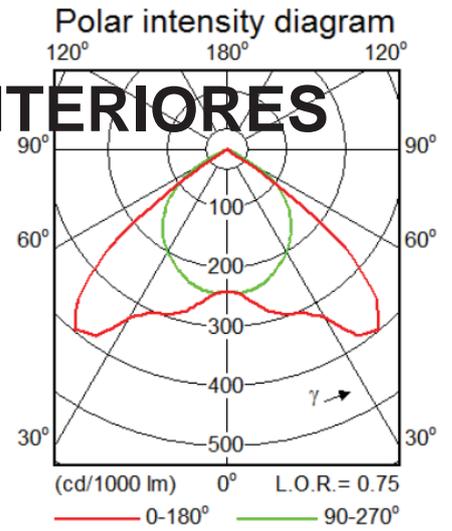
## 3. BIBLIOGRAFÍA

- Curso de Luminotécnica UPC: <http://edison.upc.es>
- Manual de Alumbrado PHILIPS
- Manual de Alumbrado INDALUX
- Catálogos técnicos de fabricantes.
- Guía práctica de alumbrado eléctrico (Henry Graffigni)
- Luz, lámparas y luminarias (Carlos Jiménez)
- IDAE

Nota legal: Las imágenes así como parte de la información contenida en estos apuntes han sido recogidas de fuentes públicas y en algún caso anónimas de Internet y son en todo caso propiedad de sus autores..

158

# Tema 3: ALUMBRADO DE INTERIORES



### 1. Conceptos de Alumbrado de Interiores

- 1.1. Deslumbramiento
- 1.2. Consideraciones sobre la elección de lámparas y luminarias
- 1.3. Color; Temperatura de color e Índice de rendimiento de color (IRC)
- 1.4. Sistemas de Alumbrado
- 1.5. Métodos de Alumbrado
- 1.6. Factores de depreciación de la eficacia luminosa y mantenimiento
- 1.7. Niveles de Iluminación recomendados; Tablas

### 2. Métodos de Cálculo de alumbrado de Interior

#### 2.1. Método de los Lúmenes

- 2.1.1. Proceso de cálculo
- 2.1.2. Ejemplo de cálculo mediante uso de Información Técnica del fabricante
- 2.1.3. Ejemplo de cálculo

#### 2.2. Método del punto a punto

- 2.2.1. Proceso de cálculo

161

### 3. Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación, CTE HE 3

- 3.1. Ámbito de aplicación
- 3.2. Procedimiento de verificación
- 3.3. Eficiencia energética de la instalación, VEEI
- 3.4. Sistemas de control y regulación
- 3.5. Cálculos
- 3.6. Equipos
- 3.7. Mantenimiento y conservación

**1. Conceptos de Alumbrado de Interiores**

- 1.1. Deslumbramiento
- 1.2. Consideraciones sobre la elección de lámparas y luminarias
- 1.3. Color; Temperatura de color e Índice de rendimiento de color (IRC)
- 1.4. Sistemas de Alumbrado
- 1.5. Métodos de Alumbrado
- 1.6. Factores de depreciación de la eficacia luminosa y mantenimiento
- 1.7. Niveles de Iluminación recomendados; Tablas

#### 1. Conceptos de Alumbrado de Interior

Para la adecuada iluminación de una instalación se ha de determinar el adecuado nivel de iluminación, el cual dependerá del recinto a iluminar y de la tarea a realizar.

Deberá cumplir con:

- UNE-EN 12464-1:2012 Para lugares de trabajo.
- UNE-EN 12464-2:2008 Para exteriores

Para ello hay que tener en consideración factores subjetivos de cada usuario, tales como la comodidad visual, agradabilidad, rendimiento visual, ...).

La misma instalación de iluminación puede producir a diferentes personas impresiones distintas.

Los principales aspectos a considerar en una instalación de alumbrado son:

- El deslumbramiento.
- La selección de las lámparas y luminarias.
- El color.
- Los sistemas de alumbrado.
- Los métodos de alumbrado.
- Los niveles de iluminación.
- La depreciación de la eficiencia luminosa y mantenimiento de la instalación.

165

#### 1. Conceptos de Alumbrado de Interior

##### 1.1. El deslumbramiento



Ocasiona cansancio, fatigas, molestias y/o incapacidad de distinguir objetos debido a contrastes excesivos en el espacio o en el tiempo.

Se produce cuando la luminancia de un objeto es mucho mayor que la del entorno que lo rodea.

Se distinguen dos formas:

- Perturbador: Visión borrosa, sin contraste, desaparece cuando cesa la causa.
- Molesto: Incidencia directa en los ojos, causa fatiga visual.

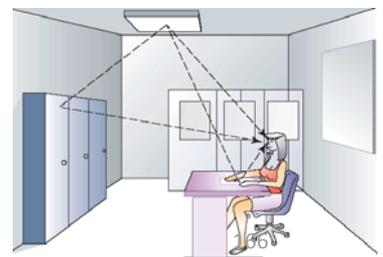
En cuanto a la forma de producirse, este puede ser:

- Directo: Incidencia perpendicular de la fuente luminosa sobre los ojos, debidas a fuentes luminosas (luminarias, ventanas).
- Reflejado: Incidencia generalmente debida a superficies de gran reflectancia (sup. especulares tales como espejos, muebles, etc.).

Evitar que las fuentes luminosas incidan directamente en el campo de visión, y el uso de superficies especulares.



Fuente: Internet



Fuente: INDALUX

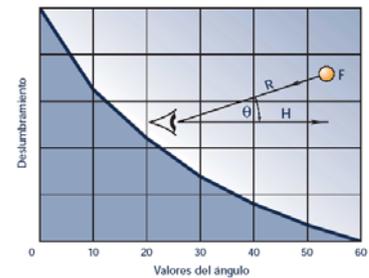
1. Conceptos de Alumbrado de Interior

1.1. El deslumbramiento

El deslumbramiento en los espacios interiores se determina mediante el “Índice de Deslumbramiento Unificado” (UGR), que describe el brillo molesto según la posición del observador y la dirección de la vista.

Se define para diferentes actividades en los espacios a iluminar, según la norma UNE-EN 21464-1 (ver diapositivas 28 a 39), y viene determinado por la siguiente expresión:

$$UGR = 8 \cdot \log \left( \frac{0,25}{L_b} \cdot \sum \frac{L_{\omega}^2}{p^2} \right)$$



Fuente: INDALUX

Siendo:

- **L<sub>b</sub>**: Iluminancia de fondo (cd/m<sup>2</sup>), calculada como  $E_{ind} \cdot \pi$ , donde  $E_{ind}$  es la iluminancia indirecta vertical en el ojo del observador.
- **L**: Iluminancia (cd/m<sup>2</sup>) de las partes luminosas de cada luminarias en la dirección del ojo del observador.
- **ω**: Ángulo sólido (sr) de las partes luminosas de cada luminaria en el ojo del observador.
- **p**: Índice de posición de Guth para cada luminaria individual que se refiere a su desplazamiento en la línea de visión.

1. Conceptos de Alumbrado de Interior

1.2. Consideraciones sobre la elección de lámparas y luminarias

Las lámparas que se emplean para la iluminación de interiores abarcan casi todos los tipos, incandescentes, halógenas, VMBA (fluorescentes), VMAP, Inducción, Led, etc....).

El criterio de selección de las lámparas se basará en:

- Características técnicas (consumo energéticos, potencias, fotométricas, etc.)
- Características de la instalación (uso, dimensiones, etc.)

El criterio de selección de las luminarias estará condicionado por:

- El tipo de lámpara a utilizar.
- La ubicación y uso:
  - Ambientes industriales: Prima la eficiencia
  - Doméstico: Prima la estética frente a la eficiencia
  - Comercial: Compromiso entre estética y eficiencia.
  - Área de trabajo: Compromiso entre estética y eficiencia.

ÁMBITO DE USO	TIPOS DE LÁMPARAS MÁS UTILIZADOS
DOMÉSTICO	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Incandescente</li> <li>▪ Fluorescente</li> <li>▪ Fluorescentes compactas</li> <li>▪ Halógenas de Baja Potencia</li> <li>▪ Led</li> </ul>
OFICINAS	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Aluminado general: Fluorescente</li> <li>▪ Aluminado localizado: Incandescente, Halógena de B.P.</li> <li>▪ Led</li> </ul>
COMERCIAL (Depende de las dimensiones y características del comercio)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Incandescentes</li> <li>▪ Halógenas</li> <li>▪ Fluorescentes</li> <li>▪ Grandes superficies con techos altos: VMAP y Halogenuros metálicos</li> </ul>
INDUSTRIAL	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Todos los tipos</li> <li>▪ Luminarias situadas a baja altura (h ≤ 6 m): Fluorescentes</li> <li>▪ Luminarias situadas a gran altura (h &gt; 6 m): Lámparas de descarga a Alta Presión montadas en proyectores.</li> <li>▪ Aluminado localizado: Fluorescente, Led, Incandescente</li> </ul>
DEPORTIVO	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Luminarias situadas a baja altura: Fluorescentes</li> <li>▪ Luminarias situadas a gran altura: VMAP, Halogenuros metálicos y VSAP.</li> </ul>

## Tema 3: ALUMBRADO DE INTERIOR

### 1. Conceptos de Alumbrado de Interior

#### 1. Conceptos de Alumbrado de Interior

##### 1.3. Color; Temperatura de color e Índice de rendimiento de color (IRC)

El color influye en el ambiente creado en las sensaciones de frío o calor, la percepción cromática de los objetos.

Cada tipo de lámpara tiene un color de emisión característico (aparición de color) lo que influye directamente en la reproducción de los colores (rendimiento de color de las lámparas)

Para una misma habitación iluminada con:

- Lámparas incandescente: acentúan tonos de madera en los muebles y tonos amarillos en paredes. Aspecto cálido
- Lámparas fluorescentes: acentúan los tonos verdes y azules en los muebles y dan aspecto frío a las paredes.

La aparición del color lo determina la temperatura de color.



BLANCO CALIDO 3000K      BLANCO NEUTRO 4500K      BLANCO FRIO 6000K  
Fuente: Internet

Se definen tonalidades de:

- Luz Fría
- Luz Intermedia o neutra
- Luz Cálida.

Tª color correlacionada	Aparición del color
$T_c > 5000 \text{ }^\circ\text{K}$	Fría
$3300 \leq T_c \leq 5000 \text{ }^\circ\text{K}$	Intermedia o Neutra
$T_c < 3300 \text{ }^\circ$	Cálida

169

## Tema 3: ALUMBRADO DE INTERIOR

### 1. Conceptos de Alumbrado de Interior

#### 1. Conceptos de Alumbrado de Interior

##### 1.3. Color; Temperatura de color e Índice de rendimiento de color (IRC)

Los valores de la iluminancia junto la aparición de color de las lámparas el aspecto final:

ILUMINANCIA (lux)	Aparición de color		
	Cálida	Intermedia	Fría
$E \leq 500$	Agradable	Neutra	Fría
$500 \leq E \leq 1000$	↕	↕	↕
$1000 \leq E \leq 2000$	Estimulante	Agradable	Neutra
$2000 \leq E \leq 3000$	↕	↕	↕
$E \geq 3000$	No natural	Fría	Agradable

Cuanto más alto sea el IRC mejor será la reproducción del color, aunque se pierda eficiencia y consumo energético

La elección de los colores de las paredes, suelo, techo y mobiliario es importante tanto en la aparición de color y el estado de confortabilidad.

Rendimiento en color	IRC	Aparición de color	Aplicaciones
1	$IRC \geq 85$	Fría	Industria textil, fábricas de pinturas, talleres de imprenta
		Intermedia	Escaparates, tiendas, hospitales
		Cálida	Hogares, hoteles, restaurantes
2	$70 \leq IRC < 85$	Fría	Oficinas, escuelas, grandes almacenes, industrias de presión (en climas cálidos)
		Intermedia	Oficinas, escuelas, grandes almacenes, industrias de precisión (en climas templados)
		Cálida	Oficinas, escuelas, grandes almacenes, industrias de precisión (en climas fríos)
3	Lámparas con $IRC < 70$ pero con propiedades de rendimiento de color bastante aceptables para uso en locales de trabajo		Interiores donde la discriminación cromática no es de gran importancia
S (especial)	Lámparas con IRC fuera de lo normal		Aplicaciones especiales

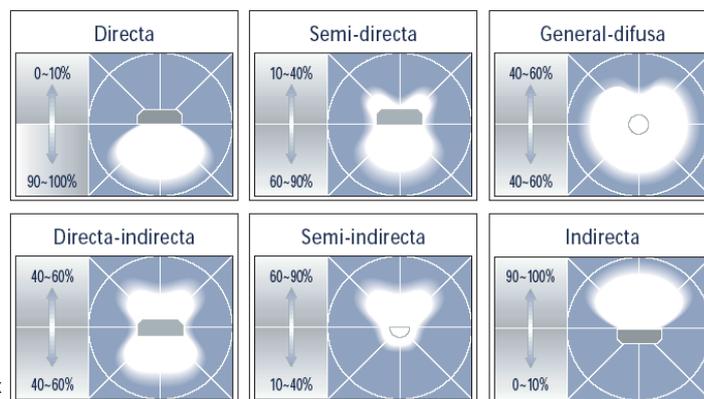
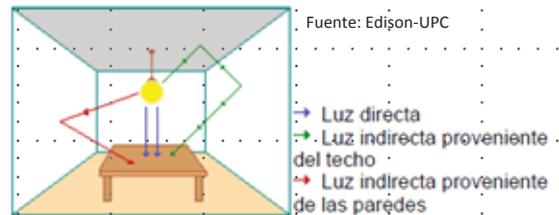
1. Conceptos de Alumbrado de Interior

1.4. Sistemas de alumbrado

La cantidad de luz emitida por encima o por debajo del plano horizontal que atraviesa la lámpara y que llega de forma directa o indirecta a los objetos determina los diferentes sistemas de iluminación y las características de estos.

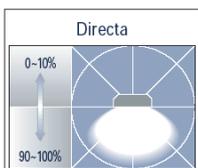
Se distinguen los siguientes sistemas de iluminación:

- Directa
- Semi-Directa
- Difusa
- Directa-Indirecta
- Semi-Indirecta
- Indirecta



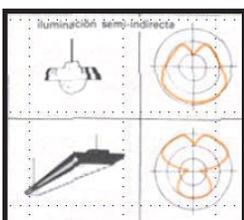
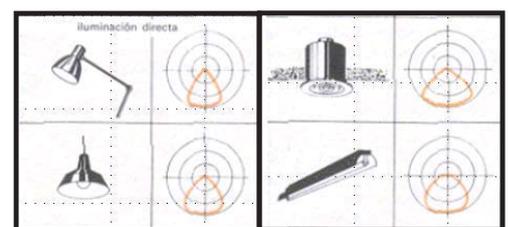
1. Conceptos de Alumbrado de Interior

1.4. Sistemas de alumbrado



**Iluminación directa:**

- La totalidad del flujo de las lámparas se dirige al suelo.
- El más económico y de mayor rendimiento luminoso.
- Alto riesgo de deslumbramiento y produce de sombras duras



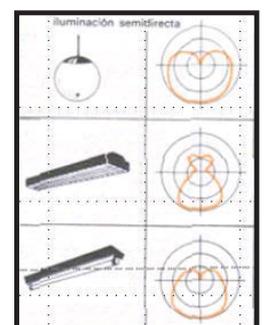
**Iluminación semi-indirecta:**

- La mayor parte del flujo proviene del techo y de las paredes
- Elevadas pérdidas por absorción. Pintar con tonos claros o blancos.
- Luz cálida con poco deslumbramiento
- Sombras suaves que proporcionan relieve a los objetos



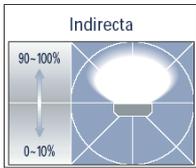
**Iluminación semi-directa:**

- La mayor parte del flujo de las lámparas se dirige al suelo, el resto es reflejado en techo y paredes.
- Recomendable para techos muy altos sin claraboyas.
- Riesgo medio de deslumbramiento y produce de sombras suaves.



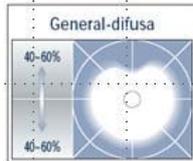
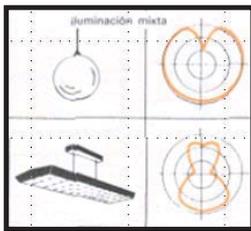
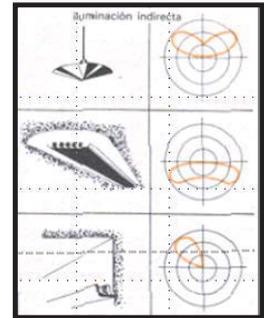
1. Conceptos de Alumbrado de Interior

1.4. Sistemas de alumbrado



**Iluminación indirecta:**

- La mayor parte del flujo se dirige al techo.
- Solución cara y con elevadas pérdidas por absorción.
- Pintar con tonos claros o blancos.
- Luz cálida con poco deslumbramiento



**Iluminación Difusa:**

- Se reparte al 50% directa + 50% indirecta.
- Aspecto monótono y objetos sin relieve.
- Pintar techos y paredes de color claro o blanco.
- Bajo riesgo de deslumbramiento y sin sombras

Fuente: INDALUX

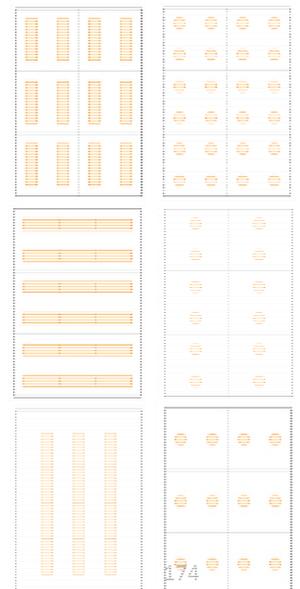
1. Conceptos de Alumbrado de Interior

1.5. Métodos de alumbrado

Los distintos métodos de cálculo de alumbrado, tanto de interior como de exterior, indican cómo se realiza en reparto de la luz en una determinada zona a iluminar (grado de uniformidad).

Dependiendo del grado de uniformidad a alcanzar, pueden distinguirse tres casos:

- Alumbrado general.
- Alumbrado general localizado.
- Alumbrado localizado.



**Alumbrado General:**

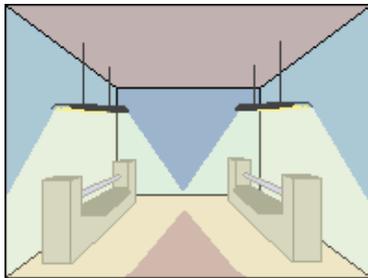
- Proporciona iluminación uniforme en toda el área
- Método de uso más habitual. Cálculo de oficinas, centros enseñanza, fábricas, comercios, etc.
- Distribución regular (en forma de matriz) de las luminarias

#### 1. Conceptos de Alumbrado de Interior

##### 1.5. Métodos de alumbrado

###### Alumbrado General Localizado:

- Proporciona iluminación no uniforme, concentrándose en las áreas de trabajo, (el resto del local, formado principalmente por zonas de paso se ilumina con luz más tenue).
- Importantes ahorros energético (económico)
- Deslumbramientos: Cuando la diferencia entre luminancias de la zona de trabajo y paso son muy elevadas.
- Distribución poco adaptable frente a cambios en la distribución de los puestos de trabajo.
- Se puede conseguir:
  - Concentrando luminarias en una determinada zona de trabajo.
  - Apagando selectivamente luminarias en una alumbrado general.



Fuente: Edison-UPC, Internet



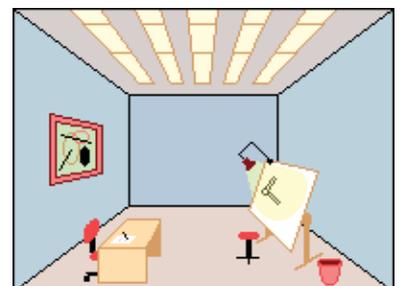
175

#### 1. Conceptos de Alumbrado de Interior

##### 1.5. Métodos de alumbrado

###### Alumbrado Localizado:

- Proporciona iluminación suplementaria cerca de la tarea visual para realizar un trabajo concreto.
- Se utiliza cuando:
  - El nivel de iluminación requerido es superior a 1000 lux.
  - No sea necesaria iluminación permanentemente.
  - Personas con problemas visuales.
- Deslumbramientos: Cuando la relación de luminancias entre la tarea visual y el fondo son muy elevadas.
- Puede producir molestias de adaptación visual, debiendo establecerse una relación entre ambos niveles el alumbrado localizado y el general mínimo.



Alumbrado localizado (lux)	Alumbrado general mínimo (lux)
250	50
500	75
1.000	100
2.000	150
5.000	200
10.000	300

Fuente: Edison-UPC, Internet

#### 1. Conceptos de Alumbrado de Interior

##### 1.6. Factores de depreciación de la eficacia luminosa y mantenimiento

La iluminación proporcionada inicialmente por una instalación de iluminación disminuirá de manera gradual durante el uso debido a:

- Una reducción de los lúmenes de las lámparas (envejecimiento)
- Las lámparas se queman.
- Acumulación de suciedad en las lámparas, luminarias y la superficie del recinto a iluminar.

Mediante un adecuado programa de mantenimiento es posible mantener la iluminancia sobre el mínimo valor permitido (valor de mantenimiento); así las actuaciones deberán ir encaminadas a:

- Realizar una limpieza adecuada y periódica de los equipos de iluminación (lámpara y luminaria).
- Realizar una limpieza periódica del recinto a iluminar.
- Cambio periódico de las lámparas quemadas o gastadas (programa de mantenimiento)
- El programa de mantenimiento suele ser acordado.

177

#### 1. Conceptos de Alumbrado de Interior

##### 1.6. Factores de depreciación de la eficacia luminosa y mantenimiento

###### Factor de mantenimiento o conservación (fm):

*Se define como la relación entre la iluminancia promedio en el plano de trabajo transcurrido un determinado periodo de tiempo, y la iluminancia promedio obtenida en la puesta en servicio de la instalación.*

Permiten asegurar los niveles de iluminancia promedio de una instalación.

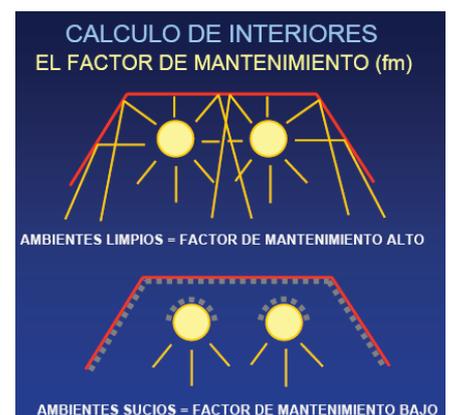
Dependerá del grado de suciedad ambiental y de la frecuencia de la limpieza y mantenimiento de la instalación (sustitución de lámparas, balastos, etc), y vendrá determinado por la siguiente expresión.

$$f_m = D_{FL} \cdot D_B \cdot D_S < 1$$

El **fm** combina las pérdidas causadas por:

- **D<sub>FL</sub>**: La depreciación del flujo de la lámpara (vida útil de la lámpara).
- **D<sub>B</sub>**: La depreciación de la luminaria (factor de balasto, si lo hay)
- **D<sub>S</sub>**: La depreciación de la luminaria o superficie de la habitación por suciedad.

Fuente: Internet



## Tema 3: ALUMBRADO DE INTERIOR

### 1. Conceptos de Alumbrado de Interior

#### 1. Conceptos de Alumbrado de Interior

##### 1.6. Factores de depreciación de la eficacia luminosa y mantenimiento

###### Factor de mantenimiento o conservación (fm):

Los factores de mantenimiento o conservación (fm) pueden ser determinados en función de tablas (CIE) expresadas en función del tipo de luminarias, frecuencia con que se realiza el mantenimiento y de las condiciones ambientales del local de la instalación.

En función de los ciclos de limpieza y mantenimiento se pueden establecer **valores de referencia genéricos**:

Local muy limpio, bajo tiempo de utilización	fm = 0,8
Local limpio, ciclo de mantenimiento de 3 años	fm = 0,67
Instalación interior, ciclo de mantenimiento de 3 años	fm = 0,57
Instalación interior o exterior, alta contaminación	fm = 0,5

###### Orientativo:

Valores de referencia **por tipo de utilización del local**:

Fuente: INDALUX

Ambiente de trabajo	F <sub>m</sub>
Acerías, fundiciones	0'65
Industrias de soldadura, mecanizado	0'70
Oficinas industriales, salas	0'75
Patios de operaciones, locales públicos	0'80
Despachos, oficinas comerciales, informáticas	0'85

La norma **UNE EN 12464-1-2012**, "Iluminación. Iluminación en lugares de trabajo, Parte.1: Lugares de trabajo interiores", establece una determinación más exhaustiva, en función de las condiciones ambientales y del intervalo de mantenimiento.

179

## Tema 3: ALUMBRADO DE INTERIOR

### 1. Conceptos de Alumbrado de Interior

#### 1. Conceptos de Alumbrado de Interior

##### 1.6. Factores de depreciación de la eficacia luminosa y mantenimiento

###### Coefficiente de utilización de la instalación (Cu, η):

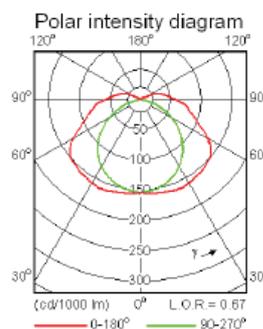
El coeficiente de utilización (Cu, η) cuantifica que porcentaje de emisión luminosa total de una luminaria es aprovechada en un determinado local.

Este porcentaje depende del **índice del local K** (proporciones geométricas del local) y de los **factores de reflexión** de las superficies (paredes, techo, etc.) según los colores y texturas **y del tipo particular de distribución luminosa de la luminaria y su rendimiento (L.O.R.)**.

**El coeficiente de utilización, es EXCLUSIVO para cada luminaria y es proporcionado por los fabricantes.**

Para su determinación se utilizan **tablas particulares de cada tipo de luminaria**, en función de los factores de reflexión, y del índice del local.

En el caso de no poder obtenerse directamente será necesario interpolar.



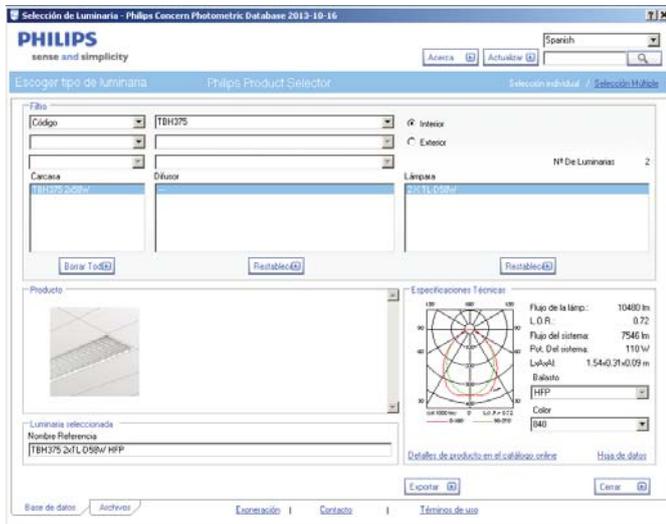
Utilisation factor table

Room Index k	Reflectances for ceiling, walls and working plane (CIE)											
	0.80	0.80	0.70	0.70	0.70	0.70	0.50	0.50	0.30	0.30	0.00	
0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.30	0.30	0.10	0.10	0.30	0.10	0.00
1.00	0.40	0.37	0.39	0.38	0.36	0.31	0.30	0.26	0.29	0.25	0.23	0.00
1.25	0.48	0.42	0.44	0.43	0.41	0.38	0.34	0.31	0.33	0.30	0.27	0.00
1.50	0.58	0.46	0.48	0.46	0.44	0.40	0.38	0.34	0.36	0.33	0.31	0.00
2.00	0.57	0.51	0.55	0.52	0.50	0.45	0.43	0.40	0.42	0.39	0.38	0.00
2.50	0.61	0.54	0.59	0.56	0.53	0.49	0.47	0.44	0.45	0.43	0.40	0.00
3.00	0.65	0.57	0.62	0.58	0.55	0.52	0.50	0.47	0.48	0.45	0.42	0.00
4.00	0.69	0.60	0.66	0.62	0.58	0.55	0.53	0.51	0.51	0.49	0.46	0.00
5.00	0.72	0.62	0.69	0.64	0.60	0.58	0.55	0.53	0.53	0.51	0.48	0.00

Fuente: Philips

1. Conceptos de Alumbrado de Interior

1.6. Factores de depreciación de la eficacia luminosa y mantenimiento



Fuente: Philips

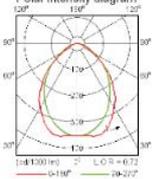
**TBH375**

Luminaire : TBH375 2xTL-D58W HFP  
 Total Lamp Flux : 10480 lm  
 Light Output Ratio : 0.72  
 System Flux : 7546 lm  
 System Power : 110 W  
 LxBxH : 1.54x0.31x0.09 m  
 Ballast : HF Performer

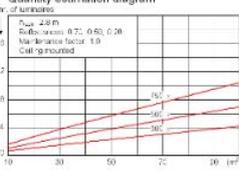


**TBH375 2xTL-D58W HFP**  
2 x 5240 lm

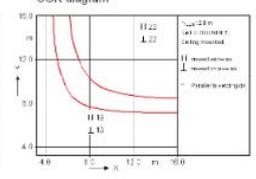
**Polar intensity diagram**



**Quantity estimation diagram**



**UGR diagram**



Room	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Plane	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Tema 3: ALUMBRADO DE INTERIOR

1. Conceptos de Alumbrado de Interior

1. Conceptos de Alumbrado de Interior

1.7. Niveles de iluminación recomendados.

Las normas europeas:

- ✓ **UNE EN 12464-1-2012**, “Iluminación. Iluminación en lugares de trabajo, Parte.1: Lugares de trabajo interiores”.
- ✓ **UNE EN 12464-2-2008**, “Iluminación. Iluminación en lugares de trabajo, Parte.2: Lugares de trabajo exteriores”.

Establecen una tabulación de valores de referencia (ver tablas adjuntas, diapositivas 27 a 38) en función de:

- **Em (lux):** Iluminancia mantenida en la superficie de referencia. Es el **valor mínimo** de referencia, por debajo del cual no se permite que caiga la iluminancia media en la superficie especificada.
- **Ra:** Índice mínimo de rendimiento de color
- **UGR:** Valor límite del Índice de deslumbramiento unificado. Es necesario controlar los deslumbramientos dentro del campo de la visión, de modo que la realización de tareas se efectúe sin errores de modo confortable. Cuanto más bajo es el valor de UGR menor es el deslumbramiento. Para luminarias cuyas lámparas sean directamente visibles bajo la gama crítica de ángulos de visión, no solo deberá limitarse la luminancia media de la luminaria, sino que además, las lámparas deberán apantallarse adecuadamente.

$$UGR = 8 \cdot \log \left( \frac{0,25}{L_b} \cdot \sum \frac{L^2 \cdot \omega}{p^2} \right)$$

182

# Tema 3: ALUMBRADO DE INTERIOR

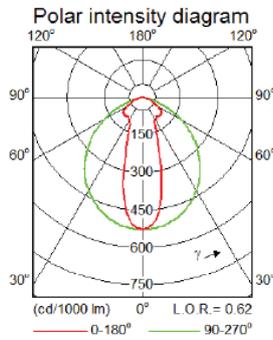
## 1. Conceptos de Alumbrado de Interior

### 1. Conceptos de Alumbrado de Interior

UNE EN 12464-1-2012

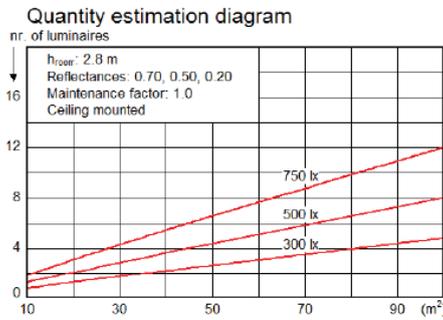
#### 1.7. Niveles de iluminación recomendados.

Cada luminaria, según la posición del observador, tiene unos índices UGR determinados en función de las dimensiones del local y del flujo luminoso de la luminaria



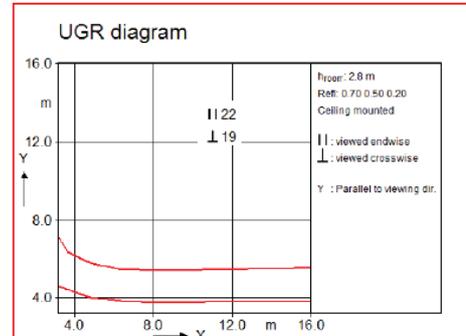
Light output ratio 0.62  
 Service upward 0.00  
 Service downward 0.62  
 CIE flux code 61 87 98 100 62  
 S/H ratio crosswise max. 0.6  
 lengthwise max. 1.4  
 UGRcen (4HxH, 0.25H) 20  
 UTE71-121: 0.62C + 0.00T

Fuente: Philips



Utilisation factor table

Room Index k	Reflectances for ceiling, walls and working plane (CIE)											
	0.80	0.80	0.70	0.70	0.70	0.70	0.50	0.50	0.30	0.30	0.00	0.00
0.60	0.36	0.34	0.35	0.34	0.34	0.30	0.29	0.27	0.29	0.27	0.26	0.26
0.80	0.42	0.39	0.41	0.40	0.39	0.35	0.35	0.32	0.34	0.32	0.31	0.31
1.00	0.47	0.44	0.46	0.45	0.43	0.40	0.39	0.36	0.39	0.36	0.35	0.35
1.25	0.52	0.49	0.51	0.49	0.47	0.44	0.43	0.41	0.45	0.40	0.39	0.39
1.50	0.56	0.51	0.55	0.52	0.50	0.47	0.46	0.44	0.49	0.43	0.42	0.42
2.00	0.61	0.55	0.60	0.57	0.54	0.52	0.51	0.49	0.50	0.48	0.47	0.47
2.50	0.65	0.57	0.63	0.60	0.57	0.55	0.54	0.52	0.53	0.51	0.50	0.50
3.00	0.68	0.59	0.66	0.62	0.59	0.57	0.56	0.54	0.55	0.54	0.52	0.52
4.00	0.71	0.61	0.69	0.65	0.61	0.59	0.58	0.57	0.57	0.56	0.55	0.55
5.00	0.73	0.63	0.71	0.66	0.62	0.61	0.60	0.59	0.59	0.58	0.56	0.56



Luminance Table

Plane Cone	0.0	45.0	90.0
45.0	2905	2324	9034
50.0	3132	2429	8564
55.0	3151	2586	7950
60.0	2794	2917	7148
65.0	2479	2673	6173
70.0	2222	2102	4925
75.0	1825	1587	3413
80.0	1183	1065	1856
85.0	236	0	236
90.0	-	-	-

(cd/m<sup>2</sup>)

33

# Tema 3: ALUMBRADO DE INTERIOR

## 1. Conceptos de Alumbrado de Interior

### 1. Conceptos de Alumbrado de Interior

UNE EN 12464-1-2012

#### 1.7. Niveles de iluminación recomendados. Tablas

(El índice UGR sustituye a las 5 clases de calidad (A-B-C-D-E) que hasta ahora se utilizaban para establecer la idoneidad de la luminaria).

Luminaire : 4IS150 2xTL-D58W PC  
 Total Lamp Flux : 10480 lm  
 Light Output Ratio : 0.62  
 System Flux : 6498 lm  
 System Power : 133 W  
 LxBxH : 1.60x0.36x0.09 m  
 Ballast : Conventional

Unified Glare Rating table

Corrected UGR values		(per 2 x 5240 lm)															
Reflectances:		0.70	0.70	0.50	0.50	0.30	0.70	0.70	0.50	0.50	0.30						
Ceiling		0.50	0.30	0.50	0.30	0.30	0.50	0.30	0.50	0.30	0.30						
Wall		0.50	0.30	0.50	0.30	0.30	0.50	0.30	0.50	0.30	0.30						
Floor cavity		0.50	0.30	0.50	0.30	0.30	0.50	0.30	0.50	0.30	0.30						
Room dimensions:		Viewed crosswise						Viewed endwise									
X	Y																
2H	2H	15.4	16.6	15.6	16.8	17.0	17.8	19.0	18.1	19.2	19.4	19.4	19.4	19.4	19.4	19.4	
3H	2H	16.6	17.7	16.9	17.9	18.1	19.0	20.1	19.3	20.4	20.6	20.6	20.6	20.6	20.6	20.6	
4H	2H	17.4	18.2	17.3	18.3	18.6	19.4	20.1	19.7	20.7	20.7	20.7	20.7	20.7	20.7	20.7	
6H	2H	17.2	18.2	17.5	18.4	18.7	19.6	20.5	19.9	20.8	21.1	21.1	21.1	21.1	21.1	21.1	
8H	2H	17.2	18.1	17.5	18.4	18.7	19.6	20.5	19.9	20.8	21.1	21.1	21.1	21.1	21.1	21.1	
12H	2H	17.2	18.1	17.5	18.3	18.6	19.5	20.4	19.9	20.7	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	
2H	3H	15.8	16.9	16.1	17.2	17.4	18.0	19.1	18.2	19.3	19.5	19.5	19.5	19.5	19.5	19.5	
3H	3H	17.1	18.1	17.4	18.3	18.6	19.2	20.2	19.5	20.5	20.7	20.7	20.7	20.7	20.7	20.7	
4H	3H	17.6	18.5	17.9	18.8	19.1	19.6	20.5	20.0	20.8	21.1	21.1	21.1	21.1	21.1	21.1	
6H	3H	17.8	18.6	18.2	19.0	19.3	19.8	20.6	20.2	20.9	21.3	21.3	21.3	21.3	21.3	21.3	
8H	3H	17.8	18.6	18.2	18.9	19.3	19.8	20.6	20.2	20.9	21.2	21.2	21.2	21.2	21.2	21.2	
12H	3H	17.8	18.5	18.2	18.8	19.2	19.8	20.5	20.2	20.8	21.2	21.2	21.2	21.2	21.2	21.2	
2H	4H	15.9	17.0	16.2	17.2	17.5	18.0	19.1	18.3	19.3	19.6	19.6	19.6	19.6	19.6	19.6	
3H	4H	17.3	18.2	17.6	18.5	18.8	19.3	20.2	19.6	20.5	20.8	20.8	20.8	20.8	20.8	20.8	
4H	4H	17.8	18.6	18.2	19.0	19.3	19.7	20.5	20.1	20.8	21.2	21.2	21.2	21.2	21.2	21.2	
6H	4H	18.1	18.8	18.5	19.1	19.5	19.9	20.6	20.3	21.0	21.3	21.3	21.3	21.3	21.3	21.3	
8H	4H	18.1	18.7	18.5	19.1	19.5	19.9	20.6	20.3	20.9	21.3	21.3	21.3	21.3	21.3	21.3	
12H	4H	18.1	18.7	18.5	19.0	19.4	19.9	20.5	20.3	20.9	21.3	21.3	21.3	21.3	21.3	21.3	
2H	6H	16.0	17.0	16.3	17.2	17.5	18.0	19.0	18.3	19.2	19.5	19.5	19.5	19.5	19.5	19.5	
3H	6H	17.4	18.2	17.7	18.5	18.8	19.3	20.1	19.7	20.4	20.8	20.8	20.8	20.8	20.8	20.8	
4H	6H	18.0	18.7	18.3	19.0	19.4	19.7	20.5	20.1	20.8	21.2	21.2	21.2	21.2	21.2	21.2	
6H	6H	18.3	18.9	18.7	19.2	19.6	20.0	20.6	20.4	20.9	21.3	21.3	21.3	21.3	21.3	21.3	
8H	6H	18.3	18.8	18.7	19.2	19.6	20.0	20.5	20.4	20.9	21.3	21.3	21.3	21.3	21.3	21.3	
12H	6H	18.3	18.7	18.7	19.1	19.6	19.9	20.4	20.4	20.8	21.3	21.3	21.3	21.3	21.3	21.3	
2H	8H	16.0	16.9	16.3	17.2	17.5	17.9	18.9	18.3	19.2	19.4	19.4	19.4	19.4	19.4	19.4	
3H	8H	17.4	18.1	17.7	18.5	18.8	19.3	20.0	19.7	20.4	20.7	20.7	20.7	20.7	20.7	20.7	
4H	8H	18.0	18.6	18.4	19.0	19.4	19.7	20.4	20.1	20.7	21.1	21.1	21.1	21.1	21.1	21.1	
6H	8H	18.3	18.8	18.7	19.2	19.6	20.0	20.5	20.4	20.9	21.3	21.3	21.3	21.3	21.3	21.3	
8H	8H	18.3	18.8	18.8	19.2	19.6	20.0	20.4	20.4	20.9	21.3	21.3	21.3	21.3	21.3	21.3	
12H	8H	18.3	18.7	18.8	19.1	19.6	19.9	20.3	20.4	20.8	21.3	21.3	21.3	21.3	21.3	21.3	
2H	12H	15.9	16.8	16.3	17.1	17.4	17.9	18.8	18.2	19.1	19.4	19.4	19.4	19.4	19.4	19.4	
3H	12H	17.3	18.0	17.7	18.4	18.7	19.2	19.9	19.6	20.3	20.7	20.7	20.7	20.7	20.7	20.7	
4H	12H	17.9	18.5	18.4	18.9	19.3	19.7	20.3	20.1	20.7	21.1	21.1	21.1	21.1	21.1	21.1	
6H	12H	18.3	18.7	18.7	19.2	19.6	19.9	20.4	20.4	20.8	21.3	21.3	21.3	21.3	21.3	21.3	
8H	12H	18.3	18.7	18.8	19.1	19.6	20.0	20.3	20.4	20.8	21.3	21.3	21.3	21.3	21.3	21.3	
12H	12H	18.3	18.6	18.8	19.1	19.6	19.9	20.2	20.4	20.7	21.2	21.2	21.2	21.2	21.2	21.2	

Spacing	Variations with observer position			
1H	+0.2'	-0.2	+1.0'	-1.4
1.5H	+0.7'	-0.6	+2.2'	-2.5
2H	+1.1'	-1.2	+3.1'	-2.8

UGRcen (4HxH, 0.25H) 16.9  
 Fuente: Philips

## Tema 3: ALUMBRADO DE INTERIOR

### 1. Conceptos de Alumbrado de Interior

UNE EN 12464-1-2012

#### 1. Conceptos de Alumbrado de Interior

##### 1.7. Niveles de iluminación recomendados. Tablas

1. Zonas de tráfico y áreas comunes dentro de edificios					
1.1. Zonas de tráfico					
Nº ref.	Tipo de interior, tarea o actividad	$E_m$ (lux)	UGR <sub>L</sub>	R <sub>s</sub>	Observaciones
1.1.1	Áreas de circulación y pasillos	100	28	40	1. Iluminación a nivel del suelo. 2. R <sub>s</sub> y UGR similares a áreas adyacentes. 3. 150 lux si hay vehículos en el recorrido. 4. El alumbrado de salidas y entradas debe proporcionar una zona de transición para evitar cambios repentinos en luminancia entre interior y exterior de día o de noche. 5. Debería tenerse cuidado para evitar el deslumbramiento de conductor y peatones.
1.1.2.	Escaleras, escaleras automáticas, cintas transportadoras	150	25	40	
1.1.3.	Rampas / tramos de carga	150	25	40	
1.2. Salas de descanso, sanitarias y de primeros auxilios					
1.2.1.	Cantinas, despensas	200	22	80	
1.2.2.	Salas de descanso	100	22	80	
1.2.3.	Salas para ejercicio físico	300	22	80	
1.2.4.	Vestuarios, salas de lavado, cuartos de baño, servicios	200	25	80	
1.2.5.	Enfermería	500	19	80	
1.2.6.	Salas para atención médica	500	16	90	T <sub>CP</sub> ≥ 4.000 K
1.3. Salas de control					
1.3.1.	Salas de material, salas de mecanismos	200	25	80	
1.3.2.	Sala de fax, correos, cuadro de contadores	500	19	80	
1.4. Salas de almacenamiento, almacenes fríos					
1.4.1.	Almacenes y cuarto de almacén	100	25	60	200 lux si está ocupado de continuo
1.4.2.	Áreas de manipulación de paquetes y de expedición	300	25	60	
1.5. Área de almacenamiento con estanterías					
1.5.1.	Pasillos: sin guarnecer	20	---	40	Iluminación a nivel del suelo
1.5.2.	Pasillos: guarnecidos	150	22	60	
1.5.3.	Estaciones de control	150	22	60	

185

## Tema 3: ALUMBRADO DE INTERIOR

### 1. Conceptos de Alumbrado de Interior

UNE EN 12464-1-2012

#### 1. Conceptos de Alumbrado de Interior

##### 1.7. Niveles de iluminación recomendados. Tablas

2. Actividades industriales y artesanales					
2.1. Agricultura					
Nº ref.	Tipo de interior, tarea o actividad	$E_m$ (lux)	UGR <sub>L</sub>	R <sub>s</sub>	Observaciones
2.1.1.	Carga y operación con artículos, equipo de manipulación y maquinaria	200	25	80	
2.1.2.	Edificios para ganadería	50	---	40	
2.1.3.	Sala de veterinaria, establos para parir	200	25	80	
2.1.4.	Preparación de alimentos; vaquería: lavado de utensilios	200	25	80	
2.2. Panaderías					
2.2.1.	Preparación y hornos de cocción	300	22	80	
2.2.2.	Acabado, homeado, decoración	500	22	80	
2.3. Cemento, artículos de cemento, hormigón, ladrillos					
2.3.1.	Secado	50	28	20	Se deben reconocer los colores de seguridad
2.3.2.	Preparación de materiales, trabajo en hornos y mezcladores	200	28	40	
2.3.3.	Trabajo en máquinas en general	300	25	80	Para grandes alturas véase 4.6.2.
2.3.4.	Encofrado	300	25	80	
2.4. Cerámicas, tejas, vidrio, artículos de vidrio					
2.4.1.	Secado	50	28	20	Se deben reconocer los colores de seguridad
2.4.2.	Preparación, trabajo en máquina en general	300	25	80	
2.4.3.	Esmaltado, laminado, prensado, conformado de piezas sencillas, homeado, soplado de vidrio	300	25	80	Para grandes alturas véase 4.6.2.
2.4.4.	Amolado, grabado, pulido de vidrio, conformado de piezas de precisión, fabricación de instrumentos de vidrio	750	19	80	
2.4.5.	Amolado de vidrio óptico, cristal, molienda a mano y grabado	750	16	80	
2.4.6.	Trabajo de precisión, por ejemplo amolado decorativo, pintura a mano	1.000	16	90	
2.4.7.	Fabricación de piedras preciosas sintéticas	1.500	16	90	T <sub>CP</sub> ≥ 4.000 K
2.5. Industria química, de plásticos y de caucho					
2.5.1.	Instalaciones de tratamiento manejadas por control remoto	50	---	20	Se deben reconocer los colores de seguridad
2.5.2.	Instalaciones de tratamiento con intervención manual limitada	150	28	40	
2.5.3.	Puestos de trabajo constantemente protegidos en instalaciones de tratamiento	300	25	80	
2.5.4.	Salas de medidas de precisión, laboratorios	500	19	80	
2.5.5.	Producción farmacéutica	500	22	80	
2.5.6.	Producción de neumáticos	600	22	80	
2.5.7.	Inspección de colores	1.000	16	90	T <sub>CP</sub> ≥ 4.000 K
2.5.8.	Corte, acabado, inspección	750	19	80	

186

# Tema 3: ALUMBRADO DE INTERIOR

## 1. Conceptos de Alumbrado de Interior

### 1. Conceptos de Alumbrado de Interior

UNE EN 12464-1-2012

#### 1.7. Niveles de iluminación recomendados. Tablas

2. Actividades industriales y artesanales								
2.6. Industria eléctrica								
Nº ref.	Tipo de interior, tarea o actividad	Em (lux)	UGR <sub>L</sub>	R <sub>a</sub>	Observaciones			
2.6.1.	Fabricación de cable e hilos	300	25	80	Para grandes alturas véase 4.6.2.			
2.6.2.	Bobinado: - bobinas grandes - bobinas de tamaño medio - bobinas pequeñas	300 500 750	25 22 19	80 80 80				
2.6.3.	Impregnación de bobinas	300	25	80				
2.6.4.	Galvanización	300	25	80				
2.6.5.	Trabajo de ensamblaje: - basto (p. ej., transformadores grandes) - medio (p. ej., cuadro de contadores) - fino (p. ej., teléfonos) - precisión (p. ej., equipo de medida)	300 500 750 1.000	25 22 19 16	80 80 80 80				
2.6.6.	Talleres de electrónica, ensayos, puesta a punto	1.500	16	80				
2.7. Productos alimenticios e industria de alimentos de lujo								
2.7.1.	Puestos de trabajo y zonas en: - fábricas de cerveza, malta, - para lavado, llenado de barriles, limpieza, tamizado, descascarado - cocción en fábricas de conservas y chocolates - puestos de trabajo y zonas en azucareras - para secar y fermentar el tabaco en rama, cuerva de fermentación	200	25	80	Para grandes alturas véase 4.6.2.			
2.7.2.	Clasificación y lavado de productos: molienda, mezclado, envasado	300	25	80				
2.7.3.	Puestos de trabajo y zonas críticas en mataderos, carnicerías, molinos de queserías, o zonas de filtrado en refinerías de azúcar	500	25	80				
2.7.4.	Corte y clasificación de frutas y vegetales	300	25	80				
2.7.5.	Fabricación de alimentos de delicatessen, trabajo en cocinas, fabricación de puros y cigarrillos	500	22	80				
2.7.6.	Inspección de vidrios y botellas, control de productos, desbarbadura, clasificación, decoración	500	22	80				
2.7.7.	Laboratorios	500	19	80				
2.7.8.	Inspección de colores	1.000	16	90			T <sub>CP</sub> ≥ 4.000 K	
2.8. Fundiciones y colada de metales								
2.8.1.	Fosos tamaño hombre, cuevas, etc.						Se deben reconocer los colores de seguridad	
2.8.2.	Plataformas							
2.8.3.	Preparación de arena							
2.8.4.	Vestuario							
2.8.5.	Puestos de trabajo en cúpula y mezclador							
2.8.6.	Nave de colada							
2.8.7.	Áreas de sacudidas por vibración							
2.8.8.	Moldeo en máquina							
2.8.9.	Moldeo a mano y moldeo de núcleos							
2.8.10.	Moldeo a presión							
2.8.11.	Construcción de modelo							

187

# Tema 3: ALUMBRADO DE INTERIOR

## 1. Conceptos de Alumbrado de Interior

### 1. Conceptos de Alumbrado de Interior

UNE EN 12464-1-2012

#### 1.7. Niveles de iluminación recomendados. Tablas

2. Actividades industriales y artesanales						
2.9. Peluquerías						
Nº ref.	Tipo de interior, tarea o actividad	Em (lux)	UGR <sub>L</sub>	R <sub>a</sub>	Observaciones	
2.9.1.	Trabajo de peluquería	500	19	90		
2.10. Fabricación de joyas						
2.10.1.	Trabajo con piedras preciosas	1.500	16	90	T <sub>CP</sub> ≥ 4.000 K	
2.10.2.	Fabricación de joyas	1.000	16	90		
2.10.3.	Relojería (manual)	1.500	16	80		
2.10.4.	Relojería (automática)	500	19	80		
2.11. Lavanderías y limpieza en seco						
2.11.1.	Marcado y clasificación de artículos	300	16	90		
2.11.2.	Lavado y limpieza en seco	300	16	90		
2.11.3.	Planchado, planchado a vapor	300	16	80		
2.11.4.	Inspección y reparaciones	750	19	80		
2.12. Cuero y artículos de cuero						
2.12.1.	Trabajo en tinas, barriles y pozos	200	25	40		
2.12.2.	Descarnado, adelgazado, frotado, limpieza en tambor de pieles	300	25	80		
2.12.3.	Curtido, fabricación de zapatos: cosido, pulido, ahormado, corte, punzonado, perforación	500	22	80		
2.12.4.	Clasificación	500	22	90	T <sub>CP</sub> ≥ 4.000 K	
2.12.5.	Teñido de cuero (máquina)	500	22	80		
2.12.6.	Control de calidad	1.000	19	80		
2.12.7.	Inspección de colores	1.000	16	90	T <sub>CP</sub> ≥ 4.000 K	
2.12.8.	Fabricación de zapatos	500	22	80		
2.12.9.	Fabricación de guantes	500	22	80		
2.13. Trabajo y tratamiento de metales						
2.13.1.	Forja en troquel abierto	200	25	60		
2.13.2.	Estampación en caliente	300	25	60		
2.13.3.	Soldadura	300	25	60		
2.13.4.	Mecanización basta y media: Tolerancia ≥ 0,1 mm	300	22	60		
2.13.5.	Mecanización de precisión, pulido tolerancias < 0,1 mm	500	19	60		
2.13.6.	Trazado, inspección	750	19	60		
2.13.7.	Talleres de estirado de hilos y tubos; conformado en frío	300	25	60		
2.13.8.	Mecanización de chapas: espesor ≥ 5 mm	200	25	60		
2.13.9.	Chapistería: espesor < 5 mm	300	22	60		
2.13.10.	Fabricación de herramientas; fabricación de equipo de corte	750	19	60		
2.13.11.	Montaje: - basto - medio - fino - precisión	200 300 500 750	25 25 22 19	80 80 80 80	Para grandes alturas véase 4.6.2.	
2.13.12.	Galvanización	300	25	80		
2.13.13.	Preparación de superficies y pintura	750	25	80		
2.13.14.	Fabricación de herramientas, patrones, mecánica de precisión, micromecánica	1.000	19	80		

188

## Tema 3: ALUMBRADO DE INTERIOR

### 1. Conceptos de Alumbrado de Interior

#### 1. Conceptos de Alumbrado de Interior

UNE EN 12464-1-2012

#### 1.7. Niveles de iluminación recomendados. Tablas

2. Actividades industriales y artesanales						17. Laminación, instalaciones siderúrgicas					
2.14. Papel y artículos de papel											
Nº ref.	Tipo de interior, tarea o actividad	$E_m$ (lux)	UGR <sub>L</sub>	R <sub>a</sub>	Observaciones						
2.14.1.	Molino vertical, molinos de pulpa	200	25	80		17.1.	Instalaciones de producción sin intervención manual	50	---	20	Se deben reconocer los colores de seguridad
2.14.2.	Fabricación y tratamiento de papel, máquinas de papel y ondulación, fabricación de cartón	300	25	80	Para grandes alturas véase 4.6.2.	17.2.	Instalaciones de producción con intervención manual ocasional	150	28	40	
2.14.3.	Encuadernado estándar, p. ej., plegado, clasificación, encolado, corte, grabado, cosido	500	22	80		17.3.	Instalaciones de producción con intervención manual continua	200	25	80	Para grandes alturas véase 4.6.2.
2.15. Centrales de energía eléctrica						17.4.	Almacén de placas de metal	50	---	20	Se deben reconocer los colores de seguridad
2.15.1.	Planta de suministro de combustible	50	---	20	Se deben reconocer los colores de seguridad	17.5.	Hornos	200	25	20	
2.15.2.	Alojamiento de caldera	100	28	40		17.6.	Tren de laminación, bobinadora, línea de corte	300	25	40	
2.15.3.	Salas de máquinas	200	25	80	Para grandes alturas véase 4.6.2.	17.7.	Plataformas de control, paneles de control	300	22	80	
2.15.4.	Salas laterales, p. ej., salas de bombas, salas de condensadores, etc.; cuadros de control (dentro de edificios)	200	25	80		17.8.	Ensayos, medición e inspección	500	22	80	
2.15.5.	Salas de control	500	16	80	1. Los paneles de control están a menudo en vertical 2. Puede requerirse regulación de flujo luminoso 3. Para trabajo en EPV véase el apartado 4.11	17.9.	Fosos de tamaño de hombre, secciones de cintas, cuevas, etc.	50	---	20	Se deben reconocer los colores de seguridad
2.15.6.	Aparatos de conmutación exterior	20	---	20	Se deben reconocer los colores de seguridad						
2.16. Imprentas											
2.16.1.	Corte, grabado, tipografía, grabado de clichés, trabajo en placas y mármol, máquinas de impresión, fabricación de matrices	500	19	80							
2.16.2.	Clasificación de papel e impresión a mano	500	19	80							
2.16.3.	Ajuste de tipos, retoques, litografía	1.000	19	80							
2.16.4.	Inspección de colores en impresión multicolor	1.500	16	90	T <sub>CP</sub> ≥ 5.000 K						
2.16.5.	Grabado en acero y cobre	2.000	16	80	Para direccionalidad véase el apartado 4.5.2						

189

## Tema 3: ALUMBRADO DE INTERIOR

### 1. Conceptos de Alumbrado de Interior

#### 1. Conceptos de Alumbrado de Interior

UNE EN 12464-1-2012

#### 1.7. Niveles de iluminación recomendados. Tablas

2. Actividades industriales y artesanales						2.20. Industria maderera y su tratamiento					
2.18. Industria textil											
Nº ref.	Tipo de interior, tarea o actividad	$E_m$ (lux)	UGR <sub>L</sub>	R <sub>a</sub>	Observaciones						
2.18.1.	Puestos de trabajo y zonas en baños, apertura de balas o fardos	200	25	80		2.20.1.	Tratamiento automático, p. ej., secado, fabricación de tablero	50	28	40	
2.18.2.	Cardado, lavado, planchado, máquina de deshilachar, dibujado, peinado, dimensionado, corte de cardado, prehilado, hilado de yute	300	22	80		2.20.2.	Tratamientos con vapor	150	28	40	
2.18.3.	Hilado, plegado, enrollado, bobinado	500	22	80	Impedir efecto estroboscópico	2.20.3.	Bastidor de aserrado	300	25	80	Impedir efecto estroboscópico
2.18.4.	Urdimbre, tejido, trenzado, tricotado	500	22	80		2.20.4.	Trabajo en uniones, encolado, montaje	300	25	80	
2.18.5.	Cosido, tejido de punto, costuras	750	22	80		2.20.5.	Pulido, pintura, ensambles finos	750	22	80	
2.18.6.	Diseño manual, patrones	750	22	90	T <sub>CP</sub> ≥ 4.000 K	2.20.6.	Trabajo en máquinas para trabajar madera, p. ej., torneado, estriado, enderezado, rebatido, ranurado, corte, aserrado, perforado	500	19	80	Impedir efecto estroboscópico
2.18.7.	Acabado, teñido	500	22	80		2.20.7.	Selección de maderas de placas	750	22	90	
2.18.8.	Sala de secado	100	28	80		2.20.8.	Marquetería, incrustación en madera	750	22	90	T <sub>CP</sub> ≥ 4.000 K
2.18.9.	Impresión automática de tejidos	500	25	80		2.20.9.	Control de calidad, inspección	1.000	19	90	
2.18.10.	Desmotado, inserción de la trama, recortes	1.000	19	80							
2.18.11.	Inspección de colores, control de tejidos	1.000	16	90	T <sub>CP</sub> ≥ 4.000 K						
2.18.12.	Zurcido invisible	1.500	19	90							
2.18.13.	Fabricación de sombreros	500	22	80							
2.19. Fabricación de vehículos											
2.19.1.	Carrocería y montaje	500	22	80							
2.19.2.	Pintura, cámara, pulverización, cámara de pulido	750	22	80							
2.19.3.	Pintura: retoque, inspección	1.000	19	90	T <sub>CP</sub> ≥ 4.000 K						
2.19.4.	Fabricación de tapicería	1.000	19	80							
2.19.5.	Inspección final	1.000	19	80							

190

1. Conceptos de Alumbrado de Interior

UNE EN 12464-1-2012

1.7. Niveles de iluminación recomendados. Tablas

3. Oficinas					
Nº ref.	Tipo de interior, tarea o actividad	$E_m$ (lux)	UGR <sub>L</sub>	R <sub>a</sub>	Observaciones
3.1.	Archivo, copias, etc.	300	19	80	
3.2.	Escritura, escritura a máquina, lectura, tratamiento de datos	500	19	80	Trabajo en EPV: véase el apartado 4.11
3.3.	Dibujo técnico	750	16	80	
3.4.	Puestos de trabajo de CAD	500	19	80	Trabajo en EPV: véase el apartado 4.11
3.5.	Salas de conferencias y reuniones	500	19	80	La iluminación debería ser controlable
3.6.	Mostrador de recepción	300	22	80	
3.7.	Archivos	200	25	80	

4. Establecimientos minoristas					
Nº ref.	Tipo de interior, tarea o actividad	$E_m$ (lux)	UGR <sub>L</sub>	R <sub>a</sub>	Observaciones
4.1.	Área de ventas	300	22	80	Los requisitos tanto de iluminación como de UGR vienen determinados por el tipo de tienda
4.2.	Área de cajas	500	19	80	
4.3.	Mesa de envolver	500	19	80	

5. Lugares de pública concurrencia					
5.1. Áreas comunes					
Nº ref.	Tipo de interior, tarea o actividad	$E_m$ (lux)	UGR <sub>L</sub>	R <sub>a</sub>	Observaciones
5.1.1.	Halls de entrada	100	22	80	UGR solo si es aplicable
5.1.2.	Guardarropa	200	25	80	
5.1.3.	Salones	200	22	80	
5.1.4.	Oficinas de taquillas	300	22	80	
5.2. Restaurantes y hoteles					
5.2.1.	Recepción / caja, conserjería	300	22	80	
5.2.2.	Cocinas	500	22	80	Debería haber una zona de transición entre cocina y restaurante
5.2.3.	Restaurante, comedor, salas de reuniones	---	---	80	El alumbrado debería ser diseñado para crear la atmósfera apropiada
5.2.4.	Restaurante auto-servicio	200	22	80	
5.2.5.	Buffet	300	22	80	
5.2.6.	Sala de conferencias	500	19	80	El alumbrado debería ser controlable
5.2.7.	Pasillos	100	25	80	Durante la noche son aceptables niveles inferiores
5.3. Teatros, salas de conciertos, salas de cines					
5.3.1.	Salas de ensayos, camerinos	300	22	80	La iluminación de espejos para maquillaje debe estar libre de deslumbramiento
5.4. Ferias, pabellones de exposiciones					
5.4.1.	Alumbrado general	300	22	80	
5.5. Museos					
5.5.1.	Obras exhibidas insensibles a la luz				La iluminación es determinada por los requisitos de presentación: 1. La iluminación es determinada por los requisitos de presentación. 2. La protección contra radiación dañina es imprescindible
5.5.2.	Obras exhibidas sensibles a la luz				

1. Conceptos de Alumbrado de Interior

UNE EN 12464-1-2012

1.7. Niveles de iluminación recomendados. Tablas

5. Lugares de pública concurrencia					
5.6. Bibliotecas					
Nº ref.	Tipo de interior, tarea o actividad	$E_m$ (lux)	UGR <sub>L</sub>	R <sub>a</sub>	Observaciones
5.6.1.	Estanterías	200	19	80	
5.6.2.	Área de lectura	500	19	80	
5.6.3.	Puestos de servicio al público	500	19	80	
5.7. Aparcamientos de vehículos públicos (interior)					
5.7.1.	Rampas de acceso o salida (de día)	300	25	20	1. Iluminación a nivel del suelo 2. Se deben reconocer los colores de seguridad
5.7.2.	Rampas de acceso o salida (de noche)	75	25	20	
5.7.3.	Calles de circulación	75	25	20	
5.7.4.	Áreas de aparcamiento	75	---	20	1. Iluminación a nivel del suelo 2. Se deben reconocer los colores de seguridad 3. Una elevada luminancia vertical aumenta el reconocimiento de las caras de las personas y por ello la sensación de seguridad
5.7.5.	Caja	300	19	80	1. Evitar reflejos en las ventananas 2. Impedir el deslumbramiento desde el exterior

# Tema 3: ALUMBRADO DE INTERIOR

## 1. Conceptos de Alumbrado de Interior

### 1. Conceptos de Alumbrado de Interior

UNE EN 12464-1-2012

#### 1.7. Niveles de iluminación recomendados. Tablas

6. Establecimientos educativos					
6.1. Jardines de infancia, guarderías					
Nº ref.	Tipo de interior, tarea o actividad	$E_m$ (lux)	UGR <sub>L</sub>	R <sub>a</sub>	Observaciones
6.1.1.	Sala de juegos	300	19	80	
6.1.2.	Guardería	300	19	80	
6.1.3.	Sala de manualidades	300	19	80	
6.2. Edificios educativos					
6.2.1.	Aulas, aulas de tutoría	300	19	80	
6.2.2.	Aulas para clases nocturnas y educación de adultos	500	19	80	La iluminación debería ser controlable
6.2.3.	Sala de lectura	500	19	80	
6.2.4.	Pizarra	500	19	80	Evitar reflexiones especulares
6.2.5.	Mesa de demostraciones	500	19	80	En salas de lectura 750 lux
6.2.6.	Aulas de arte	500	19	80	
6.2.7.	Aulas de arte en escuelas de arte	750	19	90	T <sub>CP</sub> ≥ 5.000 K
6.2.8.	Aulas de dibujo técnico	750	19	80	
6.2.9.	Aulas de prácticas y laboratorios	500	16	80	
6.2.10.	Aulas de manualidades	500	19	80	
6.2.11.	Talleres de enseñanza	500	19	80	
6.2.12.	Aulas de prácticas de informática	300	19	80	Trabajo con EPV: véase el apartado 4.11
6.2.13.	Laboratorio de lenguas	300	19	80	
6.2.14.	Aulas de preparación y talleres	300	19	80	
6.2.15.	Halls de entrada	500	22	80	
6.2.16.	Áreas de circulación, pasillos	200	22	80	
6.2.17.	Escaleras	100	25	80	
6.2.18.	Aulas comunes de estudio y aulas de reunión	150	25	80	
6.2.19.	Aulas comunes de estudio y aulas de reunión	200	22	80	
6.2.20.	Salas de profesores	300	19	80	
6.2.21.	Biblioteca: estanterías	200	19	80	
6.2.22.	Biblioteca: salas de lectura	500	19	80	
6.2.23.	Almacenes de material de profesores	100	25	80	
6.2.24.	Salas de deportes, gimnasios, piscinas (uso general)	300	22	80	Para actividades más específicas se deben usar los requisitos de la Norma EN 12193
6.2.25.	Cantinas escolares	200	22	80	
6.2.26.	Cocina	500	22	80	

7. Establecimientos sanitarios					
7.1. Salas para uso general					
Nº ref.	Tipo de interior, tarea o actividad	$E_m$ (lux)	UGR <sub>L</sub>	R <sub>a</sub>	Observaciones
7.1.1.	Salas de espera	200	22	80	Todas las iluminancias a nivel del suelo
7.1.2.	Pasillos, durante el día	200	22	80	
7.1.3.	Pasillos, durante la noche	50	22	80	
7.1.4.	Salas de día	200	22	80	
7.2. Salas de personal					
7.2.1.	Oficinas de personal	500	19	80	
7.2.2.	Salas de personal	300	19	80	

193

# Tema 3: ALUMBRADO DE INTERIOR

## 1. Conceptos de Alumbrado de Interior

### 1. Conceptos de Alumbrado de Interior

UNE EN 12464-1-2012

#### 1.7. Niveles de iluminación recomendados. Tablas

7. Establecimientos sanitarios					
7.3. Salas de guardia, salas de maternidad					
Nº ref.	Tipo de interior, tarea o actividad	$E_m$ (lux)	UGR <sub>L</sub>	R <sub>a</sub>	Observaciones
Deben impedirse luminancias demasiado elevadas en el campo de visión de los pacientes					
7.3.1.	Alumbrado general	100	19	80	Iluminación a nivel del suelo
7.3.2.	Alumbrado de lectura	300	19	80	
7.3.3.	Exámenes simples	300	19	80	
7.3.4.	Examen y tratamiento	1.000	19	90	
7.3.5.	Alumbrado nocturno, alumbrado de observación	5	---	80	
7.3.6.	Cuartos de baño y servicios para pacientes	200	22	80	
7.4. Salas de examen (general)					
7.4.1.	Alumbrado general	500	19	90	
7.4.2.	Examen y tratamiento	1.000	19	90	
7.5. Salas de examen ocular					
7.5.1.	Alumbrado general	300	19	80	
7.5.2.	Examen ocular externo	1.000	---	90	
7.5.3.	Pruebas de lectura y visión cromática con diagramas de visión	500	16	90	
7.6. Salas de examen auditivo					
7.6.1.	Alumbrado general	300	19	80	
7.6.2.	Examen auditivo	1.000	---	90	
7.7. Salas de escáner					
7.7.1.	Alumbrado general	300	19	80	
7.7.2.	Escáners con mejoradores de imágenes y sistemas de TV	50	19	80	Trabajo con EPV: véase el apartado 4.11
7.8. Salas de parto					
7.8.1.	Alumbrado general	300	19	80	
7.8.2.	Examen y tratamiento	1.000	19	80	

7.9. Salas de tratamiento (general)					
Nº ref.	Tipo de interior, tarea o actividad	$E_m$ (lux)	UGR <sub>L</sub>	R <sub>a</sub>	Observaciones
7.9.1.	Diálisis	500	19	80	La iluminación debe ser controlable
7.9.2.	Dermatología	500	19	90	
7.9.3.	Salas de endoscopia	300	19	80	
7.9.4.	Salas de yesos	500	19	80	
7.9.5.	Baños médicos	300	19	80	
7.9.6.	Masaje y radioterapia	300	19	80	
7.10. Áreas de operación					
7.10.1.	Salas preoperatorias y de recuperación	500	19	90	
7.10.2.	Salas de operación	1.000	19	90	
7.10.3.	Quirófano	$E_m$ entre 10.000 y 100.000 lux			
7.11. Unidad de cuidados intensivos					
Nº ref.	Tipo de interior, tarea o actividad	$E_m$ (lux)	UGR <sub>L</sub>	R <sub>a</sub>	Observaciones
7.11.1.	Alumbrado general	100	19	90	A nivel del suelo
7.11.2.	Exámenes simples	300	19	90	A nivel de la cama
7.11.3.	Examen y tratamiento	1.000	19	90	
7.11.4.	Vigilancia nocturna	20	19	90	

194

1. Conceptos de Alumbrado de Interior

UNE EN 12464-1-2012

1.7. Niveles de iluminación recomendados. Tablas

7. Establecimientos sanitarios					
7.12. Dentistas					
Nº ref.	Tipo de interior, tarea o actividad	E <sub>m</sub> (lux)	UGR <sub>L</sub>	R <sub>a</sub>	Observaciones
7.12.1.	Alumbrado general	500	19	90	El alumbrado debe estar libre de deslumbramiento para el paciente
7.12.2.	En el paciente	1.000	---	90	
7.12.3.	Quirófano	5.000	---	90	Pueden ser necesarios valores mayores de 5.000 lux
7.12.4.	Emparejado del blanco dental	5.000	---	90	T <sub>CP</sub> ≥ 6.000 K
7.13. Laboratorios y farmacias					
7.13.1.	Alumbrado general	500	19	80	
7.13.2.	Inspección de colores	1.000	19	90	T <sub>CP</sub> ≥ 6.000 K
7.14. Salas de descontaminación					
7.14.1.	Salas de esterilización	300	22	80	
7.14.2.	Salas de desinfección	300	22	80	
7.15. Sala de autopsias y depósitos mortuorios					
7.15.1.	Alumbrado general	500	19	90	
7.15.2.	Mesa de autopsia y mesa de disección	5.000	---	90	Pueden ser necesarios valores mayores de 5.000 lux

1. Conceptos de Alumbrado de Interior

UNE EN 12464-1-2012

1.7. Niveles de iluminación recomendados. Tablas

8. Áreas de transporte					
8.1. Aeropuertos					
Nº ref.	Tipo de interior, tarea o actividad	E <sub>m</sub> (lux)	UGR <sub>L</sub>	R <sub>a</sub>	Observaciones
8.1.1.	Salas de llegada y salida, recogida de equipajes	200	22	80	Para grandes alturas: véase el apartado 4.6.2
8.1.2.	Áreas de conexión, escaleras mecánicas, cintas transportadoras	150	22	80	
8.1.3.	Mostradores de información, facturación	500	19	80	Trabajo con EPV: véase el apartado 4.11
8.1.4.	Aduanas y mostradores de control de pasaportes	500	19	80	La iluminación vertical es importante
8.1.5.	Áreas de espera	200	22	80	
8.1.6.	Salas de consigna	200	25	80	
8.1.7.	Áreas de control y de seguridad	300	19	80	Trabajo con EPV: véase el apartado 4.11
8.1.8.	Torre de control de tráfico aéreo	500	16	80	1. El alumbrado debe ser regulable. 2. Para trabajos con EPV: véase el apartado 4.11 3. Se debe evitar el deslumbramiento de luz natural 4. Evitar reflejos en ventanas, especialmente de noche
8.1.9.	Hangares de reparación y ensayo	500	22	80	
8.1.10.	Áreas de ensayo de motores	500	22	80	Para grandes alturas: véase el apartado 4.6.2
8.1.11.	Áreas de medición en hangares	500	22	80	
8.2. Instalaciones ferroviarias					
8.2.1.	Andenes cubiertos y pasos subterráneos de pasajeros	50	28	40	
8.2.2.	Sala de taquillas y vestíbulo	200	28	40	
8.2.3.	Oficinas de billetes, de equipajes y de contadores	300	19	80	
8.2.4.	Salas de espera	200	22	80	

#### 2. Métodos de Cálculo de alumbrado de Interior:

##### 2.1. Método de los Lúmenes

2.1.1. Proceso de cálculo

2.1.2. Ejemplo de cálculo mediante uso de Información Técnica del fabricante

2.1.3. Ejemplos de cálculo

##### 2.2. Método del punto apunto

2.2.1. Proceso de cálculo

#### 2. Métodos de Cálculo de alumbrado de Interior

El cálculo de alumbrado de interior se basa en la determinación de los niveles de iluminación de una instalación de alumbrado.

Existen dos métodos generales de cálculo:

- **Método de los Lúmenes:**

- Se basa en la obtención de un nivel medio de iluminación para un alumbrado general.
- De fácil utilización. Se utiliza cuando no se requiere una gran precisión.
- Para alumbrado general, es el más usado.

- **Método del punto a punto:**

- Se basa en la obtención de niveles de iluminación en puntos concretos.
- Se utiliza cuando se requiere gran precisión o conocer valores de iluminancia en determinados puntos.
- Para alumbrado general localizado, o alumbrado localizado.

## Tema 3: ALUMBRADO DE INTERIOR

### 2. Métodos de Cálculo de alumbrado de Interior: Método de los Lúmenes

#### 2. Métodos de Cálculo de alumbrado de Interior

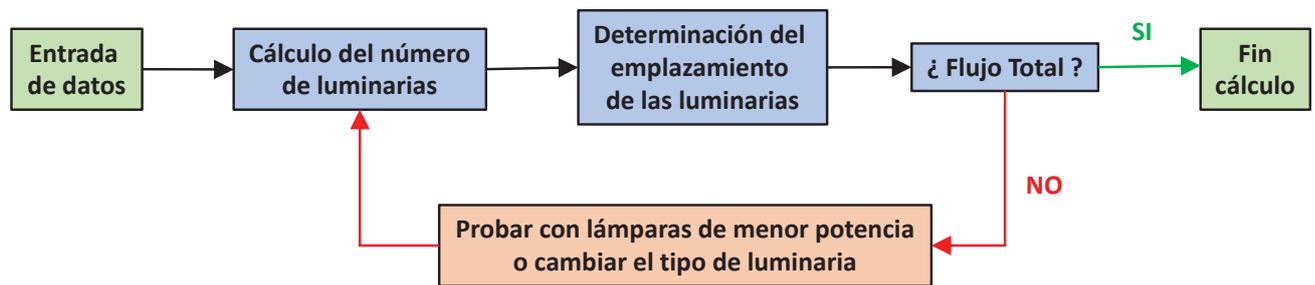
##### 2.1. Métodos de los Lúmenes

###### 2.1.1. Proceso de cálculo

El cálculo de alumbrado por el Método de los Lúmenes tiene como finalidad determinar el valor medio en servicio de la Iluminancia en un **local con Alumbrado General**.

Es el más adecuado cuando la precisión necesaria no es muy alta como ocurre en la mayoría de casos.

Proceso a seguir:



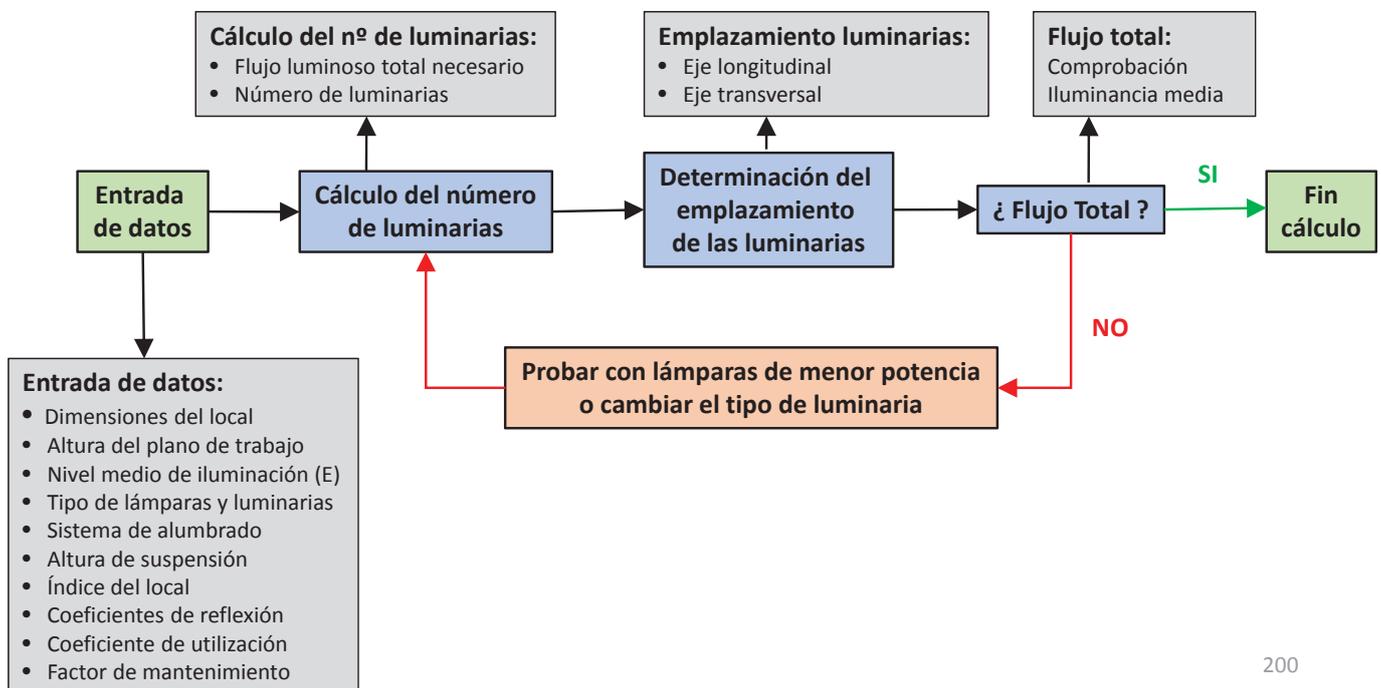
199

## Tema 3: ALUMBRADO DE INTERIOR

### 2. Métodos de Cálculo de alumbrado de Interior: Método de los Lúmenes

#### 2. Métodos de Cálculo de alumbrado de Interior

##### 2.1. Métodos de los Lúmenes / 2.1.1. Proceso de cálculo



200

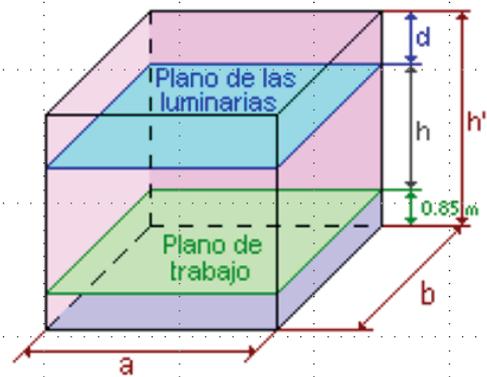
## Tema 3: ALUMBRADO DE INTERIOR

### 2. Métodos de Cálculo de alumbrado de Interior: Método de los Lúmenes

#### 2. Métodos de Cálculo de alumbrado de Interior

##### 2.1. Métodos de los Lúmenes / 2.1.1. Proceso de cálculo

###### 1º. Dimensiones del local (a, b) y altura del plano de trabajo



Fuente: Edison-UPC

- a: Ancho del local (m)
- b: Largo del local (m)
- h: Altura entre el plano de trabajo y el de las luminarias
- h': Altura del local
- d': Altura del plano de las luminarias al techo

**Plano de trabajo:** altura del suelo al plano de trabajo (normalmente 0.85 m)

###### 2º. Nivel medio de iluminación (E): VER TABLAS Pto. 1.7 Niveles de Iluminación recomendados. Tablas

Este valor depende de tipo de actividad que se desarrolla en el local.

Está tabulado en normas (CIE, CTE HE-3, etc) y recomendaciones que aparecen en la bibliografía.

201

## Tema 3: ALUMBRADO DE INTERIOR

### 2. Métodos de Cálculo de alumbrado de Interior: Método de los Lúmenes

#### 2. Métodos de Cálculo de alumbrado de Interior

##### 2.1. Métodos de los Lúmenes / 2.1.1. Proceso de cálculo

###### 3º. Tipos de lámparas y luminarias

Escoger el tipo de lámpara (incandescente, halógena, fluorescente, Led, etc...) más adecuada al tipo de actividad a realizar.

ÁMBITO DE USO	TIPOS DE LÁMPARAS MÁS UTILIZADOS
DOMÉSTICO	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Incandescente</li> <li>▪ Fluorescente</li> <li>▪ Fluorescentes compactas</li> <li>▪ Halógenas de Baja Potencia</li> <li>▪ Led</li> </ul>
OFICINAS	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Alumbrado general: Fluorescente</li> <li>▪ Alumbrado localizado: Incandescente, Halógena de B.T.</li> <li>▪ Led</li> </ul>
COMERCIAL (Depende de las dimensiones y características del comercio)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Incandescentes</li> <li>▪ Halógenas</li> <li>▪ Fluorescentes</li> <li>▪ Grandes superficies con techos altos: VMAP y Halogenuros metálicos</li> </ul>
INDUSTRIAL	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Todos los tipos</li> <li>▪ Luminarias situadas a baja altura (<math>h \leq 6</math> m): Fluorescentes</li> <li>▪ Luminarias situadas a gran altura (<math>h &gt; 6</math> m): Lámparas de descarga a Alta Presión montadas en proyectores.</li> <li>▪ Alumbrado localizado: Fluorescente, Led, Incandescente</li> </ul>
DEPORTIVO	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Luminarias situadas a baja altura: Fluorescentes</li> <li>▪ Luminarias situadas a gran altura: VMAP, Halogenuros metálicos y VSAP.</li> </ul>

**Las lámparas** a escoger serán aquellas cuyas características (fotométricas, cromáticas, consumo energético, economía de instalación, mantenimiento, etc.) mejor se adapten a las necesidades de cada instalación (nivel de iluminación, dimensiones del local, uso a que se destina, potencia de la instalación, etc...).

La elección de la luminaria estará condicionado por el tipo de lámpara utilizada y el entorno de trabajo de esta.

A grandes rasgos la forma y tipo de la luminaria se pueden clasificar en:

- Funcionales
- Formales

202

## Tema 3: ALUMBRADO DE INTERIOR

### 2. Métodos de Cálculo de alumbrado de Interior: Método de los Lúmenes

#### 2. Métodos de Cálculo de alumbrado de Interior

##### 2.1. Métodos de los Lúmenes / 2.1.1. Proceso de cálculo

###### 3º. Tipos de lámparas y luminarias

- Luminarias Funcionales: Prima la eficiencia sobre otros aspectos (debe adaptarse al trabajo, alumbrado industrial, deportivo, etc..).
- Luminarias Formales: Prima la función decorativa (alumbrado doméstico, comercial, etc..)

###### Luminarias con lámparas incandescentes:

- Ámbito de aplicación principalmente doméstico.
- Predomina la estética frente a la eficiencia luminosa.
- En el ámbito comercial como iluminación suplementaria buscando el compromiso entre la iluminación funcional y decorativa.
- Precisan apantallamiento (lámparas con luminancia elevada y problemas de deslumbramiento).

###### Luminarias con lámparas fluorescentes:

- Ámbito de aplicación en oficinas, comercios, centros educativos, almacenes, industrias con techos bajos, etc.
- De uso amplio debido a la economía y eficiencia luminosa.
- Gran variedad de modelos, que van desde los más simples a los más sofisticados con sistemas de orientación de la luz y con apantallamiento (modelos con rejillas cuadradas, transversales, con difusores, fines industriales especiales, etc.)



Fuente: Internet

203

## Tema 3: ALUMBRADO DE INTERIOR

### 2. Métodos de Cálculo de alumbrado de Interior: Método de los Lúmenes

#### 2. Métodos de Cálculo de alumbrado de Interior

##### 2.1. Métodos de los Lúmenes / 2.1.1. Proceso de cálculo

###### 3º. Tipos de lámparas y luminarias

###### Luminarias con lámparas de descarga a alta presión:

- Aplicación generalmente para ser suspendidas a gran altura (naves con techos altos, industrias, almacenes, pabellones deportivos).
- En este caso se emplean luminarias intensivas y proyectores.
- Para uso industrial o almacenes suelen emplearse generalmente Lámparas de VSAP.

Para uso deportivo generalmente con lámparas de VMAP, VSAP y halogenuros metálicos

- Existen modelos ideados para pequeñas alturas, empleándose Luminarias extensivas



Fuente: Internet

###### 4º. Sistema de alumbrado

Se elegirá el que mejor se adapte a las necesidades de la instalación (Directa, Semi-Directa, Difusa, Directa-Indirecta, Semi-Directa, Indirecta).

Estará directamente ligado con el tipo de lámparas y luminarias seleccionado.

## Tema 3: ALUMBRADO DE INTERIOR

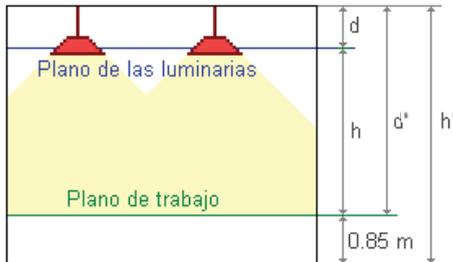
### 2. Métodos de Cálculo de alumbrado de Interior: Método de los Lúmenes

#### 2. Métodos de Cálculo de alumbrado de Interior

##### 2.1. Métodos de los Lúmenes / 2.1.1. Proceso de cálculo

###### 5º. Altura de suspensión de las luminarias

Dependerá del tipo de luminaria y del sistema de iluminación elegido.



Fuente: Edison-UPC, Bibliografía

- h:** Altura entre el plano de trabajo y el de las luminarias
- h':** Altura del local
- d:** Altura del plano de las luminarias al techo
- d':** Altura del plano de trabajo al techo del local

**Plano de trabajo:** altura del suelo al plano de trabajo (normalmente 0.85 m)

Tipo de locales	Altura de las luminarias
Locales de altura normal (oficinas, viviendas, aulas, etc.)	Lo más altas posible
Locales con iluminación directa, semidirecta y difusa	Mínimo: $h = \frac{2}{3} \cdot (h' - 0.85)$ Óptimo: $h = \frac{4}{5} \cdot (h' - 0.85)$
Locales con iluminación indirecta	$d' \cong \frac{1}{4} \cdot (h' - 0.85)$ $h \cong \frac{3}{4} \cdot (h' - 0.85)$

205

## Tema 3: ALUMBRADO DE INTERIOR

### 2. Métodos de Cálculo de alumbrado de Interior: Método de los Lúmenes

#### 2. Métodos de Cálculo de alumbrado de Interior

##### 2.1. Métodos de los Lúmenes / 2.1.1. Proceso de cálculo

###### 6º. Índice del local (K)

Factor que depende de la geometría del local.

Cuantifica la relación entre las dimensiones básicas (a, b, h) de un local, las cuales tienen un efecto directo en la forma de distribución luminosa.

	Sistema de iluminación	Índice del local
	Iluminación directa, semidirecta, directa-indirecta y general difusa	$k = \frac{a \cdot b}{h \cdot (a + b)}$
	Iluminación indirecta y semiindirecta	$k = \frac{3 \cdot a \cdot b}{2 \cdot (h + 0.85) \cdot (a + b)}$

Fuente: Edison-UPC, Bibliografía

(Fórmulas solo para el modelo europeo de cálculo)

El índice K, es un valor comprendido entre 1 y 10. Puede tener valores superiores a 10, pero no se consideran ya su influencia en el cálculo es despreciable.

206

# Tema 3: ALUMBRADO DE INTERIOR

## 2. Métodos de Cálculo de alumbrado de Interior: Método de los Lúmenes

### 2. Métodos de Cálculo de alumbrado de Interior

#### 2.1. Métodos de los Lúmenes / 2.1.1. Proceso de cálculo

##### 7º. Coeficientes de reflexión o factores de reflexión ( $\rho$ ).

Los coeficientes de reflexión del techo, paredes y suelo, se encuentran normalmente tabulados para los diferentes tipos de materiales, superficies y acabados.

Tabla orientativa de los factores de reflexión de los cerramientos

PINTURA / COLOR	F. reflexión ( $\rho$ )	MATERIAL	F. reflexión ( $\rho$ )
Blanco	0.70 - 0.85	Mortero claro	0.35 - 0.55
Techo acústico (según orificios)	0.50 - 0.65	Mortero oscuro	0.20 - 0.30
Gris claro	0.40 - 0.50	Hormigón claro	0.30 - 0.50
Gris oscuro	0.10 - 0.20	Hormigón oscuro	0.15 - 0.25
Negro	0.03 - 0.07	Arenisca clara	0.30 - 0.40
Crema, Amarillo claro	0.50 - 0.75	Arenisca oscura	0.15 - 0.25
Marrón claro	0.30 - 0.40	Ladrillo claro	0.30 - 0.40
Marrón oscuro	0.10 - 0.20	Ladrillo oscuro	0.15 - 0.25
Rosa	0.45 - 0.55	Mármol blanco	0.60 - 0.70
Rojo claro	0.30 - 0.50	Granito	0.15 - 0.25
Rojo oscuro	0.10 - 0.20	Madera clara	0.30 - 0.50
Verde claro	0.45 - 0.65	Madera oscura	0.10 - 0.25
Verde oscuro	0.10 - 0.20	Espejo de vidrio plateado	0.80 - 0.90
Azul claro	0.40 - 0.55	Aluminio mate	0.55 - 0.60
Azul oscuro	0.050 - 0.15	Aluminio anodizado y abrillantado	0.80 - 0.85
		Acero pulido	0.55 - 0.65

En caso de no disponer de datos, pueden tomarse los siguientes:

- Techo: *(Por defecto: 0,5)*
  - Blanco o muy claro: 0,7
  - Claro: 0,5
  - Medio: 0,3
- Paredes: *(Por defecto: 0,3)*
  - Claro: 0,5
  - Medio: 0,3
  - Oscuro: 0,1
- Suelo: *(Por defecto: 0,1)*
  - Claro: 0,3
  - Oscuro: 0,1

# Tema 3: ALUMBRADO DE INTERIOR

## 2. Métodos de Cálculo de alumbrado de Interior: Método de los Lúmenes

### 2. Métodos de Cálculo de alumbrado de Interior

#### 2.1. Métodos de los Lúmenes / 2.1.1. Proceso de cálculo

##### 8º. Coeficiente de utilización o factor de utilización ( $\eta$ , CU).

El factor de utilización se determina a partir del índice del local (K), y de los factores de reflexión ( $\rho$ ), incorporando las característica de cada tipo particular de distribución luminosa y rendimiento de la luminaria (L.O.R.).

Estos valores se encuentran tabulados para cada luminaria y tipo de lámpara utilizado y los suministran los fabricantes de luminarias.

Fuente: Philips

**TBH375**

Luminaire : TBH375 2xTL-D58W HFP  
 Total Lamp Flux : 10480 lm  
 Light Output Ratio : 0.72  
 System Flux : 7546 lm  
 System Power : 110 W  
 LxBxH : 1.54x0.31x0.09 m  
 Ballast : HF Performer

**TBH375 2xTL-D58W HFP**  
 2 x 5240 lm

**Factores de reflexión**

**Índice del local (K)**

**Factor de utilización**

## Tema 3: ALUMBRADO DE INTERIOR

### 2. Métodos de Cálculo de alumbrado de Interior: Método de los Lúmenes

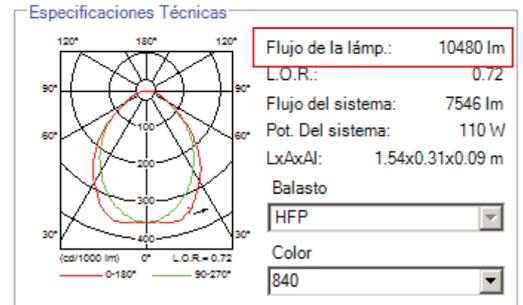
#### 2. Métodos de Cálculo de alumbrado de Interior

##### 2.1. Métodos de los Lúmenes / 2.1.1. Proceso de cálculo

###### 8º. Coeficiente de utilización o factor de utilización ( $\eta$ , CU).

Al ser tablas particulares para cada tipo de luminaria y lámpara, el valor tabulado del factor de utilización incorpora el rendimiento de la luminaria (L.O.R).

Para el cálculo del flujo total necesario ( $\Phi_T$ ) se utilizará el valor del flujo de la lámpara



Si no se puede obtener por lectura directa es necesario interpolar.

Utilisation factor table

Fuente: Philips

Room Index k	Reflectances for ceiling, walls and working plane (CIE)										
	0.80	0.00	0.70	0.70	0.70	0.50	0.50	0.30	0.30	0.00	
0.30	0.50	0.10	0.30	0.20	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.00	
0.60	0.40	0.38	0.40	0.39	0.38	0.33	0.33	0.30	0.32	0.30	0.28
0.80	0.48	0.45	0.47	0.46	0.44	0.40	0.39	0.36	0.39	0.36	0.34
1.00	0.54	0.50	0.53	0.51	0.50	0.45	0.44	0.41	0.44	0.41	0.40
1.25	0.60	0.55	0.59	0.56	0.54	0.50	0.49	0.46	0.49	0.46	0.45
1.50	0.64	0.58	0.63	0.60	0.58	0.54	0.53	0.50	0.52	0.50	0.48
2.00	0.71	0.63	0.68	0.66	0.63	0.59	0.57	0.54	0.57	0.55	0.54
2.50	0.75	0.66	0.73	0.69	0.65	0.63	0.62	0.60	0.61	0.59	0.57
3.00	0.78	0.68	0.76	0.71	0.68	0.65	0.64	0.63	0.63	0.61	0.60
4.00	0.82	0.71	0.79	0.74	0.70	0.68	0.67	0.66	0.66	0.64	0.63
5.00	0.84	0.72	0.81	0.76	0.71	0.70	0.69	0.68	0.67	0.66	0.64

Índice del local (K)

Factor de utilización

Ceiling mounted

## Tema 3: ALUMBRADO DE INTERIOR

### 2. Métodos de Cálculo de alumbrado de Interior: Método de los Lúmenes

#### 2. Métodos de Cálculo de alumbrado de Interior

##### 2.1. Métodos de los Lúmenes / 2.1.1. Proceso de cálculo

###### 9º. Factor de mantenimiento o conservación (fm).

Este coeficiente hace referencia al grado de suciedad ambiental y de la frecuencia de la limpieza del local y las luminarias.

Para una limpieza periódica anual puede tomarse:

Local muy limpio, bajo tiempo de utilización	fm = 0,8
Local limpio, ciclo de mantenimiento de 3 años	fm = 0,67
Instalación interior, ciclo de mantenimiento de 3 años	fm = 0,57
Instalación interior o exterior, alta contaminación	fm = 0,5

Tabla de factores de mantenimiento por tipo de actividad

Ambiente de trabajo	F <sub>m</sub>
Acerías, fundiciones	0'65
Industrias de soldadura, mecanizado	0'70
Oficinas industriales, salas	0'75
Patios de operaciones, locales públicos	0'80
Despachos, oficinas comerciales, informáticas	0'85

Fuente: INDALUX, Bibliografía

## Tema 3: ALUMBRADO DE INTERIOR

### 2. Métodos de Cálculo de alumbrado de Interior: Método de los Lúmenes

#### 2. Métodos de Cálculo de alumbrado de Interior

##### 2.1. Métodos de los Lúmenes / 2.1.1. Proceso de cálculo

###### 10º. Cálculo de Flujo Luminoso total necesario ( $\Phi_T$ )

Para el cálculo del flujo luminoso total necesario en el conjunto de la instalación, se aplicará:

$$\Phi_T = \frac{E \cdot S}{\eta \cdot f_m}$$

Donde:

- $\Phi_T$ : Flujo luminoso total de las lámparas
- E: Iluminancia media deseada (Tablas)
- S: Superficie del plano de trabajo
- $\eta$ : Factor de utilización (Tablas)
- $f_m$ : Factor de mantenimiento

###### 11º. Cálculo del número de luminarias (N)

Para el cálculo del número de luminarias total de la instalación se aplicará:

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

Donde:

- N: Número total de luminarias de la instalación
- $\Phi_T$ : Flujo luminoso total de las lámparas
- $\Phi_L$ : Flujo luminoso de una lámpara
- n: Número de lámparas por luminaria

211

## Tema 3: ALUMBRADO DE INTERIOR

### 2. Métodos de Cálculo de alumbrado de Interior: Método de los Lúmenes

#### 2. Métodos de Cálculo de alumbrado de Interior

##### 2.1. Métodos de los Lúmenes / 2.1.1. Proceso de cálculo

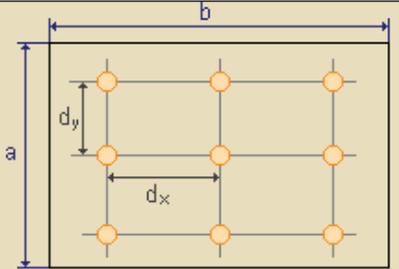
###### 12º. Determinación del emplazamiento de las luminarias

Una vez determinado el número de luminarias se procede a **distribuir las sobre la planta del local**.

En los locales de planta rectangular las luminarias se reparten de forma uniforme en filas paralelas a los ejes de simetría del local (formando una matriz), según las expresiones:

$$N_{\text{ancho}} = \sqrt{\frac{N_{\text{Total}}}{\text{largo}} \times \text{ancho}}$$
$$N_{\text{largo}} = N_{\text{ancho}} \times \left( \frac{\text{largo}}{\text{ancho}} \right)$$

donde N es el número de luminarias



- Donde:  $N_{\text{ancho}}$ : Número filas de luminarias  
 $N_{\text{largo}}$ : Número columnas de luminarias  
 $N_{\text{Total}}$ : Número total de luminarias (N)

Fuente: Edison-UPC, Bibliografía

Las luminarias próximas a las paredes necesitan estar más cerca para iluminarla (normalmente a la mitad de la distancia)

212

## Tema 3: ALUMBRADO DE INTERIOR

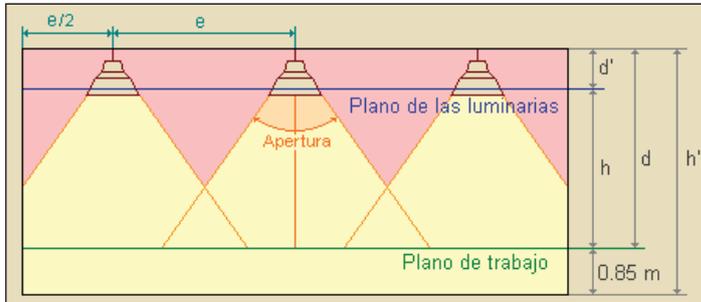
### 2. Métodos de Cálculo de alumbrado de Interior: Método de los Lúmenes

## 2. Métodos de Cálculo de alumbrado de Interior

### 2.1. Métodos de los Lúmenes / 2.1.1. Proceso de cálculo

#### 12º. Determinación del emplazamiento de las luminarias

La máxima distancia de separación entre las luminarias dependerá del ángulo de apertura del haz de luz y de la altura de las luminarias sobre el plano de trabajo.



Fuente: Edison-UPC, Bibliografía

Mientras más abierto sea el haz de luz (ángulo mayor) y mayor la altura de la luminaria más superficie abarcará aunque será menor el nivel de iluminancia que llega al plano de trabajo.

Conclusiones sobre la separación entre las luminarias:

Tipo de luminaria	Altura del local	Distancia máxima entre luminarias
intensiva	> 10 m	$e \leq 1.2 h$
extensiva	6 - 10 m	$e \leq 1.5 h$
semiextensiva	4 - 6 m	
extensiva	$\leq 4$ m	$e \leq 1.6 h$

distancia pared-luminaria:  $e/2$

213

## Tema 3: ALUMBRADO DE INTERIOR

### 2. Métodos de Cálculo de alumbrado de Interior: Método de los Lúmenes

## 2. Métodos de Cálculo de alumbrado de Interior

### 2.1. Métodos de los Lúmenes / 2.1.1. Proceso de cálculo

#### 12º. Determinación del emplazamiento de las luminarias

Si tras el proceso de determinación de las luminarias la distancia de separación es mayor que la distancia máxima admitida:

- Implica que la instalación tienen una **baja uniformidad** (distribución luminosa), puede deberse a que la potencia de las lámparas escogidas es excesiva.
- En este caso es conveniente **rehacer los cálculos** probando con lámparas de menor potencia, más luminarias o emplear luminarias con menos lámparas.

#### 13º. Comprobación de la iluminancia media

Para validar los datos obtenidos, se debe comprobar si la iluminancia media obtenida para el conjunto de la instalación es igual o superior a la recomendada en las tablas:

$$E = \frac{n \cdot \Phi_L \cdot \eta \cdot f_m}{S} \geq E_{\text{TABLAS}}$$

214

## Tema 3: ALUMBRADO DE INTERIOR

### 2. Métodos de Cálculo de alumbrado de Interior: Método de los Lúmenes

#### 2. Métodos de Cálculo de alumbrado de Interior

##### 2.1. Métodos de los Lúmenes / 2.1.2. Ejemplo de cálculo - 1

Diseñar la instalación de alumbrado de una oficina administrativa de dimensiones 25 m de largo por 12 m de ancho y 3,20 m de altura.

Las mesas de trabajo tienen una altura respecto del suelo de 0,85 m.

Las oficinas están pintadas según:

- Paredes: crema
- Techo: blanco
- Suelo: Mármol blanco

Se utilizarán luminarias extensivas para alumbrado directo, adosadas al techo con plafón cerrado con difusor .

Se emplearán lámparas fluorescentes de 4 LF x 36 W  
(Philips TBS318 C 4xTL-D36W HFE C2)



Determinar la distribución de luminarias más adecuada para satisfacer las necesidades mínimas requeridas por la actividad.

215

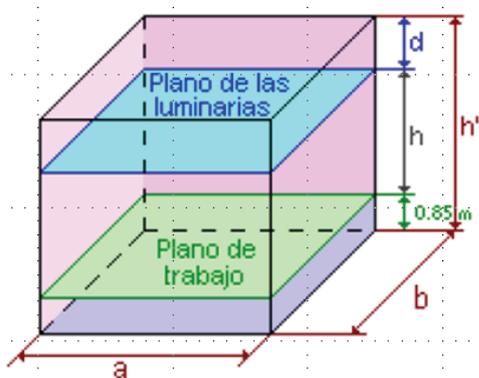
## Tema 3: ALUMBRADO DE INTERIOR

### 2. Métodos de Cálculo de alumbrado de Interior: Método de los Lúmenes

#### 2. Métodos de Cálculo de alumbrado de Interior

##### 2.1. Métodos de los Lúmenes / 2.1.2. Ejemplo de cálculo - 1

Dimensiones del local (a, b) y altura del plano de trabajo



$a = 12 \text{ m}$   
 $b = 25 \text{ m}$   
 $h' = 3,20 \text{ m}$   
 $h = 2,35 \text{ m}$   
 $d = 0 \text{ m}$   
 Plano de trabajo =  $0.85 \text{ m}$

Nivel medio de iluminación (E):  $E = 500 \text{ lux}$

3. Oficinas					
Nº ref.	Tipo de interior, tarea o actividad	$E_m$ (lux)	UGR <sub>L</sub>	R <sub>a</sub>	Observaciones
3.1.	Archivo, copias, etc.	300	19	80	
3.2.	Escritura, escritura a máquina, lectura, tratamiento de datos	500	19	80	Trabajo en EPV: véase el apartado 4.11
3.3.	Dibujo técnico	750	16	80	

EPV: Equipo con pantalla de visualización

216

# Tema 3: ALUMBRADO DE INTERIOR

## 2. Métodos de Cálculo de alumbrado de Interior: Método de los Lúmenes

### 2. Métodos de Cálculo de alumbrado de Interior

#### 2.1. Métodos de los Lúmenes / 2.1.2. Ejemplo de cálculo - 1

Características de la luminaria elegida

3. Oficinas					
Nº ref.	Tipo de interior, tarea o actividad	Em (lux)	UGR <sub>L</sub>	R <sub>a</sub>	Observaciones
3.1.	Archivo, copias, etc.	300	19	80	
3.2.	Escritura, escritura a máquina, lectura, tratamiento de datos	500	19	80	Trabajo en EPV: véase el apartado 4.11

**TBS318 C 4xTL-D36W HFE C2**

4 x 3350 lm

**Quantity estimation diagram**  
 Room: 2.8 m  
 Reflectances: 0.70, 0.50, 0.20  
 Maintenance factor: 1.0  
 Ceiling mounted

**UGR diagram**  
 Room: 2.8 m  
 Refl: 0.70 0.50 0.20  
 Ceiling mounted  
 viewed endwise  
 viewed crosswise  
 Y: Parallel to viewing dir.

**Luminance Table**

Plane CIE	0.0	45.0	90.0
45.0	6837	6245	5437
50.0	6954	6144	5182
55.0	7145	5996	4848
60.0	7328	5871	4585
65.0	7500	5767	4395
70.0	7658	5683	4269
75.0	7800	5615	4209
80.0	7928	5561	4181
85.0	8040	5519	4162
90.0	-	-	-

(cd/m<sup>2</sup>)

# Tema 3: ALUMBRADO DE INTERIOR

## 2. Métodos de Cálculo de alumbrado de Interior: Método de los Lúmenes

### 2. Métodos de Cálculo de alumbrado de Interior

#### 2.1. Métodos de los Lúmenes / 2.1.2. Ejemplo de cálculo - 1

Índice del local (K):

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

Factores de reflexión (ρ): (Tabla pag. 49)

- Techo: blanco = 0,7
- Paredes: crema = 0,5
- Plano de trabajo: Madera = 0,3
- Suelo: Mármol blanco = 0,6

Factor de utilización (CU, η):

$$Cu = \eta$$

Incluye el LOR o rendimiento de la luminaria

Producto

Luminaria seleccionada

Nombre Referencia

TBS318 C 4xTL-D36W HFE C2

Room Index k	Reflectances for ceiling, walls and working plane (CIE)										
	0.80	0.80	0.70	0.70	0.70	0.70	0.50	0.50	0.30	0.30	0.00
	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.30	0.30	0.10	0.30	0.10	0.00
0.60	0.37	0.35	0.37	0.36	0.35	0.30	0.30	0.27	0.30	0.27	0.25
0.80	0.46	0.43	0.45	0.44	0.43	0.38	0.37	0.34	0.37	0.34	0.32
1.00	0.53	0.49	0.52	0.50	0.48	0.44	0.43	0.40	0.43	0.40	0.38
1.25	0.59	0.54	0.58	0.55	0.53	0.49	0.48	0.46	0.48	0.45	0.44
1.50	0.63	0.58	0.62	0.59	0.57	0.53	0.52	0.50	0.52	0.49	0.48
2.00	0.70	0.63	0.68	0.65	0.62	0.59	0.58	0.56	0.57	0.55	0.54
2.50	0.74	0.66	0.72	0.69	0.65	0.62	0.61	0.59	0.60	0.59	0.57
3.00	0.77	0.68	0.75	0.71	0.67	0.65	0.64	0.62	0.63	0.61	0.59
4.00	0.81	0.70	0.78	0.74	0.69	0.67	0.66	0.65	0.65	0.64	0.62
5.00	0.83	0.71	0.80	0.75	0.71	0.69	0.68	0.66	0.66	0.65	0.64

## Tema 3: ALUMBRADO DE INTERIOR

### 2. Métodos de Cálculo de alumbrado de Interior: Método de los Lúmenes

#### 2. Métodos de Cálculo de alumbrado de Interior

##### 2.1. Métodos de los Lúmenes / 2.1.2. Ejemplo de cálculo - 1

Índice del local (K):

$$K = \frac{a \cdot b}{h \cdot (a + b)} = \frac{12 \cdot 25}{2,35 \cdot (12 + 25)} = 3,45$$

Factores de reflexión ( $\rho$ ): (Tabla pag. 49)

- Techo: blanco = 0,7
- Paredes: crema = 0,5
- Plano de trabajo: Madera = 0,3
- Suelo: Mármol blanco = 0,6

Factor de utilización (CU,  $\eta$ ):

$$Cu = \eta = 0,7635$$

Incluye el LOR o rendimiento de la luminaria



Room Index k	Reflectances for ceiling, walls and working plane (CIE)											
	0.80	0.80	0.70	0.70	0.70	0.70	0.50	0.50	0.30	0.30	0.00	
	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.30	0.30	0.10	0.30	0.10	0.00	
0.60	0.37	0.35	0.37	0.36	0.35	0.30	0.30	0.27	0.30	0.27	0.25	
0.80	0.46	0.43	0.45	0.44	0.43	0.38	0.37	0.34	0.37	0.34	0.32	
1.00	0.53	0.49	0.52	0.50	0.48	0.44	0.43	0.40	0.43	0.40	0.38	
1.25	0.59	0.54	0.58	0.55	0.53	0.49	0.48	0.46	0.48	0.45	0.44	
1.50	0.63	0.58	0.62	0.59	0.57	0.53	0.52	0.50	0.52	0.49	0.48	
2.00	0.70	0.63	0.68	0.65	0.62	0.59	0.58	0.56	0.57	0.55	0.54	
2.50	0.74	0.66	0.72	0.69	0.65	0.62	0.61	0.59	0.60	0.59	0.57	
3.00	0.77	0.68	0.75	0.71	0.67	0.65	0.64	0.62	0.63	0.61	0.59	
4.00	0.81	0.70	0.78	0.74	0.69	0.67	0.66	0.65	0.65	0.64	0.62	
5.00	0.83	0.71	0.80	0.75	0.71	0.69	0.68	0.66	0.66	0.65	0.64	

## Tema 3: ALUMBRADO DE INTERIOR

### 2. Métodos de Cálculo de alumbrado de Interior: Método de los Lúmenes

#### 2. Métodos de Cálculo de alumbrado de Interior

##### 2.1. Métodos de los Lúmenes / 2.1.2. Ejemplo de cálculo - 1

Factores de mantenimiento (fm):

Uso de las instalaciones: Oficina Administrativa

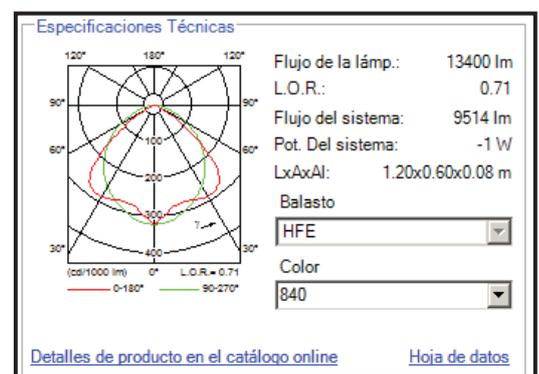
Local limpio, ciclo de mantenimiento 3 años: fm

Flujo luminoso total necesario ( $\Phi_T$ )

$$\Phi_T = \frac{E \cdot S}{\eta \cdot f_m}$$

Número mínimo de luminarias necesario (N)

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



De forma preliminar se consideran "N luminarias", a falta de comprobar si cumple con los requisitos de distribución y distancia entre luminarias.

## Tema 3: ALUMBRADO DE INTERIOR

### 2. Métodos de Cálculo de alumbrado de Interior: Método de los Lúmenes

#### 2. Métodos de Cálculo de alumbrado de Interior

##### 2.1. Métodos de los Lúmenes / 2.1.2. Ejemplo de cálculo - 1

Factores de mantenimiento (fm):

Uso de las instalaciones: Oficina Administrativa

Local limpio, ciclo de mantenimiento 3 años: **fm = 0,67**

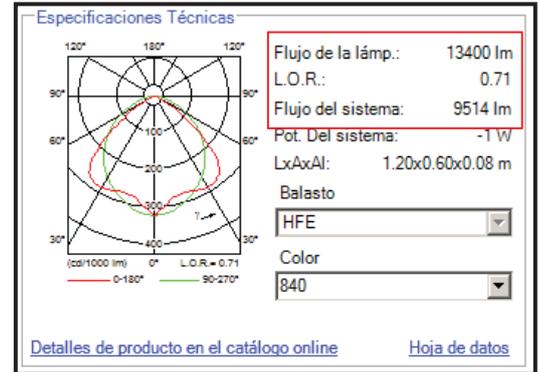
Flujo luminoso total necesario ( $\Phi_T$ )

$$\Phi_T = \frac{E \cdot S}{\eta \cdot f_m} = \frac{500 \cdot (12 \cdot 25)}{0,7635 \cdot 0,67} = 293229 \text{ lm}$$

Número mínimo de luminarias necesario (N)

$$N = \frac{\Phi_T}{n \cdot \Phi_L} = \frac{293229}{13400} = 21,88 \rightarrow 22 \text{ luminarias}$$

De forma preliminar se consideran 22 luminarias, a falta de comprobar si cumple con los requisitos de distribución y distancia entre luminarias.



221

## Tema 3: ALUMBRADO DE INTERIOR

### 2. Métodos de Cálculo de alumbrado de Interior: Método de los Lúmenes

#### 2. Métodos de Cálculo de alumbrado de Interior

##### 2.1. Métodos de los Lúmenes / 2.1.2. Ejemplo de cálculo - 1

Emplazamiento de las luminarias:

$$N_{\text{ancho}} = \sqrt{\frac{N_{\text{Total}}}{\text{largo}} \times \text{ancho}}$$

$$N_{\text{largo}} = N_{\text{ancho}} \times \left(\frac{\text{largo}}{\text{ancho}}\right)$$

donde N es el número de luminarias

$$N_y = \sqrt{\frac{22}{25}} \cdot 12 = 3,25 \rightarrow 4$$

$$N_x = 3,25 \cdot \left(\frac{25}{12}\right) = 6,77 \rightarrow 7$$

Distribución de luminarias adoptada:

N eje X = 7

N eje Y = 4

Nº total de luminarias = 28 (en función de la distribución en la zona de estudio)

Una vez determinado el número en función de la distribución hay que verificar si el distanciamiento entre luminarias es el adecuado

222

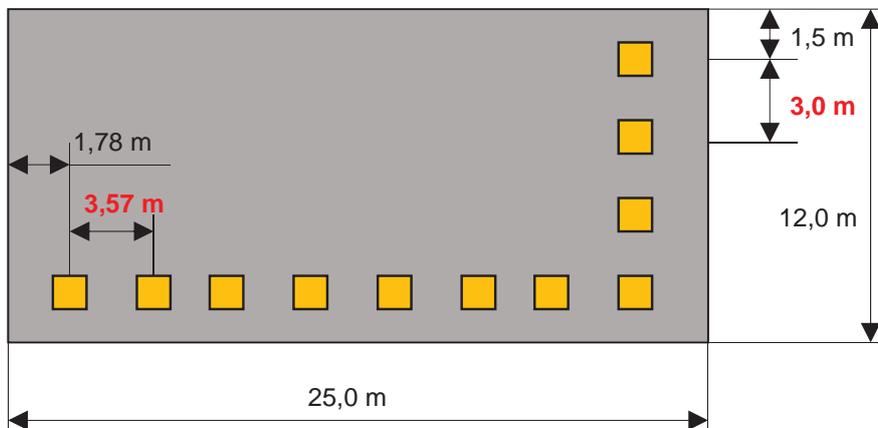
## Tema 3: ALUMBRADO DE INTERIOR

### 2. Métodos de Cálculo de alumbrado de Interior: Método de los Lúmenes

#### 2. Métodos de Cálculo de alumbrado de Interior

##### 2.1. Métodos de los Lúmenes / 2.1.2. Ejemplo de cálculo - 1

Emplazamiento de las luminarias:



**Separación máxima entre luminarias (e):** (Tabla pag. 55)

$$e \leq 1,6 \cdot h; \quad e \leq 3,76 \text{ m}$$

La distribución adoptada es correcta; la distancia real entre luminarias (3,57 m) es inferior a la máxima de 3,76 m

**Comprobación del resultado:** 
$$E = \frac{N \cdot \Phi_L \cdot \eta \cdot f_m}{S} = \frac{28 \cdot 13400 \cdot 0,7635 \cdot 0,67}{12 \cdot 25} = 639 \text{ Lux} > 500 \text{ Lux mínimo}$$

Según el cálculo del número mínimo de luminarias realizado en función del flujo luminoso este será de 22; Este valor al ser verificado en función de la distribución matricial en la zona de estudio y de la distancia máxima de separación, se comprueba que el número idóneo es de 28 luminarias.

(Distribución matricial de 4 filas de 7 luminarias cada una).

223

## Tema 3: ALUMBRADO DE INTERIOR

### 2. Métodos de Cálculo de alumbrado de Interior: Método de los Lúmenes

#### 2. Métodos de Cálculo de alumbrado de Interior

##### 2.1. Métodos de los Lúmenes / 2.1.2. Ejemplo de cálculo - 2

Diseñar la instalación de alumbrado de una nave industrial de dimensiones 50 m de largo por 20 m de ancho y 7,0 m de altura.

Se disponen de 3 tipos distintos de luminarias de uso industrial para la iluminación general directa de la nave:

- Luminaria - 1: Vapor de Mercurio a alta presión
- Luminaria - 2: Vapor de sodio a alta presión
- Luminaria - 3: Led.

Las paredes y suelo son de hormigón y el techo de chapa galvanizada ignifugada.

Dadas las características del proceso industrial es necesario instalar las luminarias a una altura máxima de 6,0 m.

Para la actividad que se desarrolla en el local el nivel de iluminación adecuado se estima en 750 lux medidos en el suelo.

**Determinar cual de las tres propuestas es la mejor solución.**

224

# Tema 3: ALUMBRADO DE INTERIOR

## 2. Métodos de Cálculo de alumbrado de Interior: Método de los Lúmenes

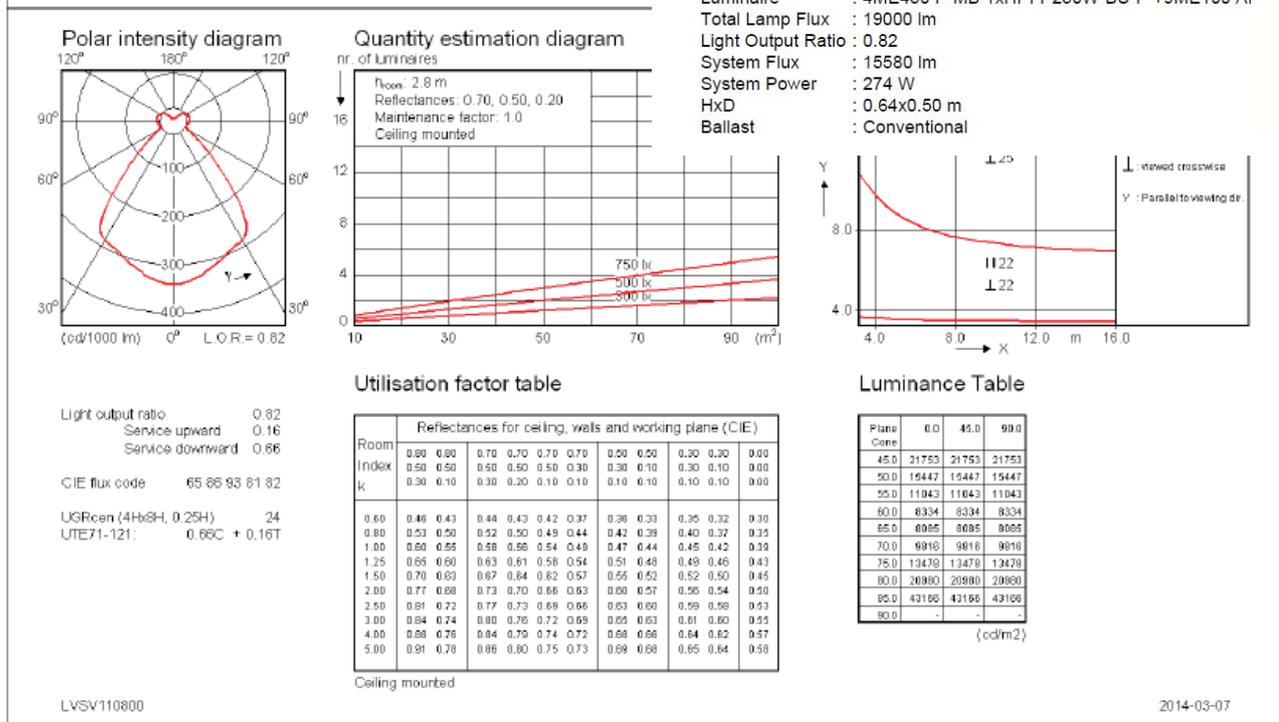
### 2. Métodos de Cálculo de alumbrado de Interior

#### 2.1. Métodos de los Lúmenes / 2.1.2. Ejemplo de cálculo - 2

Características de la luminaria – 1:

Megalux

Luminaire : 4ME450 P-MB 1xHPI-P250W-BU-P +9ME100 AI  
 Total Lamp Flux : 19000 lm  
 Light Output Ratio : 0.82  
 System Flux : 15580 lm  
 System Power : 274 W  
 HxD : 0.64x0.50 m  
 Ballast : Conventional



# Tema 3: ALUMBRADO DE INTERIOR

## 2. Métodos de Cálculo de alumbrado de Interior: Método de los Lúmenes

### 2. Métodos de Cálculo de alumbrado de Interior

#### 2.1. Métodos de los Lúmenes / 2.1.2. Ejemplo de cálculo - 2

Características de la luminaria – 1:

Megalux

Luminaire : 4ME450 P-MB 1xHPI-P250W-BU-P +9ME100 AI  
 Total Lamp Flux : 19000 lm  
 Light Output Ratio : 0.82  
 System Flux : 15580 lm  
 System Power : 274 W  
 HxD : 0.64x0.50 m  
 Ballast : Conventional



Utilisation factor table

Room Index k	Reflectances for ceiling, walls and working plane (CIE)										
	0.80	0.80	0.70	0.70	0.70	0.70	0.50	0.50	0.30	0.30	0.00
0.60	0.46	0.43	0.44	0.43	0.42	0.37	0.36	0.33	0.35	0.32	0.30
0.80	0.53	0.50	0.52	0.50	0.49	0.44	0.42	0.39	0.40	0.37	0.35
1.00	0.60	0.55	0.58	0.58	0.54	0.49	0.47	0.44	0.45	0.42	0.39
1.25	0.65	0.60	0.63	0.61	0.58	0.54	0.51	0.48	0.49	0.46	0.43
1.50	0.70	0.63	0.67	0.64	0.62	0.57	0.55	0.52	0.52	0.50	0.45
2.00	0.77	0.68	0.73	0.70	0.66	0.63	0.60	0.57	0.56	0.54	0.50
2.50	0.81	0.72	0.77	0.73	0.69	0.66	0.63	0.60	0.59	0.58	0.53
3.00	0.84	0.74	0.80	0.76	0.72	0.69	0.65	0.63	0.61	0.60	0.55
4.00	0.88	0.76	0.84	0.79	0.74	0.72	0.68	0.66	0.64	0.62	0.57
5.00	0.91	0.78	0.86	0.80	0.75	0.73	0.69	0.68	0.65	0.64	0.58

Ceiling mounted

# Tema 3: ALUMBRADO DE INTERIOR

## 2. Métodos de Cálculo de alumbrado de Interior: Método de los Lúmenes

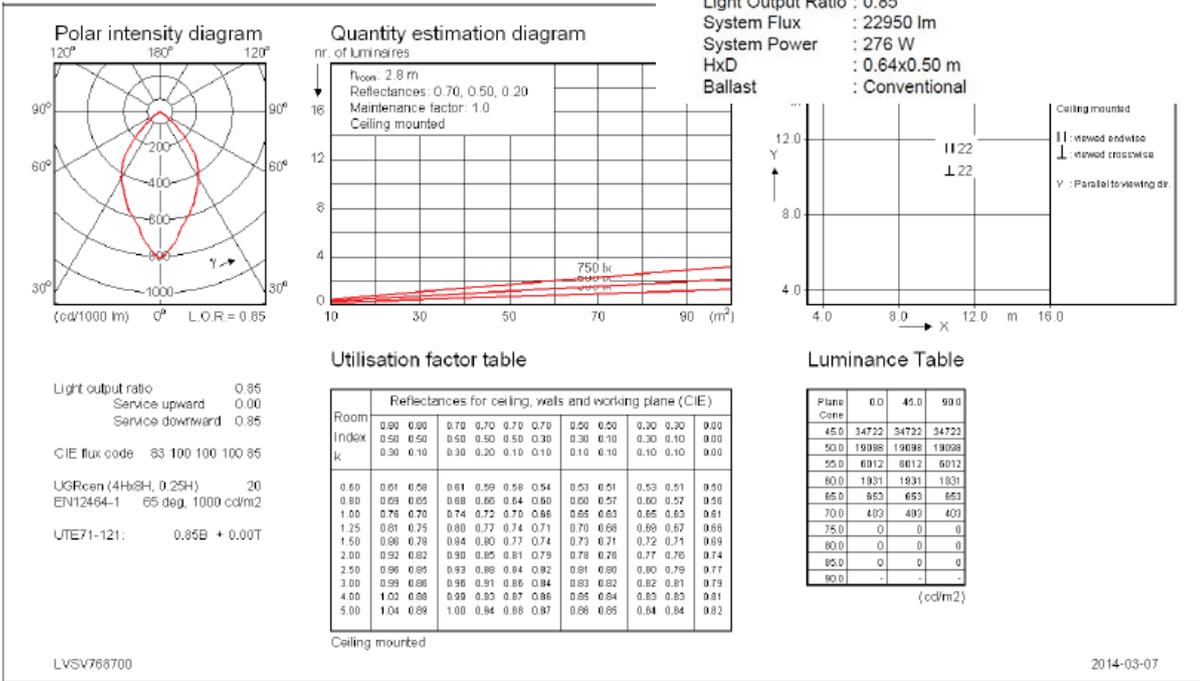
### 2. Métodos de Cálculo de alumbrado de Interior

#### 2.1. Métodos de los Lúmenes / 2.1.2. Ejemplo de cálculo - 2

Características de la luminaria – 2:

Megalux

Luminaire : 4ME450 P-MB 1xSON250W +9ME100 R D450  
 Total Lamp Flux : 27000 lm  
 Light Output Ratio : 0.85  
 System Flux : 22950 lm  
 System Power : 276 W  
 HxD : 0.64x0.50 m  
 Ballast : Conventional



227

# Tema 3: ALUMBRADO DE INTERIOR

## 2. Métodos de Cálculo de alumbrado de Interior: Método de los Lúmenes

### 2. Métodos de Cálculo de alumbrado de Interior

#### 2.1. Métodos de los Lúmenes / 2.1.2. Ejemplo de cálculo - 2

Características de la luminaria – 2:

Megalux

Luminaire : 4ME450 P-MB 1xSON250W +9ME100 R D450  
 Total Lamp Flux : 27000 lm  
 Light Output Ratio : 0.85  
 System Flux : 22950 lm  
 System Power : 276 W  
 HxD : 0.64x0.50 m  
 Ballast : Conventional



Utilisation factor table

Room Index k	Reflectances for ceiling, walls and working plane (CIE)										
	0.80	0.80	0.70	0.70	0.70	0.70	0.50	0.50	0.30	0.30	0.00
	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.30	0.30	0.10	0.10	0.10	0.00
0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.30	0.30	0.10	0.10	0.10	0.00
0.60	0.61	0.58	0.61	0.58	0.58	0.54	0.53	0.51	0.53	0.51	0.50
0.80	0.69	0.65	0.68	0.66	0.64	0.60	0.60	0.57	0.60	0.57	0.56
1.00	0.76	0.70	0.74	0.72	0.70	0.66	0.65	0.63	0.65	0.63	0.61
1.25	0.81	0.75	0.80	0.77	0.74	0.71	0.70	0.68	0.69	0.67	0.66
1.50	0.86	0.78	0.84	0.80	0.77	0.74	0.73	0.71	0.72	0.71	0.69
2.00	0.92	0.82	0.90	0.85	0.81	0.79	0.78	0.76	0.77	0.76	0.74
2.50	0.96	0.85	0.93	0.88	0.84	0.82	0.81	0.80	0.80	0.79	0.77
3.00	0.99	0.86	0.96	0.91	0.86	0.84	0.83	0.82	0.82	0.81	0.79
4.00	1.02	0.88	0.99	0.93	0.87	0.86	0.85	0.84	0.83	0.83	0.81
5.00	1.04	0.89	1.00	0.94	0.88	0.87	0.86	0.85	0.84	0.84	0.82

Ceiling mounted

228

# Tema 3: ALUMBRADO DE INTERIOR

## 2. Métodos de Cálculo de alumbrado de Interior: Método de los Lúmenes

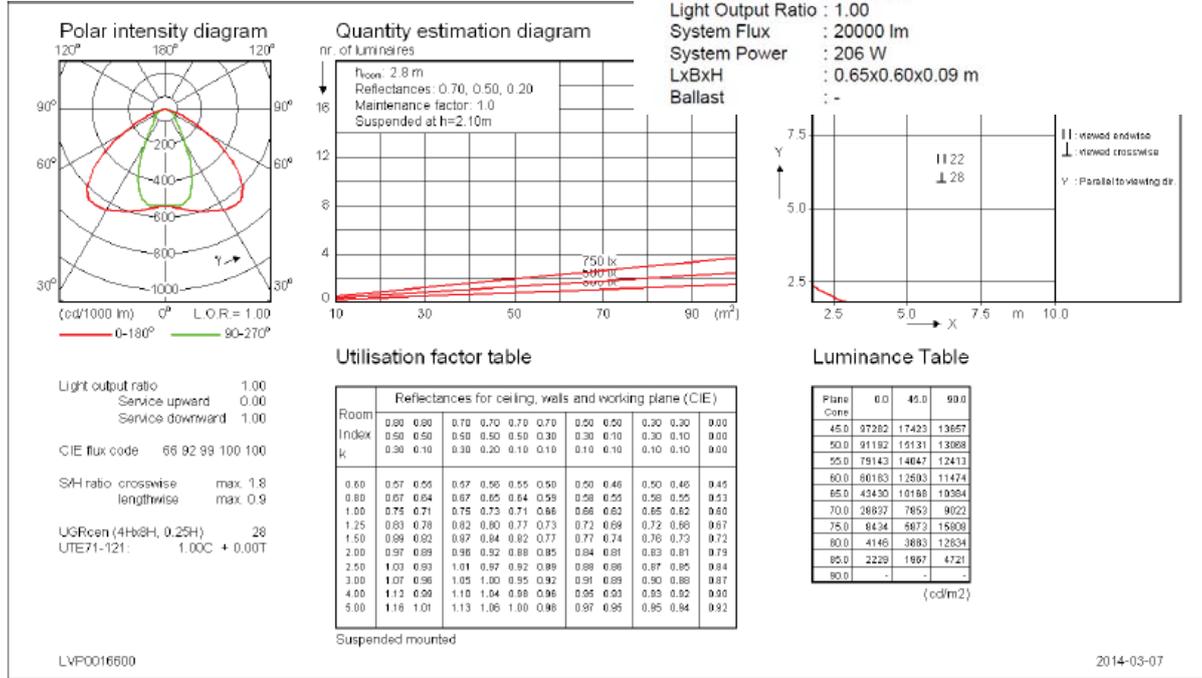
### 2. Métodos de Cálculo de alumbrado de Interior

#### 2.1. Métodos de los Lúmenes / 2.1.2. Ejemplo de cálculo - 2

Características de la luminaria – 3:

GentleSpace

Luminaire : BY461P 1xLED200S/740 HRO GC  
 Total Lamp Flux : 20000 lm  
 Light Output Ratio : 1.00  
 System Flux : 20000 lm  
 System Power : 206 W  
 LxBxH : 0.65x0.60x0.09 m  
 Ballast : -



# Tema 3: ALUMBRADO DE INTERIOR

## 2. Métodos de Cálculo de alumbrado de Interior: Método de los Lúmenes

### 2. Métodos de Cálculo de alumbrado de Interior

#### 2.1. Métodos de los Lúmenes / 2.1.2. Ejemplo de cálculo - 2

Características de la luminaria – 3:

GentleSpace

Luminaire : BY461P 1xLED200S/740 HRO GC  
 Total Lamp Flux : 20000 lm  
 Light Output Ratio : 1.00  
 System Flux : 20000 lm  
 System Power : 206 W  
 LxBxH : 0.65x0.60x0.09 m  
 Ballast : -



Utilisation factor table

Room Index k	Reflectances for ceiling, walls and working plane (CIE)										
	0.80	0.80	0.70	0.70	0.70	0.70	0.50	0.50	0.30	0.30	0.00
0.60	0.57	0.55	0.57	0.55	0.55	0.50	0.46	0.50	0.45	0.45	
0.80	0.67	0.64	0.67	0.65	0.64	0.59	0.58	0.55	0.58	0.55	0.53
1.00	0.75	0.71	0.75	0.73	0.71	0.66	0.66	0.62	0.65	0.62	0.60
1.25	0.83	0.78	0.82	0.80	0.77	0.73	0.72	0.69	0.72	0.68	0.67
1.50	0.89	0.82	0.87	0.84	0.82	0.77	0.77	0.74	0.76	0.73	0.72
2.00	0.97	0.89	0.96	0.92	0.88	0.85	0.84	0.81	0.83	0.81	0.79
2.50	1.03	0.93	1.01	0.97	0.92	0.89	0.88	0.86	0.87	0.85	0.84
3.00	1.07	0.96	1.05	1.00	0.95	0.92	0.91	0.89	0.90	0.88	0.87
4.00	1.12	0.99	1.10	1.04	0.98	0.96	0.95	0.93	0.93	0.92	0.90
5.00	1.16	1.01	1.13	1.06	1.00	0.98	0.97	0.95	0.95	0.94	0.92

Suspended mounted

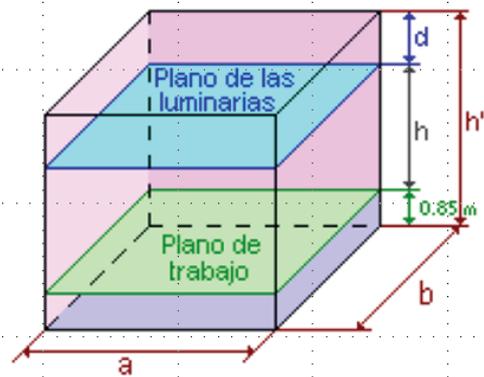
## Tema 3: ALUMBRADO DE INTERIOR

### 2. Métodos de Cálculo de alumbrado de Interior: Método de los Lúmenes

#### 2. Métodos de Cálculo de alumbrado de Interior

##### 2.1. Métodos de los Lúmenes / 2.1.2. Ejemplo de cálculo - 2

Dimensiones del local (a, b) y altura del plano de trabajo



$a = 20 \text{ m}$   
 $b = 50 \text{ m}$   
 $h' = 7,0 \text{ m}$   
 $h = 6,0 \text{ m}$ ; Altura suspensión de las luminarias  
 $d = 0 \text{ m}$   
Plano de trabajo = nivel del suelo

Nivel medio de iluminación (E):  $E = 750 \text{ lux}$

Índice del local (K):

$$K = \frac{a \cdot b}{h \cdot (a + b)} = \frac{20 \cdot 50}{6,0 \cdot (20 + 50)} = 2,38$$

231

## Tema 3: ALUMBRADO DE INTERIOR

### 2. Métodos de Cálculo de alumbrado de Interior: Método de los Lúmenes

#### 2. Métodos de Cálculo de alumbrado de Interior

##### 2.1. Métodos de los Lúmenes / 2.1.2. Ejemplo de cálculo - 2

Factores de reflexión ( $\rho$ ):

- Techo: chapa metálica ignifugada = 0,7
- Paredes: Hormigón = 0,27  $\rightarrow$  0,3
- Suelo: Hormigón fratasado = 0,10

Factor de utilización ( $CU, \eta$ ):

Incluye el LOR o rendimiento de la luminaria

Factor de utilización ( $Cu, \eta$ )	Luminaria - 1	Luminaria - 2	Luminaria - 3
	0,653	0,813	0,88

Factores de mantenimiento ( $fm$ ):

Nave industrial

Local limpio, ciclo de mantenimiento 3 años:  $fm = 0,67$

232

### Tema 3: ALUMBRADO DE INTERIOR

#### 2. Métodos de Cálculo de alumbrado de Interior: Método de los Lúmenes

### 2. Métodos de Cálculo de alumbrado de Interior

#### 2.1. Métodos de los Lúmenes / 2.1.2. Ejemplo de cálculo - 2

Flujo luminoso total necesario ( $\Phi_T$ )

Flujo luminoso total ( $\Phi_T$ ) (lm)	Luminaria - 1	Luminaria - 2	Luminaria - 3
$\Phi_T = \frac{E \cdot S}{\eta \cdot f_m}$	1714247 lm	1376879 lm	1272049 lm

Número mínimo de luminarias necesario (N)

Número mínimo de luminarias	Luminaria - 1	Luminaria - 2	Luminaria - 3
$N = \frac{\Phi_T}{n \cdot \Phi_L}$	90	73	48

233

### Tema 3: ALUMBRADO DE INTERIOR

#### 2. Métodos de Cálculo de alumbrado de Interior: Método de los Lúmenes

### 2. Métodos de Cálculo de alumbrado de Interior

#### 2.1. Métodos de los Lúmenes / 2.1.2. Ejemplo de cálculo - 2

$$N_{\text{ancho}} = \sqrt{\frac{N_{\text{Total}}}{\text{largo}} \times \text{ancho}}$$

$$N_{\text{largo}} = N_{\text{ancho}} \times \left( \frac{\text{largo}}{\text{ancho}} \right)$$

donde N es el número de luminarias

Número mínimo de luminarias	Luminaria - 1	Luminaria - 2	Luminaria - 3
<b>Ancho (eje Y)</b>			
Nº luminarias	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>5</b>
Separación luminarias (m)	3,34	3,34	4,0
Separación a paredes (m)	1,67	1,67	2,0
<b>Largo (eje X)</b>			
Nº luminarias	<b>15</b>	<b>15</b>	<b>13</b>
Separación luminarias (m)	3,34	3,34	3,85
Separación a paredes (m)	1,67	1,67	1,93
Separación máxima entre luminarias (m)	$e \leq 1,5 \cdot h_m = 9,0 \text{ m}$	9,0 m	9,0 m
Cumple criterio	SI	SI	SI
<b>Nº Total luminarias adoptado</b>	<b>90</b>	<b>90</b>	<b>65</b>

234

## Tema 3: ALUMBRADO DE INTERIOR

### 2. Métodos de Cálculo de alumbrado de Interior: Método de los Lúmenes

## 2. Métodos de Cálculo de alumbrado de Interior

### 2.1. Métodos de los Lúmenes / 2.1.2. Ejemplo de cálculo - 2

Comprobación del resultado:

Iluminancia total ( $E_T$ ) (lux)	Luminaria - 1	Luminaria - 2	Luminaria - 3
$E = \frac{N \cdot \Phi_L \cdot \eta \cdot f_m}{S}$	756 lux	931 lux	1034 lux

DATOS	Luminaria - 1	Luminaria - 2	Luminaria - 3
PRECIO UNITARIO (IVA incluido)	506 €	601 €	2229 €
PRECIO INSTALACIÓN	45540 €	54090 €	144885 €

CONSUMO UNITARIO	274 W	276 W	206 W
COMSUMO INSTALACIÓN	24660 W	24840 W	13390 W

235

## Tema 3: ALUMBRADO DE INTERIOR

### 2. Métodos de Cálculo de alumbrado de Interior: Método de los Lúmenes

## 2. Métodos de Cálculo de alumbrado de Interior

### 2.2. Métodos del Punto a Punto

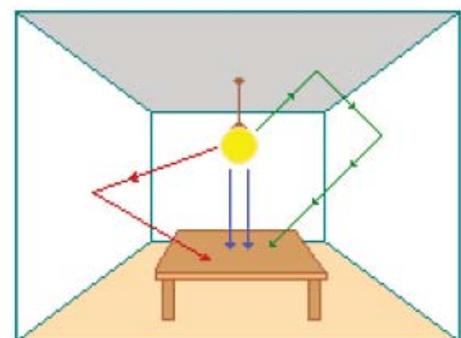
#### 2.2.1. Proceso de Cálculo.

El método de cálculo del Punto a Punto permite conocer como es la distribución de la iluminancia en puntos concretos para aquellas instalaciones de alumbrado donde la luz no se distribuye uniformemente tales como:

- Alumbrado General Localizado (el método de los Lúmenes solo permite el cálculo en Alumbrado General).
- Alumbrado Localizado o Individual

La iluminancia en un punto es la suma de la luz proveniente de dos fuentes:

- Luz de componente directa: Producida por la luz que llega al plano de trabajo directamente de las luminarias (foco luminoso).
- Luz de componente indirecta o reflejada: Debida a la reflexión de la luz de las luminarias sobre techo, paredes y demás superficie del local.



Fuente: Edison-UPC

← Luz directa proveniente del foco luminoso

← Luz indirecta proveniente de las paredes

236

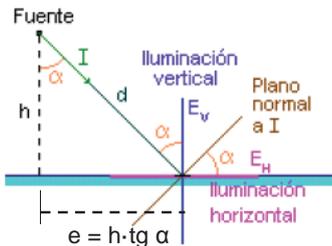
### Tema 3: ALUMBRADO DE INTERIOR

#### 2. Métodos de Cálculo de alumbrado de Interior: Método de los Lúmenes

### 2. Métodos de Cálculo de alumbrado de Interior

#### 2.2. Métodos del Punto a Punto / 2.2.1. Proceso de Cálculo.

De la luz total incidente sobre un punto del plano de trabajo (o de un determinado objeto) solo una parte sirve para iluminarlo, el resto iluminará el plano vertical a la dirección incidente a dicho punto.



Componentes de la iluminancia en un punto

$$E_H = \frac{I \cdot \cos \alpha}{d^2}$$

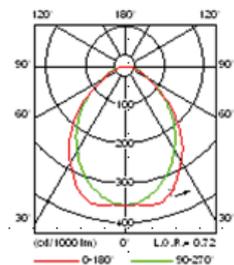
$$E_v = \frac{I \cdot \sin \alpha}{d^2} = E_H \cdot \tan \alpha$$

La iluminancia tendrá dos componentes, Horizontal ( $E_H$ ) y Vertical ( $E_v$ ). La componente **Horizontal** se utilizará para conocer la distribución de la iluminancia sobre el **plano de trabajo**; la **Vertical** para necesidades de iluminación en que se precise un buen modelado de los objetos (deportes, escaparates, etc.) o iluminar objetos en posición vertical (obras de arte, fachadas, etc.)

Para realizar el cálculo será preciso conocer previamente:

- Características fotométricas de las lámparas y luminarias empleadas.
- Disposición en el plano del local.
- Altura sobre el plano de trabajo.

Cuantos más puntos de cálculo se realicen, más preciso será el cálculo.



### Tema 3: ALUMBRADO DE INTERIOR

#### 2. Métodos de Cálculo de alumbrado de Interior: Método de los Lúmenes

### 2. Métodos de Cálculo de alumbrado de Interior

#### 2.2. Métodos del Punto a Punto / 2.2.1. Proceso de Cálculo.

La iluminancia Horizontal en un punto se calculará como la suma de la componente directa más la indirecta:

$$E = E_{Directa} + E_{Indirecta}$$

#### Componente DIRECTA:

Se distinguen los cálculos para:

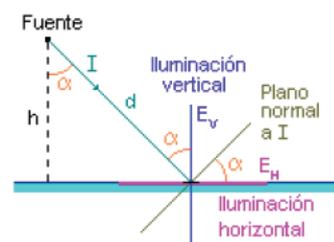
- Fuentes de luz puntuales
- Fuentes de luz lineales de longitud infinita

#### Fuentes de Luz Puntuales:

Son lámparas incandescentes y de descarga que NO sean tubos fluorescentes.

Siendo:

- I: Intensidad luminosa (se obtiene de los diagramas polares de las luminarias).
- h: Altura de la lámpara al plano de trabajo



$$E_H = \frac{I \cdot \cos^3 \alpha}{h^2}$$

$$E_v = \frac{I \cdot \cos^2 \alpha \cdot \sin \alpha}{h^2}$$

Si un punto está iluminado por más de una lámpara su iluminancia total será la suma de las iluminancias recibidas.

## Tema 3: ALUMBRADO DE INTERIOR

### 2. Métodos de Cálculo de alumbrado de Interior: Método de los Lúmenes

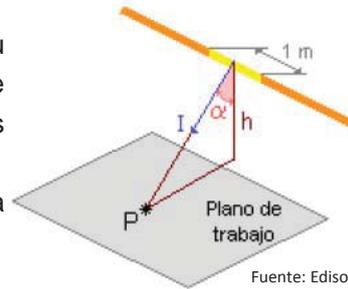
#### 2. Métodos de Cálculo de alumbrado de Interior

##### 2.2. Métodos del Punto a Punto / 2.2.1. Proceso de Cálculo.

###### Fuentes de Luz Lineales de longitud Infinita:

Una fuente de luz lineal es infinita, si su longitud es mucho mayor que la altura de montaje (hilera continua de tubos fluorescentes).

En los extremos de la hilera el valor de la luminancia será la mitad.



$$E_H = \frac{\pi \cdot I}{2h} \cdot \cos^2 \alpha$$
$$E_V = \frac{\pi \cdot I}{2h} \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha$$

Fuente: Edison-UPC

La intensidad luminosa se obtiene de las curvas de intensidad luminosa de la luminaria referida a 1,0 m de longitud de la fuente de luz.

En el caso de tubos fluorescentes desnudos, la I se calcula a partir del flujo luminoso por metro:

$$I = \frac{\Phi}{9,25}$$

239

## Tema 3: ALUMBRADO DE INTERIOR

### 2. Métodos de Cálculo de alumbrado de Interior: Método de los Lúmenes

#### 2. Métodos de Cálculo de alumbrado de Interior

##### 2.2. Métodos del Punto a Punto / 2.2.1. Proceso de Cálculo.

###### Ejemplo de cálculo de la iluminancias:

Iluminación directa de una luminaria sobre una mesa redonda:

- Altura de esta sobre el plano de trabajo:  $H = 1,5 \text{ m}$
- Radio de la mesa:  $d = 0,6 \text{ m}$
- Tipo de luminaria: INTERIOR, montaje suspendido
- Tipo de lámpara: Vapor de Sodio Blanca Alta presión (SDW) de Pn-Lámpara = 50 W (65 W)
- Flujo luminoso del sistema: 1610 lm
- Iluminancia mínima requerida: 200 lux



<b>Producto</b>	<b>Especificaciones Técnicas</b>
<b>Luminaria seleccionada</b>	Flujo de la lámp.: 2300 lm
<b>Nombre Referencia</b>	L.O.R.: 0.70
<b>SPK630 1xSDW-T50W M-D325</b>	<b>Flujo del sistema:</b> 1610 lm
	Pot. Del sistema: 65 W
	AlxD: 0.80x0.42 m
	Balasto
	CONV
	Color
	825

240

## Tema 3: ALUMBRADO DE INTERIOR

### 2. Métodos de Cálculo de alumbrado de Interior: Método de los Lúmenes

#### 2. Métodos de Cálculo de alumbrado de Interior

##### 2.2. Métodos del Punto a Punto / 2.2.1. Proceso de Cálculo.

###### Pasos:

###### 1º: Determinar el ángulo :

Ángulo de incidencia entre el haz de luz sobre un punto determinado y el eje vertical que pasa por la luminaria.

$$\alpha = \arctg \frac{d}{H} = \arctg \frac{0,6}{1,5} = 21,8^\circ$$

###### 2º: Determinar el flujo luminoso "I":

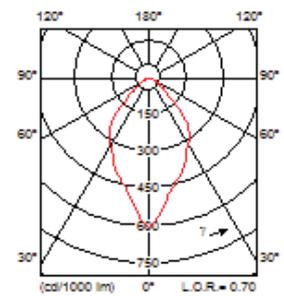
Intensidad del flujo luminoso según la dirección del punto a la fuente.

Depende de las características de la lámpara y la luminaria elegida

Tipo de luminaria: INTERIOR, montaje suspendido

Tipo de lámpara: Vapor de Sodio Blanco Alta presión (SDW) de Pn-Lámpara = 50 W (65 W)

Flujo luminoso del sistema: 1610 lm



241

## Tema 3: ALUMBRADO DE INTERIOR

### 2. Métodos de Cálculo de alumbrado de Interior: Método de los Lúmenes

#### 2. Métodos de Cálculo de alumbrado de Interior

##### 2.2. Métodos del Punto a Punto / 2.2.1. Proceso de Cálculo.

###### Pasos:

###### 2º: Determinar el flujo luminoso "I" :

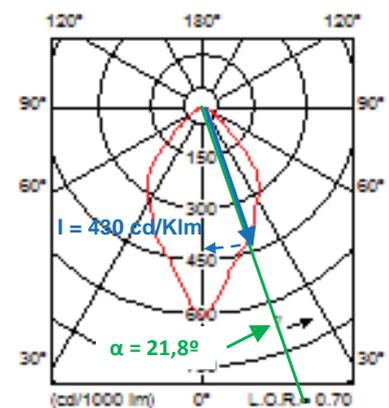
Sobre el diagrama polar de la luminaria se traslada el ángulo de incidencia del haz luminoso sobre el punto de cálculo elegido

El punto de corte de la línea que define el ángulo con la curva de intensidad lumínica característica, proporciona el valor de la Intensidad para el punto de cálculo seleccionado.

$$I_{\text{gráfico}} = 430 \text{ cd/Klm}$$

El flujo de la lámpara es de 3200 lm, pero el del sistema (luminaria + lámpara es de 1610 lm, (debido al difusor, etc.)

$$\text{La Intensidad real será: } I_{\text{real}} = I_{\text{gráfico}} \cdot \frac{\Phi}{\text{Klm}} = 430 \cdot \frac{1610}{1000} = 692,3 \text{ cd}$$



242

## Tema 3: ALUMBRADO DE INTERIOR

### 2. Métodos de Cálculo de alumbrado de Interior: Método de los Lúmenes

#### 2. Métodos de Cálculo de alumbrado de Interior

##### 2.2. Métodos del Punto a Punto / 2.2.1. Proceso de Cálculo.

Pasos:

###### 3º: Determinar la Iluminancia directa E:

El nivel de iluminación horizontal o vertical sobre un punto de la superficie de estudio se expresará en lux.

$$\text{Iluminancia Horizontal: } E_H = \frac{I_{real} \cdot \cos^3 \alpha}{H^2} = \frac{692,3 \cdot \cos^3(21,8^\circ)}{1,5^2} = 246,3 \text{ lux}$$

$$\text{Iluminancia Vertical: } E_V = \frac{I_{real} \cdot \cos^2 \alpha \cdot \sin \alpha}{H^2} = 98,5 \text{ lux}$$

$$\text{Iluminancia Directa: } E = \sqrt{E_H^2 + E_V^2} = 265,2 \text{ lux} > 200 \text{ lux}$$

El nivel de iluminación sobre la mesa es mayor que el mínimo requerido, lo que implica que tanto la lámpara elegida como la altura de montaje son adecuados.

243

## Tema 3: ALUMBRADO DE INTERIOR

### 2. Métodos de Cálculo de alumbrado de Interior: Método de los Lúmenes

#### 2. Métodos de Cálculo de alumbrado de Interior

##### 2.2. Métodos del Punto a Punto / 2.2.1. Proceso de Cálculo.

###### Componente INDIRECTA o REFLEJADA EN UN PUNTO:

Para el cálculo de la componente indirecta se supone que la distribución luminosa de la luz reflejada es uniforme en todas las superficies del local, incluido el plano de trabajo.

La iluminancia indirecta vendrá determinada por:

$$E_{Indirecta} = E_{Ind.-H} = E_{Ind.-V} = \frac{\Phi}{F_T} \cdot \frac{\rho_m}{1 - \rho_m}$$

Siendo:

- $F_T = \sum F_i$  Suma de todas las superficies del local.
- $\Phi$  Flujo luminoso de la lámpara / luminaria.
- $\rho_m$  Es la reflectancia media de las superficies del local calculada según:

$$\rho_m = \frac{\sum_n (\rho_i \cdot F_i)}{\sum_n F_i}$$

244

### 3. Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación, CTE HE 3

- 3.1. Ámbito de aplicación
- 3.2. Procedimiento de verificación
- 3.3. Eficiencia energética de la instalación, VEEI
- 3.4. Sistemas de control y regulación
- 3.5. Cálculos
- 3.6. Equipos
- 3.7. Mantenimiento y conservación

245

### 3. Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación, CTE HE 3

Este punto se corresponde con las directrices impuestas por el **CTE** (Código Técnico de la Edificación), en su Documento **Básico HE** de Ahorro Energético. RD 314/2006 del Ministerio de la Vivienda (BOE 28/3/06)

En concreto con la **Sección HE 3: EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LAS INSTALACIONES DE ILUMINACIÓN.**

#### 3.1. **Ámbito de aplicación**

##### **De aplicación en las instalaciones de iluminación interior en:**

- Edificios de nueva construcción.
- Rehabilitación de edificios existentes con una  $S_{\text{útil}} > 1000 \text{ m}^2$ , donde se renueve más del 25 % de la superficie iluminada.
- Reformas de locales comerciales y de edificios de uso administrativo en los que se renueve la instalación de iluminación.

##### **Se excluye del ámbito de aplicación:**

- Edificios y monumentos con valor histórico o arquitectónico reconocido cuando pueden alterar su aspecto.
- Construcciones provisionales con un plano previsto de utilización  $\leq 2$  años.
- Instalaciones industriales, talleres y edificios agrícolas no residenciales.
- Edificios independientes con una  $S_{\text{total}} < 50 \text{ m}^2$ .
- Interiores de viviendas.
- Alumbrados de emergencia.

246

## Tema 3: ALUMBRADO DE INTERIOR

### 3. Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación, CTE HE 3

#### 3. Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación, CTE HE 3

##### 3.2. Procedimiento de verificación

Se seguirá la siguiente secuencia de verificación:

- **Cálculo del Valor de Eficiencia Energética de la Instalación (VEEI)** en cada zona, constatando que no se superan los valores límite consignados en la Tabla 2.1. del apartado 2.1.
- Comprobación de la **existencia de un sistema de control y, en su caso, de regulación** que optimice el aprovechamiento de la luz natural, cumpliendo lo dispuesto en el apartado 2.2.
- Verificación de la existencia de un **Plan de Mantenimiento**, que cumpla con lo dispuesto en el apartado 5.

##### 3.3. Eficiencia Energética de la Instalación, VEEI

La Eficiencia Energética de la Instalación de iluminación de una zona se determinará mediante el Valor de Eficiencia Energética de la Instalación, VEEI (W/m<sup>2</sup>) por cada 100 lux, mediante la siguiente expresión:

$$VEEI = \frac{P \cdot 100}{S \cdot E_m}$$

Siendo:

**P:** Potencia total instalada en lámparas más los equipos auxiliares (W).

**S:** Superficie iluminada (m<sup>2</sup>)

**Em:** Iluminancia media horizontal mantenida (lux)

247

## Tema 3: ALUMBRADO DE INTERIOR

### 3. Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación, CTE HE 3

#### 3. Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación, CTE HE 3

##### 3.3. Eficiencia Energética de la Instalación, VEEI

Tabla de valores VEEI límite en recintos interiores, considerando la iluminación general y la iluminación de acento, pero no la de escaparates y zonas expositivas.

Tabla 2.1. Valores límite de eficiencia energética de la instalación

Grupo	Zonas de actividad diferenciada	VEEI límite
1 Zonas de no representación	Administrativo en general	3,5
	Andenes de estaciones de transporte	3,5
	Salas de diagnóstico (4)	3,5
	Pabellones de exposición o ferias	3,5
	Aulas y laboratorios (2)	4,0
	Habitaciones de hospital (3)	4,5
	Zonas comunes (1)	4,5
	Almacenes, archivos, salas técnicas y cocinas	5
	Aparcamientos	5
	Espacios deportivos (5)	5
	Recintos interiores asimilables a grupo 1 no descritos en la lista anterior	4,5
	2 Zonas de representación	Administrativo en general
Estaciones de transporte (6)		6
Supermercados, hipermercados y grandes almacenes		6
Bibliotecas, museos y galerías de arte		6
Zonas comunes en edificios residenciales		7,5
Centros Comerciales (excluidas tiendas) (9)		8
Hostelería y restauración (8)		10
Religioso en general		10
Salones de actos, auditorios y salas de usos múltiples y convenciones, salas de ocio o espectáculo, salas de reuniones y salas de conferencias (7)		10
Tiendas y pequeño comercio		10
Zonas comunes (1)		10
Habitaciones de hoteles, hostales, etc.		12
Recintos interiores asimilables a grupo 2 no descritos en la lista anterior		10

248

Fuente: Philips

## Tema 3: ALUMBRADO DE INTERIOR

### 3. Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación, CTE HE 3

#### 3. Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación, CTE HE 3

##### 3.3. Eficiencia Energética de la Instalación, VEEI

Comprobación del Ejemplo de cálculo – 1; pag. 57 a 67)

Tabla 2.1. Valores límite de eficiencia energética de la instalación

Grupo	Zonas de actividad diferenciada	VEEI límite	
1 Zonas de no representación	Administrativo en general	3,5	
	Andenes de estaciones de transporte	3,5	
	Salas de diagnóstico (4)	3,5	
	Pabellones de exposición o ferias	3,5	
	Aulas y laboratorios (2)	4,0	
	Habitaciones de hospital (3)	4,5	
	Zonas comunes (1)	4,5	
	Almacenes, archivos, salas técnicas y cocinas	5	
	Aparcamientos	5	
	Espacios deportivos (5)	5	
	Recintos interiores asimilables a grupo 1 no descritos en la lista anterior	4,5	
	2 Zonas de representación	Administrativo en general	6
		Estaciones de transporte (6)	6
Supermercados, hipermercados y grandes almacenes		6	
Bibliotecas, museos y galerías de arte		6	
Zonas comunes en edificios residenciales		7,5	
Centros Comerciales (excluidas tiendas) (9)		8	
Hostelería y restauración (8)		10	
Religioso en general		10	
Salones de actos, auditorios y salas de usos múltiples y convenciones, salas de ocio o espectáculo, salas de reuniones y salas de conferencias (7)		10	
Tiendas y pequeño comercio		10	
Zonas comunes (1)		10	
Habitaciones de hoteles, hostales, etc.		12	
Recintos interiores asimilables a grupo 2 no descritos en la lista anterior		10	

Fuente: Philips

$$VEEI = \frac{P \cdot 100}{S \cdot E_m}$$

$$P = 28 \text{ luminarias} \cdot 4 \text{ lámp} \cdot \frac{36W}{\text{lámp}} + 10\% \text{ Balasto} = 4435,2 W$$

$$VEEI = \frac{4435,2 \cdot 100}{(25 \cdot 12) \cdot 639 \text{ lux}} = 2,31 < 3,5$$

249

## Tema 3: ALUMBRADO DE INTERIOR

### 3. Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación, CTE HE 3

#### 3. Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación, CTE HE 3

##### 3.4. Sistemas de control y regulación

###### Sistema de regulación y control:

Los sistemas de regulación y control son equipos que permiten una optimización de la gestión de la iluminación.

En el conjunto de dispositivos, cableados y componentes destinados a **controlar de forma automática o manual el encendido y apagado o el flujo luminoso** de una instalación de iluminación se distinguen **4 tipos fundamentales**:

1. Regulación y control **bajo demanda** del usuario, por interruptor manual, pulsador, potenciómetro o mando a distancia.
2. Regulación de la iluminación artificial según **aporte de luz natural** por ventanas, cristaleras, lucernarios o claraboyas.
3. Control de encendido y apagado **según presencia** en la zona.
4. Regulación y control por sistemas de **control centralizados**

Los equipos de regulación y control **más utilizados** comúnmente son:

1. Detectores de presencia
2. Temporizadores
3. Sensores de luz natural
4. Relojes programadores

## Tema 3: ALUMBRADO DE INTERIOR

### 3. Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación, CTE HE 3

#### 3. Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación, CTE HE 3

##### 3.4. Sistemas de control y regulación

Las instalaciones de iluminación dispondrán para cada zona, un sistema de regulación y control con las siguientes condiciones:

- Toda zona dispondrá al menos de un **Sistema de Encendido y Apagado Manual**, cuando no disponga de otro sistema de control, no aceptándose los sistemas de encendido y apagado en cuadros eléctricos como único sistema de control.

Las **zonas de uso esporádico** dispondrán de un control de encendido y apagado por sistemas de detección de presencia y/o sistemas de temporización.



Fuente: Fabricante

- Se instalarán **sistemas de aprovechamiento de la luz natural**, que regulen el nivel de iluminación en función del aporte de la luz natural, en la primera línea paralela de luminarias situadas a una distancia inferior a 3 m de la ventana, y en todas las situadas bajo un lucernario, en los siguientes casos:

251

## Tema 3: ALUMBRADO DE INTERIOR

### 3. Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación, CTE HE 3

#### 3. Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación, CTE HE 3

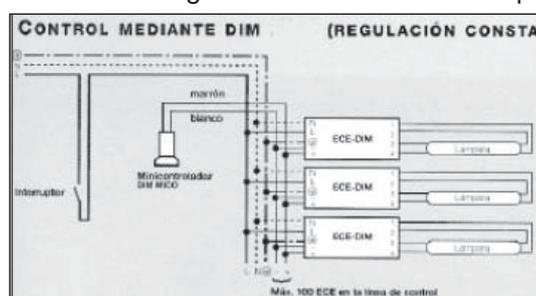
##### 3.4. Sistemas de control y regulación

###### Sistema de aprovechamiento de la luz natural

Conjunto de dispositivos, cableados y componentes destinados a controlar de forma automática el flujo luminoso de una instalación de iluminación, en función del flujo luminoso aportado a la zona por la luz natural, de tal forma que ambos flujos aporten un nivel de iluminación fijado en un punto, donde se encontraría el sensor de luz.

Se distinguen 2 tipos de regulación fundamentales:

- Regulación **TODO / NADA**: La iluminación o se enciende o se apaga por debajo o por encima de un nivel de iluminación prefijado.
- Regulación **PROGRESIVA**: La iluminación se va ajustando progresivamente según el aporte de luz natural hasta conseguir el nivel de iluminación prefijado.



252

Fuente: Internet

## Tema 3: ALUMBRADO DE INTERIOR

### 3. Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación, CTE HE 3

---

#### 3. Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación, CTE HE 3

##### 3.4. Sistemas de control y regulación

###### **Sistema de detección de presencia:**

Conjunto de dispositivos, cableados y componentes destinados a controlar de forma automática el encendido y apagado de una instalación de iluminación en función de la presencia o no de personas en la zona.

Se distinguen 4 tipos fundamentales:

1. Infrarrojos (PIR).
2. Acústicos por ultrasonidos.
3. Por microondas.
4. Híbrido de los anteriores.



Fuente: Fabricante

###### **Sistema de Temporización:**

Conjunto de dispositivos, cableados y componentes destinados a controlar de forma automática el apagado de una instalación de iluminación en función del tiempo prefijado.



253

## Tema 3: ALUMBRADO DE INTERIOR

### 3. Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación, CTE HE 3

---

#### 3. Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación, CTE HE 3

##### 3.4. Sistemas de control y regulación

###### **Infrarrojos; Sensores de tecnología PIR (Infrarrojos pasivos):**

Los detectores PIR reaccionan solo ante determinadas fuentes de energía tales como el cuerpo humano (captan la presencia mediante la detección de diferencia de calor entre el calor emitido por el cuerpo y el espacio colindante).

Los sensores PIR utilizan una lente de Fresnel que distribuye los rayos infrarrojos en diferentes radios o zonas, mediante la variación de la longitud y la inclinación para controlar la totalidad de la zona de cobertura.

Cuando detectan un cambio de temperatura activan el sistema de regulación.



254

## Tema 3: ALUMBRADO DE INTERIOR

### 3. Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación, CTE HE 3

---

#### 3. Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación, CTE HE 3

##### 3.4. Sistemas de control y regulación

###### **Acústicos por ultrasonidos, (sensores de tecnología ultrasónica):**

Los sensores ultrasónicos son sensores de movimiento volumétricos que utilizan la tecnología Doppler.

Emiten ondas de sonido ultrasónico hacia el área a controlar, las cuales rebotan en los objetos y regresan al receptor del detector.

El movimiento de una persona en el área de cobertura provoca que las ondas de sonido regresen con una frecuencia distinta a la emitida lo cual es detectado por el sensor lo que provoca la activación / desactivación de la instalación de alumbrado.

Dado que la cobertura ultrasónica puede “ver” a través de las puertas y cerramientos, es necesario que su ubicación sea la adecuada para evitar detecciones no deseadas.



Fuente: Fabricante

255

## Tema 3: ALUMBRADO DE INTERIOR

### 3. Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación, CTE HE 3

---

#### 3. Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación, CTE HE 3

##### 3.4. Sistemas de control y regulación

###### **Sensores Híbridos, tecnología Dual**

Combinan la tecnología PIR (infrarroja) y la Ultrasónica, proporcionando así el control de la iluminación en áreas donde los sensores de una sola tecnología pueden presentar deficiencias en la detección.

###### **Sistemas de aprovechamiento de la luz natural**

Son sistemas automáticos que regulan la cantidad de luz artificial que la instalación de alumbrado emite en función del aporte de luz natural existente.

Evita el funcionamiento TODO / NADA de las luminarias, el cual en muchas ocasiones es innecesario, molesto y supone un gasto energético injustificado; realizando una regulación de las luminarias para que en todo momento proporcionen el nivel de luz necesario.

Precisan el uso de balastos electrónicos regulables.

Existen dos tecnologías generalizadas:

- Tecnología de control 1V-10V
- Tecnología de Protocolo DALI

256

## Tema 3: ALUMBRADO DE INTERIOR

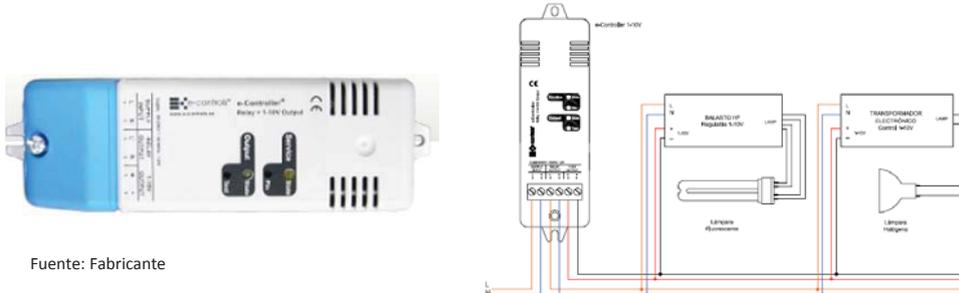
### 3. Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación, CTE HE 3

## 3. Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación, CTE HE 3

### 3.4. Sistemas de control y regulación

#### Tecnología de control 1V-10V

- Permite la activación de balastos electrónicos.
- Está muy difundida en instalaciones de iluminación de baja complejidad.
- El ajuste de la regulación se realiza mediante la transmisión a través de un cable de control propio. El balasto regula la potencia de la luminaria
- Permite la agrupación de luminarias mediante circuitos eléctricos.
- Si el uso inicialmente preestablecido se modifica, es necesario realizar una nueva disposición del cableado de regulación y control.
- No permite el retorno de “información” para la detección de lámparas que no funcionan.



257

## Tema 3: ALUMBRADO DE INTERIOR

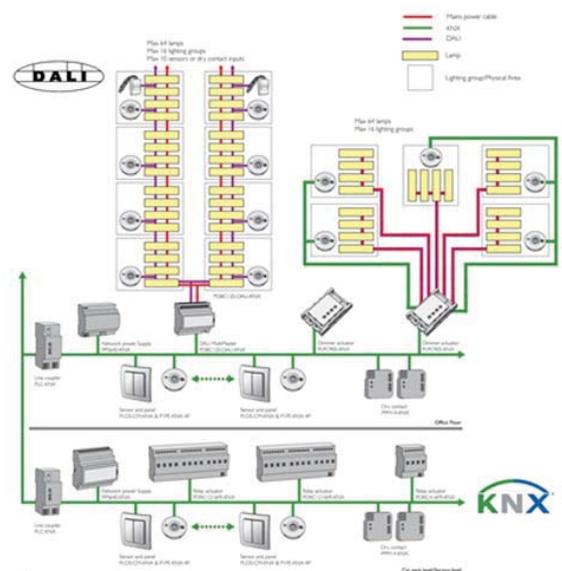
### 3. Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación, CTE HE 3

## 3. Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación, CTE HE 3

### 3.4. Sistemas de control y regulación

#### Tecnología de Protocolo DALI (Digital Addressable Lighting Interface)

- Es propio de cada fabricante y permite la regulación digital de los balastos electrónicos y las luminarias dotadas con esta tecnología.
- Funcionalidades:
  - Conexión (ON/OFF)
  - Preestablecer valores de niveles de iluminación.
  - Tiempos de conexión/desconexión de áreas de alumbrado (escenas).
  - Control individual o en grupo de luminarias.
  - Regulación sincronizada de todos sus componentes
  - Control simultaneo de todos los aparatos
  - Establecer límites de regulación (MAX / MIN.)
  - Confirmación del estado del aparato controlado (lámparas ON/OFF; Nivel de iluminación; Fallo de lámpara o balasto)



258

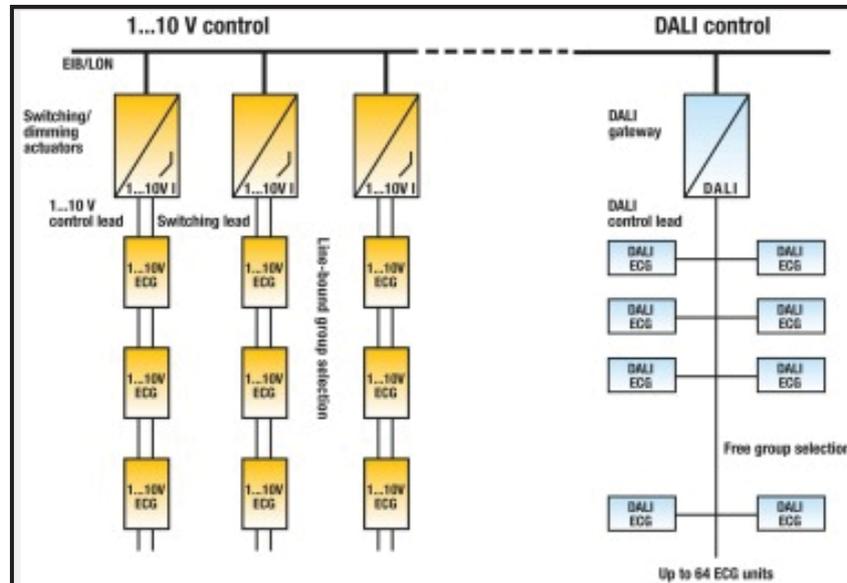
## Tema 3: ALUMBRADO DE INTERIOR

### 3. Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación, CTE HE 3

#### 3. Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación, CTE HE 3

##### 3.4. Sistemas de control y regulación

Comparación Tecnología de Control 1V-10V con DALI



Fuente: Internet

259

## Tema 3: ALUMBRADO DE INTERIOR

### 3. Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación, CTE HE 3

#### 3. Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación, CTE HE 3

##### 3.4. Sistemas de control y regulación

###### Control centralizado

Son sistemas domóticos que permiten la gestión centralizada de todos los equipos automatizables de las instalaciones.

Está compuesto por detectores (células fotoeléctricas, detectores de presencia, etc.) y por una unidad central programable.

Las ventajas que este tipo de sistema de control supone son:

- Posibilidad de regulación, encendido / apagado, de zonas independientes mediante órdenes centrales manuales o automáticas.
- Modificación de los circuitos de encendido a nivel central sin necesidad de modificar la instalación eléctrica.
- Monitorización en tiempo real del estado de los circuitos, los equipos, los consumos, etc.

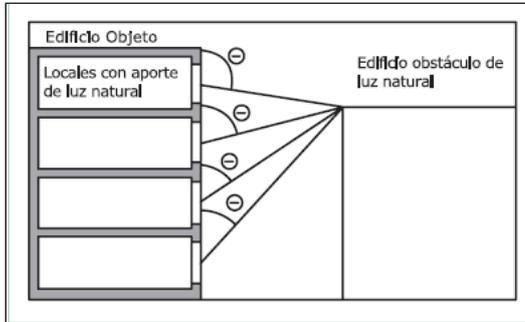
260

## Tema 3: ALUMBRADO DE INTERIOR

### 3. Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación, CTE HE 3

#### 3. Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación, CTE HE 3

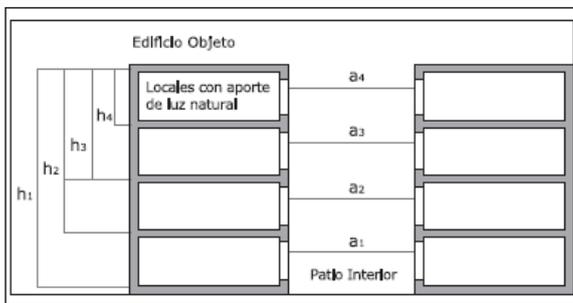
##### 3.4. Sistemas de control y regulación



##### Exterior

Zonas con cerramientos acristalados al exterior y cumplan simultáneamente:

- $\theta > 65^\circ$  (Ángulo desde el punto medio del acristalamiento a la máxima cota del edificio obstáculo)
- $T (A_w/A) > 0,11$ 
  - $T$  coef. Transmisión luminosa del vidrio
  - $A_w$  área acristalada de la ventana ( $m^2$ )
  - $A$  área total interior (suelo + techo + paredes + ventanas) ( $m^2$ )



Patios no cubiertos

##### Patios

Zonas con cerramientos acristalados a patios o atrios y cumplan simultáneamente:

##### Patios no cubiertos

- $a_i = 2 h_i$ 
  - $h_i$  distancia entre el suelo de la planta de estudio
  - $a_i$  anchura del patio
- $T (A_w/A) > 0,11$

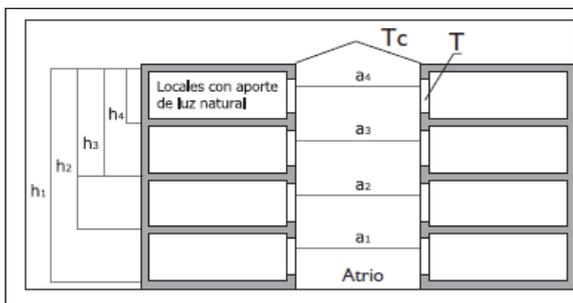
261

## Tema 3: ALUMBRADO DE INTERIOR

### 3. Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación, CTE HE 3

#### 3. Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación, CTE HE 3

##### 3.4. Sistemas de control y regulación



Patios cubiertos

##### Patios cubiertos

Zonas con cerramientos acristalados a patios o atrios y cumplan simultáneamente:

##### Patios cubiertos con acristalamiento:

- $a_i > 2 / T_c \cdot h_i$ 
  - $T_c$  coef. Transmisión luminosa vidrio cerramiento patio.
- $T (A_w/A) > 0,11$

Quedan **excluidas de cumplir exigencias** anteriores las siguientes zonas de la tabla 2.1 de los Valores límite de eficiencia energética de las instalaciones:

- Zonas comunes en edificios residenciales.
- Habitaciones de hospital.
- Habitaciones de hoteles, hostales, etc.
- Tiendas y pequeño comercio.

262

## Tema 3: ALUMBRADO DE INTERIOR

### 3. Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación, CTE HE 3

---

#### 3. Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación, CTE HE 3

##### 3.5. Cálculos

###### Datos previos

Para determinar el cálculo y las soluciones luminotécnicas de las instalaciones de alumbrado interior, se tendrán en cuenta parámetros tales como:

###### **Propios de la utilización de la instalación.**

- Uso al que se destina la zona a iluminar.
- Tipo de tarea visual a realizar.
- Las necesidades de luz y del usuario del local.

###### **Propios de las características del local**

- Índice K del local o dimensiones del espacio (longitud, anchura y altura útil).
- Reflectancias de las paredes, techo y suelo de la sala.
- Características y tipo de techo.
- Condiciones de la luz natural
- Tipo de acabado y decoración.
- Mobiliario previsto

263

## Tema 3: ALUMBRADO DE INTERIOR

### 3. Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación, CTE HE 3

---

#### 3. Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación, CTE HE 3

##### 3.5. Cálculos

###### Método de cálculo

Podrá utilizarse **cualquier método de cálculo** del que como mínimo se obtengan los siguientes resultados para cada zona:

- **VEEI**, Valor de la Eficiencia Energética de la Instalación.
- **Em**, Iluminancia media horizontal mantenida en el plano de trabajo.
- **UGR**, Índice de deslumbramiento unificado para el observador.

Se incluirán los valores del índice de rendimiento de color (**Ra**) y de las **potencias** de los conjuntos lámpara + equipo auxiliar utilizados en el cálculo.

El cálculo podrá ser manual o mediante el uso de programas de cálculo.

264

## Tema 3: ALUMBRADO DE INTERIOR

### 3. Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación, CTE HE 3

#### 3. Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación, CTE HE 3

##### 3.6. Equipos

- Las lámparas, equipos auxiliares y resto de dispositivos cumplirán lo dispuesto en la normativa específica para cada tipo de material.

**Lámparas fluorescentes** cumplirán los valores admitidos por el RD 838/2002, 2 de Agosto, por el que se establecen los **requisitos de eficiencia energética de los balastos de lámparas fluorescentes**.

- Las **lámparas utilizadas tendrán limitadas la pérdidas de sus equipos auxiliares**, por lo que el conjunto lámpara + equipo auxiliar no superarán lo indicado en:

Potencia Nominal de lámpara (W)	Potencia total del conjunto (W)		
	Vapor de mercurio	Vapor de sodio de alta presión	Vapor halogenuros metálicos
50	60	62	—
70	—	84	84
80	92	—	—
100	—	116	116
125	139	—	—
150	—	171	171
250	270	277	270 (2,15A) 277 (3A)
400	425	435	425 (3,5A) 435 (4,6A)

**NOTA:** Estos valores no se aplicarán a los balastos de ejecución especial tales como secciones reducidas o reactancias de doble nivel.

Potencia nominal de lámpara (W)	Potencia total del conjunto (W)
35	43
50	60
2x35	85
3x25	125
2x50	120

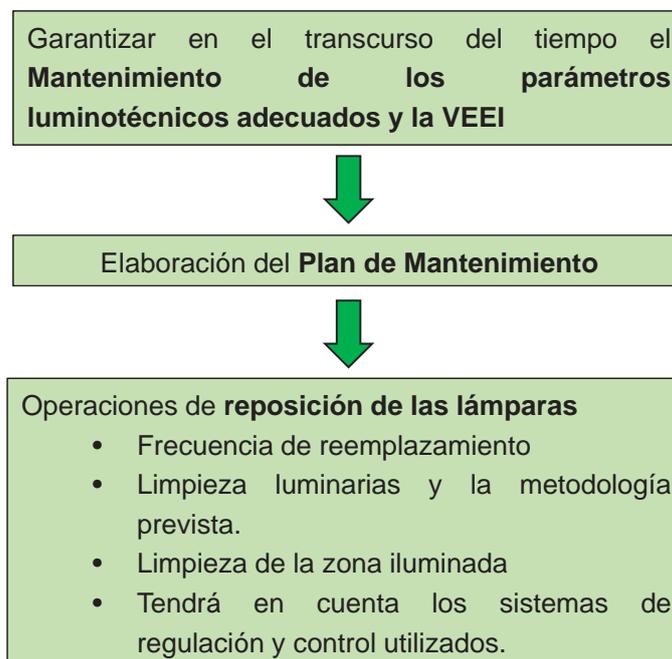
265

## Tema 3: ALUMBRADO DE INTERIOR

### 3. Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación, CTE HE 3

#### 3. Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación, CTE HE 3

##### 3.7. Mantenimiento y conservación



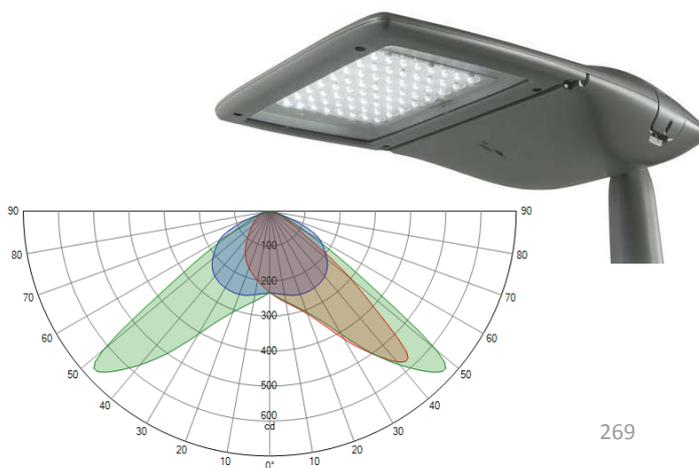
266

#### 4. Bibliografía

- Curso de Luminotécnica UPC.
- Manual de Alumbrado PHILIPS
- Manual de Alumbrado INDALUX
- Catálogos técnicos de fabricantes.
- Guía práctica de alumbrado eléctrico (Henry Graffigni)
- Luz, lámparas y luminarias (Carlos Jiménez)
- IDAE
- Legislación nacional

Nota legal: Las imágenes así como parte de la información contenidas en estos apuntes han sido recogidas de fuentes públicas y en algún caso anónimas de Internet y son en todo caso propiedad de sus autores..

# Tema 4: ALUMBRADO DE EXTERIORES: Alumbrado viario



269

### 1. CRITERIOS DE IMPLANTACIÓN Y CALIDAD

- 1.1. Objetivos
- 1.2. Criterios de implantación
- 1.3. Criterios de calidad. Selección de la clase de alumbrado
  - 1.3.1. Luminancia media
  - 1.3.2. Coeficiente de Uniformidad. Uniformidad de la luminancia
  - 1.3.3. Deslumbramiento, Limitación del deslumbramiento
  - 1.3.4. Coeficiente de iluminación en los alrededores, Factor de borde
  - 1.3.5. Tablas REEIAE

### 2. LUMINARIAS Y DISPOSICIÓN EN LA VÍA

- 2.1. Tipos de lámparas y luminarias
- 2.2. Disposición de las luminarias en la vía
- 2.3. Niveles de iluminación recomendados.

271

### 3. CÁLCULOS LUMINOTÉCNICOS DE ALUMBRADO EXTERIOR

- 3.1. Cálculo de Iluminancia
  - 3.1.1. Método del factor de utilización, Método de los lúmenes.
  - 3.1.2. Método de los nueve puntos.
- 3.2. Cálculo de la Luminancia

272

#### 1. CRITERIOS DE IMPLANTACIÓN Y CALIDAD

- 1.1. Objetivos
- 1.2. Criterios de implantación
- 1.3. Criterios de calidad. Selección de la clase de alumbrado
  - 1.3.1. Luminancia media
  - 1.3.2. Coeficiente de Uniformidad. Uniformidad de la luminancia
  - 1.3.3. Deslumbramiento, Limitación del deslumbramiento
  - 1.3.4. Coeficiente de iluminación en los alrededores, Factor de borde
  - 1.3.5. Tablas REEIAE

273

#### 1.1. OBJETIVO

Las instalaciones de alumbrado exterior viario destinadas a uso público y urbano tienen como principal objetivo el de iluminar las vías de circulación tanto urbanas como interurbanas.

El alumbrado público debe proporcionar las condiciones adecuadas de visibilidad para la conducción de vehículos, el paseo de viandantes y/o la observación del entorno.

#### 1.2. CRITERIOS DE IMPLANTACIÓN

Para determinar la correcta implantación de las instalaciones de alumbrado exterior viario deben considerarse una serie de factores que influyen de forma determinante.

Se establecen clasificaciones de las instalaciones del proyecto en función de:

- Tipos de usuarios
- Tipología de la vía, situación y trazado
- Puntos singulares, intersecciones, enlaces complicados y tramos especiales.
- Intensidad y composición del tráfico

Según **UNE-EN 13201** y el **Reglamento de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Exterior, REEIAE (RD 1890/2008 de 14 Nov)**

274

## Tema 4: ALUMBRADO DE EXTERIORES

### 1. CRITERIOS DE IMPLANTACIÓN Y CALIDAD

#### 1.2. CRITERIOS DE IMPLANTACIÓN

##### TIPOS DE USUARIOS

- M:** Tráfico Motorizado  
**S:** Vehículos de movimiento lento  
**C:** Ciclistas  
**P:** Peatones

##### TIPOLOGÍA DE VÍA, SITUACIÓN Y TRAZADO

Se establecen en función de la tipología de las vías a iluminar, las situaciones de proyecto y la Intensidad media de tráfico diario (IMD) las siguientes tablas: (fuente IDAE, REEIAE)

Clasificación	Tipo de vía	Velocidad del tráfico rodado (km/h)
A	de alta velocidad	$v > 60$
B	de moderada velocidad	$30 < v \leq 60$
C	carriles bici	--
D	de baja velocidad	$5 < v \leq 30$
E	vías peatonales	$v \leq 5$

275

## Tema 4: ALUMBRADO DE EXTERIORES

### 1. CRITERIOS DE IMPLANTACIÓN Y CALIDAD

#### 1.2. CRITERIOS DE IMPLANTACIÓN

Situaciones de proyecto	Tipos de vías	Clase de Alumbrado <sup>c</sup>
A1	<ul style="list-style-type: none"> <li>Carreteras de calzadas separadas con cruces a distinto nivel y accesos controlados (autopistas y autovías). Intensidad de tráfico Alta (IMD) <math>\geq 25.000</math>.....</li> <li>Media (IMD) <math>\geq 15.000</math> y <math>&lt; 25.000</math>.....</li> <li>Baja (IMD) <math>&lt; 15.000</math>.....</li> </ul>	ME1 ME2 ME3a
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Carreteras de calzada única con doble sentido de circulación y accesos limitados (vías rápidas). Intensidad de tráfico Alta (IMD) <math>&gt; 15.000</math>.....</li> <li>Media y baja (IMD) <math>&lt; 15.000</math>.....</li> </ul>	ME1 ME2
A2	<ul style="list-style-type: none"> <li>Carreteras interurbanas sin separación de aceras o carriles bici.</li> <li>Carreteras locales en zonas rurales sin vía de servicio. Intensidad de tráfico IMD <math>\geq 7.000</math>.....</li> <li>IMD <math>&lt; 7.000</math>.....</li> </ul>	ME1 / ME2 ME3a / ME4a
A3	<ul style="list-style-type: none"> <li>Vías colectoras y rondas de circunvalación.</li> <li>Carreteras interurbanas con accesos no restringidos.</li> <li>Vías urbanas de tráfico importante, rápidas radiales y de distribución urbana a distritos.</li> <li>Vías principales de la ciudad y travesía de poblaciones. Intensidad de tráfico y complejidad del trazado de la carretera. IMD <math>\geq 25.000</math>.....</li> <li>IMD <math>\geq 15.000</math> y <math>&lt; 25.000</math>.....</li> <li>IMD <math>\geq 7.000</math> y <math>&lt; 15.000</math>.....</li> <li>IMD <math>&lt; 7.000</math>.....</li> </ul>	ME1 ME2 ME3b ME4a / ME4b

**TABLA 2**  
Clases de Alumbrado para vías Tipo A

276

## Tema 4: ALUMBRADO DE EXTERIORES

### 1. CRITERIOS DE IMPLANTACIÓN Y CALIDAD

#### 1.2. CRITERIOS DE IMPLANTACIÓN

Situaciones de proyecto	Tipos de vías	Clase de Alumbrado <sup>(1)</sup>
B1	<ul style="list-style-type: none"> <li>Vías urbanas secundarias de conexión a urbanas de tráfico importante.</li> <li>Vías distribuidoras locales y accesos a zonas residenciales y fincas.</li> </ul>	ME2 / ME3c ME4b / ME5 / ME6
	Intensidad de tráfico IMD $\geq$ 7.000 ..... IMD $<$ 7.000 .....	
B2	<ul style="list-style-type: none"> <li>Carreteras locales en áreas rurales.</li> </ul>	ME2 / ME3b ME4b / ME5
	Intensidad de tráfico y complejidad del trazado de la carretera. IMD $\geq$ 7.000 ..... IMD $<$ 7.000 .....	

TABLA 3

Clases de Alumbrado para vías Tipo B

Situaciones de proyecto	Tipos de vías	Clase de Alumbrado <sup>(1)</sup>
C1	<ul style="list-style-type: none"> <li>Carriles bici independientes a lo largo de la calzada, entre ciudades en área abierta y de unión en zonas urbanas</li> </ul>	S1 / S2 S3 / S4
	Flujo de tráfico de ciclistas Alto ..... Normal .....	
D1 - D2	<ul style="list-style-type: none"> <li>Áreas de aparcamiento en autopistas y autovías.</li> <li>Aparcamientos en general.</li> <li>Estaciones de autobuses.</li> </ul>	CE1A / CE2 CE3 / CE4
	Flujo de tráfico de peatones Alto ..... Normal .....	
D3 - D4	<ul style="list-style-type: none"> <li>Calles residenciales suburbanas con aceras para peatones a lo largo de la calzada</li> <li>Zonas de velocidad muy limitada</li> </ul>	CE2 / S1 / S2 S3 / S4
	Flujo de tráfico de peatones y ciclistas Alto ..... Normal .....	

TABLA 4

Clases de Alumbrado para vías Tipo C y D

277

## Tema 4: ALUMBRADO DE EXTERIORES

### 1. CRITERIOS DE IMPLANTACIÓN Y CALIDAD

#### 1.2. CRITERIOS DE IMPLANTACIÓN

Situaciones de proyecto	Tipos de vías	Clase de Alumbrado <sup>(1)</sup>
E1	<ul style="list-style-type: none"> <li>Espacios peatonales de conexión, calles peatonales, y aceras a lo largo de la calzada.</li> <li>Paradas de autobús con zonas de espera</li> <li>Áreas comerciales peatonales.</li> </ul>	CE1A / CE2 / S1 S2 / S3 / S4
	Flujo de tráfico de peatones Alto ..... Normal .....	
E2	<ul style="list-style-type: none"> <li>Zonas comerciales con acceso restringido y uso prioritario de peatones.</li> </ul>	CE1A / CE2 / S1 S2 / S3 / S4
	Flujo de tráfico de peatones Alto ..... Normal .....	

TABLA 5

Clases de Alumbrado para vías Tipo C y D

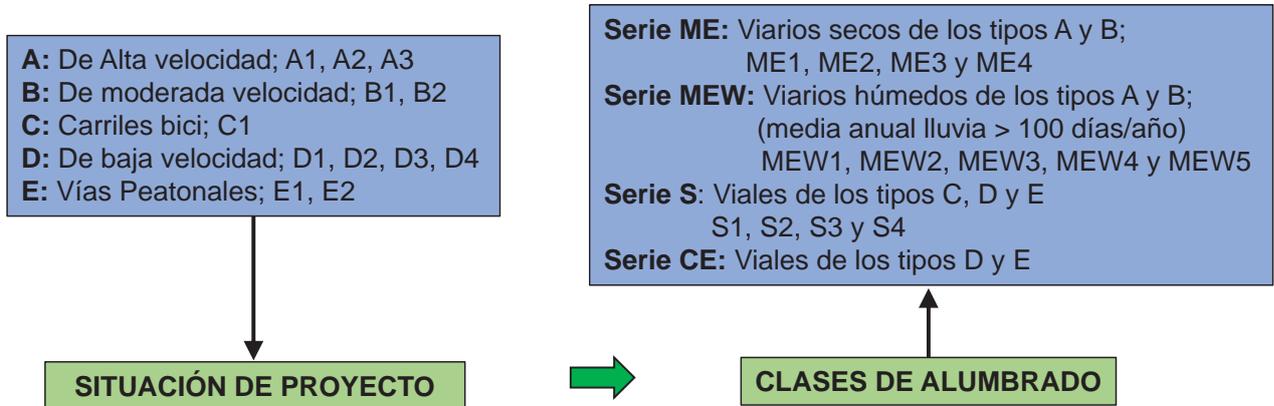
278

## Tema 4: ALUMBRADO DE EXTERIORES

### 1. CRITERIOS DE IMPLANTACIÓN Y CALIDAD

#### 1.3. CRITERIOS DE CALIDAD; SELECCIÓN DE LA CLASE DE ALUMBRADO

Establecida la situación del proyecto indicadas en las tablas anteriores, se debe seleccionar la Clase de Alumbrado .



Para que los usuarios sean capaces de utilizar con seguridad y de forma adecuada las vías (visualización de la carretera, localización y reconocimiento de la señalización viaria y posibles obstáculos) se establecen una serie de criterios de calidad .

Estos parámetros permiten seleccionar la clase de alumbrado que cubre las exigencias de cada situación de proyecto determinando si una instalación es adecuada y cumple con los requisitos necesarios de seguridad y visibilidad :

279

## Tema 4: ALUMBRADO DE EXTERIORES

### 1. CRITERIOS DE IMPLANTACIÓN Y CALIDAD

#### 1.3. CRITERIOS DE CALIDAD; SELECCIÓN DE LA CLASE DE ALUMBRADO

Criterios de Calidad

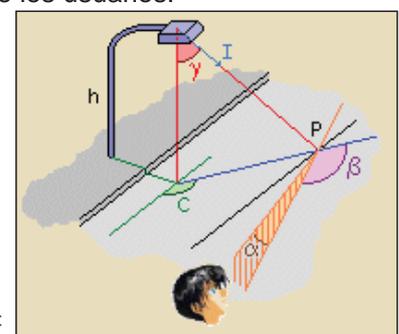
- **Luminancia media:** ( $L_m$ ).
- **Coefficientes de uniformidad**, Uniformidad de la luminancia, : ( $U_0, U_L$ )
- **Deslumbramiento**, Limitación del deslumbramiento: ( $TI, G$ )
- **Coefficiente de iluminación de los alrededores:** (SR)

##### 1.3.1. Luminancia Media ( $L_m$ / $cd/m^2$ )

La luminancia es la medida de la luz que llega a los ojos procedente de los objetos por la reflexión que sufre la iluminancia (E) cuando incide sobre la superficie de la calzada y sus alrededores. Es de gran importancia en la capacidad de visualización y el confort de los usuarios.

Para el cálculo de la iluminancia media, se considera que el observador se encuentra a 1,5 m sobre el nivel del firme y en el centro de cada carril y a una distancia de 60 m del punto de cálculo.

$$L = \frac{I(C, \gamma) \cdot r(\beta, \gamma)}{h^2} \quad \left( \frac{cd}{m^2} \right)$$



Fuente: Edison-UPC

## Tema 4: ALUMBRADO DE EXTERIORES

### 1. CRITERIOS DE IMPLANTACIÓN Y CALIDAD

#### 1.3. CRITERIOS DE CALIDAD; SELECCIÓN DE LA CLASE DE ALUMBRADO

##### 1.3.1. Luminancia Media ( $L_m$ / cd/m<sup>2</sup>)

El coeficiente  $r(\beta, \gamma)$  corresponde a las características del pavimento de los viales y está tabulado (matrices de reflexión de los pavimentos)

Clase	Tipo de reflexión	Límite de $S_1$	Valor normalizado $Q_0$
RI	Difusa	$S_1 < 0.42$	0.10
RII	Aproximadamente difusa	$0.42 \leq S_1 < 0.85$	0.07
RIII	Ligeramente brillante	$0.85 \leq S_1 < 1.35$	0.07
RIV	Brillante	$1.35 \leq S_1$	0.08

Clase	Tipo de reflexión	Límite de $S_1$	Valor normalizado $Q_0$
NI	Difusa	$S_1 < 0.28$	0.10
NII	Aproximadamente difusa	$0.28 \leq S_1 < 0.60$	0.07
NIII	Ligeramente brillante	$0.60 \leq S_1 < 1.30$	0.07
NIV	Brillante	$1.30 \leq S_1$	0.08

Clase	Tipo de reflexión	Límite de $S_1$	Valor normalizado $Q_0$
CI	Difusa	$S_1 < 0.4$	0.10
CII	Especular	$S_1 \geq 0.4$	0.07

Fuente: Edison-UPC, Bibliografía

Los valores de luminancia en la superficie del vial están tabulados para viales secos y húmedos de los tipos A y B. (Tablas 6 y 7, REEIAE)

281

## Tema 4: ALUMBRADO DE EXTERIORES

### 1. CRITERIOS DE IMPLANTACIÓN Y CALIDAD

#### 1.3. CRITERIOS DE CALIDAD; SELECCIÓN DE LA CLASE DE ALUMBRADO

##### 1.3.2. Coeficiente de Uniformidad, Uniformidad de la luminancia ( $U_0, U_L$ )

Como criterio de calidad y evaluación de la uniformidad de la iluminación en la vía se analiza el rendimiento visual en dos términos:

$U_0$ : Coeficiente de Uniformidad Global. Típicamente no debe ser inferior a 0,4.

$$U_0 = \frac{L_{\min}}{L_m}$$

$U_L$ : Coeficiente de Longitudinal de Uniformidad. Cuantifica la comodidad visual. Se mide a lo largo de la línea central de la calzada considerando que el observador mira en el sentido del tráfico.

$$U_L = \frac{L_{\min}}{L_{\max}}$$

Los valores de Uniformidad global y longitudinal en la superficie del vial están tabulados para viales secos y húmedos de los tipos A y B (Tablas 6 y 7, REEIAE)

##### 1.3.3. Deslumbramiento, Limitación del deslumbramiento ( $Tl, G$ )

El deslumbramiento esta causado por la presencia de fuentes luminosas (luminarias del propio vial o adyacentes o reflejos en la calzada) en el campo de visión del observador, siendo un problema considerable por las posibles repercusiones a las que puede dar lugar.

282

## Tema 4: ALUMBRADO DE EXTERIORES

### 1. CRITERIOS DE IMPLANTACIÓN Y CALIDAD

#### 1.3. CRITERIOS DE CALIDAD; SELECCIÓN DE LA CLASE DE ALUMBRADO

##### 1.3.3. Deslumbramiento, Limitación del deslumbramiento (TI, G)

El deslumbramiento, en si mismo es una sensación molesta que dificulta la visión, que en casos extremos puede provocar una ceguera transitoria.

Para evitar situaciones peligrosas se establecen criterios de calidad; así el deslumbramiento que un observador puede sufrir se dará en forma de deslumbramiento molesto o perturbador.

##### Deslumbramiento molesto o incomodidad (G):

Cuando la presencia de focos luminosos demasiado intensos en el campo de visión crea una sensación desagradable. Se encuentra tabulado mediante la escala numérica G obtenida mediante estudios estadísticos.

G	Deslumbramiento	Evaluación del alumbrado
1	Insoportable	Malo
3	Molesto	Inadecuado
5	Admisible	Regular
7	Satisfactorio	Bueno
9	Inapreciable	Excelente

Depende de las características de las luminarias y de la instalación (características del firme, etc.)

Se considera que si los límites del deslumbramiento perturbador (TI) no se exceden, lo límites del deslumbramiento molesto (G) están bajo control.

283

## Tema 4: ALUMBRADO DE EXTERIORES

### 1. CRITERIOS DE IMPLANTACIÓN Y CALIDAD

#### 1.3. CRITERIOS DE CALIDAD; SELECCIÓN DE LA CLASE DE ALUMBRADO

##### 1.3.3. Deslumbramiento, Limitación del deslumbramiento (TI, G)

##### Deslumbramiento perturbador o visibilidad reducida (TI):

Da lugar a la visión reducida por la aparición de un velo luminoso que provoca una visión borrosa, sin nitidez, con bajo contraste de la imagen y con dificultad de ver objetos pequeños.

El deslumbramiento desaparece cuando cesa la causa que lo provoca.

Para evaluar la perdida de visión se utilizan el Incremento de Umbral (TI), que se encuentra tabulado para viales secos y húmedos de los tipos A y B. (Tablas 6 y 7, REEIAE)

$$TI = 0,65 \cdot \frac{L_v}{\sqrt{L_m}}$$

$L_v$ : Luminancia de velo equivalente

$L_m$ : Luminancia media de la calzada

## Tema 4: ALUMBRADO DE EXTERIORES

### 1. CRITERIOS DE IMPLANTACIÓN Y CALIDAD

#### 1.3. CRITERIOS DE CALIDAD; SELECCIÓN DE LA CLASE DE ALUMBRADO

##### 1.3.4. Coeficiente de iluminación en los alrededores, Factor de borde (SR)

Mide la iluminación en las zonas limítrofes de la vía. De esta forma se asegura que los elementos presentes en estas zonas (objetos, vehículos y/o personas) sean visibles para los conductores.

El índice SR se obtiene calculando la iluminancia media en una franja de 5,0 m de ancho a cada lado de la calzada.



285

## Tema 4: ALUMBRADO DE EXTERIORES

### 1. CRITERIOS DE IMPLANTACIÓN Y CALIDAD

#### 1.3. CRITERIOS DE CALIDAD; SELECCIÓN DE LA CLASE DE ALUMBRADO

##### 1.3.5. Tablas REEIAE

Tabla 6: Series ME de clase de alumbrado para viales secos tipo A y B

Clase de Alumbrado	Luminancia de la superficie de la calzada en condiciones secas			Deslumbramiento Perturbador	Iluminación de alrededores
	Luminancia <sup>(4)</sup> Media $L_m$ (cd/m <sup>2</sup> ) <sup>(1)</sup>	Uniformidad Global $U_o$ [mínima]	Uniformidad Longitudinal $U_{\square}$ [mínima]	Incremento Umbral $TI$ (%) <sup>(2)</sup> [máximo]	Relación Entorno $SR$ <sup>(3)</sup> [mínima]
ME1	2,00	0,40	0,70	10	0,50
ME2	1,50	0,40	0,70	10	0,50
ME3a	1,00	0,40	0,70	15	0,50
ME3b	1,00	0,40	0,60	15	0,50
ME3c	1,00	0,40	0,50	15	0,50
ME4a	0,75	0,40	0,60	15	0,50
ME4b	0,75	0,40	0,50	15	0,50
ME5	0,50	0,35	0,40	15	0,50
ME6	0,30	0,35	0,40	15	Sin requisitos

Los valores LUMINANCIA dados pueden convertirse en valores de ILUMINANCIA, multiplicando los primeros por el coeficiente R (diapositiva 13) del pavimento utilizado, tomando un valor de 15 cuando este no se conozca.

286

## Tema 4: ALUMBRADO DE EXTERIORES

### 1. CRITERIOS DE IMPLANTACIÓN Y CALIDAD

#### 1.3. CRITERIOS DE CALIDAD; SELECCIÓN DE LA CLASE DE ALUMBRADO

##### 1.3.5. Tablas REEIAE

Tabla 7: Series MEW de clase de alumbrado para viales húmedos tipo A y B

Clase de Alumbrado	Luminancia de la superficie de la calzada en condiciones secas y húmedas				Deslumbramiento Perturbador	Iluminación de alrededores
	Calzada seca		Calzada húmeda			
	Luminancia <sup>(5)</sup> Media $L_m$ ( $\text{cd/m}^2$ ) <sup>(1)</sup>	Uniformidad Global $U_o$ [mínima]	Uniformidad Longitudinal $U_l$ <sup>(2)</sup> [mínima]	Uniformidad Global $U_o$ [mínima]	Incremento Umbral $TI$ (%) <sup>(3)</sup> [máximo]	Relación Entorno $SR$ <sup>(4)</sup> [mínima]
MEW1	2,00	0,40	0,60	0,15	10	0,50
MEW2	1,50	0,40	0,60	0,15	10	0,50
MEW3	1,00	0,40	0,60	0,15	15	0,50
MEW4	0,75	0,40	Sin requisitos	0,15	15	0,50
MEW5	0,50	0,35	Sin requisitos	0,15	15	0,50

Los valores LUMINANCIA dados pueden convertirse en valores de ILUMINANCIA, multiplicando los primeros por el coeficiente R (diapositiva 13) del pavimento utilizado, tomando un valor de 15 cuando este no se conozca.

287

## Tema 4: ALUMBRADO DE EXTERIORES

### 2. LUMINARIAS Y DISPOSICIÓN EN LA VÍA

#### 2. LUMINARIAS Y DISPOSICIÓN EN LA VÍA

- 2.1. Tipos de lámparas y luminarias
- 2.2. Disposición de las luminarias en la vía
- 2.3. Niveles de iluminación recomendados.

288

#### 2. LUMINARIAS Y DISPOSICIÓN EN LA VÍA

En este punto se van a tratar las principales características que deben tener las lámparas más utilizadas en la actualidad, así como los tipos y características más específicas de las luminarias empleadas en el alumbrado exterior, específicamente en el alumbrado público viario.

Se expondrán los tipos y criterios de disposición de las luminarias en las vías así como los niveles de iluminación recomendados.

##### 2.1. TIPOS DE LÁMPARAS Y LUMINARIAS

El tipo de lámparas más instaladas son las de descarga, principalmente las de Vapor de Sodio a Alta Presión (VSAP), aunque en la actualidad están siendo sustituidas por luminarias de LED's.



Fuente: Fabricante

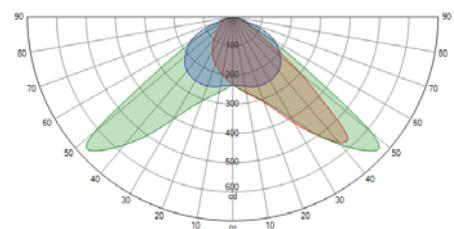
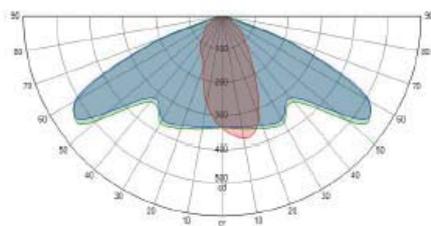
Las luminarias están destinadas a alojar y proteger la lámpara y los elementos auxiliares necesarios para su funcionamiento además de dirigir el flujo luminoso.

289

#### 2. LUMINARIAS Y DISPOSICIÓN EN LA VÍA

##### 2.1. TIPOS DE LÁMPARAS Y LUMINARIAS

En alumbrado público predominan luminarias de flujo asimétrico, con lo que se consigue mayor superficie iluminada sobre la calzada.



Modo de montaje:

- En báculos o columnas (con o sin brazo).
- Ancladas a la fachada (con o sin brazo)
- Suspendidas en catenarias.

Fuente: Socolec-Fabricante

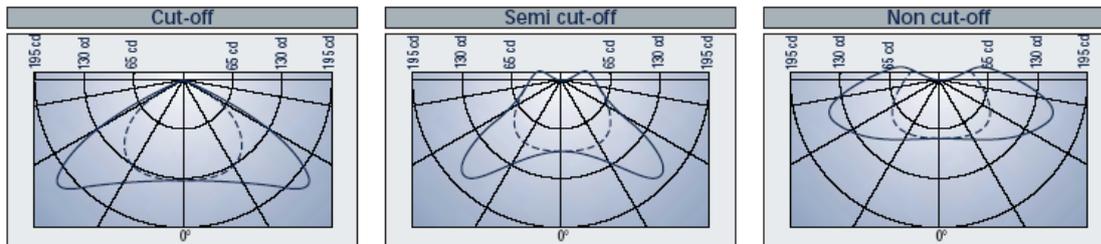
290

2. LUMINARIAS Y DISPOSICIÓN EN LA VÍA

2.1. TIPOS DE LÁMPARAS Y LUMINARIAS

PARÁMETROS DE CLASIFICACIÓN

Clasificación en desuso



Fuente: INDALUX

Clasificación CIE 1965

Se utilizan tres parámetros para la clasificación de las luminarias que dependen de las características fotométricas:

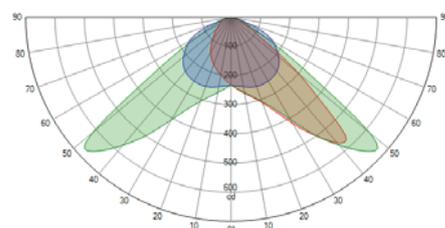
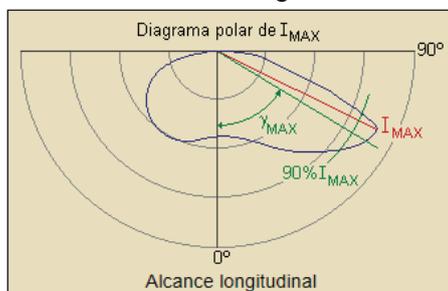
- **Alcance:** Informa sobre la distancia capaz de iluminar en dirección longitudinal
- **Dispersión:** Informa sobre la distancia capaz de iluminar en dirección transversal
- **Control:** Informa sobre el deslumbramiento.

2. LUMINARIAS Y DISPOSICIÓN EN LA VÍA

2.1. TIPOS DE LÁMPARAS Y LUMINARIAS

PARÁMETROS DE CLASIFICACIÓN

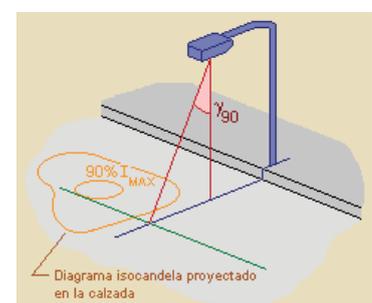
- **Alcance:** Es la distancia máxima definida por el ángulo  $\gamma_{\text{máx}}$  que la luminaria es capaz de iluminar en dirección longitudinal.



- **Dispersión:** Es la distancia máxima definida por el ángulo  $\gamma_{90}$  que la luminaria es capaz de iluminar en dirección transversal.

- **Control:** Informa sobre la capacidad de la luminaria de limitar el deslumbramiento.

Se mide por el índice **SLI** propio de la luminaria.



Fuente: Edison-UPC

2. LUMINARIAS Y DISPOSICIÓN EN LA VÍA

2.1. TIPOS DE LÁMPARAS Y LUMINARIAS

COMPARATIVA ENTRE UNA LÁMPARA DE VAPOR DE SODIO A ALTA PRESIÓN Y LED

Característica	Luminaria VSAP (250W)	Luminaria IM (100W)	Luminaria LED (120W)
Rendimiento de color (CRI Ra)	40	80	75
Temperatura de color (K)	2100 a 3500	4100 a 5500	2800 a 7000
Rendimiento luminoso (lm/Watt)	130	80	120
Factor de corrección por percepción visual	0.76	1.62	2
Rendimiento luminoso percibido (plm/Watt)	98.8	129.6	220
Coefficiente de iluminación (%)	70	90	99
Factor de mantenimiento	0.85	0.9	0.99
Vida útil promedio (hs)	25000	> 40000	> 50000
Degradación durante vida útil (%)	60	50	20
Parpadeo	Si	No	No
Flujo luminoso instantáneo	No	No	Si
Estabilización luego de encendido (minutos)	15	10	0
Efecto encendido/apagado sobre vida útil	Acortan	Sin efecto	Sin efecto
Temperatura máx. en funcionamiento (°C)	600	120	75
Sensible ante variación de tensión o frecuencia de red	Si	Si	No
Atracción de insectos	Alta	Media	No
Contaminación luminosa	Alta	Media	Muy baja
Círculo de control de tensión	Si	Si	Si
Círculo auxiliar para arranque	Si	No	No
Círculo auxiliar durante operación	Si	Si	No
Rendimiento energético (%)	40	80	90
Robustez mecánica	Media	Media	Muy alta

Fuente: Internet

2. LUMINARIAS Y DISPOSICIÓN EN LA VÍA

2.2. DISPOSICIÓN DE LAS LUMINARIAS EN LA VÍA

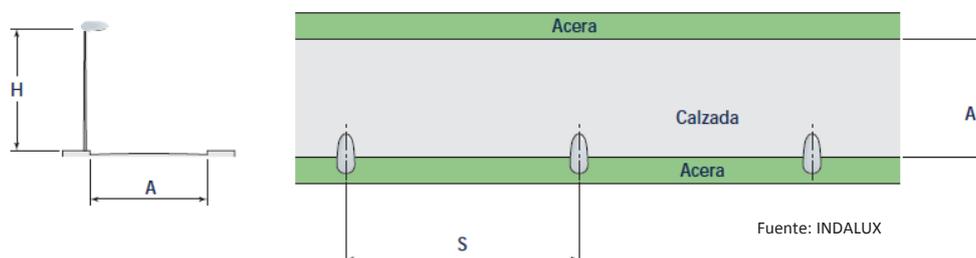
La disposición de las luminarias está en relación directa con las propias características del tipo de vía a iluminar.

Dependiendo del tipo de vía (calle urbana, carretera, autopista), y del trazado (recto, curvas, cruces, etc.), se imponen criterios de implantación, los cuales en todo caso han de garantizar la seguridad permitiendo al conductor la correcta identificación de las características y el trazado de la vía.

TRAMOS RECTOS

a: Implantación UNILATERAL:

$$\text{Unilateral} = \frac{A}{H} \leq 1$$



Fuente: INDALUX

## Tema 4: ALUMBRADO DE EXTERIORES

### 2. LUMINARIAS Y DISPOSICIÓN EN LA VÍA

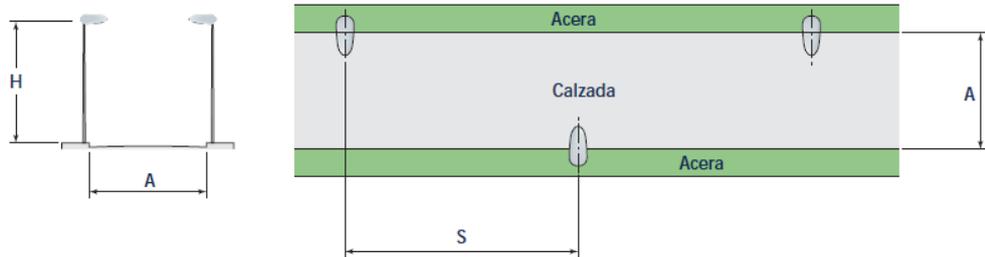
#### 2. LUMINARIAS Y DISPOSICIÓN EN LA VÍA

##### 2.2. DISPOSICIÓN DE LAS LUMINARIAS EN LA VÍA

###### TRAMOS RECTOS

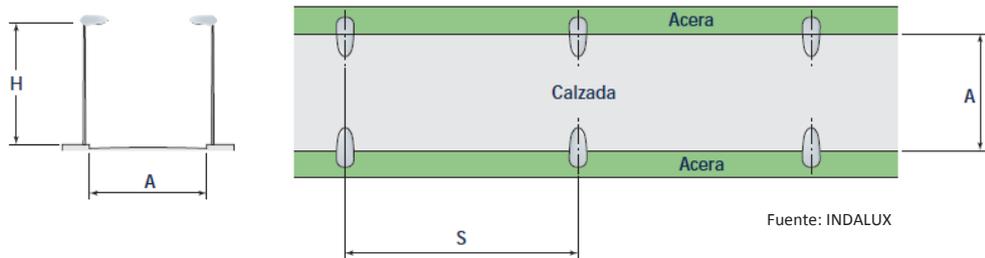
b: Implantación **BILATERAL** a **TRESBOLILLO**:

$$\text{Tresbolillo } 1 \leq \frac{A}{H} \leq 1,5; \quad \text{Idoneo: } \leq 1,3$$



c: Implantación **BILATERAL PAREADA**:

$$\text{Pareada } \frac{A}{H} \geq 1,5; \quad \text{Idoneo: } \geq 1,3$$



Fuente: INDALUX

295

## Tema 4: ALUMBRADO DE EXTERIORES

### 2. LUMINARIAS Y DISPOSICIÓN EN LA VÍA

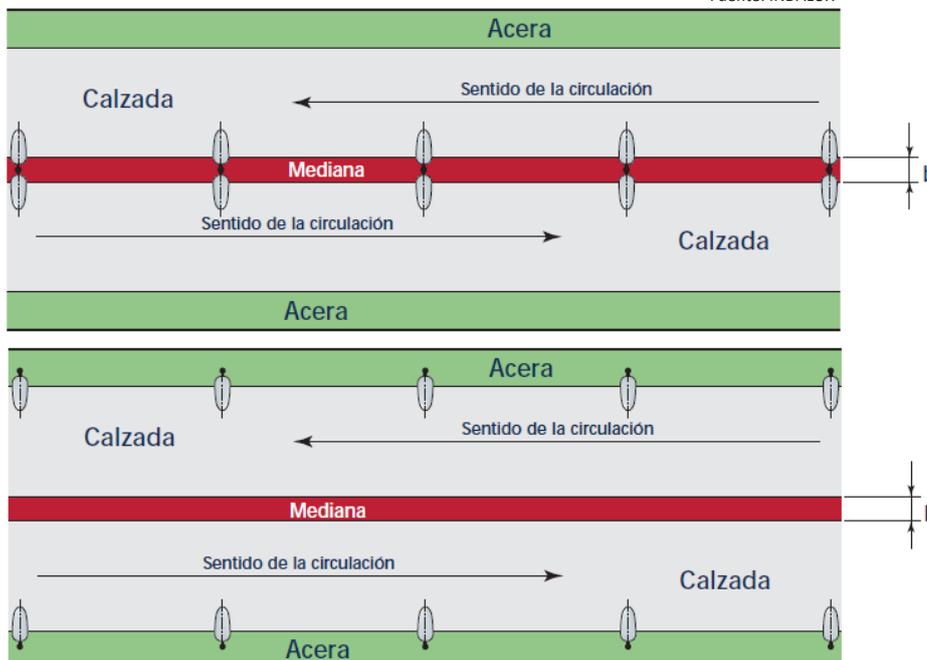
#### 2. LUMINARIAS Y DISPOSICIÓN EN LA VÍA

##### 2.2. DISPOSICIÓN DE LAS LUMINARIAS EN LA VÍA

###### TRAMOS RECTOS

d: Implantación **CENTRAL** o **AXIAL**:

Fuente: INDALUX



Anchura mediana central  $1 \leq b \leq 3 \text{ m}$

Anchura mediana central  $b > 3 \text{ m}$

Pueden implantarse en las aceras o en la mediana central

Se estudiarán como dos calzadas independientes

296

## Tema 4: ALUMBRADO DE EXTERIORES

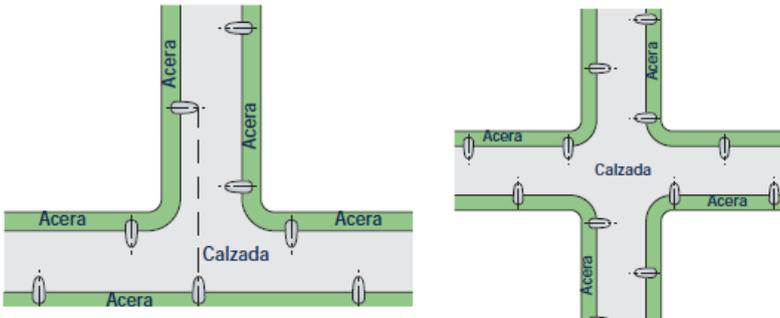
### 2. LUMINARIAS Y DISPOSICIÓN EN LA VÍA

#### 2. LUMINARIAS Y DISPOSICIÓN EN LA VÍA

##### 2.2. DISPOSICIÓN DE LAS LUMINARIAS EN LA VÍA

###### TRAMOS CON CURVAS, CRUCES Y GLORIETAS

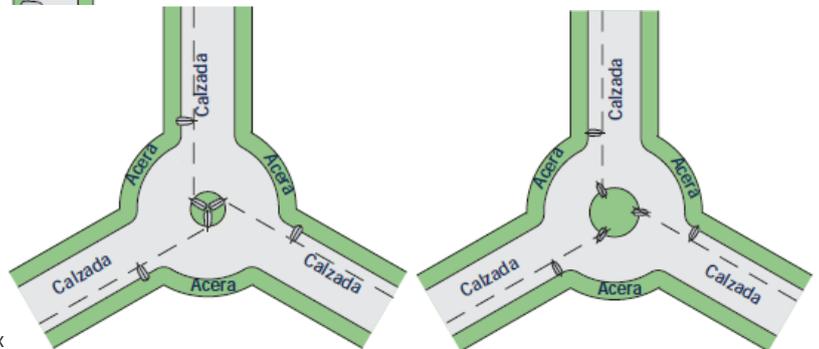
###### a: Cruces e intersecciones



Se considerarán los niveles de iluminación para tramos singulares. Serán un 10% a 20% superiores a los de la clase de vía a la que confluyen.

###### b: Glorietas

La altura H será igual a la de la vía principal que confluya.  
El nivel de iluminación de la zona central será 1,5 veces la media de las calles que confluyen



Fuente: INDALUX

## Tema 4: ALUMBRADO DE EXTERIORES

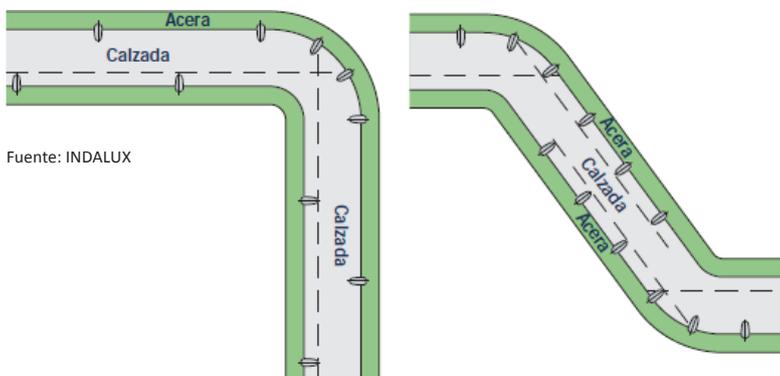
### 2. LUMINARIAS Y DISPOSICIÓN EN LA VÍA

#### 2. LUMINARIAS Y DISPOSICIÓN EN LA VÍA

##### 2.2. DISPOSICIÓN DE LAS LUMINARIAS EN LA VÍA

###### TRAMOS CON CURVAS, CRUCES Y GLORIETAS

###### c: curvas



Fuente: INDALUX

Se considera tramo curvo el de  $R < 300$  m

Anchura vía  $A < 1,5$  H altura montaje:

- Luminarias en la parte exterior de la curva (prolongación ejes de circulación).
- Menor separación a mayor radio de curvatura, variando entre  $\frac{3}{4}$  y  $\frac{1}{2}$  de la separación del tramo recto.

Anchura vía  $A > 1,5$  H altura montaje:

- Implantación bilateral pareada.
- Evitar la distribución a tresbolillo.

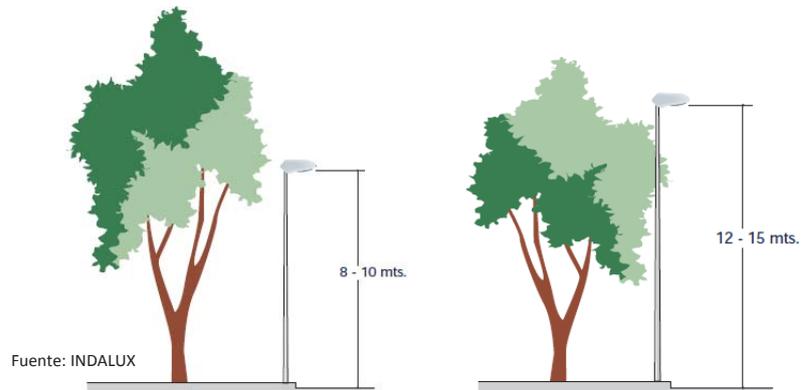
## Tema 4: ALUMBRADO DE EXTERIORES

### 2. LUMINARIAS Y DISPOSICIÓN EN LA VÍA

#### 2. LUMINARIAS Y DISPOSICIÓN EN LA VÍA

##### 2.2. DISPOSICIÓN DE LAS LUMINARIAS EN LA VÍA

###### TRAMOS CON ARBOLADO



###### TABLA DE ALTURA DE MONTAJE “H” EN FUNCIÓN DEL FLUJO LUMINOSO

Tabla orientativa que relaciona el flujo luminoso de la fuente de luz con la altura de montaje de la luminaria

Flujo luminoso (Klm)	Altura de montaje (m)
$3 \leq \Phi_L < 10$	$6 \leq H < 8$
$10 \leq \Phi_L < 20$	$8 \leq H < 10$
$20 \leq \Phi_L < 40$	$10 \leq H < 12$
$\Phi_L \geq 40$	$H \geq 12$

299

## Tema 4: ALUMBRADO DE EXTERIORES

### 2. LUMINARIAS Y DISPOSICIÓN EN LA VÍA

#### 2. LUMINARIAS Y DISPOSICIÓN EN LA VÍA

##### 2.3. NIVELES DE ILUMINACIÓN RECOMENDADOS

Los niveles máximos de Luminancia o de Iluminancia media de las instalaciones de alumbrado descritas en las tablas 6 a 9, **NO podrán superar en más de un 20 %** los niveles de referencia establecidos en la ITC-EA 02

Tabla 6 – Series ME de clase de alumbrado para viales secos tipos A y B

Clase de Alumbrado	Luminancia de la superficie de la calzada en condiciones secas			Deslumbramiento Perturbador	Iluminación de alrededores
	Luminancia Media $L_m$ (cd/m <sup>2</sup> ) <sup>(1)</sup>	Uniformidad Global $U_o$ [mínima]	Uniformidad Longitudinal $U_{\square}$ [mínima]	Incremento Umbral $TI$ (%) <sup>(2)</sup> [máximo]	Relación Entorno $SR$ <sup>(3)</sup> [mínima]
ME1	2,00	0,40	0,70	10	0,50
ME2	1,50	0,40	0,70	10	0,50
ME3a	1,00	0,40	0,70	15	0,50
ME3b	1,00	0,40	0,60	15	0,50
ME3c	1,00	0,40	0,50	15	0,50
ME4a	0,75	0,40	0,60	15	0,50
ME4b	0,75	0,40	0,50	15	0,50
ME5	0,50	0,35	0,40	15	0,50
ME6	0,30	0,35	0,40	15	Sin requisitos

300

## Tema 4: ALUMBRADO DE EXTERIORES

### 2. LUMINARIAS Y DISPOSICIÓN EN LA VÍA

## 2. LUMINARIAS Y DISPOSICIÓN EN LA VÍA

### 2.3. NIVELES DE ILUMINACIÓN RECOMENDADOS

Tabla 7 – Series MEW de clase de alumbrado para viales húmedos tipos A y B

Clase de Alumbrado	Luminancia de la superficie de la calzada en condiciones secas y húmedas				Deslumbramiento Perturbador	Iluminación de alrededores
	Calzada seca			Calzada húmeda		
	Luminancia <sup>(5)</sup> Media $L_m$ ( $cd/m^2$ ) <sup>(1)</sup>	Uniformidad Global $U_o$ [ <i>mínima</i> ]	Uniformidad Longitudinal $U_l$ <sup>(2)</sup> [ <i>mínima</i> ]	Uniformidad Global $U_o$ [ <i>mínima</i> ]		
MEW1	2,00	0,40	0,60	0,15	10	0,50
MEW2	1,50	0,40	0,60	0,15	10	0,50
MEW3	1,00	0,40	0,60	0,15	15	0,50
MEW4	0,75	0,40	Sin requisitos	0,15	15	0,50
MEW5	0,50	0,35	Sin requisitos	0,15	15	0,50

301

## Tema 4: ALUMBRADO DE EXTERIORES

### 2. LUMINARIAS Y DISPOSICIÓN EN LA VÍA

## 2. LUMINARIAS Y DISPOSICIÓN EN LA VÍA

### 2.3. NIVELES DE ILUMINACIÓN RECOMENDADOS

Tabla 8 – Series S de clase de alumbrado para viales tipos C, D y E

Clase de Alumbrado <sup>(1)</sup>	Iluminancia horizontal en el área de la calzada	
	Iluminancia Media $E_m$ (lux) <sup>(1)</sup>	Iluminancia mínima $E_{min}$ (lux) <sup>(1)</sup>
S1	15	5
S2	10	3
S3	7,5	1,5
S4	5	1

Para tramos o áreas cortas de menos de 60 m, se utiliza el criterio de las Iluminancias **(no son aplicables los métodos de cálculo de luminancias)**

Tabla 9 – Series CE de clase de alumbrado para viales tipos D y E

Clase de Alumbrado <sup>(1)</sup>	Iluminancia horizontal	
	Iluminancia Media $E_m$ (lux) [ <i>mínima mantenida</i> ] <sup>(1)</sup>	Uniformidad Media $U_m$ [ <i>mínima</i> ]
CE0	50	0,40
CE1	30	0,40
CE1A	25	0,40
CE2	20	0,40
CE3	15	0,40
CE4	10	0,40
CE5	7,5	0,40

302

### 3. CÁLCULOS LUMINOTÉCNICOS DE ALUMBRADO EXTERIOR

#### 3.1. Cálculo de Iluminancia

3.1.1. Método del factor de utilización, Método de los lúmenes.

3.1.2. Método de los nueve puntos.

#### 3.2. Cálculo de la Luminancia

303

### 3. CÁLCULOS LUMINOTÉCNICOS DE ALUMBRADO EXTERIOR

Los cálculos luminotécnicos para instalaciones de alumbrado exterior (viario) se basan en la determinación de la ILUMINANCIA sobre la calzada y la LUMINANCIA.

Los cálculos de la ILUMINANCIA pueden ser realizados empleando:

- Método del factor de utilización o de los lúmenes
- Método de los 9 puntos

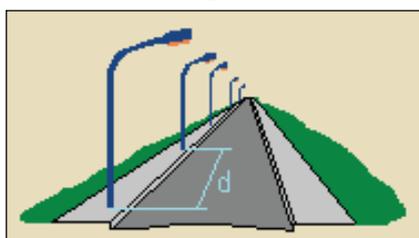
Los cálculos de la LUMINANCIA precisan la ayuda de programas informáticos para su determinación.

#### 3.1. CÁLCULO DE LA ILUMINANCIA

##### 3.1.1. MÉTODO DEL FACTOR DE UTILIZACIÓN, Método de los lúmenes

Este método **permite determinar la distancia de separación entre luminarias (Interdistancia)** que garanticen el nivel de iluminancia media ( $E_m$ ) exigido por las normativas.

El método no aporta una gran precisión, pero si permite servir como base de referencia.



Fuente: Edison-UPC

**d:** Distancia entre luminaria (Interdistancia)

**$E_m$ :** Iluminancia media (Tablas REEIAE)

304

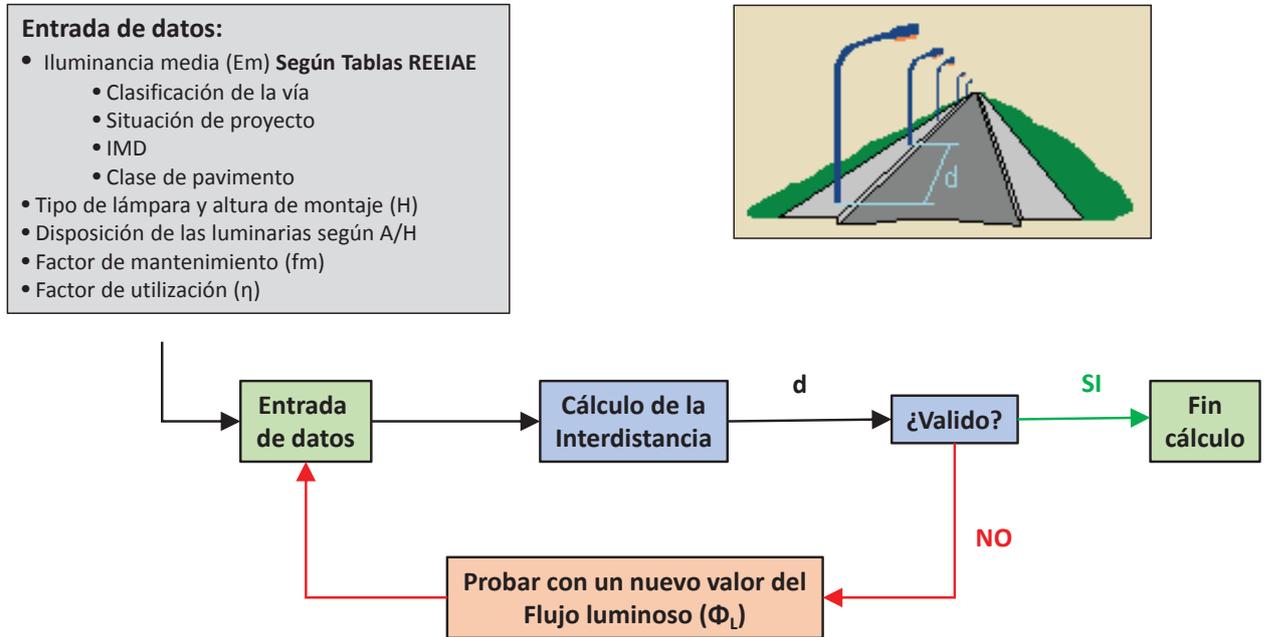
## Tema 4: ALUMBRADO DE EXTERIORES

### 3. CÁLCULOS LUMINOTÉCNICOS DE ALUMBRADO EXTERIOR

#### 3. CÁLCULOS LUMINOTÉCNICOS DE ALUMBRADO EXTERIOR

##### 3.1.1. MÉTODO DEL FACTOR DE UTILIZACIÓN, Método de los lúmenes

Proceso de cálculo



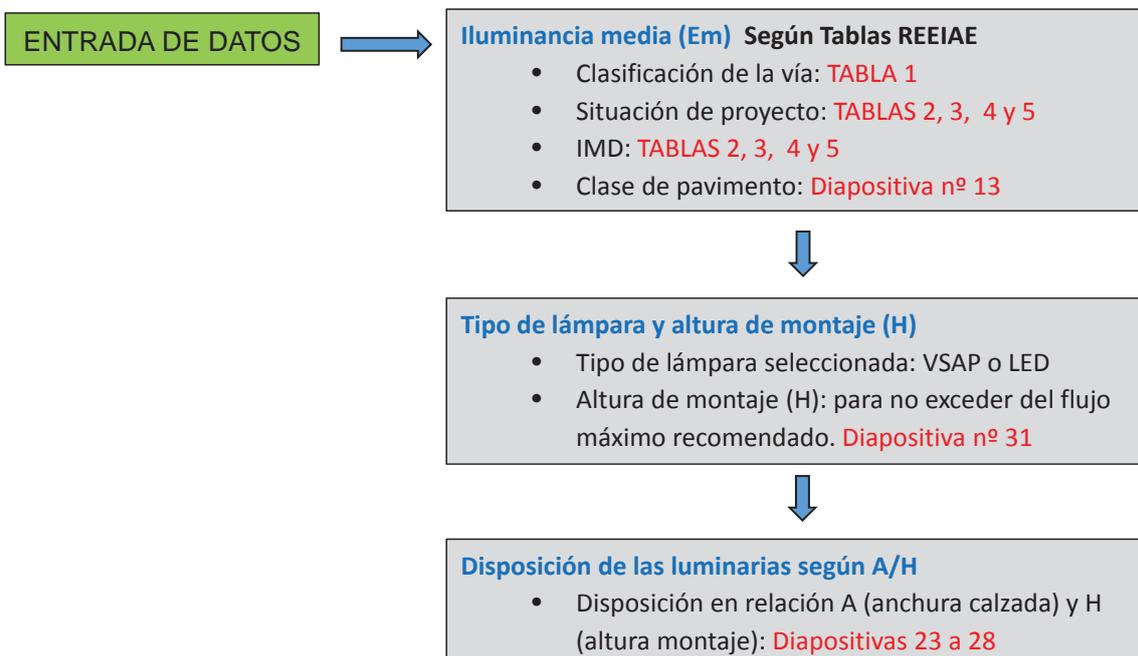
305

## Tema 4: ALUMBRADO DE EXTERIORES

### 3. CÁLCULOS LUMINOTÉCNICOS DE ALUMBRADO EXTERIOR

#### 3. CÁLCULOS LUMINOTÉCNICOS DE ALUMBRADO EXTERIOR

##### 3.1.1. MÉTODO DEL FACTOR DE UTILIZACIÓN, Método de los lúmenes



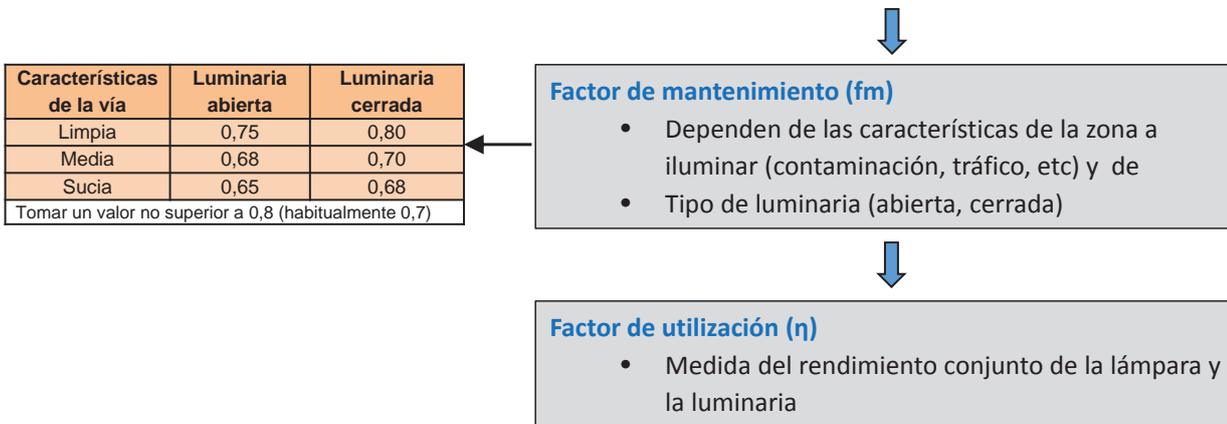
306

## Tema 4: ALUMBRADO DE EXTERIORES

### 3. CÁLCULOS LUMINOTÉCNICOS DE ALUMBRADO EXTERIOR

#### 3. CÁLCULOS LUMINOTÉCNICOS DE ALUMBRADO EXTERIOR

##### 3.1.1. MÉTODO DEL FACTOR DE UTILIZACIÓN, Método de los lúmenes



#### Factor de utilización (eta)

Se define como el cociente entre el flujo útil que llega a la calzada y el emitido por la lámpara

$$\eta = \frac{\Phi_{\text{útil}}}{\Phi_L}$$

307

## Tema 4: ALUMBRADO DE EXTERIORES

### 3. CÁLCULOS LUMINOTÉCNICOS DE ALUMBRADO EXTERIOR

#### 3. CÁLCULOS LUMINOTÉCNICOS DE ALUMBRADO EXTERIOR

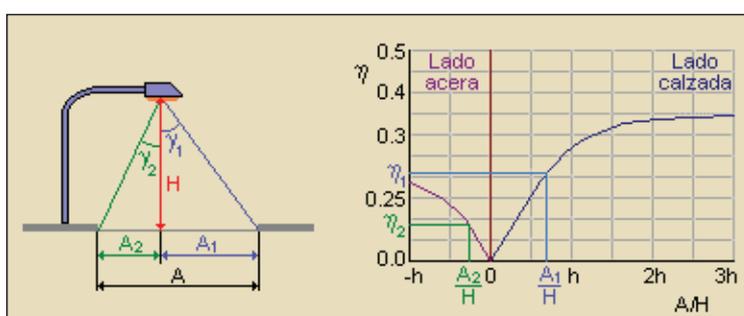
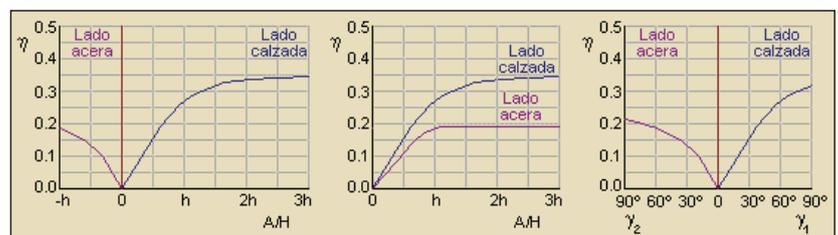
##### 3.1.1. MÉTODO DEL FACTOR DE UTILIZACIÓN, Método de los lúmenes

#### Factor de utilización (eta)

Normalmente se representa mediante curvas características de la luminaria que proporcionan los fabricantes.

Las curvas pueden estar en función de:

- Relación A/H
- Ángulos lado de la calzada y acera respectivamente ( $\gamma_1/\gamma_2$ )



$$A = A_1 + A_2$$

$$\eta = \eta_1 + \eta_2$$

Fuente: Edison-UPC

308

## Tema 4: ALUMBRADO DE EXTERIORES

### 3. CÁLCULOS LUMINOTÉCNICOS DE ALUMBRADO EXTERIOR

#### 3. CÁLCULOS LUMINOTÉCNICOS DE ALUMBRADO EXTERIOR

##### 3.1.1. MÉTODO DEL FACTOR DE UTILIZACIÓN, Método de los lúmenes

La distancia entre luminarias viene dada por la expresión de la iluminancia media ( $E_m$ )

$$d = \frac{\eta \cdot f_m \cdot \Phi_L}{A \cdot E_m} \quad (\text{m})$$

Siendo:

A: Anchura a iluminar de la calzada:

- Para distribución BILATERAL:  $A/2$
- Para distribución UNILATERAL y a TRESBOLILLO:  $A$

$E_m$ : Iluminancia media. Tablas REEIAE (diapositivas 32 a 34)

Se deberá verificar que el resultado se encuentra dentro de los límites, en el caso de no verificarse se deberá cambiar el flujo de la lámpara seleccionada.

De forma orientativa se puede utilizar la siguiente tabla que relaciona la separación y altura de las luminarias ( $d/H$ ) con la iluminancia media ( $E_m$ ), que garantiza, al menos de forma preliminar, la uniformidad.

$E_m$ (lux)	$d/H$
$2 \leq E_m < 7$	$5 \leq d/H < 4$
$7 \leq E_m < 15$	$4 \leq d/H < 3,5$
$15 \leq E_m \leq 30$	$3,5 \leq d/H < 2$

309

## Tema 4: ALUMBRADO DE EXTERIORES

### 3. CÁLCULOS LUMINOTÉCNICOS DE ALUMBRADO EXTERIOR

#### 3. CÁLCULOS LUMINOTÉCNICOS DE ALUMBRADO EXTERIOR

##### 3.1.1. MÉTODO DEL FACTOR DE UTILIZACIÓN, Método de los lúmenes: **EJEMPLO**

Determinar la distancia entre luminarias para una calle ubicada en la zona residencial con aceras peatonales a ambos lados de la calzada.

La calzada de doble sentido de circulación tiene 9 m de ancho y unas aceras de 2 m.

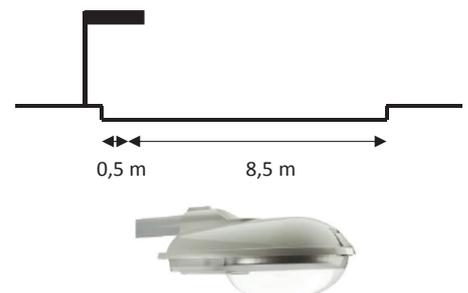
Las lámparas a utilizar serán de Vapor de Sodio a Alta Presión (VSAP) de 150 W, con un flujo luminoso de 17500 lum

Las luminarias se instalarán sobre báculo de  $H = 10$  m de altura en disposición a determinar.

La distancia de la vertical del centro óptico al borde de la acera es de 0,5 m

La luminaria a utilizar es:

Luminaire : SRP222 1xSON-TPP150W P1  
Total Lamp Flux : 17500 lm  
Light Output Ratio : 0.83  
System Flux : 14525 lm  
System Power : 169 W  
No dimensions  
Ballast : Conventional



310

## Tema 4: ALUMBRADO DE EXTERIORES

### 3. CÁLCULOS LUMINOTÉCNICOS DE ALUMBRADO EXTERIOR

#### 3. CÁLCULOS LUMINOTÉCNICOS DE ALUMBRADO EXTERIOR

##### 3.1.1. MÉTODO DEL FACTOR DE UTILIZACIÓN, Método de los lúmenes: **EJEMPLO**

- **ILUMINANCIA MEDIA (Em)**

- CLASIFICACIÓN DE LA VIA: **Tabla 1:**

Clasificación: **D**

Tipo de vía: de baja velocidad

Velocidad de tráfico rodado:  $5 < v < 30$  Km/h

##### Iluminancia media (Em) Según Tablas REEIAE

- Clasificación de la vía: **TABLA 1**
- Situación de proyecto: **TABLAS 2, 3, 4 y 5**
- IMD: **TABLAS 2, 3, 4 y 5**
- Clase de pavimento: **Diapositiva nº 13**

- SITUACIÓN DE PROYECTO: **Tabla 4, Clase de Alumbrado para vías tipo C y D**

Situación de proyecto: **D3**

Tipo de vía: Calles residenciales suburbanas con aceras para peatones a lo largo de la calzada.

Clase de Alumbrado: **CE2**

- CLASE DE PAVIMENTO: **Diapositiva nº13**

Clase: **R3** (conglomerado asfáltico)

Valor normalizado:  $q_0 = 0,07$

- **ILUMINANCIA MEDIA:** **Tabla 9, Series CE de clase de alumbrado para viales tipos D y E**

**Em = 20 lux**

**Um = 0,40**

311

## Tema 4: ALUMBRADO DE EXTERIORES

### 3. CÁLCULOS LUMINOTÉCNICOS DE ALUMBRADO EXTERIOR

#### 3. CÁLCULOS LUMINOTÉCNICOS DE ALUMBRADO EXTERIOR

##### 3.1.1. MÉTODO DEL FACTOR DE UTILIZACIÓN, Método de los lúmenes: **EJEMPLO**

- **TIPO DE LÁMPARA**

VSAP: 150 W

$\Phi_L = 17500$  lum

- **ALTURA DE MONTAJE:**

H = 10 m

- **DISPOSICIÓN LUMINARIAS**

Disposición: Unilateral

- **FACTOR DE MANTENIMIENTO**

$f_m = 0,70$

##### Tipo de lámpara y altura de montaje (H)

- Tipo de lámpara seleccionada: VSAP o LED
- Altura de montaje (H): para no exceder del flujo máximo recomendado. **Diapositiva nº 31**

##### Disposición de las luminarias según A/H

- Disposición en relación A (anchura calzada) y H (altura montaje): **Diapositivas 26 a 28**

312

## Tema 4: ALUMBRADO DE EXTERIORES

### 3. CÁLCULOS LUMINOTÉCNICOS DE ALUMBRADO EXTERIOR

#### 3. CÁLCULOS LUMINOTÉCNICOS DE ALUMBRADO EXTERIOR

##### 3.1.1. MÉTODO DEL FACTOR DE UTILIZACIÓN, Método de los lúmenes:

**EJEMPLO**

- FACTOR DE UTILIZACIÓN ( $\eta$ )**

Relación A/H

Calzada:  $A_1/H = 8,5/10 = 0,85 \rightarrow \eta_1 = 0,40$

Acera:  $A_2/H = 0,5/10 = 0,05 \rightarrow \eta_2 = 0,04$

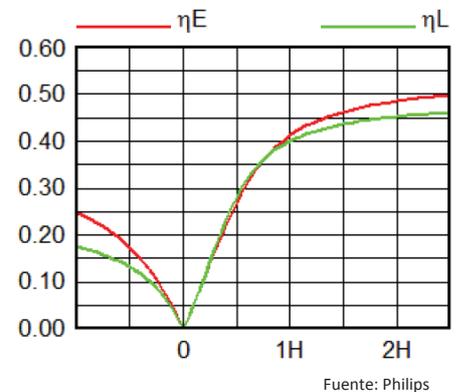
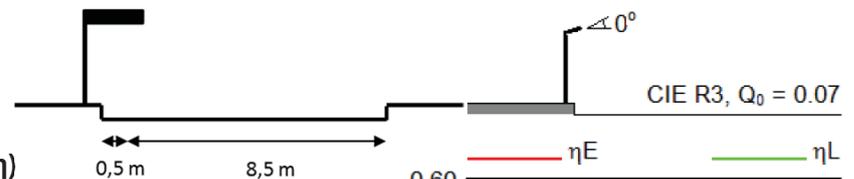
$$\eta = \eta_1 + \eta_2 = 0,44$$

- DISTANCIA ENTRE LUMINARIAS (d)**

$$d = \frac{\eta \cdot f_m \cdot \Phi_L}{A \cdot E_m} = \frac{0,44 \cdot 0,7 \cdot 17500}{9 \cdot 20} = 30 \text{ m}$$

La distancia máxima es de 30 m; para garantizar la adecuada uniformidad de  $U_m = 0,4$  debemos comprobarlo con la tabla  $E_m/dh$

La interdistancia más adecuada estaría entre 20 y 35 m



$E_m$ (lux)	$d/H$
$2 \leq E_m < 7$	$5 \leq d/H < 4$
$7 \leq E_m < 15$	$4 \leq d/H < 3,5$
$15 \leq E_m \leq 30$	$3,5 \leq d/H < 2$

313

## Tema 4: ALUMBRADO DE EXTERIORES

### 3. CÁLCULOS LUMINOTÉCNICOS DE ALUMBRADO EXTERIOR

#### 3. CÁLCULOS LUMINOTÉCNICOS DE ALUMBRADO EXTERIOR

##### 3.1.2. MÉTODO DE LOS 9 PUNTOS

Se trata de un método numérico, en el cual **no es preciso el cálculo de la iluminancia en todos los puntos de la calzada para conocer la distribución exacta de la iluminación.**

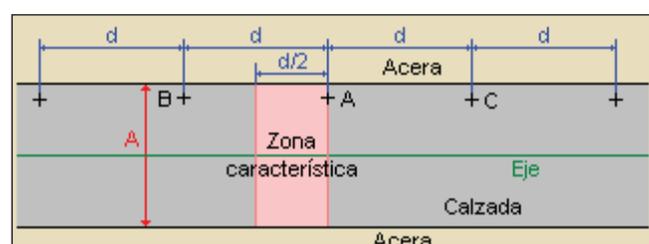
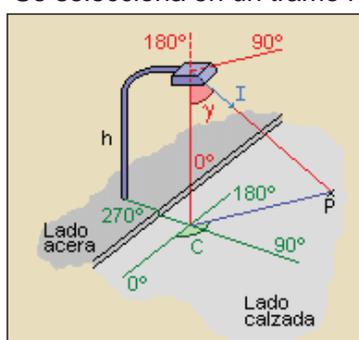
La zona de estudio se dividirá en áreas denominadas **“dominios”** en las cuales existirán puntos representativos llamados **“nodos”** en que se supondrá la iluminancia uniforme, siendo la iluminancia total la media ponderada de la iluminancia de cada dominio.

Cuanto mayor sea el número de nodos mayor será la precisión.

Para ejemplificar su uso trabajaremos con el **criterio de los 9 puntos.**

##### PROCESO DE CÁLCULO

- Se selecciona en un tramo recto de vía una “zona característica” de estudio.



Fuente: Edison-UPC

314

## Tema 4: ALUMBRADO DE EXTERIORES

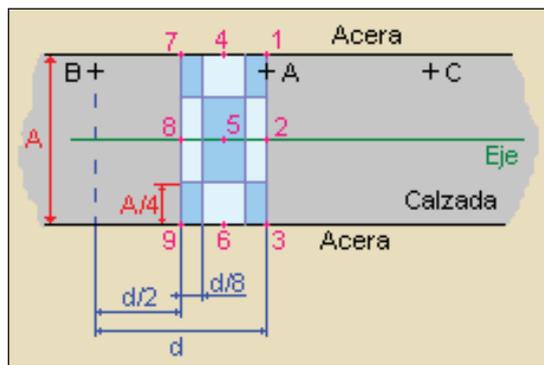
### 3. CÁLCULOS LUMINOTÉCNICOS DE ALUMBRADO EXTERIOR

#### 3. CÁLCULOS LUMINOTÉCNICOS DE ALUMBRADO EXTERIOR

##### 3.1.2. MÉTODO DE LOS 9 PUNTOS

###### PROCESO DE CÁLCULO

- La zona característica se divide según el tipo de distribución de las luminarias empleado en una retícula de nueve dominios



Fuente: Edison-UPC

- En el cálculo de la iluminancia de cada nodo solo se considera la contribución de las luminarias más próximas.

$$E_i = E_{iA} + E_{iB} + E_{iC}$$

315

## Tema 4: ALUMBRADO DE EXTERIORES

### 3. CÁLCULOS LUMINOTÉCNICOS DE ALUMBRADO EXTERIOR

#### 3. CÁLCULOS LUMINOTÉCNICOS DE ALUMBRADO EXTERIOR

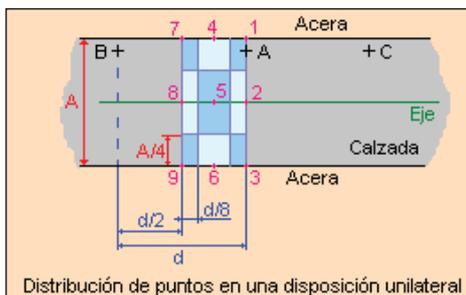
##### 3.1.2. MÉTODO DE LOS 9 PUNTOS

###### PROCESO DE CÁLCULO

- Dependiendo de la disposición de luminarias elegido, Unilateral, Tresbolillo o Bilateral, el valor de la iluminancia total será:

$$E_m = \frac{E_1 + 2E_2 + E_3 + 2E_4 + 4E_5 + 2E_6 + E_7 + 2E_8 + E_9}{16}$$

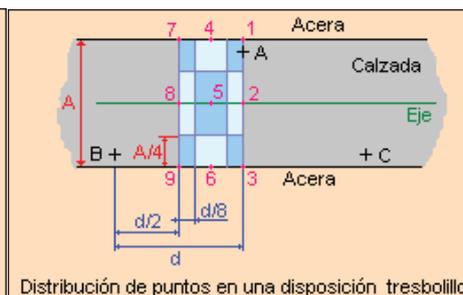
###### Disposición UNILATERAL



Distribución de puntos en una disposición unilateral

$$E_i = E_{iA} + E_{iB} + E_{iC}$$

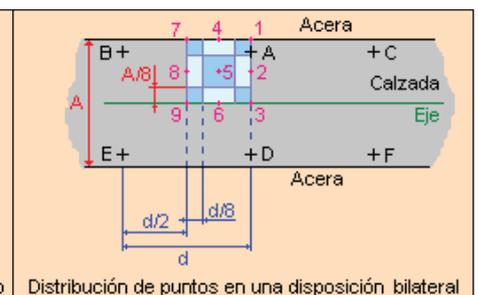
###### Disposición TRESBOLILLO



Distribución de puntos en una disposición tresbolillo

$$E_i = E_{iA} + E_{iB} + E_{iC}$$

###### Disposición BILATERAL



Distribución de puntos en una disposición bilateral

$$E_i = E_{iA} + E_{iB} + E_{iC} + E_{iD} + E_{iE} + E_{iF}$$

## Tema 4: ALUMBRADO DE EXTERIORES

### 3. CÁLCULOS LUMINOTÉCNICOS DE ALUMBRADO EXTERIOR

#### 3. CÁLCULOS LUMINOTÉCNICOS DE ALUMBRADO EXTERIOR

##### 3.1.2. MÉTODO DE LOS 9 PUNTOS

###### PROCESO DE CÁLCULO

5. Coeficientes de **Uniformidad Media ( $U_0$ )** y **Uniformidad Extrema ( $U_L$ )** de las luminancias:

$$U_0 = \frac{E_{\text{mínima}}}{E_m}$$

$$U_L = \frac{E_m}{E_{\text{máxima}}}$$

###### 6. Cálculo de la ILUMINANCIAS

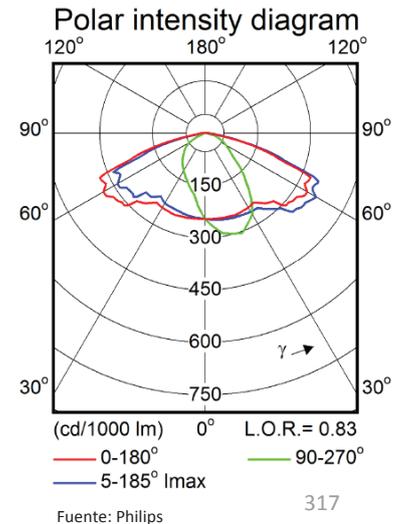
$$E_i = \frac{I_{\text{real}}}{H^2} \cdot \cos^3 \gamma_i$$

$I_{\text{gráfico}}$ : Se obtiene de los diagramas polares de las luminarias

$H$ : Altura de la luminaria

$\gamma_i$ : Ángulo entre la proyección vertical de la luminaria y el nodo de estudio.

**Se realizará una tabla con cada valor que adopte  $E_i$  y de  $\gamma_i$**



## Tema 4: ALUMBRADO DE EXTERIORES

### 3. CÁLCULOS LUMINOTÉCNICOS DE ALUMBRADO EXTERIOR

#### 3. CÁLCULOS LUMINOTÉCNICOS DE ALUMBRADO EXTERIOR

##### 3.1.2. MÉTODO DE LOS 9 PUNTOS:

##### EJEMPLO

###### PROCESO DE CÁLCULO

Determinar nivel de iluminancia para las luminarias de una calle ubicada en la zona residencial con aceras peatonales a ambos lados de la calzada.

La calzada de sentido único de circulación tiene 5 m de ancho y unas aceras de 1,5 m.

Las lámparas a utilizar serán de Vapor de Sodio a Alta Presión (VSAP) de 150 W, con un flujo luminoso de 17500 lum

Las luminarias se instalarán sobre báculo de  $H = 10$  m de altura en disposición unilateral, con una interdistancia media de 20 m.

La distancia de la vertical del centro óptico al borde de la acera es de 0,5 m

La luminaria a utilizar es

Luminaire	: SRP222 1xSON-TPP150W P1
Total Lamp Flux	: 17500 lum
Light Output Ratio	: 0.83
System Flux	: 14525 lum
System Power	: 169 W
No dimensions	
Ballast	: Conventional



## Tema 4: ALUMBRADO DE EXTERIORES

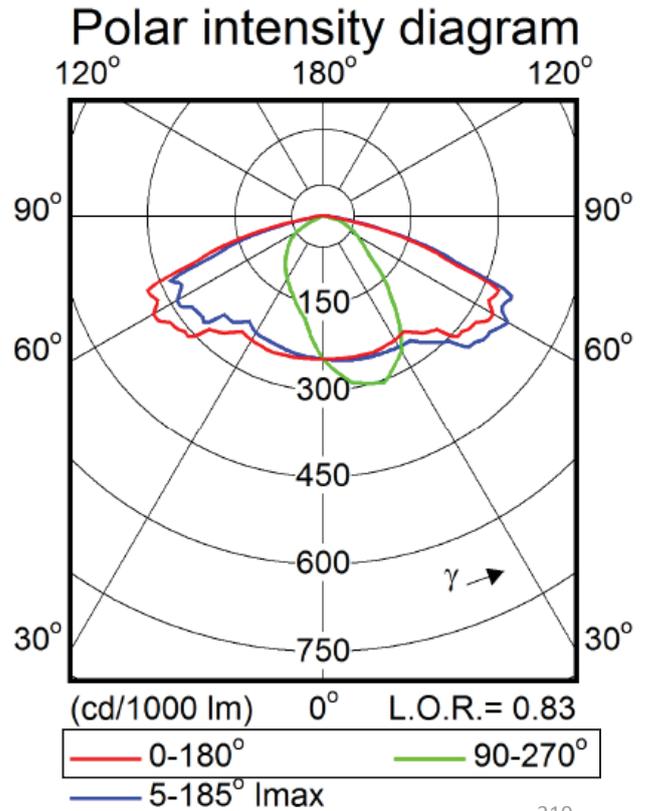
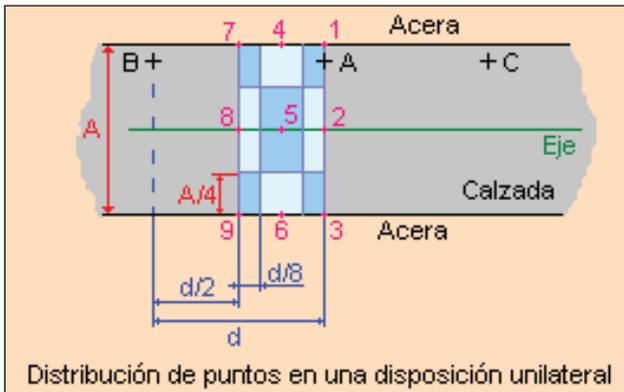
### 3. CÁLCULOS LUMINOTÉCNICOS DE ALUMBRADO EXTERIOR

#### 3. CÁLCULOS LUMINOTÉCNICOS DE ALUMBRADO EXTERIOR

##### 3.1.2. MÉTODO DE LOS 9 PUNTOS:

###### PROCESO DE CÁLCULO

Para la luminaria **A**



319

## Tema 4: ALUMBRADO DE EXTERIORES

### 3. CÁLCULOS LUMINOTÉCNICOS DE ALUMBRADO EXTERIOR

#### 3. CÁLCULOS LUMINOTÉCNICOS DE ALUMBRADO EXTERIOR

##### 3.1.2. MÉTODO DE LOS 9 PUNTOS:

EJEMPLO

###### PROCESO DE CÁLCULO

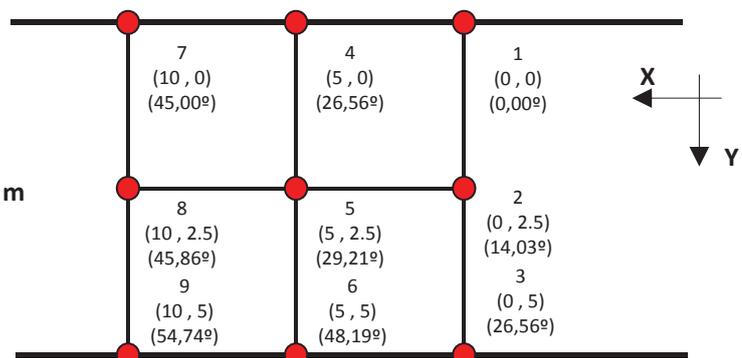
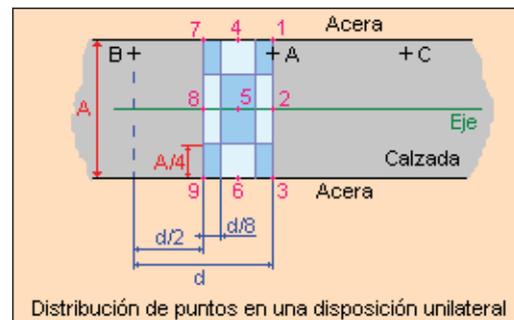
1º: Determinar las coordenadas de los nodos de cálculo

2º. Determinar el ángulo  $\gamma_i$  de cada nodo

$$\gamma_i = \arctg \left[ \frac{\sqrt{X^2 + Y^2}}{H} \right]$$

Anchura calzada:  $A = 5 \text{ m}$

Interdistancia entre luminarias:  $d = 20 \text{ m}$



320

## Tema 4: ALUMBRADO DE EXTERIORES

### 3. CÁLCULOS LUMINOTÉCNICOS DE ALUMBRADO EXTERIOR

#### 3. CÁLCULOS LUMINOTÉCNICOS DE ALUMBRADO EXTERIOR

##### 3.1.2. MÉTODO DE LOS 9 PUNTOS:

###### PROCESO DE CÁLCULO

3º: Determinar los valores gráficos de la intensidad lumínica de cada nodo.

Nodo 5:

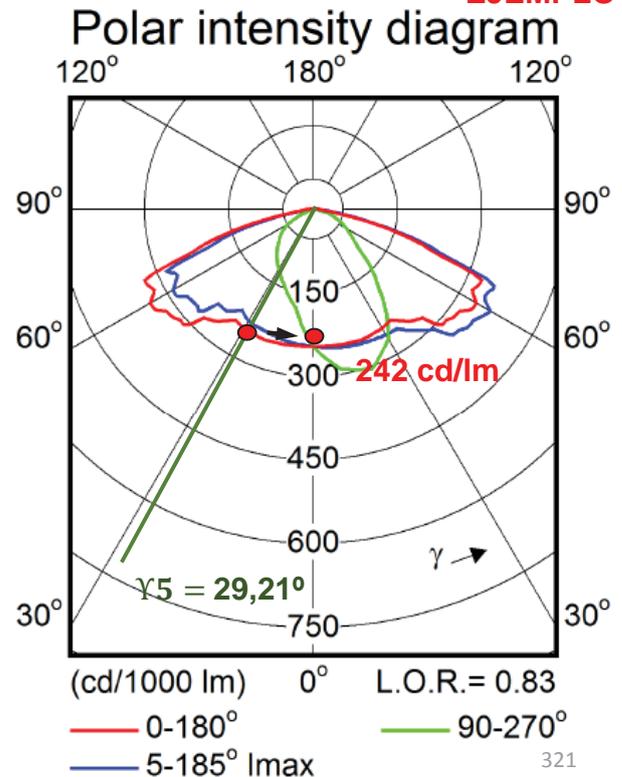
$$\gamma_5 = 29,21^\circ$$

$$I_{\text{gráfica}} = 242 \text{ cd}/1000\text{lm}$$

4º: Una vez determinados los valores gráficos de la intensidad de cada nodo, se calculan los valores reales

$$I_{\text{real}} = I_{\text{gráfico}} \cdot \frac{\Phi_{\text{luminaria}}}{1000} = 242 \cdot \frac{14525}{1000} = 3515,05 \text{ cd}$$

EJEMPLO



## Tema 4: ALUMBRADO DE EXTERIORES

### 3. CÁLCULOS LUMINOTÉCNICOS DE ALUMBRADO EXTERIOR

#### 3. CÁLCULOS LUMINOTÉCNICOS DE ALUMBRADO EXTERIOR

##### 3.1.2. MÉTODO DE LOS 9 PUNTOS:

EJEMPLO

###### PROCESO DE CÁLCULO

5º: Determinar los valores de las iluminancias en cada nodo de estudio

$$E_i = \frac{I_{\text{real}}}{H^2} \cdot \cos^3 \gamma_i = \frac{3515,05}{10^2} \cos^3 29,206 = 23,37 \text{ lux}$$

6º: El valor medio de la iluminancia producida por la luminaria "A" sobre la calzada viene determinado por:

$$E_m \text{ luminaria A} = \frac{E_1 + 2E_2 + E_3 + 2E_4 + 4E_5 + 2E_6 + E_7 + 2E_8 + E_9}{16}$$

7º: Los valores de la uniformidad global y extrema (longitudinal) serán:

$$U_0 = \frac{E_{\text{mínima}}}{E_m}$$

$$U_L = \frac{E_m}{E_{\text{máxima}}}$$

## Tema 4: ALUMBRADO DE EXTERIORES

### 3. CÁLCULOS LUMINOTÉCNICOS DE ALUMBRADO EXTERIOR

### 3. CÁLCULOS LUMINOTÉCNICOS DE ALUMBRADO EXTERIOR

#### 3.1.2. MÉTODO DE LOS 9 PUNTOS:

EJEMPLO

#### PROCESO DE CÁLCULO

a: Ancho de la calzada =	5 m	Clase de vía:	A
H: Altura de la luminaria =	10 m	Situación de proyecto:	D3
d: Interdistancia entre luminarias =	20 m	Em =	20 lux
Flujo luminaria =	14525 lm	U0 mínima =	0,4

#### LUMINARIA A

NODO	x	y	yi (rd)	yi (deg)	I gráfico (cd/1000Lum)	I real (cd)	Ei (lux)
1	0	0	0	0,000	250	3631,250	36,313
2	0	2,5	0,2450	14,036	240	3486,000	31,830
3	0	5	0,4636	26,565	242	3515,050	25,152
4	5	0	0,4636	26,565	230	3340,750	23,904
5	5	2,5	0,5097	29,206	242	3515,050	23,377
6	10	5	0,8411	48,190	315	4575,375	13,557
7	10	0	0,7854	45,000	308	4473,700	15,817
8	10	2,5	0,8006	45,868	308	4473,700	15,103
9	10	10	0,9553	54,736	310	4502,750	8,666

Em =	21,765
U0 =	0,40
UL =	0,60

323

## Tema 4: ALUMBRADO DE EXTERIORES

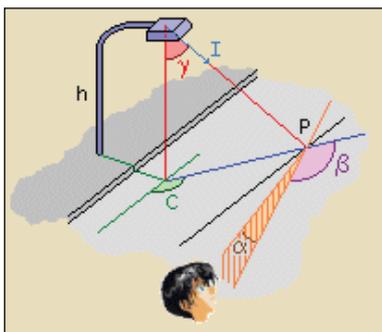
### 3. CÁLCULOS LUMINOTÉCNICOS DE ALUMBRADO EXTERIOR

### 3. CÁLCULOS LUMINOTÉCNICOS DE ALUMBRADO EXTERIOR

#### 3.2. CÁLCULO DE LUMINANCIAS

La Luminancia de un punto de la calzada es la iluminancia que un observador percibe, la cual proviene de la luminaria, del pavimento (tipo de pavimento) y de la posición que en que el observador este situado.

Se considera que el observador se sitúa en el centro de la vía, a 60 m mirando en el sentido de circulación a una altura de 1,50 m



Fuente: Edison-UPC

La Luminancia de un punto visto por un observador es:

$$L = \sum \frac{I(C, \gamma) \cdot r(\beta, \gamma)}{h^2} \left( \frac{\text{cd}}{\text{m}^2} \right)$$

$r(\beta, \gamma)$ : Factor de la característica reflectivas de la pavimento (diapositiva nºn 13)

Para la determinación de la Luminancia se emplean procedimientos informáticos.

324

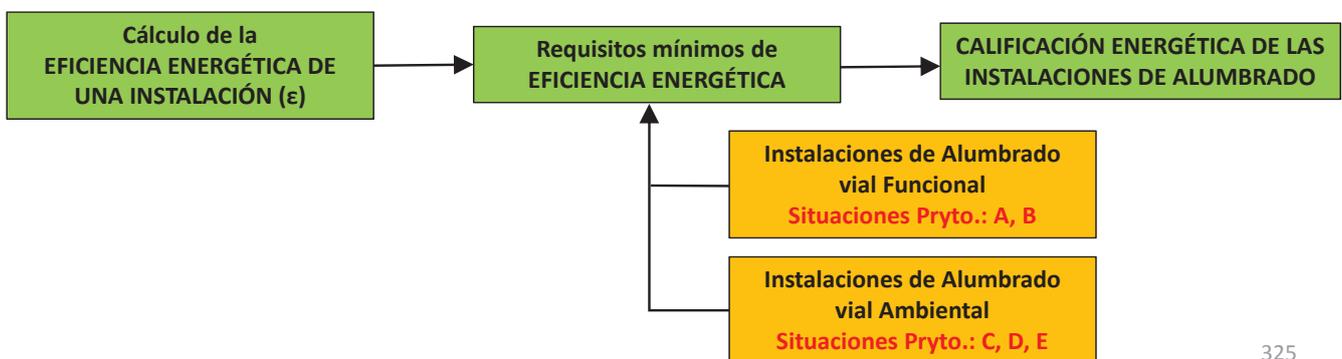
4. EFICIENCIA ENERGÉTICA

La necesidad del estudio de la eficiencia energética de una instalación de alumbrado exterior se encuentra reflejada en el REEIAE (RD 1890/2008 de 14 de Noviembre).

En la ITC-EA-01 “EFICIENCIA ENERGÉTICA”, establece el procedimiento a seguir en la evaluación de la eficiencia energética de una instalación de alumbrado exterior.

En las diapositivas que siguen se establece un procedimiento simplificado, establecido en la ITC-EA-01. Para una evaluación energética más exhaustiva se puede proceder mediante el uso de programas específicos como DIALUX.

4.1. PROCEDIMIENTO SIMPLIFICADO DE EVALUACIÓN



325

4. EFICIENCIA ENERGÉTICA

4.1. PROCEDIMIENTO SIMPLIFICADO DE EVALUACIÓN

a. Eficiencia Energética de una Instalación (ε)

La eficiencia energética de una instalación de alumbrado exterior se define como la relación entre el producto de la superficie iluminada por la iluminancia media en servicio de la instalación (E<sub>m</sub>) entre la potencia total instalada

$$\epsilon = \frac{S \cdot E_m}{P} \left( \frac{m^2 \cdot lux}{W} \right)$$

Tabla 2 - Potencia máxima del conjunto lámpara y equipo auxiliar.

POTENCIA NOMINAL DE LÁMPARA (W)	POTENCIA TOTAL DEL CONJUNTO (W)			
	SAP	HM	SBP	VM
18	--	--	23	--
35	--	--	42	--
50	62	--	--	60
55	--	--	65	--
70	84	84	--	--
80	--	--	--	92
90	--	--	112	--
100	116	116	--	--
125	--	--	--	139
135	--	--	163	--
150	171	171	--	--
180	--	--	215	--
250	277	270 (2,15A) 277 (3A)	--	270
400	435	425 (3,5A) 435 (4,6A)	--	425

**P:** Potencia activa total instalada (**lámparas + equipos auxiliares**) en la superficie de la instalación . La potencia máxima del conjunto lámpara y equipo auxiliar se encuentra reflejado en la Tabla 2 de la ITC-EA-04

**S:** Superficie iluminada (m<sup>2</sup>)

**E<sub>m</sub>:** Iluminancia media en servicio de la instalación, considerando el mantenimiento previsto (lux). *Valor obtenido de los cálculos luminotécnicos*

326

4. EFICIENCIA ENERGÉTICA

4.1. PROCEDIMIENTO SIMPLIFICADO DE EVALUACIÓN

a. Eficiencia Energética de una Instalación ( $\epsilon$ )

También puede ser determinada mediante la utilización de los siguientes factores

$$\epsilon = \epsilon_L \cdot f_m \cdot f_u \left( \frac{\text{m}^2 \cdot \text{lum}}{\text{W}} \right)$$

$\epsilon_L$ : Eficiencia de las lámparas y equipos auxiliares ( $\text{m}^2 \cdot \text{lum}/\text{W}$ ). Relaciona el flujo luminoso emitido por una lámpara y la potencia total consumida por la lámpara más el equipo auxiliar.

$$\epsilon_L = \frac{\Phi_{\text{Lámpara}}}{P_{\text{Lámpara}}} \left( \frac{\text{lum}}{\text{W}} \right)$$

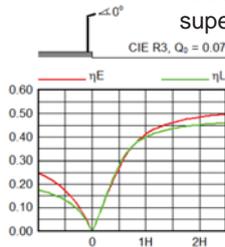
Para mejorar la eficiencia energética de una instalación de alumbrado se puede actuar incrementando cualquiera de los factores anteriores ( $\epsilon_L, f_m, f_u$ )

$f_m$ : Factor de mantenimiento (ITC-EA 06):

$$f_m = \frac{E_{\text{servicio}}}{E_{\text{inicial}}} = \frac{E}{E_i} = FDFL \cdot FSL \cdot FDLU$$

$f_u$  ( $\eta$ ): Relación entre el flujo útil que procede de la luminaria y llega a la calzada o superficie y el flujo emitido por las lámparas instaladas. (Tabla 1 ITC-EA-04)

$$f_u = \frac{\epsilon}{\epsilon_L \cdot f_m}$$



Este valor es próximo, pero no coincide necesariamente con el calculado mediante la gráfica

4. EFICIENCIA ENERGÉTICA

4.1. PROCEDIMIENTO SIMPLIFICADO DE EVALUACIÓN

b. Requisitos mínimos de eficiencia energética

INSTALACIONES DE ALUMBRADO VIAL FUNCIONAL

Para alumbrado vial de autopistas, autovías, carreteras y vías urbanas.

Según la ITC-EA-02 → Situación de proyecto A y B

Tabla 1 – Requisitos mínimos de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado vial funcional

Iluminancia media en servicio $E_m(\text{lux})$	EFICIENCIA ENERGÉTICA MÍNIMA $\left( \frac{\text{m}^2 \cdot \text{lum}}{\text{W}} \right)$
$\geq 30$	22
25	20
20	17,5
15	15
10	12
$\leq 7,5$	9,5

Las instalaciones deberán cumplir los requisitos de eficiencia mínima fijados en la tabla

Nota - Para valores de iluminancia media proyectada comprendidos entre los valores indicados en la tabla, la eficiencia energética de referencia se obtendrán por interpolación lineal

4. EFICIENCIA ENERGÉTICA

4.1. PROCEDIMIENTO SIMPLIFICADO DE EVALUACIÓN

b. Requisitos mínimos de eficiencia energética

**INSTALACIONES DE ALUMBRADO VIAL AMBIENTAL**

El alumbrado vial ambiental es el que se ejecuta generalmente en soportes de baja altura (3 – 5 m) en áreas urbanas para la iluminación de **vías peatonales, comerciales, aceras, parques, etc.**

Según la ITC-EA-02 → Situación de proyecto B, C y D

Tabla 2 – Requisitos mínimos de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado vial ambiental.

Iluminancia media en servicio $E_m(\text{lux})$	EFICIENCIA ENERGÉTICA MÍNIMA $\left(\frac{\text{m}^2 \cdot \text{lux}}{\text{W}}\right)$
$\geq 20$	9
15	7,5
10	6
7,5	5
$\leq 5$	3,5

Nota - Para valores de iluminancia media proyectada comprendidos entre los valores indicados en la tabla, la eficiencia energética de referencia se obtendrán por interpolación lineal

Las instalaciones deberán cumplir los requisitos de eficiencia mínima fijados en la tabla

4. EFICIENCIA ENERGÉTICA

4.1. PROCEDIMIENTO SIMPLIFICADO DE EVALUACIÓN

c. Calificación energética de las instalaciones de alumbrado

**Índice de eficiencia energética ( $I_\epsilon$ )**

Se define como el cociente entre la eficiencia energética de la instalación ( $\epsilon$ ) y el valor de la **eficiencia energética de referencia ( $\epsilon_R$ )** en función del nivel de iluminancia media en servicio proyectada.

Tabla 3 – Valores de eficiencia energética de referencia

Alumbrado vial funcional		Alumbrado vial ambiental y otras instalaciones de alumbrado	
Iluminancia media en servicio proyectada $E_m(\text{lux})$	Eficiencia energética de referencia $\epsilon_R \left(\frac{\text{m}^2 \cdot \text{lux}}{\text{W}}\right)$	Iluminancia media en servicio proyectada $E_m(\text{lux})$	Eficiencia energética de referencia $\epsilon_R \left(\frac{\text{m}^2 \cdot \text{lux}}{\text{W}}\right)$
$\geq 30$	32	--	--
25	29	--	--
20	26	$\geq 20$	13
15	23	15	11
10	18	10	9
$\leq 7,5$	14	7,5	7
--	--	$\leq 5$	5

Nota - Para valores de iluminancia media proyectada comprendidos entre los valores indicados en la tabla, la eficiencia energética de referencia se obtendrán por interpolación lineal

$$I_\epsilon = \frac{\epsilon}{\epsilon_R}$$

$$\epsilon = \frac{S \cdot E_m}{P} \left(\frac{\text{m}^2 \cdot \text{lux}}{\text{W}}\right)$$

4. EFICIENCIA ENERGÉTICA

4.1. PROCEDIMIENTO SIMPLIFICADO DE EVALUACIÓN

c. Calificación energética de las instalaciones de alumbrado

Índice de consumo energético

Define una **etiqueta que caracteriza el consumo de energía** de la instalación mediante una escala de siete letras que van desde la letra A (instalación más eficiente y con menos consumo de energía) a la letra G (instalación menos eficiente y con más consumo de energía)

$$ICE = \frac{1}{I_{\epsilon}}$$

Tabla 4 – Calificación energética de una instalación de alumbrado.

Calificación Energética	Índice de consumo energético	Índice de Eficiencia Energética
A	ICE < 0,91	$I_{\epsilon} > 1,1$
B	$0,91 \leq ICE < 1,09$	$1,1 \geq I_{\epsilon} > 0,92$
C	$1,09 \leq ICE < 1,35$	$0,92 \geq I_{\epsilon} > 0,74$
D	$1,35 \leq ICE < 1,79$	$0,74 \geq I_{\epsilon} > 0,56$
E	$1,79 \leq ICE < 2,63$	$0,56 \geq I_{\epsilon} > 0,38$
F	$2,63 \leq ICE < 5,00$	$0,38 \geq I_{\epsilon} > 0,20$
G	ICE $\geq 5,00$	$I_{\epsilon} \leq 0,20$

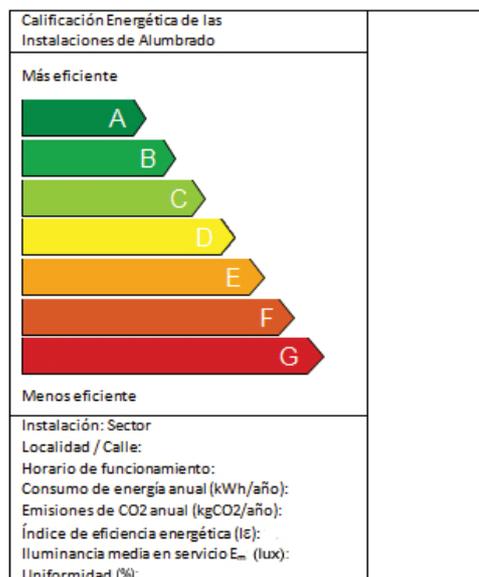
331

4. EFICIENCIA ENERGÉTICA

4.1. PROCEDIMIENTO SIMPLIFICADO DE EVALUACIÓN

c. Calificación energética de las instalaciones de alumbrado

Índice de consumo energético



332

### 4. BIBLIOGRAFÍA

- Curso de Luminotécnica UPC: <http://edison.upc.es>
- Manual de Alumbrado PHILIPS
- Manual de Alumbrado INDALUX
- Catálogos técnicos de fabricantes.
- Guía práctica de alumbrado eléctrico (Henry Graffigni)
- Luz, lámparas y luminarias (Carlos Jiménez)
- IDAE

Nota legal: Las imágenes así como parte de la información contenida en estos apuntes han sido recogidas de fuentes públicas y en algún caso anónimas de Internet y son en todo caso propiedad de sus autores..