

Curso en Auditoría y Ahorro Energético: *Viviendas y Terciario*

Energía Eléctrica *Iluminación Interior* Módulo 4

Eloy Díaz

Universidad de Vigo

Vigo, 25 octubre 2011 ¹

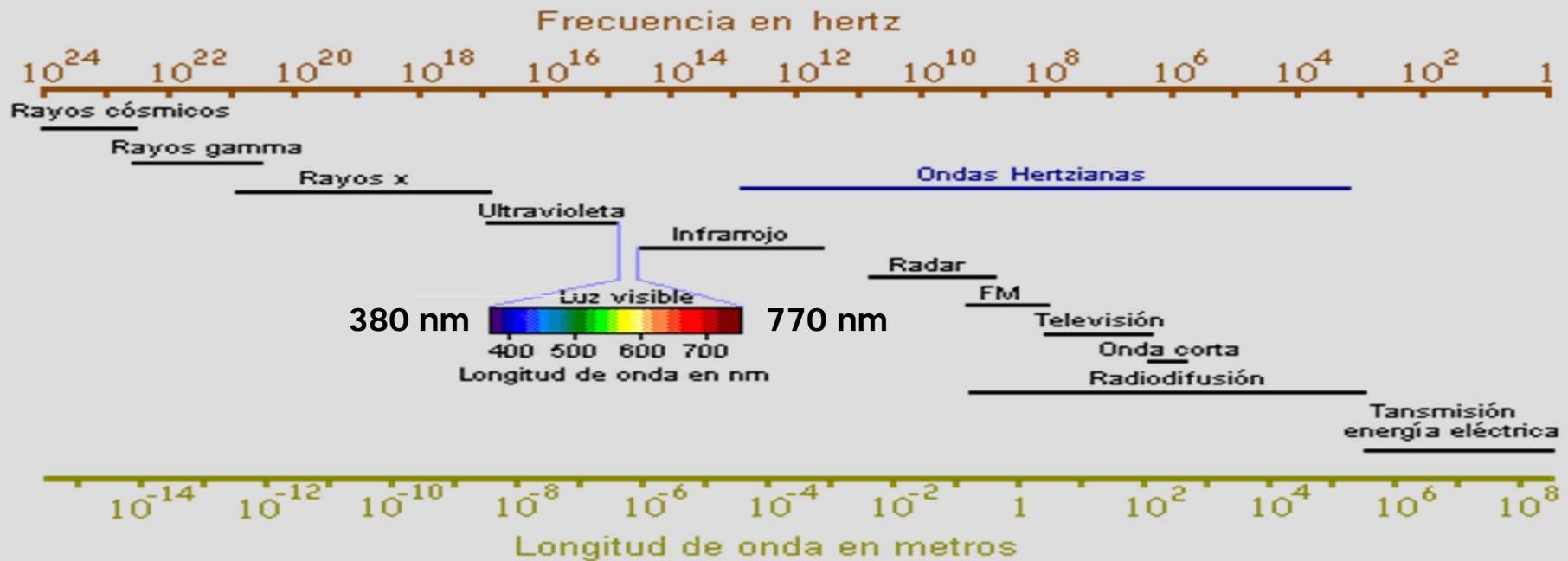
ILUMINACIÓN INTERIOR

INDICE

- La luz
- Magnitudes luminotécnicas
- Lámparas
- Luminarias
- Cálculo de alumbrado
- Normativa
- Control de iluminación

LA LUZ

ILUMINACIÓN

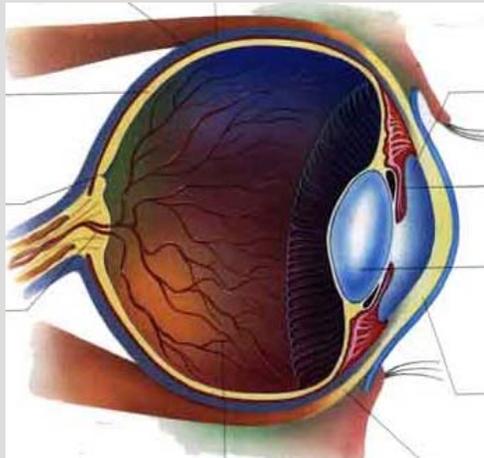


Se denomina luz visible al conjunto de radiaciones electromagnéticas con longitudes de onda entre 380 y 770 nm, y que son las responsables de que el hombre pueda ver.

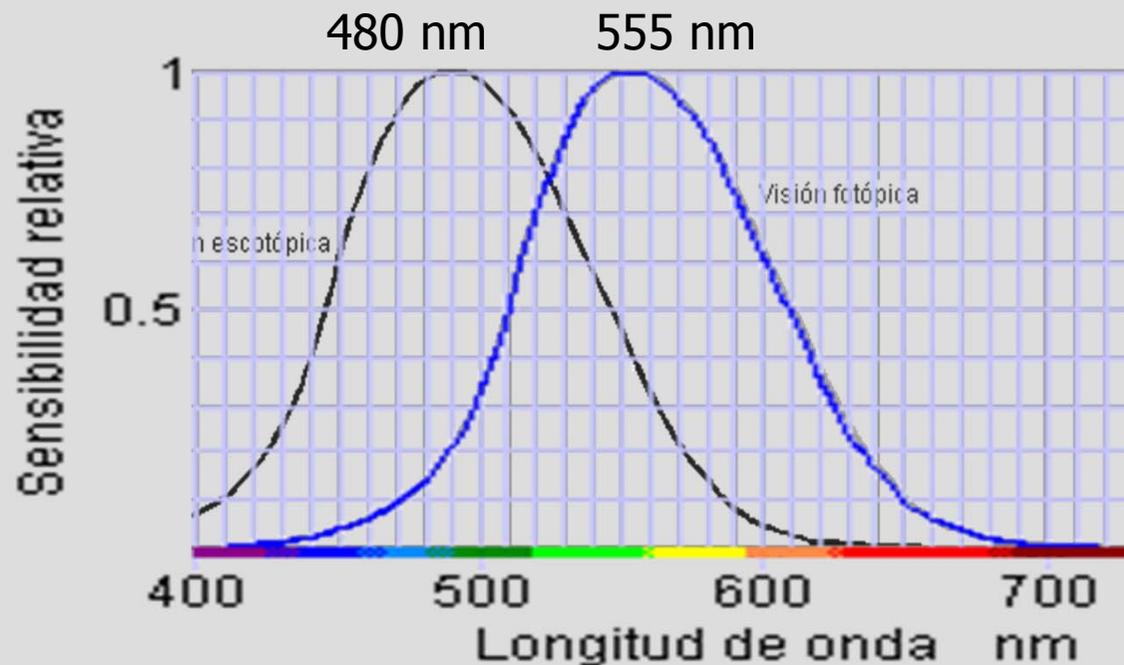
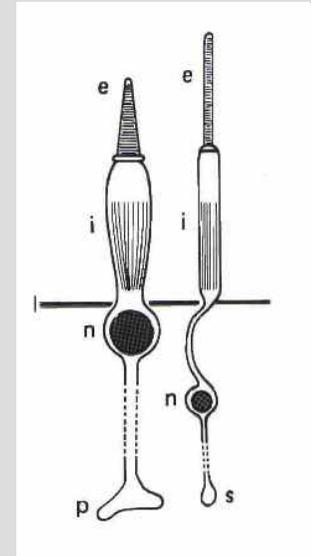
color	λ (nm)
Violeta	380-436
Azul	436-495
Verde	495-566
Amarillo	566-589
Naranja	589-627
Rojo	627-770

LA LUZ: El color

ILUMINACIÓN



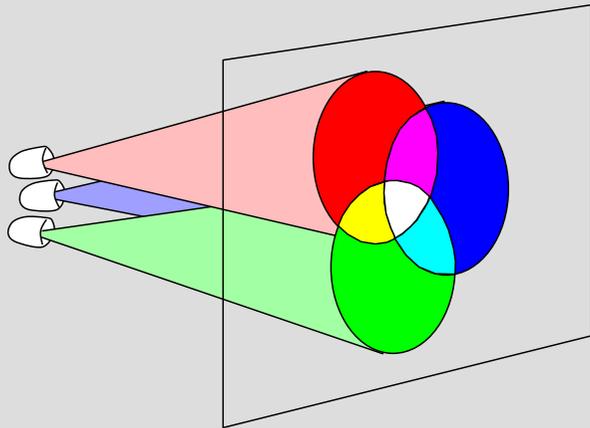
El ojo tiene aproximadamente ciento veinte millones de *bastones* y cuatro millones de *conos*.



Visión:

- fotópica
- escotópica
- mesópica

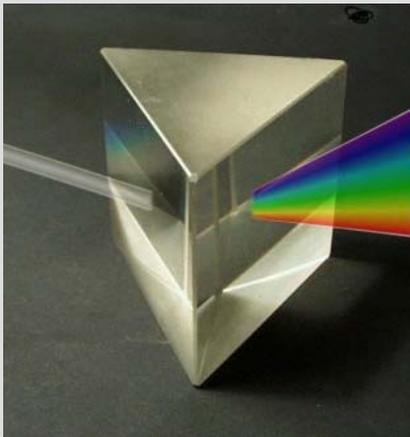
LA LUZ: El color



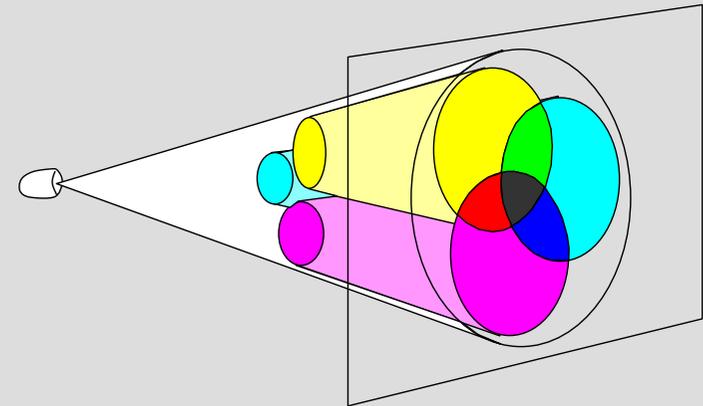
Mezcla aditiva

Grassmann establece que el blanco absoluto se obtiene con:
un 30 % de color rojo,
un 59 % de color verde
y un 11 % de color azul

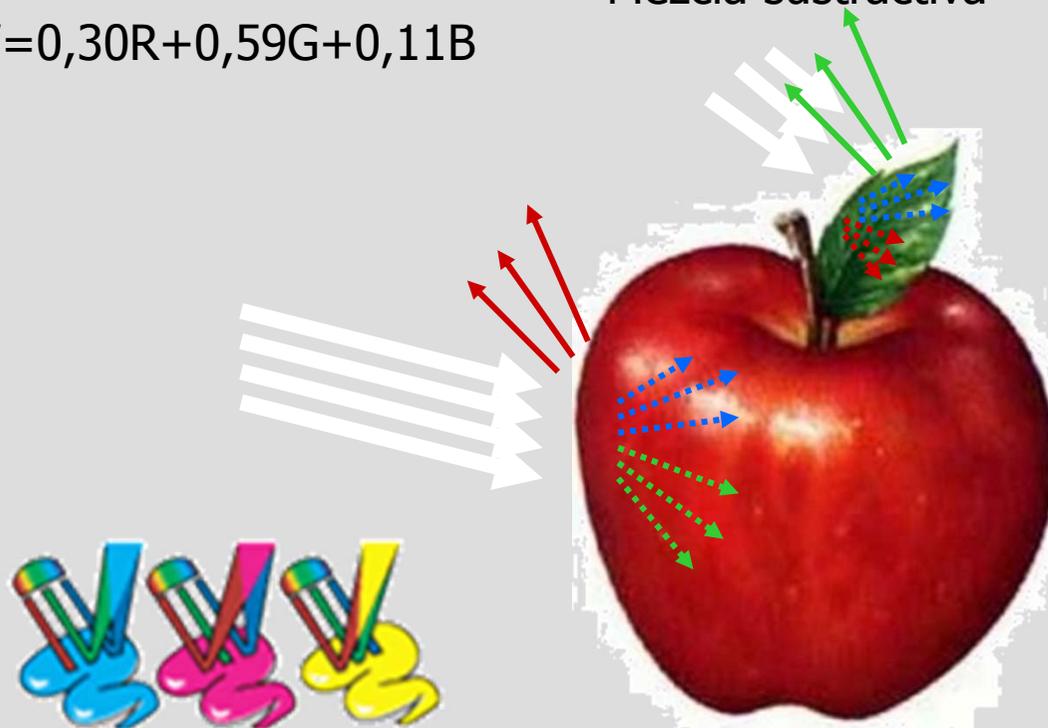
$$W=0,30R+0,59G+0,11B$$



ILUMINACIÓN

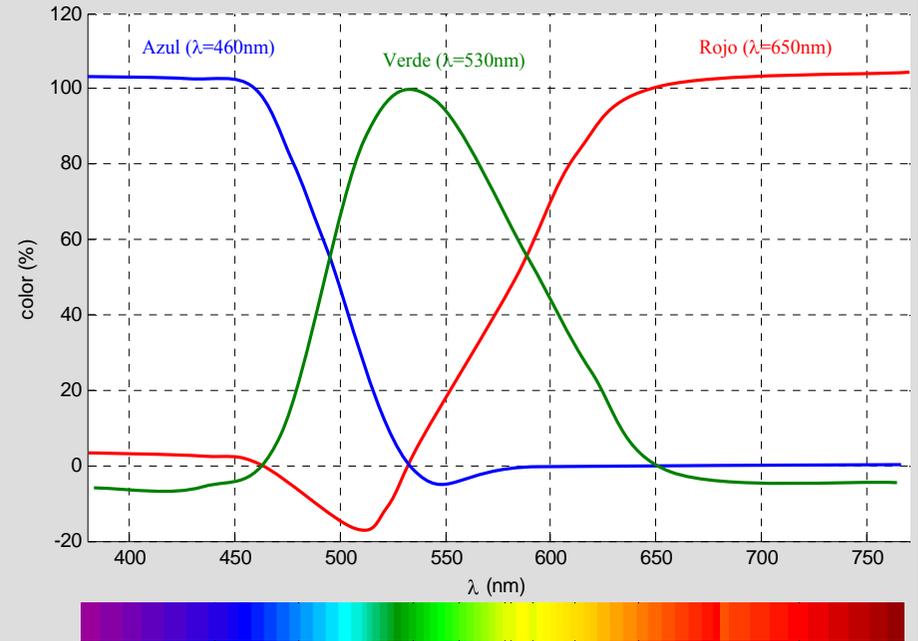
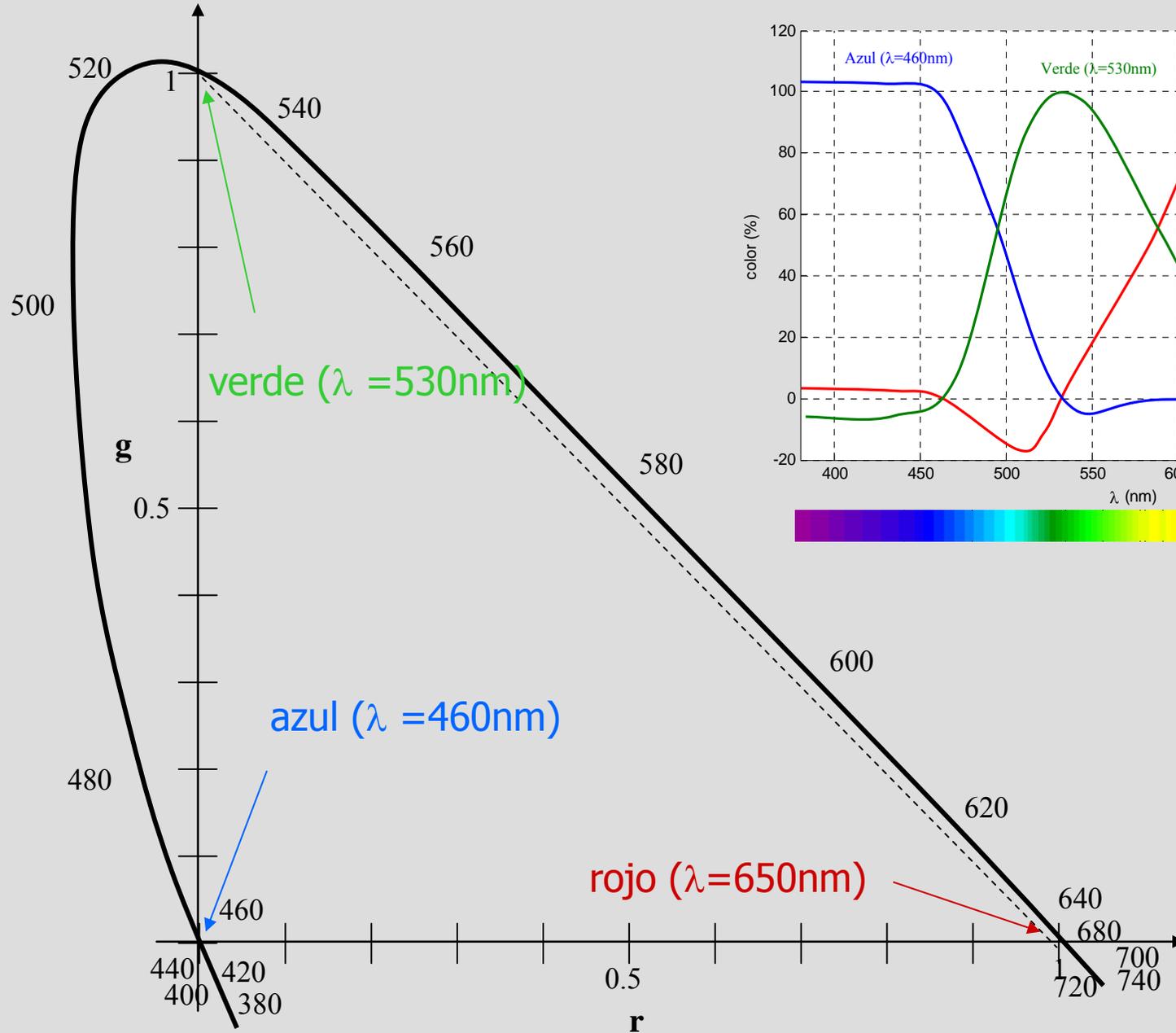


Mezcla sustractiva



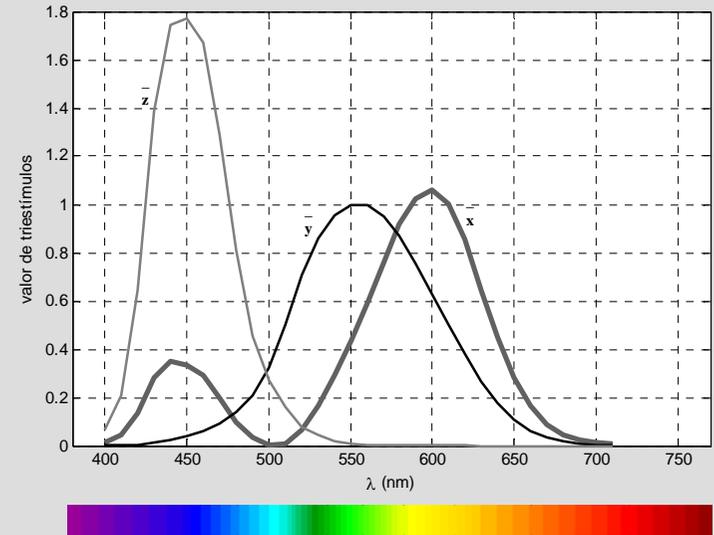
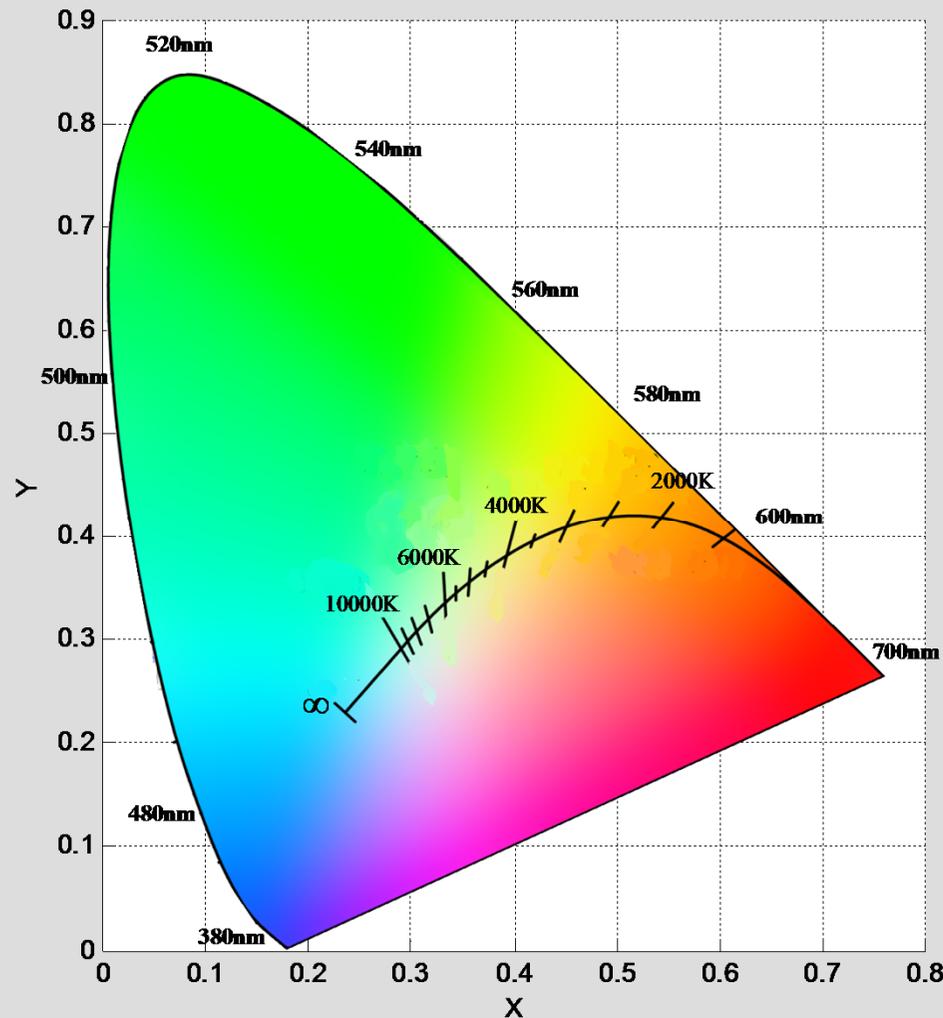
LA LUZ: El color

ILUMINACIÓN



LA LUZ: El color

ILUMINACIÓN



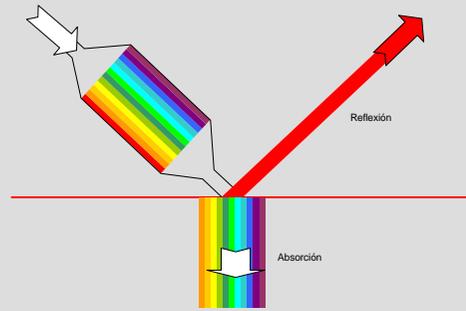
CIE definió 3 colores ficticios cuyos triestímulos siempre toman valores positivos entre 0 y 1 para dar cualquier color.

$$\bar{x} + \bar{y} + \bar{z} = 1$$

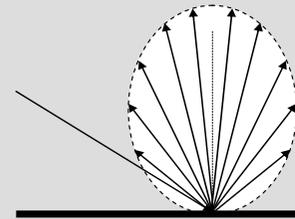
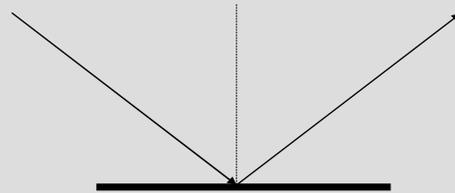
LA LUZ: propiedades

ILUMINACIÓN

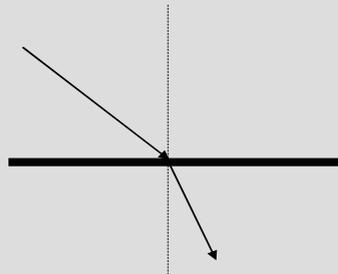
- **Absorción**



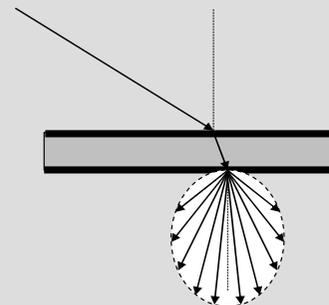
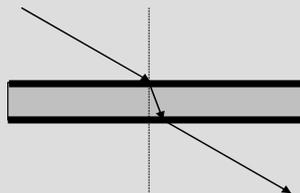
- **Reflexión**



- **Difracción**



- **Transmisión**



Magnitudes luminotécnicas

ILUMINACIÓN

El flujo luminoso (Φ)

Es la cantidad de luz que emite una fuente luminosa. La unidad es el lumen ($1\text{lm} = \text{cd} \cdot \text{sr} = \text{lx} \cdot \text{m}^2$). Un lumen es el flujo luminoso que incide sobre 1m^2 de una superficie situada a 1m de la fuente puntual que emite luz con una intensidad de 1cd en todas las direcciones del espacio.

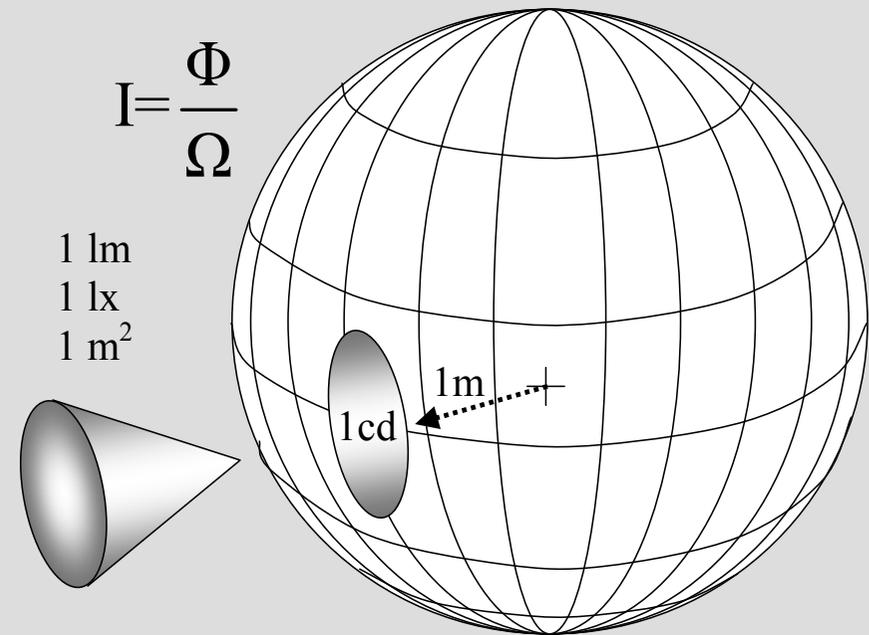
La intensidad luminosa (I)

Es la densidad de luz que se encuentra dentro de un estereoradian (una esfera tiene 4π esteroradianes). La intensidad luminosa se mide en candelas (cd).

Una candela se define como la intensidad luminosa de una fuente de luz monocromática de 540 THz que tiene una intensidad radiante de $1/683$ vatios por estereorradián (S.I.)

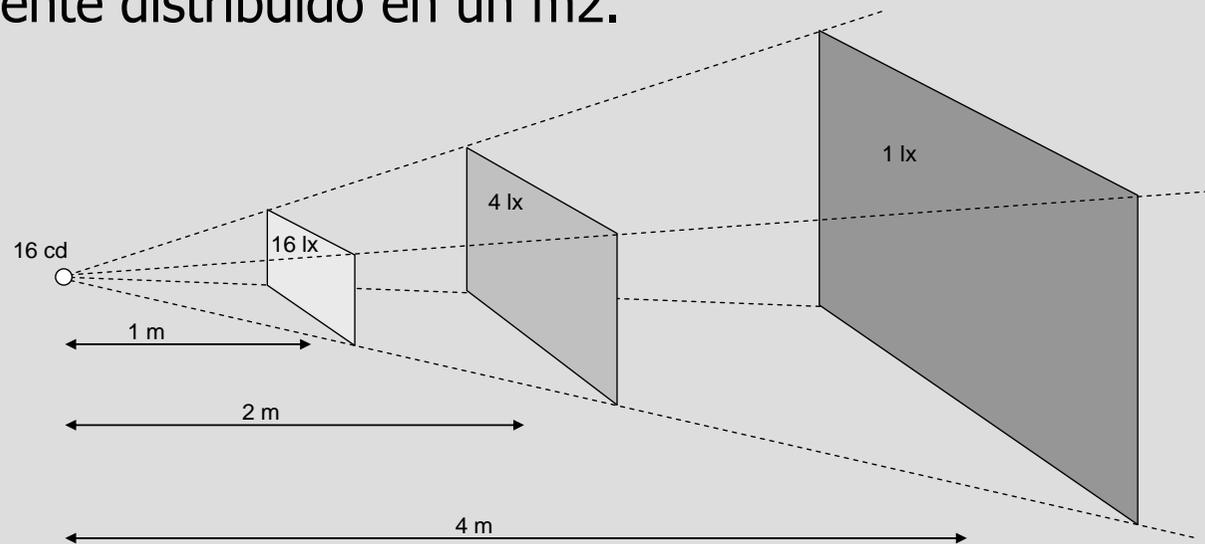
La cantidad de luz

Es el flujo luminoso que emite una fuente de luz por unidad de tiempo. La cantidad de luz se expresa en lúmenes.hora ($\text{lm} \cdot \text{h}$).



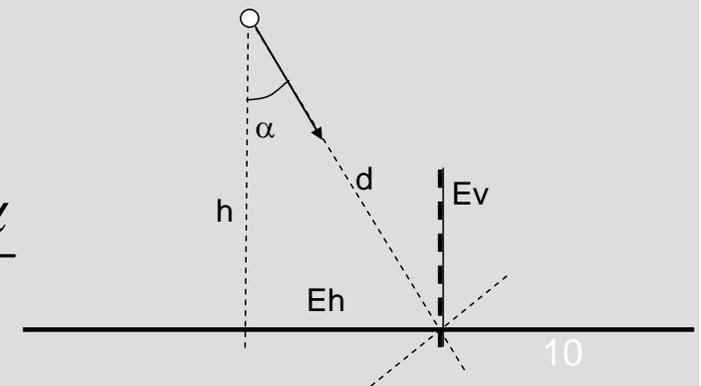
La iluminancia (E)

Es la densidad de flujo luminoso que recibe una superficie determinada. La iluminancia se mide en lux. Un lux es el flujo luminoso de un lumen uniformemente distribuido en un m².



$$E_h = \frac{I \cdot \cos^3 \alpha}{h^2}$$

$$E_v = \frac{I \cdot \cos^2 \alpha \cdot \operatorname{sen} \alpha}{h^2}$$

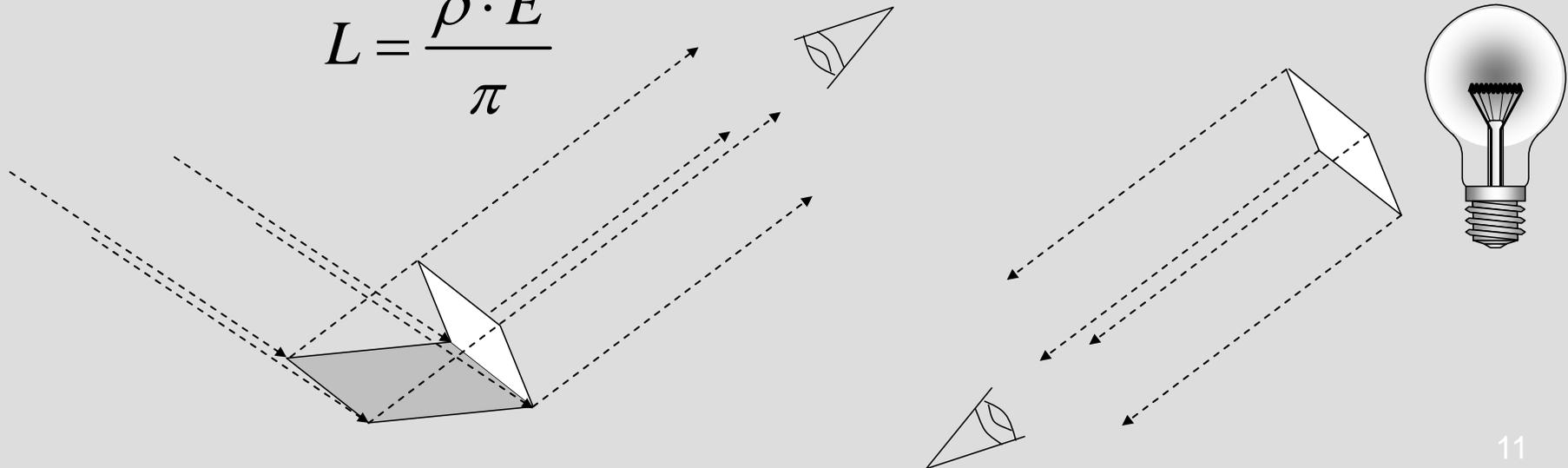


La luminancia (L)

Es la intensidad luminosa *directa* desde una fuente de luz o *reflejada* por una superficie en una determinada dirección para una determinada unidad de área (cd/m^2). Es equivalente al brillo.

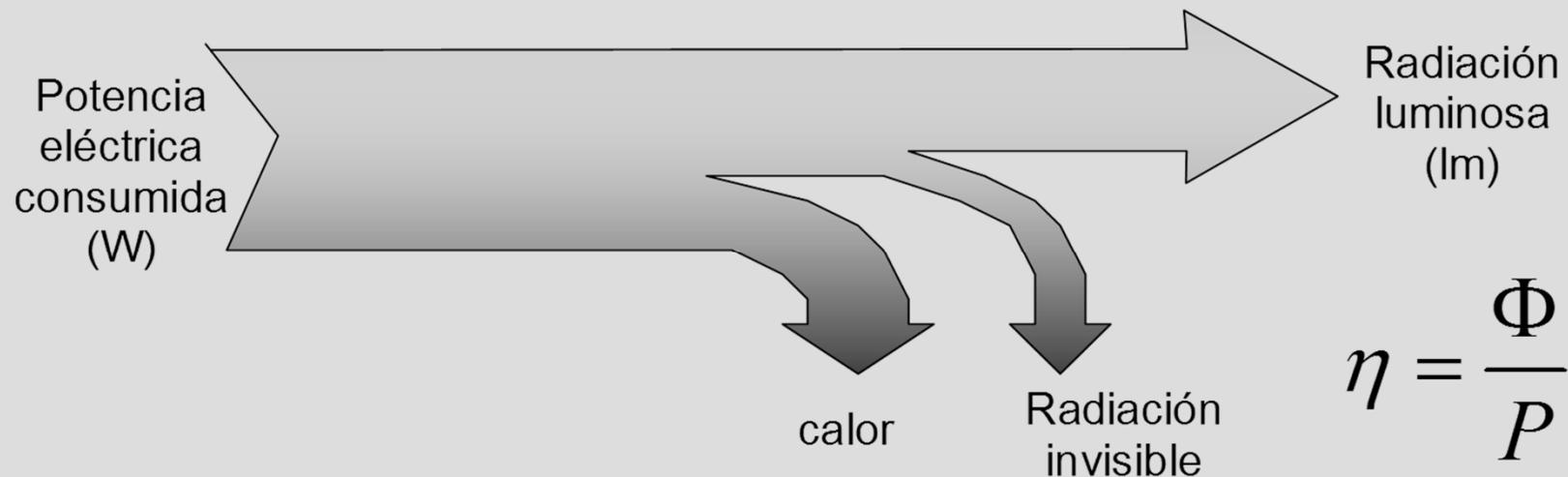
A partir del coeficiente de reflexión, la luminancia reflejada por una superficie puede ser calculada por la expresión siguiente, siempre que no sea una superficie muy brillante.

$$L = \frac{\rho \cdot E}{\pi}$$



El rendimiento luminoso (η)

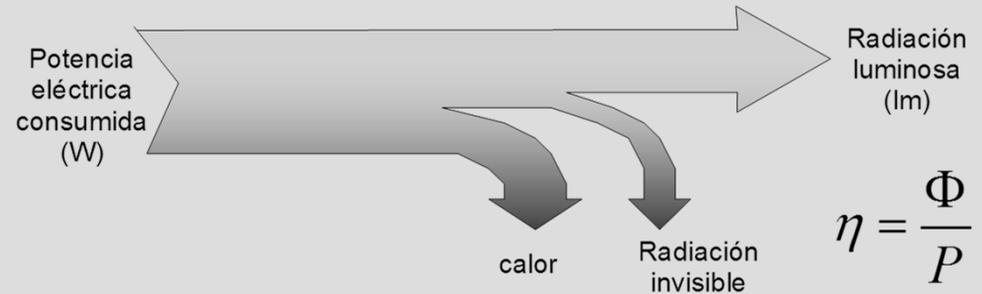
de una fuente de luz, es el flujo luminoso producido por cada unidad de potencia eléctrica consumida. El rendimiento luminoso se mide en (lm/W) .



Magnitudes luminotécnicas

ILUMINACIÓN

El rendimiento luminoso (η)



Tipo de lámpara	% de radiación			Convección y conducción (%)
	Visible	infrarroja	ultravioleta	
Incandescente	5.75	75	0.25	19
Fluorescente	28	---	0.5	71.5
Halogenuros metálicos	24	24.5	1.5	50
Hg alta presión	16.5	15	4	64.5
Na baja presión	31	25	---	44
Na alta presión	40.5	3.5	---	56

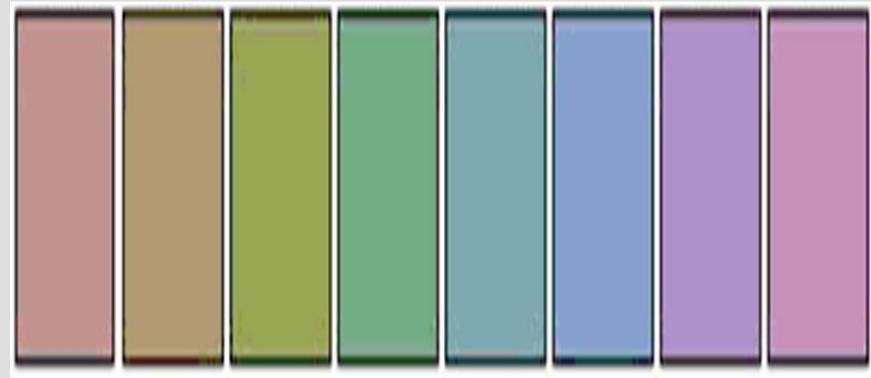
Índice de reproducción cromática (IRC ó Ra)

Mide la capacidad de una fuente de luz para reproducir los colores.

El valor Ra se determina iluminando un conjunto de ocho colores de muestra establecidos por la norma DIN 6169, con la luz de referencia y con la luz que se estudia. Se valora de 0 a 100.

El índice Ra se obtiene haciendo la media de los índices de los ocho colores.

DIN-5035	Ra
1A	90-100
1B	80-90
2A	70-80
2B	60-70
3	40-60
4	20-40



El nuevo CRI (Color Rendering Index –Índice de Reproducción Cromática) mide la fidelidad de los colores iluminados por una determinada fuente luminosa. Se calcula el promedio entre 14 test del color diferentes.



Magnitudes luminotécnicas

ILUMINACIÓN

Clasificación CIE según el IRC

Grupo de rendimiento en color	Índice de rendimiento en color (IRC)	Apariencia 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	$85 > IRC \geq 70$	Fría	Oficinas, escuelas, grandes almacenes, industrias de precisión (en climas cálidos)
		Intermedia	Oficinas, escuelas, grandes almacenes, industrias de precisión (en climas templados)
		Cálida	Oficinas, escuelas, grandes almacenes, ambientes industriales críticos (en climas fríos)
3	Lámparas con IRC <70 pero con propiedades de rendimiento en color aceptables para uso en locales de trabajo		Interiores donde la discriminación cromática no es de gran importancia
S (especial)	Lámparas con rendimiento de color fuera de lo normal		Aplicaciones especiales

Magnitudes luminotécnicas

ILUMINACIÓN

Recomendación de uso CIE (1986)

IRC	Clase	<3300K (cálida)	3300K – 5000K (neutra)	>5000K (fría)
>90	1 A	Halógena	Fluorescente lineal y compacta	Fluorescente lineal y compacta
		Fluorescente lineal y compacta	Halogenuros metálicos y cerámicos	
		Halogenuros metálicos y cerámicos		
90>IRC>80	1 B	Fluorescente lineal y compacta	Fluorescente lineal y compacta	Fluorescente lineal y compacta
		Halogenuros metálicos y cerámicos	Halogenuros metálicos y cerámicos	
		Na blanco		
80>IRC>70	2 A	Halogenuros metálicos	Halogenuros metálicos	Halogenuros metálicos
70 > IRC	2 B, 3 y 4	Hg	Hg	
		Na		

Sensación visual en función de la iluminancia y la apariencia de color

Iluminancia (lux)	Apariencia del color		
	Cálida	Intermedia	Fría
500	agradable	neutra	fría
$500 < E < 1.000$	↕	↕	↕
$1.000 < E < 2.000$	estimulante	agradable	neutra
$2.000 < E < 3.000$	↕	↕	↕
3.000	no natural	estimulante	agradable

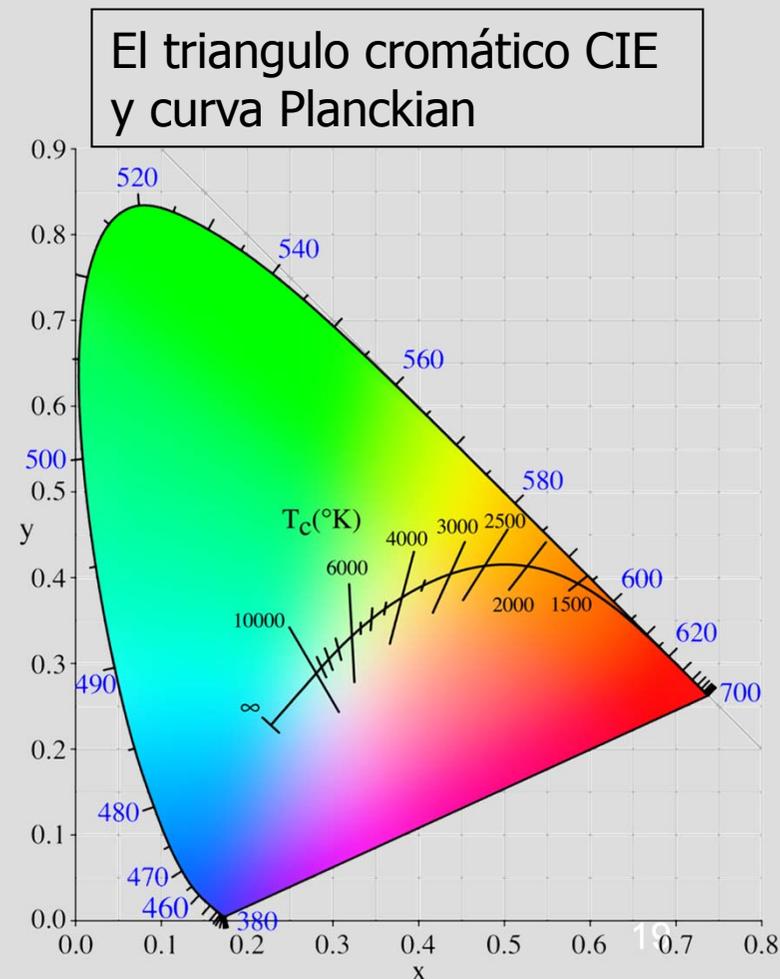
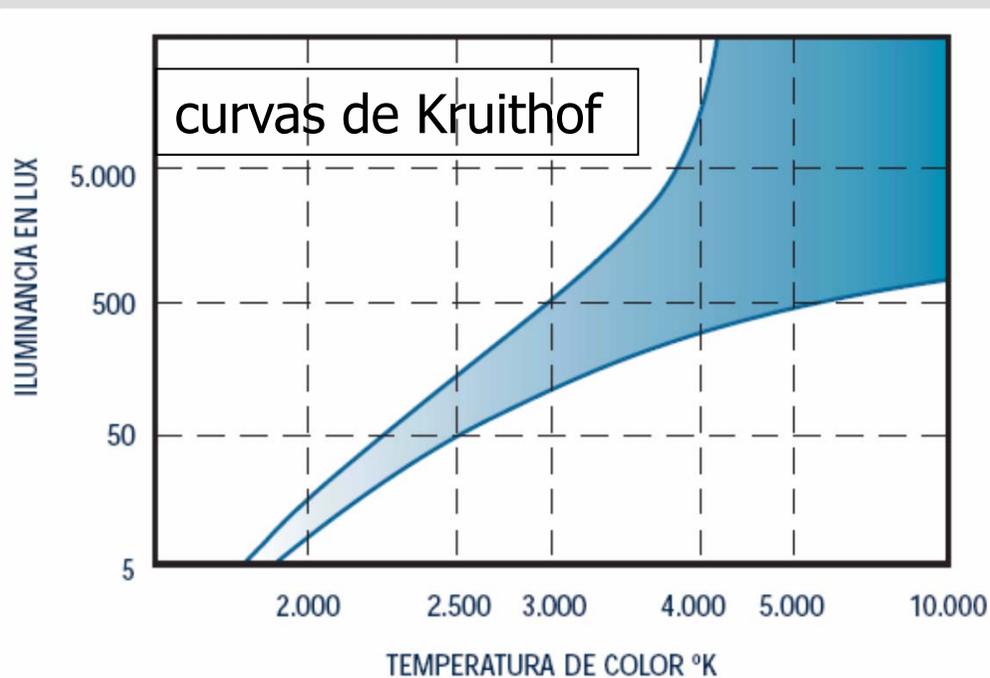
Magnitudes luminotécnicas

ILUMINACIÓN

Apariencia de color

Para determinar la sensación que las personas tendrán de un local, se considera la temperatura de color. Clasificación (UNE-EN 12464-1):

Tª de color	Apariencia	tono
$T_c > 5300 \text{ K}$	Fría	Blanco azulado
$3300 \text{ K} \leq T_c \leq 5300 \text{ K}$	Intermedia	Neutro
$T_c < 3300 \text{ K}$	Cálida	Blanco rojizo



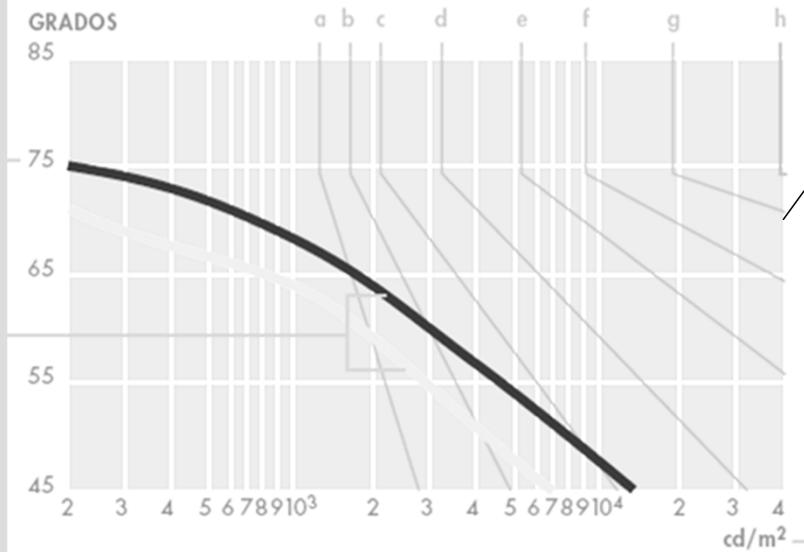
Magnitudes luminotécnicas

ILUMINACIÓN

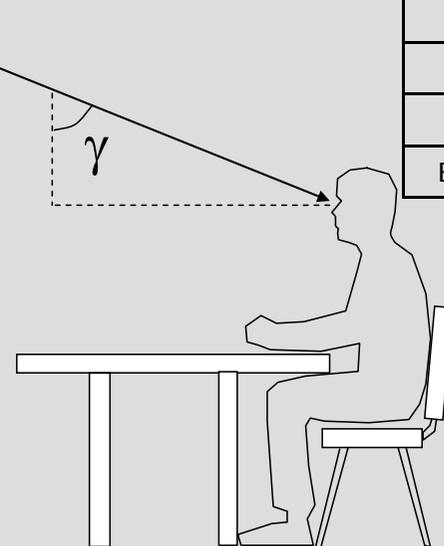
Deslumbramiento

El deslumbramiento hace referencia a la dificultar de visión debido a un elevado contraste entre la luminosidad de una superficie y su contorno.

Clase	G	Válido para iluminancias en servicio E(1x)							
A	1,15	2000	1000	500	≤300				
B	1,5		2000	1000	500	≤300			
C	1,85			2000	1000	500	≤300		
D	2,2				2000	1000	500	≤300	
E	2,55					2000	1000	500	≤300



Grado G	Clase CIE	Clase DIN
1,15	A	A
Tarea visual muy complicada		
1,5	B	1
Exigencias visuales elevadas		
1,85	C	
Exigencias visuales normales		
2,2	D	2
Exigencias visuales bajas		
2,55	E	3
Exigencias visuales muy bajas		



Magnitudes luminotécnicas

ILUMINACIÓN

Contraste y Deslumbramiento.
 También se emplea el valor de **UGR**: índice unificado de deslumbramiento ("Unified Glare Rating"), que se obtiene según el procedimiento dado por CIE

Valoración de deslumbramiento según UGR

ρ Techo	70	70	50	50	30	70	70	50	50	30	
ρ Paredes	50	30	50	30	30	50	30	50	30	30	
ρ Suelo	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	
Tamaño del local X Y		Mirado en perpendicular al eje de lámpara					Mirado longitudinalmente al eje de lámpara				
2H	2H	19.4	20.3	19.7	20.5	20.7	19.5	20.4	19.8	20.6	20.8
	3H	20.0	20.8	20.3	21.1	21.3	20.4	21.1	20.7	21.4	21.6
	4H	20.4	21.1	20.7	21.4	21.7	20.8	21.6	21.1	21.8	22.1
	6H	20.7	21.4	21.0	21.6	21.9	21.2	21.9	21.5	22.2	22.4
	8H	20.8	21.4	21.1	21.7	22.0	21.3	22.0	21.7	22.3	22.6
	12H	20.8	21.4	21.2	21.7	22.1	21.4	22.0	21.7	22.3	22.6
4H	2H	19.6	20.3	19.9	20.6	20.9	19.7	20.4	20.0	20.7	21.0
	3H	20.5	21.1	20.9	21.4	21.7	20.8	21.4	21.2	21.7	22.0
	4H	21.0	21.6	21.4	21.9	22.3	21.5	22.0	21.8	22.3	22.7
	6H	21.5	21.9	21.9	22.3	22.7	22.0	22.4	22.4	22.8	23.2
	8H	21.6	22.0	22.0	22.4	22.8	22.1	22.6	22.6	22.9	23.3
	12H	21.7	22.0	22.1	22.4	22.9	22.2	22.6	22.7	23.0	23.4
8H	4H	21.3	21.7	21.7	22.1	22.5	21.7	22.1	22.1	22.5	22.9
	6H	21.8	22.2	22.3	22.6	23.0	22.3	22.6	22.8	23.1	23.5
	8H	22.0	22.3	22.5	22.8	23.2	22.6	22.8	23.0	23.3	23.7
	12H	22.2	22.4	22.7	22.9	23.4	22.7	22.9	23.2	23.4	23.9
12H	4H	21.3	21.7	21.7	22.1	22.5	21.7	22.0	22.1	22.4	22.9
	6H	21.9	22.2	22.4	22.6	23.1	22.3	22.6	22.8	23.1	23.5
	8H	22.1	22.4	22.6	22.8	23.3	22.6	22.8	23.1	23.3	23.8

Variación de la posición del espectador para separaciones S entre luminarias

S = 1.0H	+1.5 / -1.1	+1.3 / -0.9
S = 1.5H	+2.5 / -1.3	+2.0 / -1.1
S = 2.0H	+3.9 / -1.6	+3.3 / -1.2
Tabla estándar	BK04	BK04
Sumando de corrección	3.1	3.4

Índice de deslumbramiento corregido en relación a 5700lm Flujo luminoso total

3 Oficinas

Nº ref.	Tipo de interior, tarea y actividad	\bar{E}_m lux	UGR _L	R _a
3.1	Archivo, copias, etc.	300	19	80
3.2	Escritura, escritura a máquina, lectura, tratamiento de datos	500	19	80
3.3	Dibujo técnico	750	16	80
3.4	Puestos de trabajo de CAD	500	19	80
3.5	Salas de conferencias y reuniones	500	19	80
3.6	Mostrador de recepción	300	22	80
3.7	Archivos	200	25	80

Lámparas

ILUMINACIÓN

Tipos de lámparas

- Incandescencia
 - Convencional
 - Halógena
- Descarga
 - Fluorescentes
 - Vapor de mercurio de alta presión
 - Vapor de sodio de baja presión
 - Vapor de sodio de alta presión
- Inducción
- Led y oled

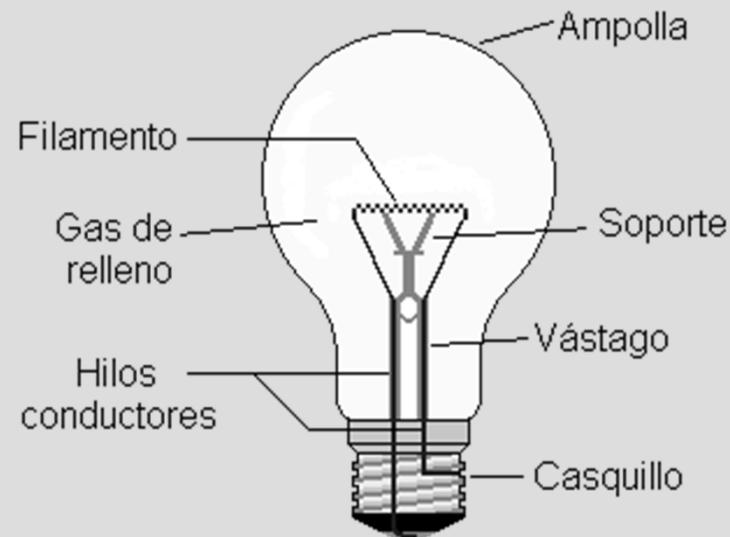


Lámparas incandescentes

ILUMINACIÓN

Convencionales

	Lámparas con gas	Lámparas de vacío
T^a del filamento	2500 °C	2100 °C
Eficacia luminosa	10-20 lm/W	8-12 lm/W
Duración	1000 h	1000 h
Pérdidas de calor	Convec./radiación	Radiación



Partes de una bombilla

Lámparas incandescentes

ILUMINACIÓN

Halógenas

Lámpara incandescente con una pequeña cantidad de halógenos. Cuando el wolframio se evapora se une al halógeno. Si se acerca a las paredes de la ampolla, permanece en estado gaseoso, y si entra en contacto con el filamento, se separa el wolframio que se deposita sobre el filamento y el halogenuro que pasa al gas. Tienen una eficacia luminosa de 22 lm/W, y las potencias van de 150 a 2000W.



Lámparas incandescentes

Eco-halógenas



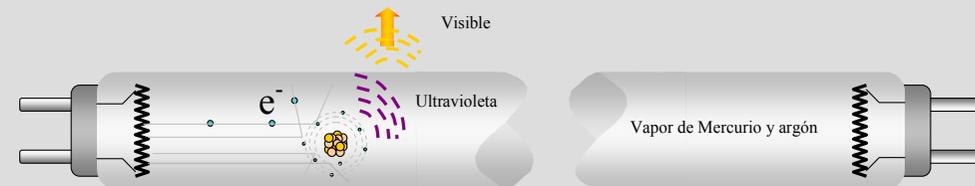
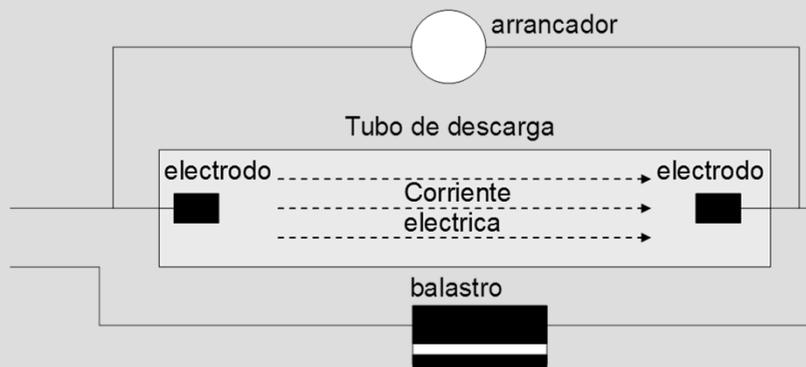
ILUMINACIÓN



Lámparas de descarga

ILUMINACIÓN

En las lámparas de descarga la luz se consigue al excitar un gas con una descarga eléctrica entre dos electrodos. En función del gas empleado en la lámpara y la presión a la que esté sometido se tienen diferentes tipos de lámparas.

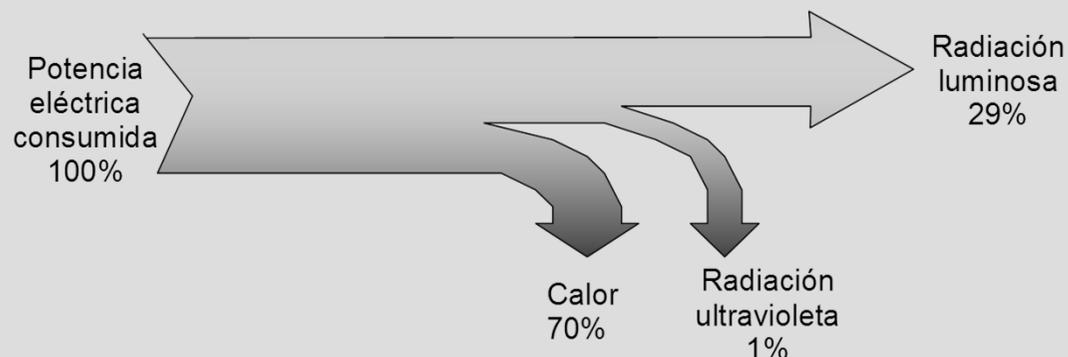
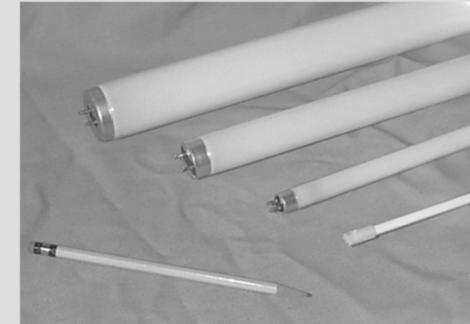


Tipos de lámpara	Eficacia de las lámparas (lm/W)	Vida media (h)
Fluorescentes	40-90	6000
Luz mezcla	20-30	9000
Mercurio a alta presión	40-65	25000
Halogenuros metálicos	75-95	12000
Sodio a baja presión	100-180	25000
Sodio a alta presión	70-130	25000

Lámparas fluorescentes

ILUMINACIÓN

- Contienen vapor de mercurio mezclado con un gas inerte a baja presión ($<1\text{Pa}$)
- Emiten radiación ultravioleta en $253'7\text{nm}$.
- La superficie del tubo está recubierta con sustancias fluorescentes que al ser excitadas por la radiación ultravioleta emiten en el espectro visible.
- El tipo de sustancias depositadas determinan la temperatura de color (más cálida o fría).
- El rendimiento de color se sitúa entre el 80 y el 90%.
- El rendimiento energético se encuentra entre 40 y 90 lm/W .

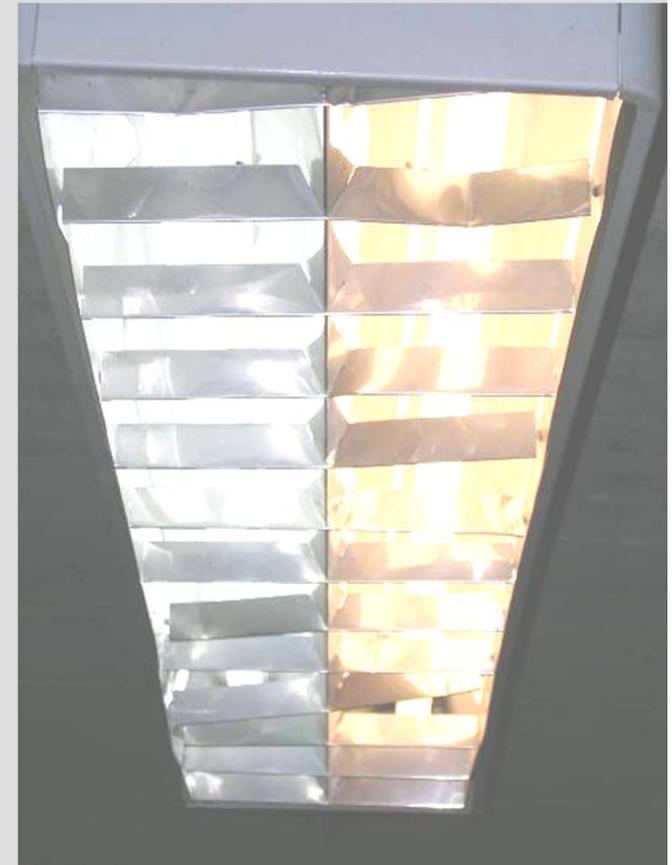


Apariencia	T(K)
Blanco cálido	3000
Blanco	3500
Natural	4000
Blanco frío	4200
Luz día	6500

Lámparas fluorescentes

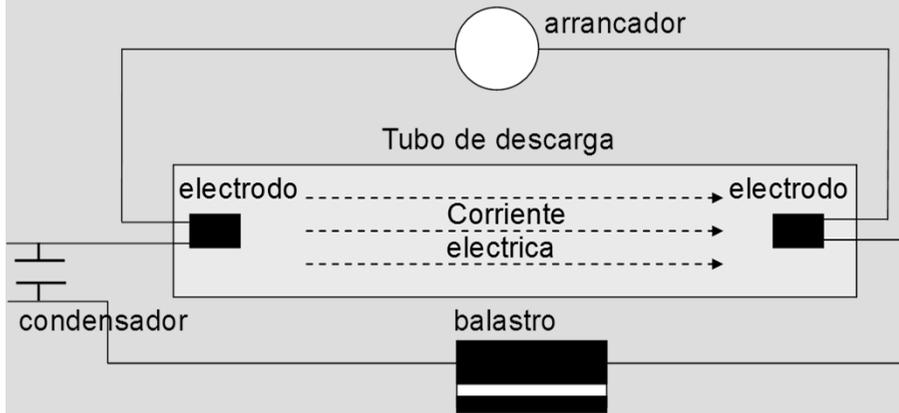
ILUMINACIÓN

grupo	compuestos	color
Haluros	Halofosfato de calcio	Blanco (480nm, 580nm)
Trifósforos	óxido de itrio + trifósforo de europio	Rojo-naranja (611nm)
	aluminato de magnesio, cesio y terbio	Verde (543 nm)
	fosfato de lantano + fosfuro de cesio y terbio	Verde (544 nm)
	borato de magnesio y gadolinio + fosfuro de cesio y terbio	Verde (545nm)
	aluminato de magnesio y bario + fosfuro de europio	Azul (450nm)
	Cloroapatita de estroncio + fosfuro de europio	Azul (447nm)
Fósforos de lujo	Estroncio verde, azul	Verdoso (480nm, 560nm)
	Estroncio rojo	Rojizo (630nm)

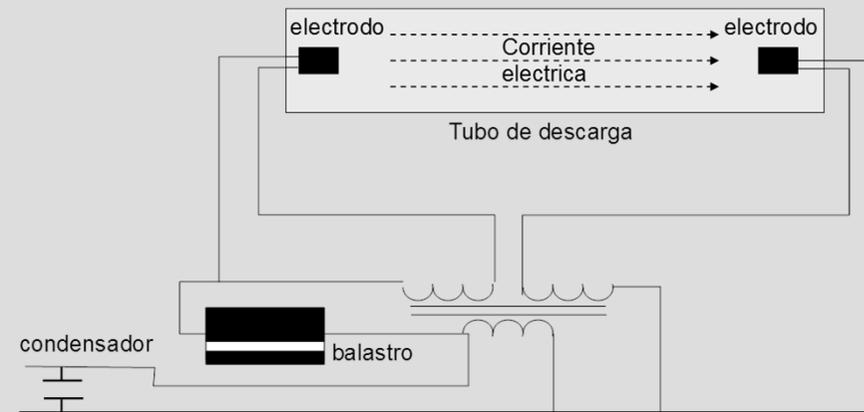


Lámparas fluorescentes

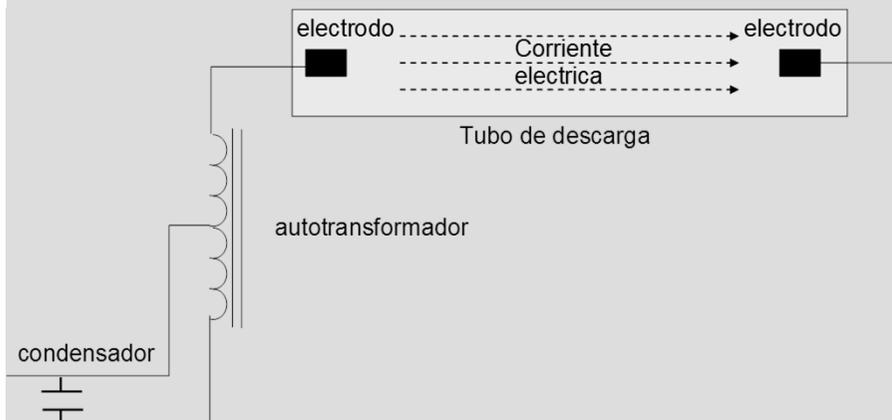
ILUMINACIÓN



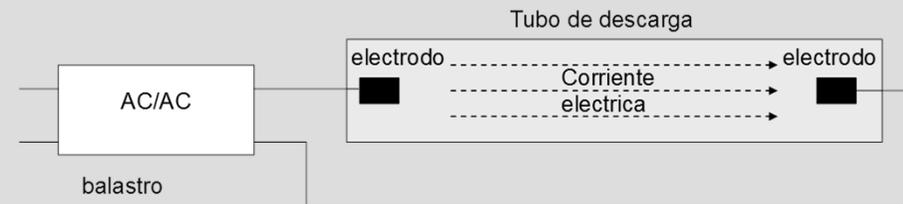
Encendido con cebado



Encendido rápido



Encendido instantáneo



Encendido electrónico

Lámparas fluorescentes

ILUMINACIÓN



las conocidas como lámparas fluorescentes compactas (CFL) se pueden clasificar en dos tipos:

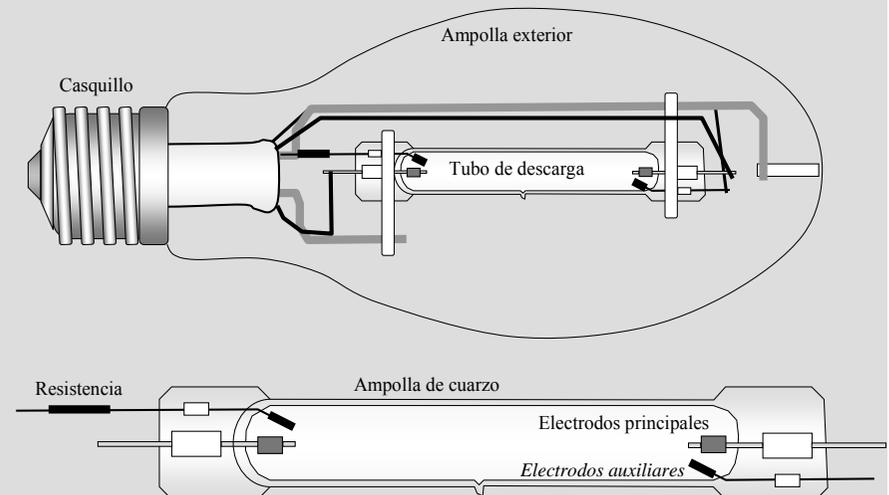
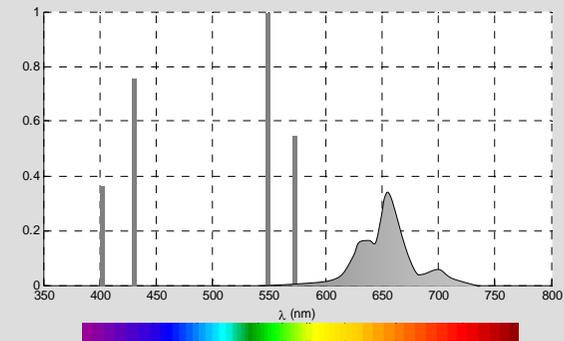
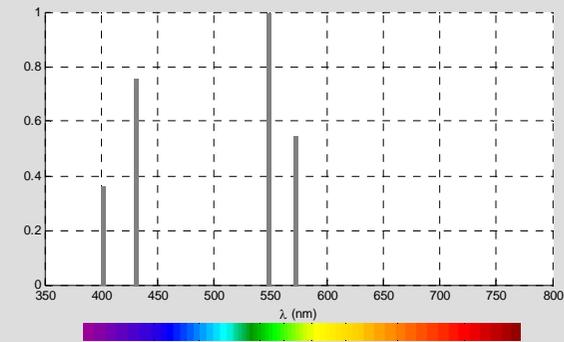
- que incluyen en el casquillo la reactancia y el cebador
- llevan un balastro electrónico en el casquillo (>20 kHz)

Lámparas Hg alta presión

- emiten radiaciones en varias franjas del espectro visible (405nm, 435nm 546nm y 570nm)
- El Hg no emiten en la franja del rojo
- El rendimiento de color se sitúa entre el 40 y el 50%.
- El encendido se realiza mediante un electrodo auxiliar próximo a uno de los electrodos
- El periodo transitorio de arranque es de unos cuatro minutos.
- El rendimiento energético se encuentra entre 40 y 65 lm/W.



ILUMINACIÓN



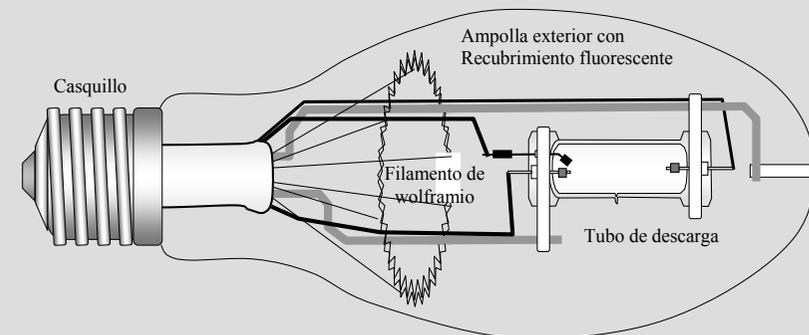
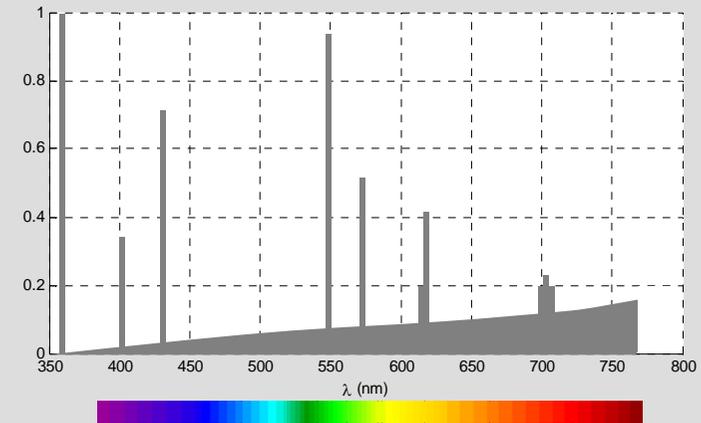
Lámparas Hg alta presión

ILUMINACIÓN

Luz mezcla

Es la combinación de una lámpara de mercurio a alta presión con una lámpara incandescente y, un recubrimiento fosforescente

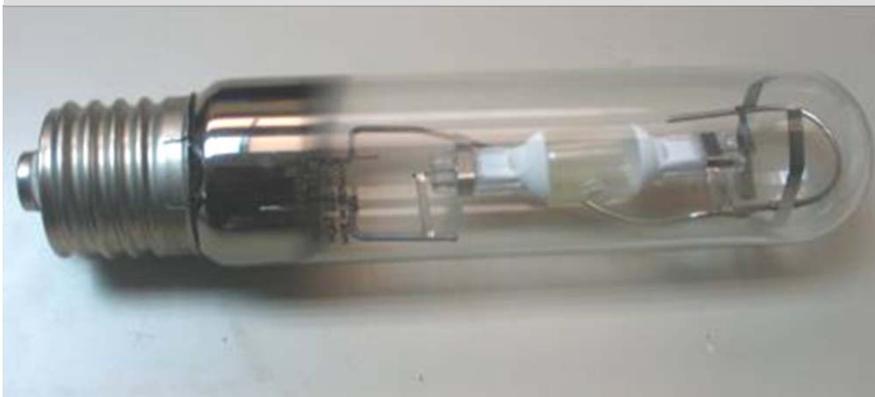
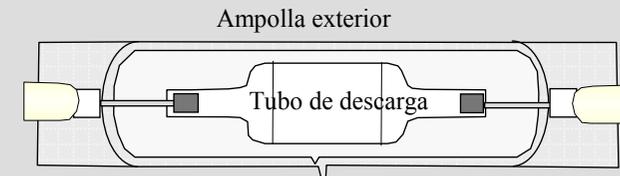
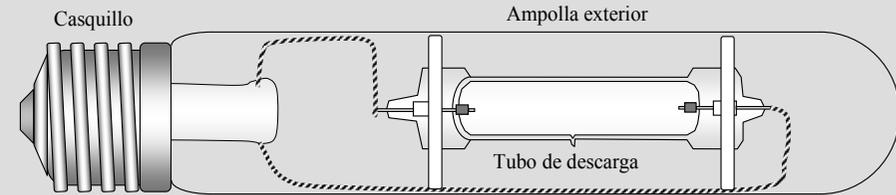
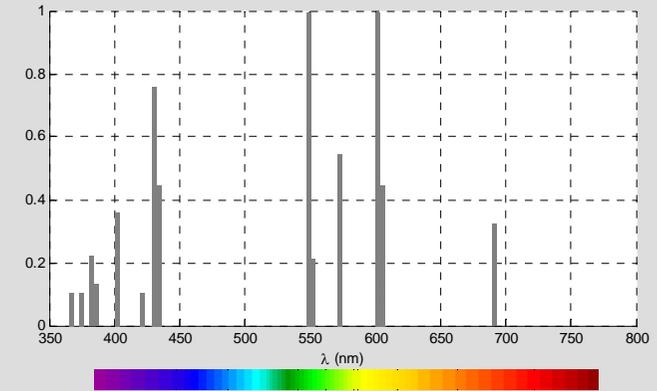
- Rendimiento de color entorno al 60%.
- Rendimiento energético entre 20 y 60 lm/W



Lámp. halogenuros metálicos ILUMINACIÓN

Lámparas de mercurio de alta presión a las que se le añaden halogenuros metálicos.

- Los halogenuros permiten mejorar el rendimiento de color, al aportar más líneas al espectro.
- Rendimiento energético entre los 60 y 96 lm/W.
- Vida media de 10000 horas.
- Período de encendido superior a 5 minutos
- Tensiones de arranque que van desde los 1500 a los 5000 V.



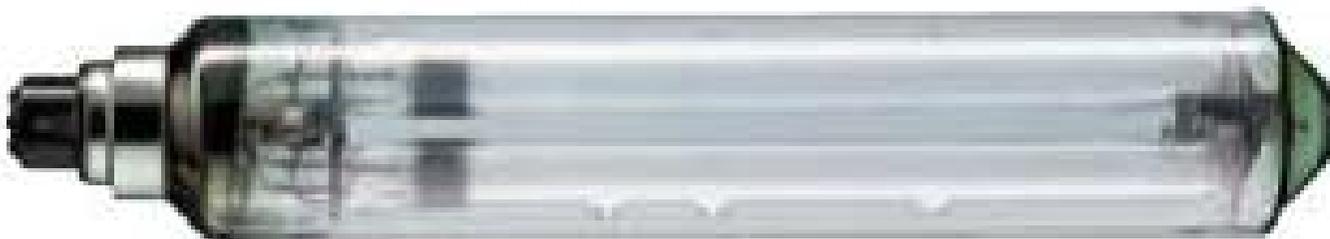
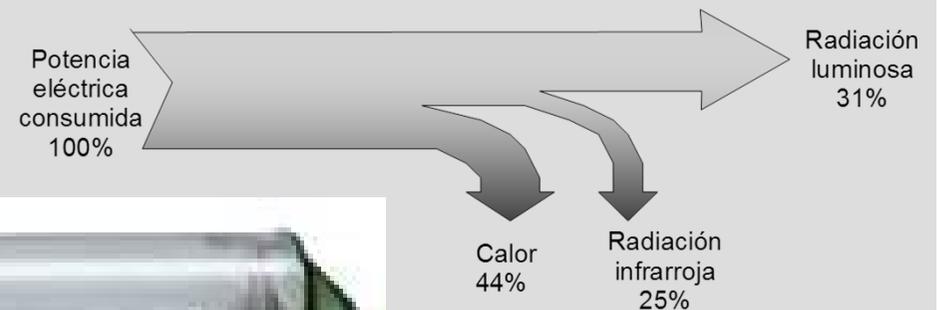
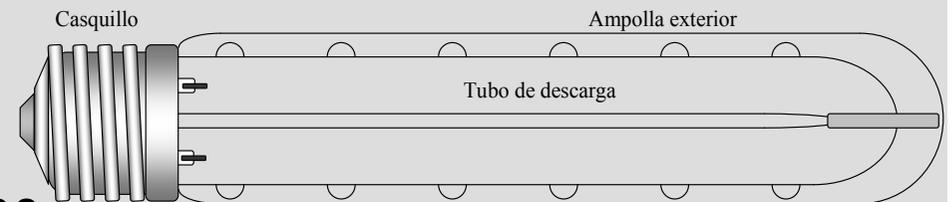
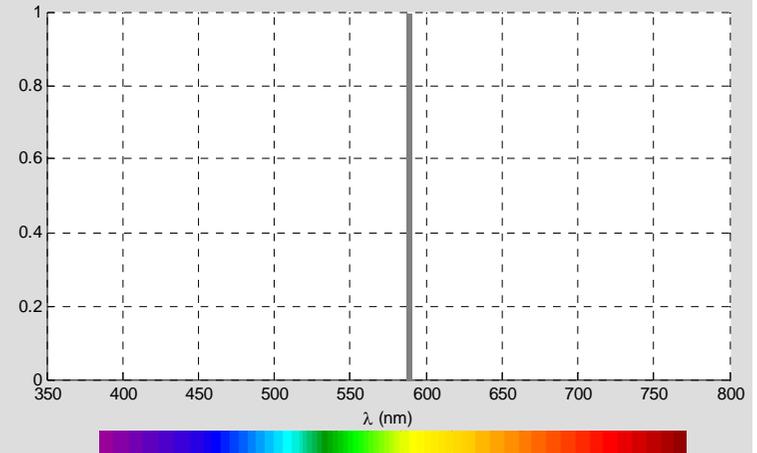
color	halogenuro
amarillo	sodio
verde	talio
rojo y azul	indio

Lámparas Na baja presión

El vapor de sodio produce una radiación monocromática en la zona del amarillo en los valores 589 nm y 589.6 nm. Están situadas al lado de la longitud de onda de 550 nm en la que el ojo humano tiene la mayor sensibilidad.

- Eficacia muy alta: 150 a 180 lm/W.
- Son monocromáticas y no permite distinguir los colores.
- La vida media es muy elevada, alcanzando las 15000 horas.
- La vida útil se encuentra entre las 6000 y las 8000 horas.
- Encendido superior a 5 minutos

ILUMINACIÓN



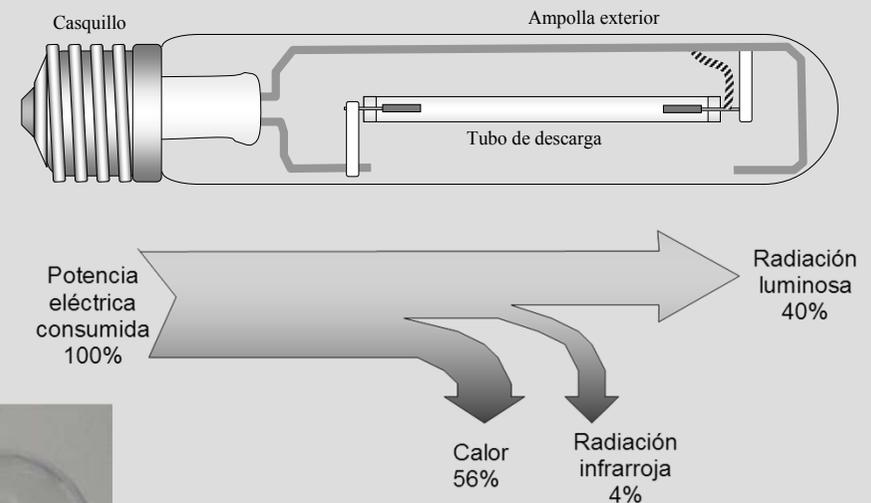
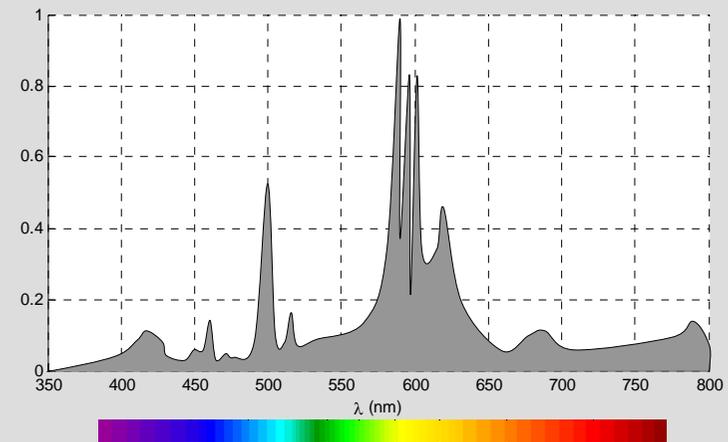
Lámparas Na alta presión

Las lámparas de vapor de sodio a alta presión tienen un espectro que cubre casi todo el espectro visible. Por lo tanto, emiten una luz blanca con tono dorado.

- Rendimiento de color: entre el 65 y el 80%.
- Rendimiento : en torno a los 130 lm/W.
- La vida media: elevada, 20000 horas.
- La vida útil: entre las 8000 y las 12000 horas.
- Encendido superior a 5 minutos



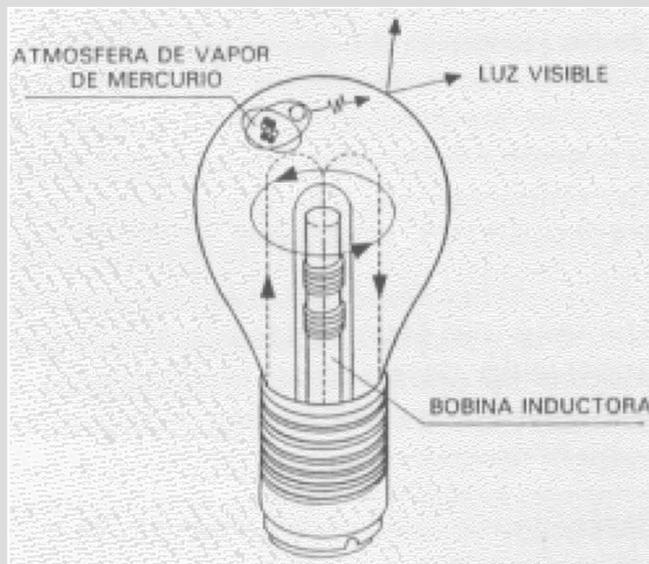
ILUMINACIÓN



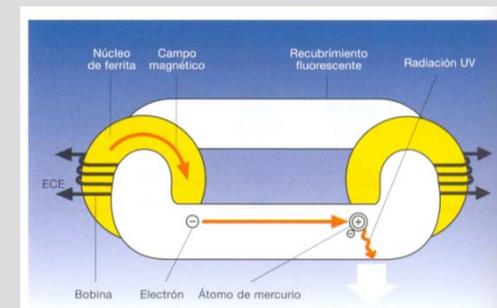
Lámparas de inducción

ILUMINACIÓN

Las lámparas de inducción se basan en excitar los átomos de mercurio mediante un campo inducido. Debido a que la emisión del mercurio es en el espectro del ultravioleta, el cristal necesita un recubrimiento fluorescente, que al ser excitado emite en el espectro visible.



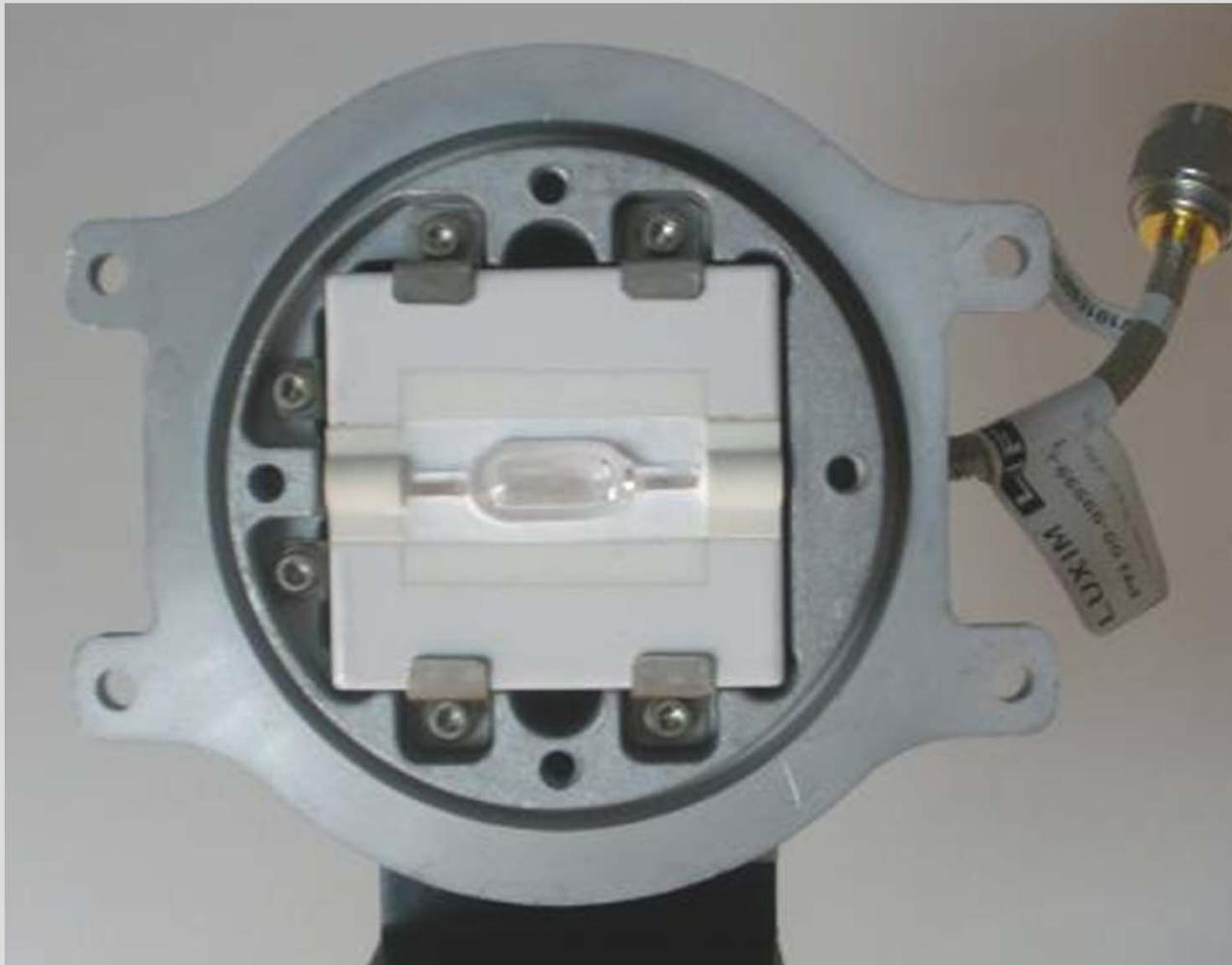
	INDUCCIÓN
EFICACIA (lm/W)	80
VIDA MEDIA	60.000
VIDA ÚTIL (h)	60.000
Tª COLOR (K)	2.700 3.000 4.000
Ra	80
EQUIPO AUXILIAR	GENERADOR ALTA FRECUENCIA
Tº ENCENDIDO (min)	0
Tº REENCENDIDO (min)	0



Lámparas de plasma

ILUMINACIÓN

Las lámparas de plasma se basan en excitar los átomos de un gas mediante un campo electromagnético.

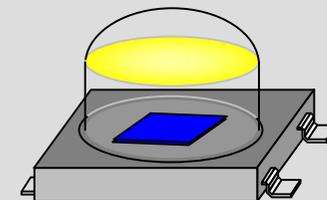
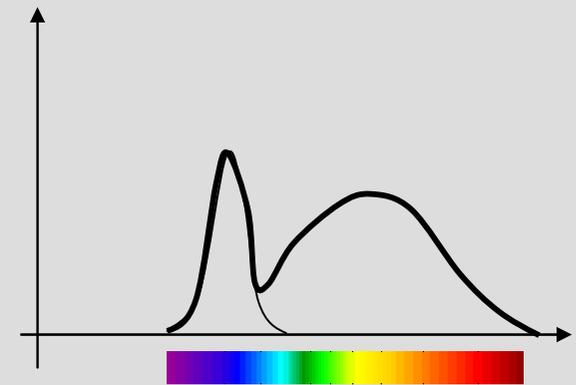
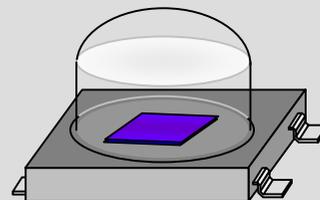
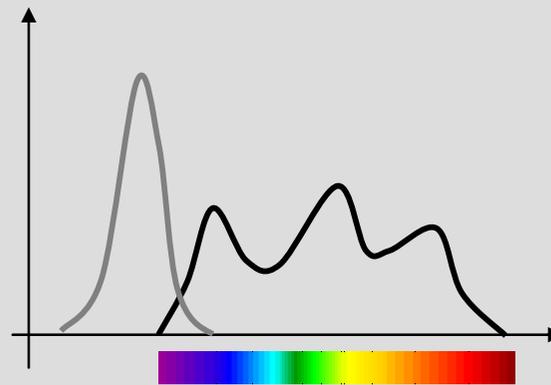
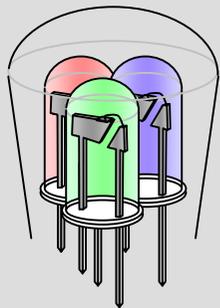
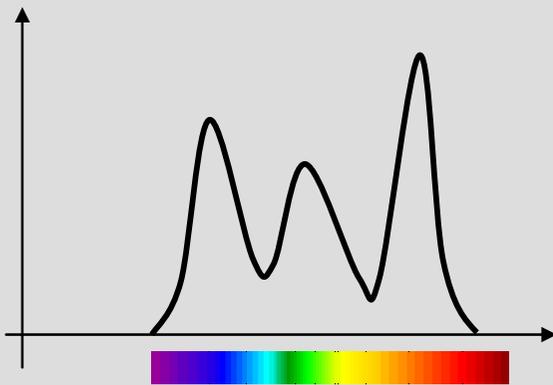


Lámparas LED

ILUMINACIÓN

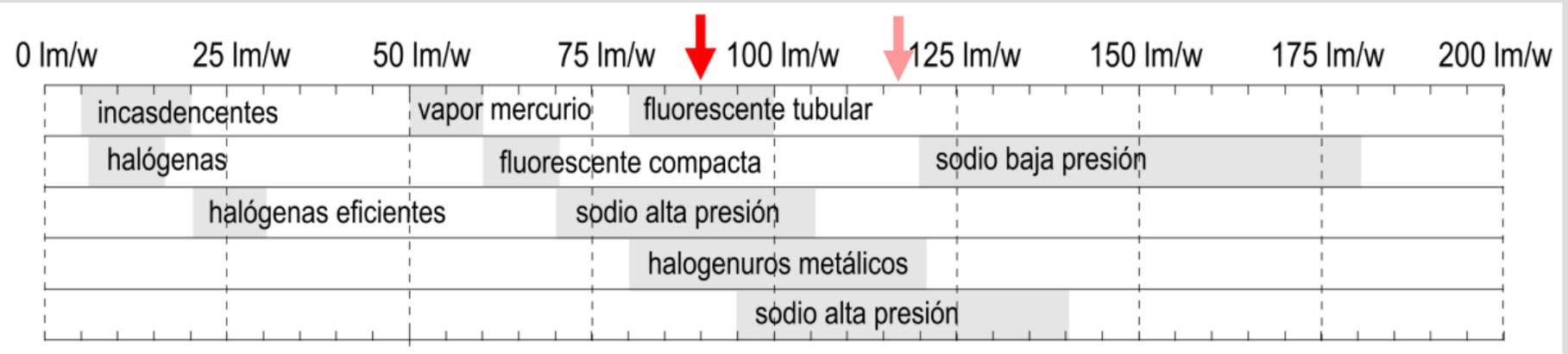
Formas de emitir luz blanca con leds:

- Mezcla de 3 leds de colores (rojo, azul y verde)
- Led ultravioleta que excita sustancia fosforescente que emite en rojo, azul y verde.
- Led azul de InGaN con fósforo amarillo.



Lámparas LED

ILUMINACIÓN



Lámparas LED

ILUMINACIÓN



ILUMINACIÓN

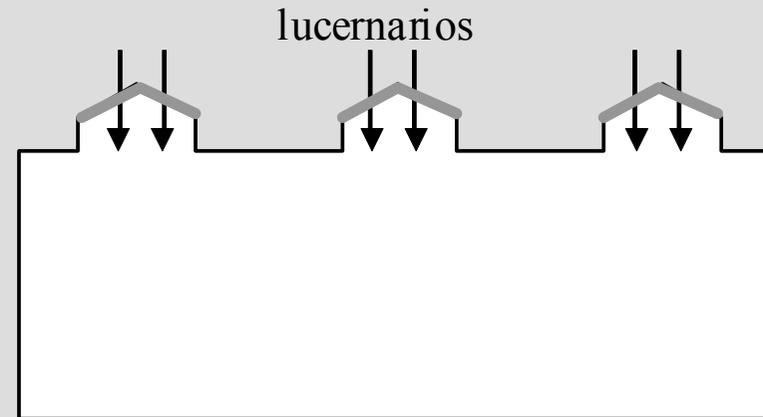
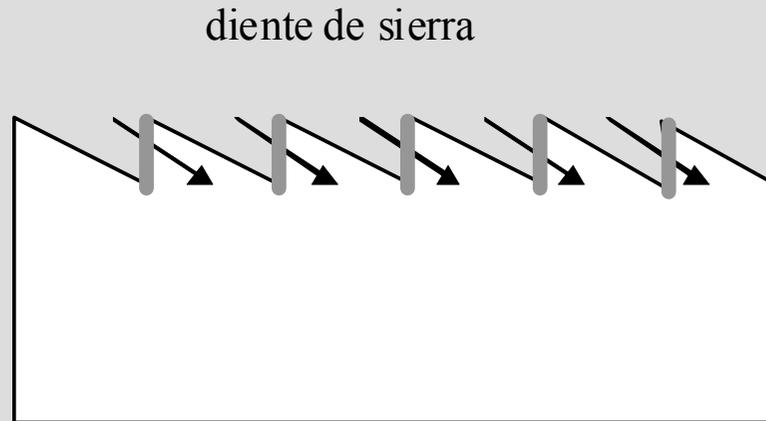
Lámparas oled

Es un diodo orgánico de emisión de luz (Organic Light-Emitting Diode) Se basa en una capa electroluminiscente formada por una película de componentes orgánicos que reaccionan, a una determinada estimulación eléctrica, generando y emitiendo luz por sí mismos.



Iluminación natural

ILUMINACIÓN

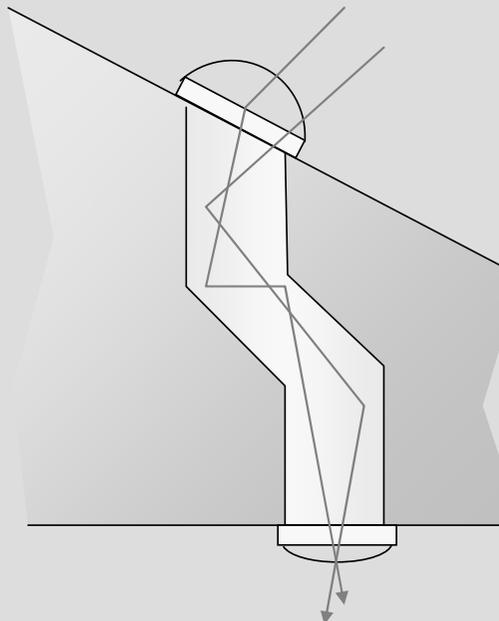


Desde el punto de vista de utilizar la iluminación natural como fuente luminosa, deben distinguirse las dos componentes fundamentales.

La radiación directa es la que procede directamente del sol y puede implicar que se alcancen valores superiores a los 30000lx en la superficie iluminada.

La radiación difusa es mucho menor y es la que procede de la bóveda celeste como resultado de las múltiples reflexiones sobre las partículas de la atmosfera.

A la hora de utilizar la iluminación natural, debe tenerse en cuenta la forma de utilización, que principalmente se puede aplicar como radiación directa, reflejada o difusa.

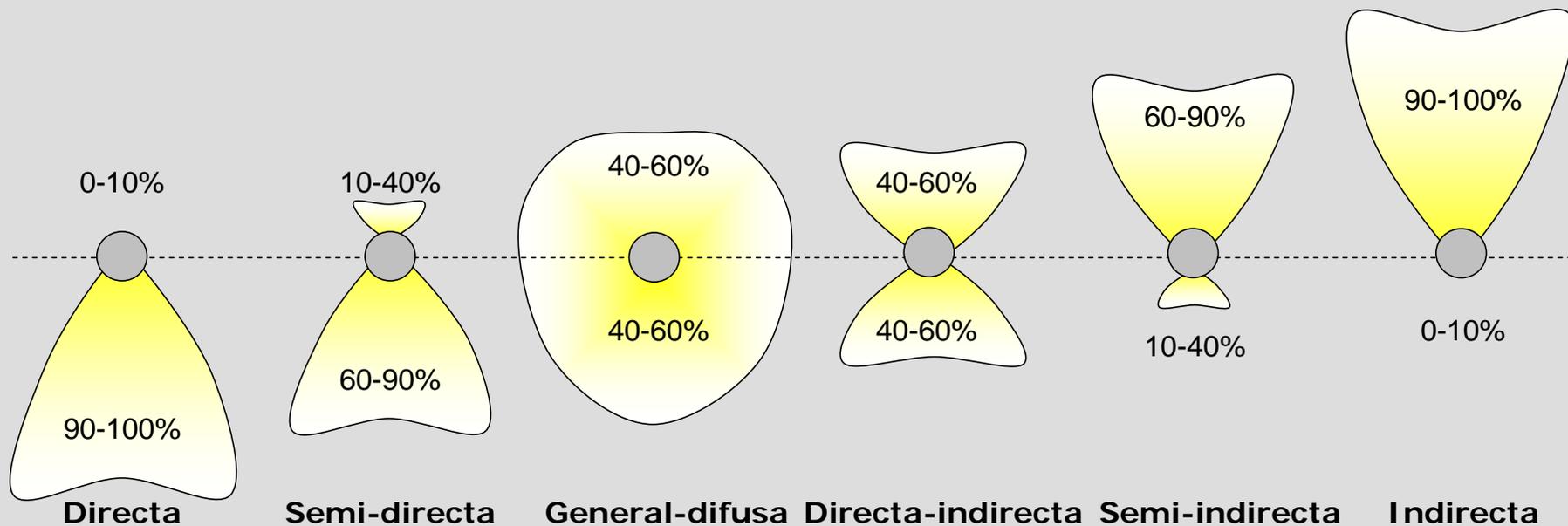


Luminarias



Las luminarias son los equipos en los que se instalan las lámparas, y tienen dos funciones principales:

- Sujetar la lámpara con la orientación adecuada, así como sus accesorios auxiliares.
- Dirigir la radiación luminosa según una geometría definida



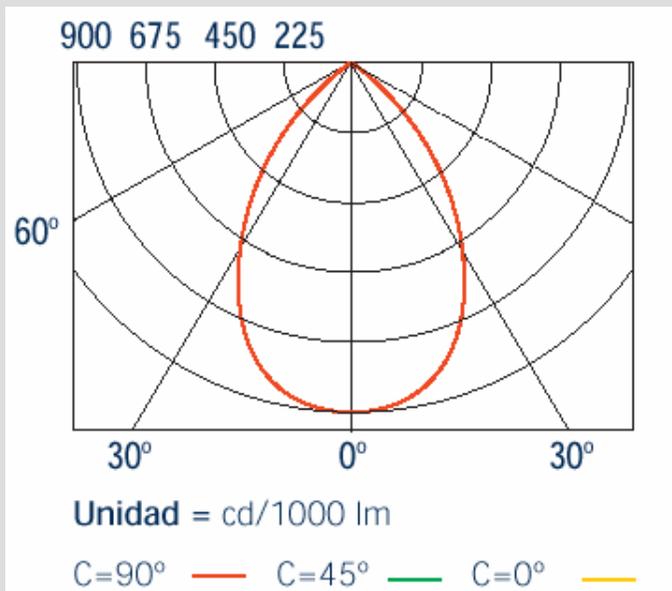
Luminarias

ILUMINACIÓN

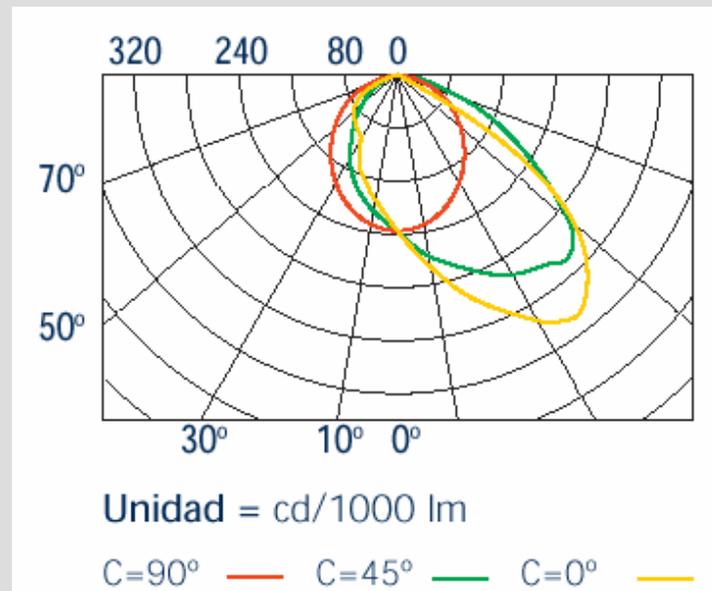
Ángulo de media proyección El ángulo de media proyección es el ángulo de apertura del haz luminoso de una luminaria medido sobre la mitad de la intensidad luminosa máxima.

Rendimiento de la luminaria (ρ) El rendimiento luminoso de una luminaria es el cociente entre el flujo luminoso de la luminaria y el flujo de sus lámparas "desnudas", funcionando sin obstáculo alguno. Indica como aprovecha la luminaria el flujo de la lámpara, y se expresa en porcentaje.

simétrica



asimétrica



Clasificación de luminarias

ILUMINACIÓN

Las diferentes normas nacionales referentes a la iluminación especifican diversos sistemas para la clasificación de las luminarias en función de la distribución de intensidad luminosa, rendimiento, características de deslumbramiento, etc.

- DIN 5040 T2: Clasifica las luminarias en función de la forma de su curva polar. La primera letra (entre A y E) indica la proporción entre luz directa e indirecta. Los dos dígitos siguientes son independientes entre sí (A51 debe leerse "A", "5", "1"), el primero es para la parte directa y el segundo para la indirecta. Los valores más altos indican mayor concentración de luz.

- UTE C71-121: Clasifica las luminarias en función de la forma de su curva polar, ayudando a estimar la separación necesaria entre aparatos, y además indica el rendimiento luminoso directo e indirecto. Así 0.72E+0.14T indica que el rendimiento directo es 0.72, el indirecto es 0.14 y es del tipo E.

Tipo	Distancia entre luminarias
A	0,4 x h
B	0,8 x h
C	1,0 x h
D	1,3 x h
E	1,7 x h
F	2,0 x h
G	2,3 x h
H	2,7 x h
I	3,0 x h
J	3,5 x h

Luminarias

ILUMINACIÓN

Sistemas ópticos de las luminarias

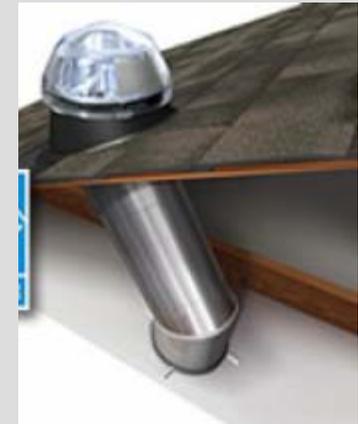
- **Reflectores:** su objetivo es dirigir la luz con la distribución deseada.
- **Difusores:** Permiten realizar una iluminación difusa.
- **Refractores:** son paneles situados delante de la luminaria con superficie refractora como las lentes fresnel, paneles prismáticos,...
- **Apantallamiento:** el objetivo de estos elementos es evitar la emisión directa de radiación.
- **Filtros:** su objetivo es filtrar determinados espectros de la radiación, como puede ser la UV o en algunos casos la IR.



Luminarias

Luz conducida

ILUMINACIÓN

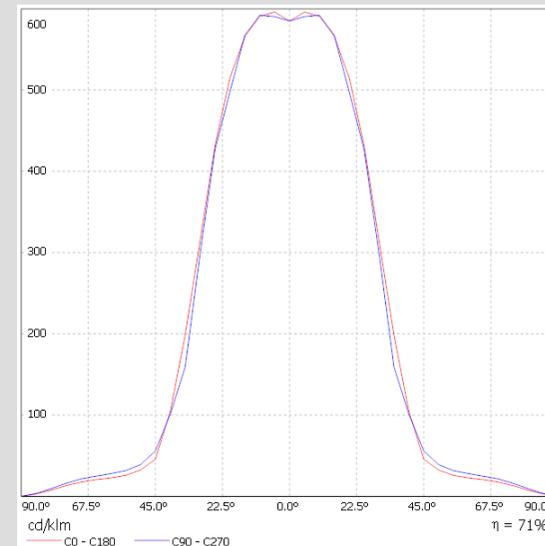
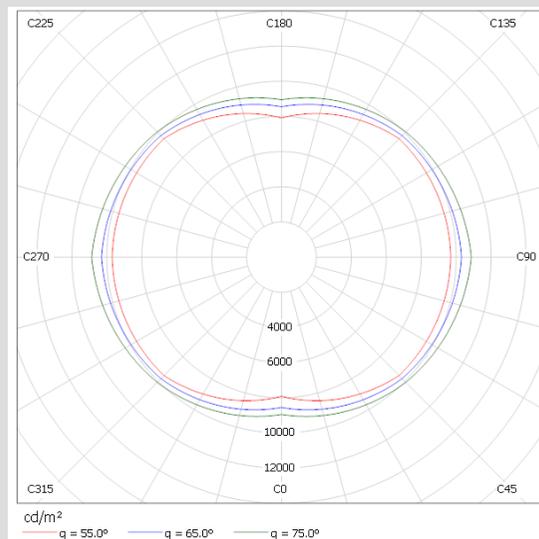
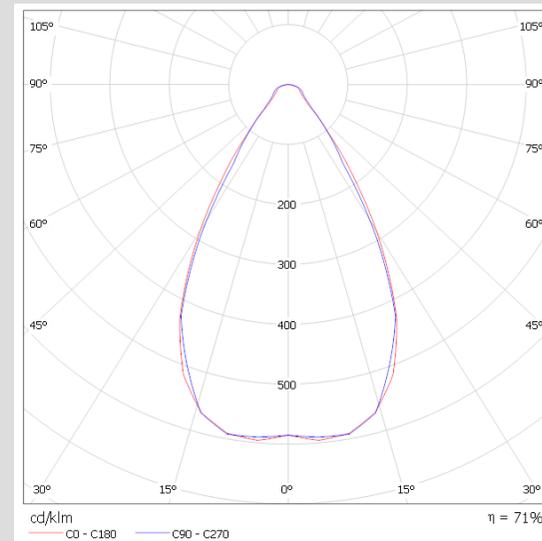


Luminarias

ILUMINACIÓN

Gráficas luminotécnicas

Curvas polares



Luminarias

ILUMINACIÓN

Gráficas luminotécnicas

Diagrama de cono

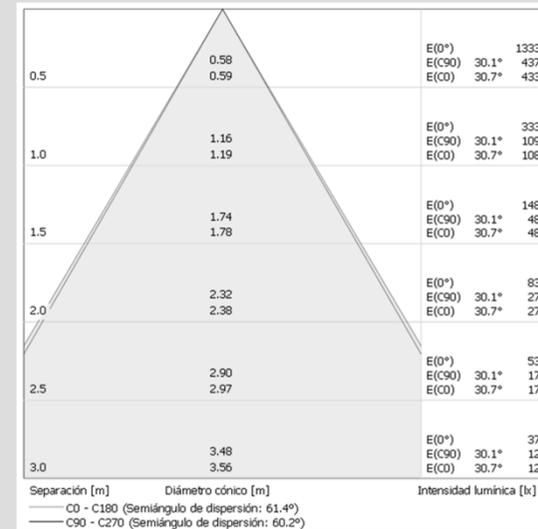
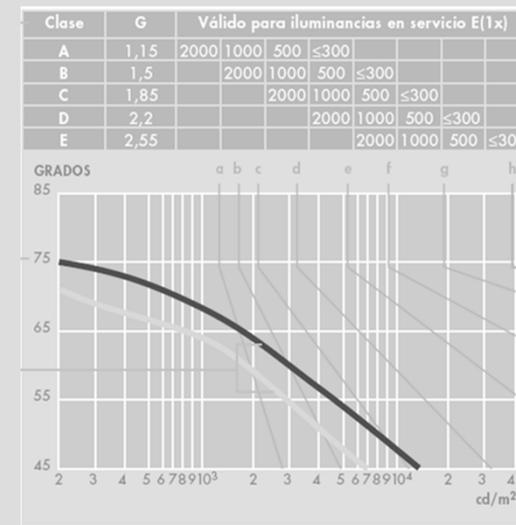


Diagrama de deslumbramiento (Söllner)



Equipos auxiliares

ILUMINACIÓN

Son los equipos eléctricos asociados a la lámpara y necesarios para su correcto funcionamiento, desde el punto de vista eléctrico. Los equipos auxiliares más comunes son:

- los balastos
- los arrancadores
- los condensadores.



Balastos

El balasto es el equipo que limita el consumo de corriente de las lámparas de descarga a sus parámetros óptimos. Los balastos eran hasta hace unos años una reactancia. En la actualidad se han desarrollado balastos electrónicos con mejor comportamiento y mayores prestaciones que la reactancia:

- Reducción de la energía consumida (hasta un 25%).
- Incremento de la vida de las lámparas (hasta del 50 por ciento).
- Incremento de la eficacia de la lámpara.
- Encendido rápido y sin destellos.
- Se eliminan el cebador y el condensador
- Se consiguen el factor de potencia unitario sin necesidad de condensadores.
- Luz más agradable, dado que trabajan en frecuencias más altas, eliminando el efecto estroboscopio y los parpadeos.

En la actualidad muchos balastos incluyen la capacidad de regulación, lo que permite mejorar la eficiencia de la instalación.

RD 838/2002: consumo de lámparas fluorescentes y sus balastos

Categorías de balastos

Categoría	Descripción
1	Balasto para lámpara tubular.
2	Balasto para lámpara compacta de 2 tubos.
3	Balasto para lámpara compacta plana de 4 tubos.
4	Balasto para lámpara compacta de 4 tubos.
5	Balasto para lámpara compacta de 6 tubos.
6	Balasto para lámpara compacta de tipo 2 D.

Primera fase

(Hasta cinco años después de la entrada en vigor del presente Real Decreto)

Categoría de balasto	Potencia de lámpara		Potencia máxima de entrada de los circuitos balasto-lámpara
	50 Hz	HF	
1	15 W	13,5 W	25 W
	18 W	16 W	28 W
	30 W	24 W	40 W
	36 W	32 W	45 W
	38 W	32 W	47 W
	58 W	50 W	70 W
2	70 W	60 W	83 W
	18 W	16 W	28 W
	24 W	22 W	34 W
3	36 W	32 W	45 W
	18 W	16 W	28 W
	24 W	22 W	34 W
4	36 W	32 W	45 W
	10 W	9,5 W	18 W
	13 W	12,5 W	21 W
5	18 W	16 W	28 W
	26 W	24 W	36 W
	18 W	16 W	28 W
6	26 W	24 W	36 W
	10 W	9 W	18 W
	16 W	14 W	25 W
	21 W	19 W	31 W
	28 W	25 W	38 W
	38 W	34 W	47 W

Segunda fase

(A partir del 5.º año, contado desde el día siguiente de la entrada en vigor del presente Real Decreto)

Categoría de balasto	Potencia de lámpara		Potencia máxima de entrada de los circuitos balasto-lámpara
	50 Hz	HF	
1	15 W	13,5 W	23 W
	18 W	16 W	26 W
	30 W	24 W	38 W
	36 W	32 W	43 W
	38 W	32 W	45 W
	58 W	50 W	67 W
2	70 W	60 W	80 W
	18 W	16 W	26 W
	24 W	22 W	32 W
3	36 W	32 W	43 W
	18 W	16 W	26 W
	24 W	22 W	32 W
4	36 W	32 W	43 W
	10 W	9,5 W	16 W
	13 W	12,5 W	19 W
5	18 W	16 W	26 W
	26 W	24 W	34 W
	18 W	16 W	26 W
6	26 W	24 W	34 W
	10 W	9 W	16 W
	16 W	14 W	23 W
	21 W	19 W	29 W
	28 W	25 W	36 W
	38 W	34 W	45 W

CTE HE3: consumo de lámparas de descarga y halógenas y sus balastos

Tabla 3.1 Lámparas de descarga

Potencia nominal de lámpara (W)	Potencia total del conjunto (W)		
	Vapor de mercurio	Vapor de sodio 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.

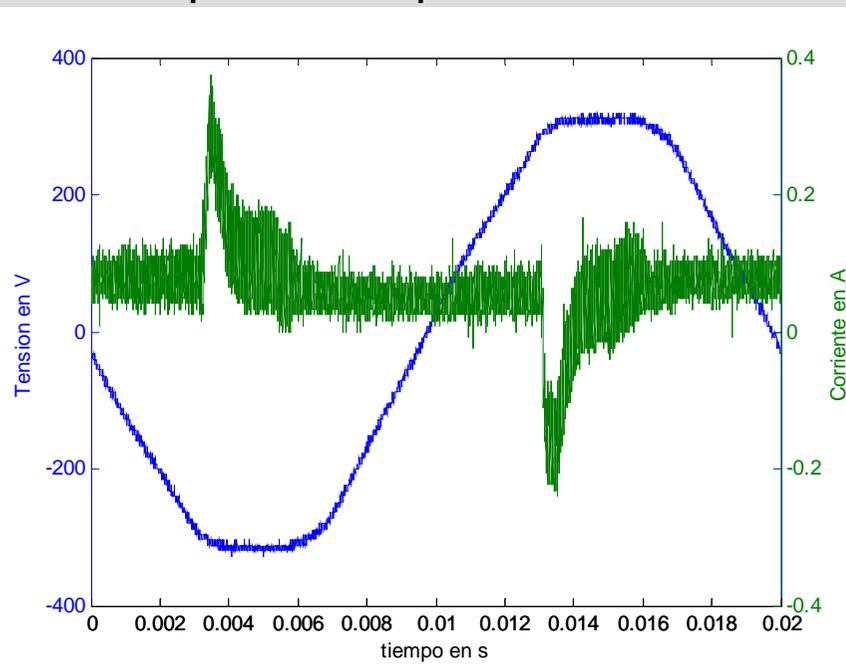
Tabla 3.2 Lámparas halógenas de baja tensión

Potencia nominal de lámpara (W)	Potencia total del conjunto (W)
35	43
50	60
2x35	85
3x25	125
2x50	120

Fuente para iluminación led

Los led son diodos que emiten luz cuando se polarizan de forma directa. Son lámparas de *corriente continua*, por lo que necesitan un equipo *rectificador*. Debido al comportamiento del diodo, el equipo debe comportarse como *fuentes de corriente*, ya que pequeñas variaciones de tensión pueden provocar variaciones importantes de corriente y nivel de iluminación.

Además, en caso de ser una lámpara con nivel de iluminación regulable, la fuente tiene que ser *controlada en corriente* para poder variar el nivel de iluminación modificando la corriente que circula por los leds.



Luminarias

ILUMINACIÓN

Alumbrado de emergencia (ITC-BT-28 Instalaciones en locales de pública concurrencia)



TIPOS DE LOCAL	EJEMPLOS	SERÁ LOCAL DE PÚBLICA CONCURRENCIA
1. Espectáculos y actividades recreativas	Cines, teatros, auditorios, estadios, pabellones de deportes, plazas de toros, hipódromos, parques de atracciones, ferias, salas de fiesta, discotecas, salas de juegos de azar.	siempre
2. Locales de reunión, trabajo y usos sanitarios	2.1. Locales de reunión Templos, salas de conferencias y congresos, bares, cafeterías, restaurantes, museos, casinos, hoteles, hostales, zonas comunes de centros comerciales, aeropuertos, estaciones de viajeros, parking de uso público cerrado de más de 5 vehículos, asilos, guarderías,	siempre
	2.2. Locales de trabajo centros de enseñanza, bibliotecas, establecimientos comerciales, residencias de estudiantes, gimnasios, salas de exposiciones, centros culturales, clubes sociales y deportivos	Ocupación > 50 personas ajenas al local
	2.3. Locales de uso sanitario Oficinas con presencia de público,	Ocupación > 50 personas ajenas al local
3. Según dificultad de evacuación de cualquier local	3.1. BD2 (baja densidad de ocupación, difícil evacuación) Hospitales, ambulatorios, sanatorios,	siempre
	3.2. BD3 (alta densidad de ocupación, fácil evacuación) consultorios médicos, clínicas	Ocupación > 50 personas ajenas al local
	3.3. BD4 (alta densidad de ocupación, difícil evacuación) Edificios de gran altura, sótanos.	siempre
4. Otros locales	Cualquier local no incluido en los otros epígrafes con capacidad superior a 100 personas ajenas al local	siempre



Nota 1: Cuando un local pueda estar considerado bajo dos epígrafes, uno de ellos "siempre obligatorio" y el otro "dependa de la ocupación", se tomará la condición de "siempre obligatorio".

Nota 2: Cuando en un local sea difícil evaluar el número de personas ajenas al mismo o la dificultad de evacuación en caso de emergencia, se considerará el local como de pública concurrencia.

Luminarias

ILUMINACIÓN

Alumbrado de emergencia (ITC-BT-28 Instalaciones en locales de pública concurrencia)

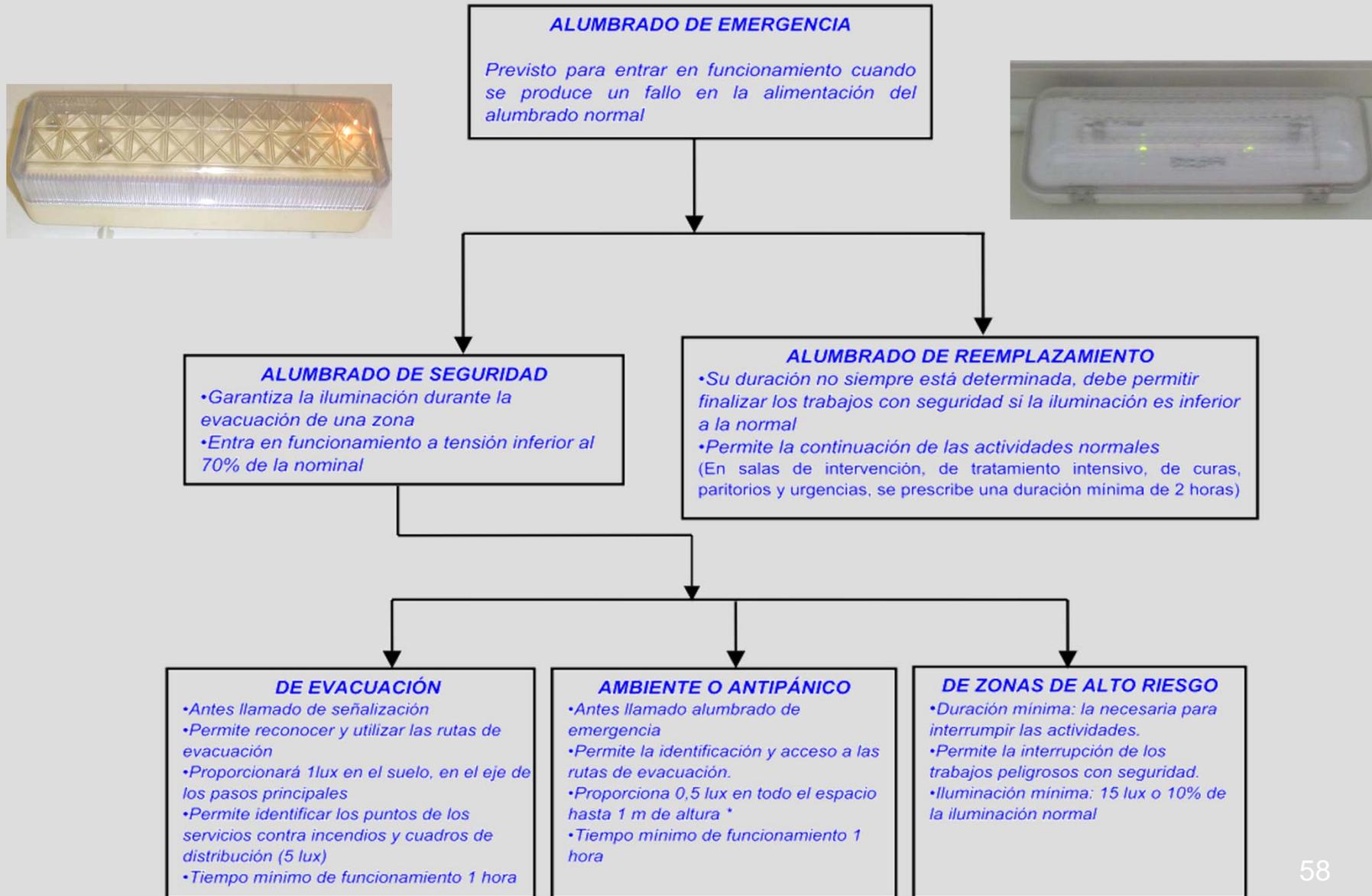
<i>Alumbrado de emergencia</i>	<i>Grupos de Locales</i>	<i>Suministro de socorro</i>	<i>Locales específicos</i>	<i>Suministro de reserva</i>
<i>siempre</i>	<i>Espectáculos</i>	<i>siempre</i>	<i>Estadios y pabellones deportivos</i>	<i>siempre</i>
	<i>Actividades recreativas</i>		<i>---</i>	<i>---</i>
	<i>Reunión</i>	<i>ocupación mayor de 300 personas ajenas al centro</i>	<i>Estaciones - aeropuertos</i>	<i>siempre</i>
			<i>Estacionamientos subterráneos de uso público</i>	<i>más de 100 vehículos</i>
			<i>Comercios y centros comerciales</i>	<i>más de 2000 m² de superficie</i>
	<i>Trabajo</i>		<i>---</i>	<i>---</i>
<i>Uso sanitario</i>	<i>Hospitales, clínicas, sanatorios y centros de salud</i>		<i>siempre</i>	

Nota: cuando se requiere suministro de socorro y de reserva se instalará el de reserva únicamente.

Luminarias

ILUMINACIÓN

Alumbrado de emergencia (ITC-BT-28 Inst. en locales de pública concurrencia)



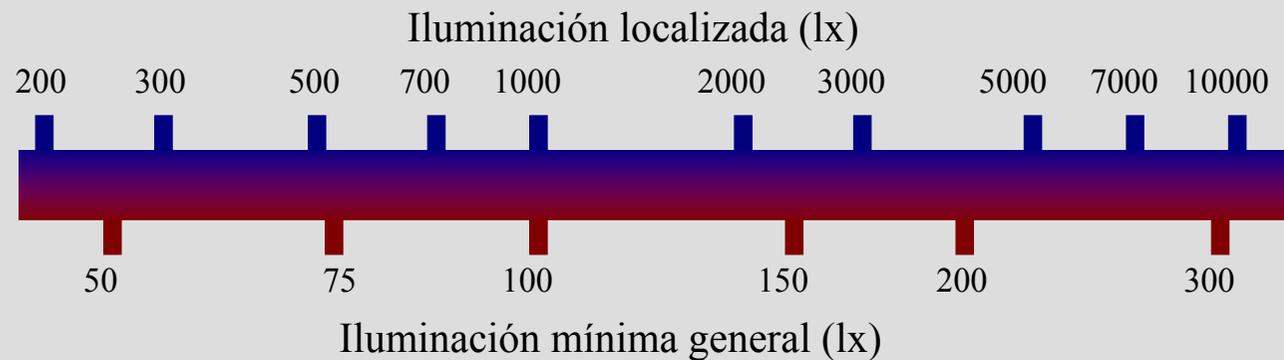
Distribución de alumbrado interior

El alumbrado en locales cerrados puede estar uniforme distribuido o localizarse en función de las actividades que se realizan en él. En función de ello se puede clasificar en:

- General: la iluminación se realiza de forma uniforme en todo el local.
- General localizado: la iluminación de las zonas de trabajo es superior a la del resto del local.
- Localizado: consiste en añadir iluminación suplementaria en la zona donde es necesario realizar un trabajo de detalle

Distribución de alumbrado interior

Hay que tener en cuenta la relación entre los diferentes niveles empleados, de forma que no provoque problemas de fatiga, deslumbramiento, etc. La ventaja de emplear estos dos métodos radica en el *ahorro energético* que se consigue.



UNE-EN 12464-1

Iluminancia de tarea (lx)	Iluminancia de zonas contiguas (lx)
≥ 750	500
500	300
300	200
≤ 200	E_{tarea}
Uniformidad ≥ 0.7	Uniformidad ≥ 0.5

Distribución de alumbrado interior

UNE 72-163-84

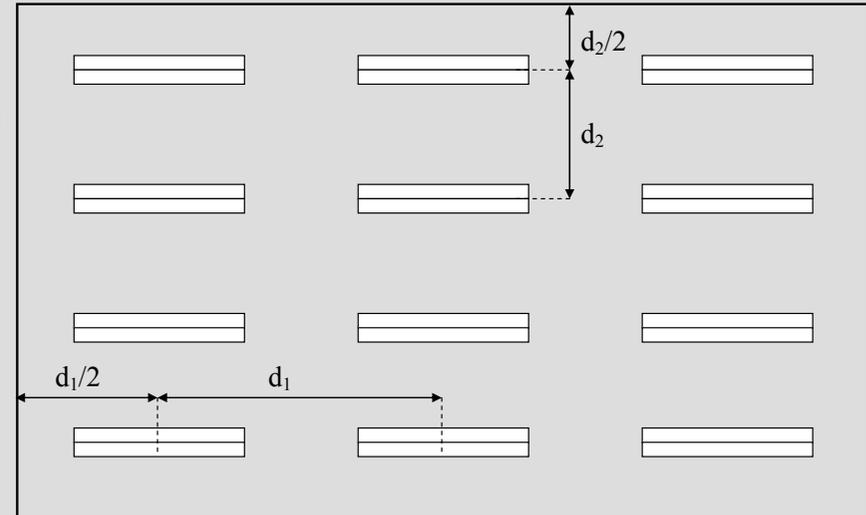
Tarea visual		Límites de iluminancia (lx)
Categoría	Designación nominal	
A	Muy simple	20 ... 50
B	Simple	50 ... 100
C	Muy fácil	100 ... 200
D	Fácil	200 ... 500
E	Normal	500 ... 1000
F	Difícil	1000 ... 2000
G	Muy difícil	2000 ... 5000
H	Complicada	5000 ... 10000
I	Muy complicada	10000 ... 20000

Luminarias

ILUMINACIÓN

Distribución de alumbrado interior

La disposición de las luminarias debe ser adecuada para conseguir niveles de uniformidad, considerando el efecto de reflexión de las diferentes superficies del local. La distancia de las luminarias a las paredes debe estar comprendida entre $1/2$ y $1/3$ de la distancia entre luminarias.



Son importantes las luminancias de todas las superficies y serán determinadas por la *reflectancia* y la *iluminancia en las superficies*. Los valores de reflectancias que se deben emplear son:

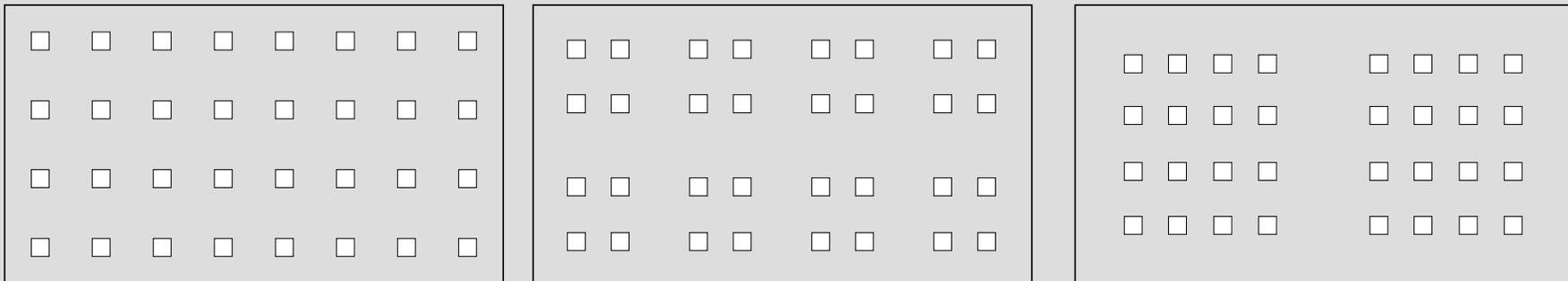
Superficie	Reflectancia	
	mínima	máxima
Techo	0.6	0.9
Suelo	0.1	0.5
Paredes	0.3	0.8
Plano de trabajo	0.2	0.6

Distribución de alumbrado interior

Las luminarias deben tener una disposición geométrica, para tener en cuenta la percepción visual del entorno y el impacto que provoca sobre los usuarios.

El sistema visual humano asocia patrones complejos como unidades simples, en base a propiedades de simetría, continuidad o proximidad (leyes de la Gestalt).

Las configuraciones asimétricas que forman parte del campo visual durante períodos largos a usuarios de las instalaciones, les afecta en el confort visual.



Reflectancias

Color	Refl. %	Material	Refl. %
Blanco	70-75	Revoque claro	35-55
Crema claro	70-80	Revoque oscuro	20-30
Amarillo claro	50-70	Hormigón claro	30-50
Verde claro	45-70	Hormigón oscuro	15-25
Gris claro	45-70	Ladrillo claro	30-40
Celeste claro	50-70	Ladrillo oscuro	15-25
Rosa claro	45-70	Marmol blanco	60-70
Marrón claro	30-50	Granito	15-25
Negro	4-6	Madera clara	30-50
Gris oscuro	10-20	Madera oscura	10-25
Amarillo oscuro	40-50	Vidrio plateado	80-90
Verde oscuro	10-20	Aluminio mate	55-60
Azul oscuro	10-20	Aluminio pulido	80-90
Rojo oscuro	10-20	Acero pulido	55-65

Criterios de diseño

UNE 72-163-84

- Ambiente luminoso
- Distribución de luminancias
- Iluminancia
- Deslumbramiento
- Iluminación direccional
- Aspectos de color
- Flicker y efectos estroboscópicos
- Factor de mantenimiento
- Consideraciones sobre la energía
- Luz natural
- Iluminación de puestos de trabajo con Equipo con Pantalla de Visualización (EPV) incluidas Unidades de Presentación Visual

Criterios de diseño

UNE 72-163-84

- Iluminancia, deslumbramiento y reproducción cromática

2.19 Fabricación de vehículos					
Nº ref.	Tipo de interior, tarea y actividad	Em Lux	UGR _L	R _a	Observaciones
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	1000	19	90	T _{CP} ≥ 4 000 K
2.19.4	Fabricación de tapicería	1000	19	80	
2.19.5	Inspección final	1000	19	80	

3 Oficinas					
Nº ref.	Tipo de interior, tarea y actividad	Em Lux	UGR _L	R _a	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
3.3	Dibujo técnico	750	16	90	
3.4	Puesto de trabajo de CAD	500	19	80	Trabajo en EPV
3.5	Salas de conferencias y reuniones	500	19	80	debería ser controlable
3.6	Mostrador de recepción	300	22	80	
3.7	Archivos	200	25	80	

Mantenimiento

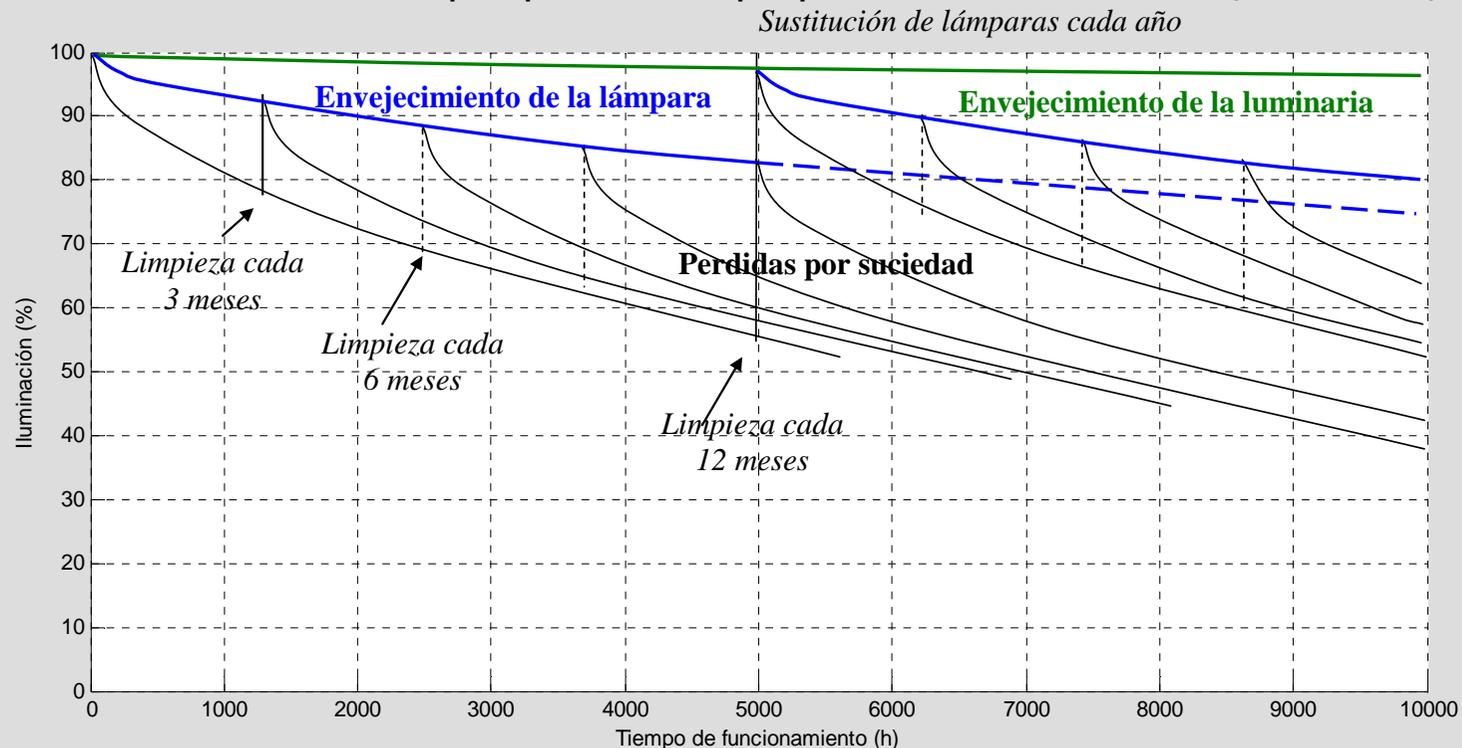
ILUMINACIÓN

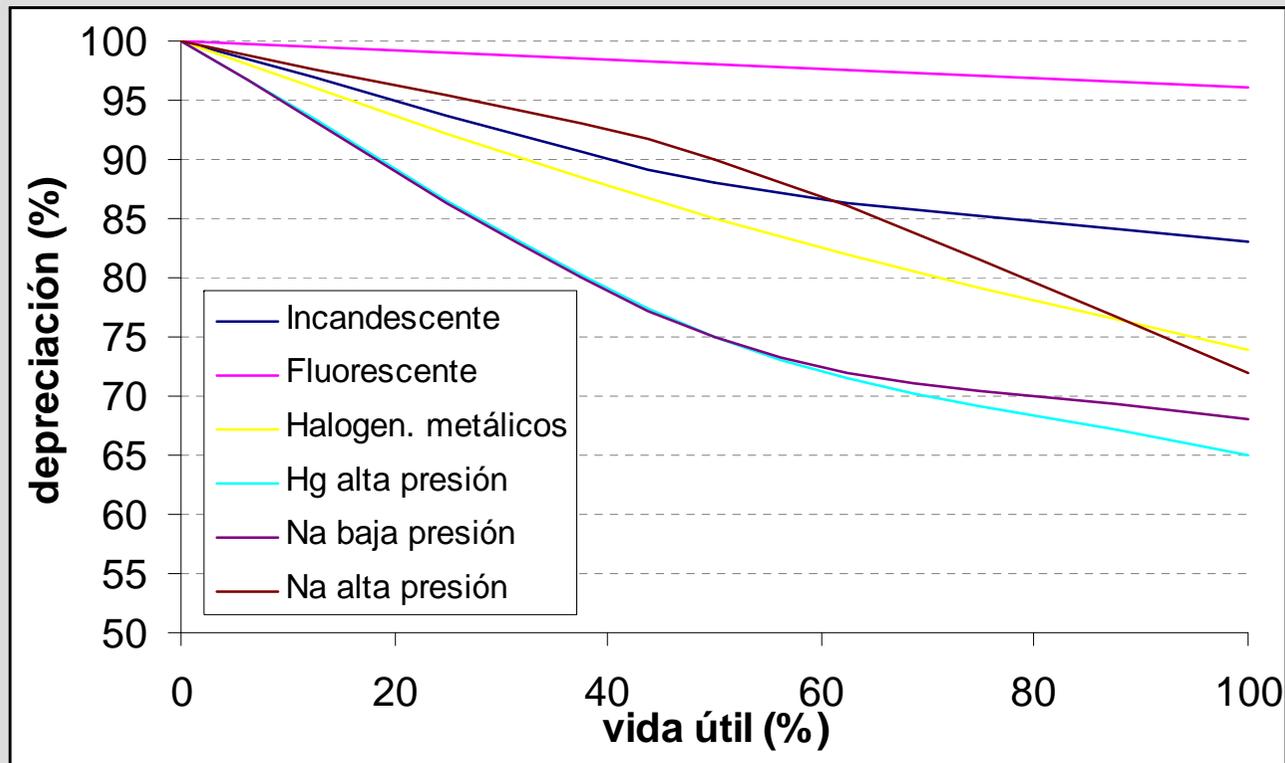
Los niveles de iluminación experimentan una reducción progresiva debido a:

- suciedad de lámparas y luminarias
- envejecimiento de las lámparas y equipos auxiliares
- deterioro de las luminarias

Es preciso e elaborar un plan de mantenimiento debe incluir:

- limpieza de lámparas y luminarias
- Sustitución de lámparas, y en su caso, de equipos auxiliares
- Revisar y ajustar los sistemas de control y regulación (células, temporizadores,....)
- Sustitución de luminarias por pérdida de propiedades en reflectores, difusores,...





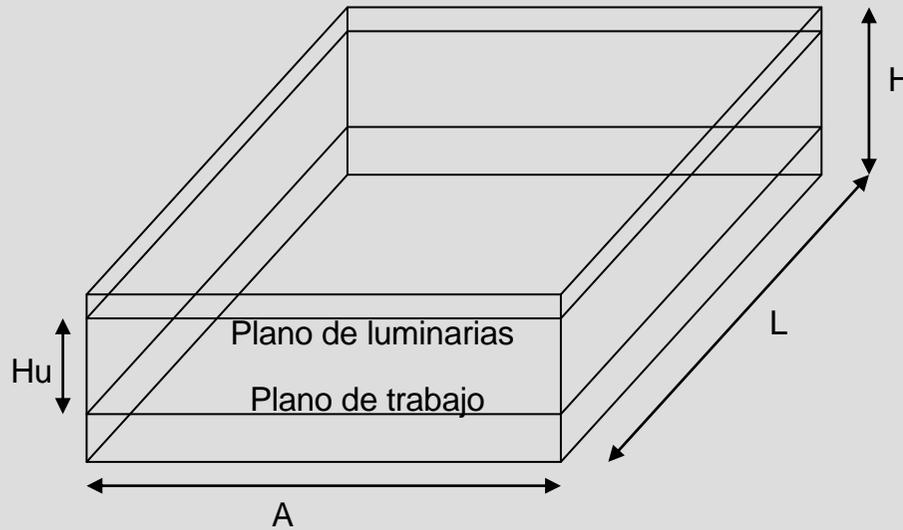
Tipo de lámpara	Vida (h)	% depreciación	
		al 50% de vida	al 100% de vida
Incandescente	1000	88	83
Fluorescente	2000	98	96
Halogen. metálicos	20000	85	74
Hg alta presión	25000	75	65
Na baja presión	15000	75	68
Na alta presión	25000	90	72

MÉTODOS DE CÁLCULO

- Método de los lúmenes
- Método de los puntos
- Dialux

Método de los lúmenes

ILUMINACIÓN



$$k = \frac{A \cdot L}{H_u \cdot (A+B)}$$

$$\Phi_t = \frac{E \cdot L \cdot A}{f_u \cdot f_m}$$

$$n = \frac{\Phi_t}{\Phi_l}$$

REPARTO LUMINOSO	Factor de mantenimiento fm. %	Techo %												
		70		50		30		70		50		30		
		50	30	10	50	30	10	30	10	50	30	10	30	10
		K Coeficiente de utilización C _u												
DIRECTO	Abiertos	1	46	43	41	46	43	41	43	41	43	41	43	41
	Buena 75	1,2	54	51	49	53	51	48	50	48	50	48	50	48
	Medio 70	1,5	59	56	53	58	55	53	55	53	55	53	55	53
	Mala 65	2	63	60	57	62	59	57	59	57	59	57	59	57
		2,5	65	63	60	65	62	60	62	60	62	60	62	60
	Cerrados	3	69	67	65	68	66	64	65	64	65	64	65	64
	Buena 80	4	71	69	67	70	68	67	68	67	68	67	68	67
	Medio 77	6	73	71	69	72	70	68	69	68	69	68	69	68
	Mala 73	8	75	73	71	73	72	71	71	71	71	71	71	71
		10	76	75	73	75	73	72	72	72	72	72	72	72

REPARTO LUMINOSO	Factor de mantenimiento fm. %	Techo %												
		70		50		30		70		50		30		
		50	30	10	50	30	10	30	10	50	30	10	30	10
		K Coeficiente de utilización C _u												
DIRECTO	1	30	25	22	29	25	22	25	22	25	22	25	22	
	1,2	38	33	30	37	33	29	32	29	32	29	32	29	
	1,5	44	39	36	43	39	36	38	35	38	35	38	35	
	2	51	46	42	49	45	41	44	41	44	41	44	41	
	Buena 70	2,5	55	50	47	54	49	46	46	45	46	45	46	45
	Medio 60	3	62	57	53	60	56	52	54	52	54	52	54	52
	Mala 50	4	65	61	58	63	60	57	58	56	58	56	58	56
	6	68	65	62	66	63	60	61	59	61	59	61	59	61
	8	72	69	66	70	67	65	65	63	65	63	65	63	65
	10	74	72	69	72	70	68	68	66	68	66	68	66	68

REPARTO LUMINOSO	Factor de mantenimiento fm. %	Techo %												
		70		50		30		70		50		30		
		50	30	10	50	30	10	30	10	50	30	10	30	10
		K Coeficiente de utilización C _u												
SEMIDIRECTO	1	41	39	37	41	39	37	39	37	39	37	39	37	
	1,2	49	46	45	47	46	44	45	44	45	44	45	44	
	1,5	54	52	51	53	52	51	52	51	52	51	52	51	
	2	57	54	53	57	54	53	54	53	54	53	54	53	
	Buena 70	2,5	59	58	54	59	56	54	56	54	56	54	56	54
	Medio 60	3	63	60	59	62	61	58	59	58	59	58	59	58
	Mala 50	4	64	63	60	63	62	60	62	61	62	61	62	61
	6	65	64	63	64	63	62	63	62	63	62	63	62	63
	8	67	65	64	65	64	64	64	63	64	63	64	63	64
	10	72	67	65	67	65	64	65	64	65	64	65	64	65

REPARTO LUMINOSO	Factor de mantenimiento fm. %	Techo %												
		70		50		30		70		50		30		
		50	30	10	50	30	10	30	10	50	30	10	30	10
		K Coeficiente de utilización C _u												
SEMIDIRECTO	1	28	23	20	27	23	20	23	20	23	20	23	20	
	1,2	36	32	28	35	31	28	30	27	30	27	30	27	
	1,5	43	38	34	41	37	33	36	33	36	33	36	33	
	2	49	44	40	47	42	39	41	38	41	38	41	38	
	Buena 70	2,5	54	49	45	51	47	44	45	42	45	42	45	42
	Medio 60	3	60	55	51	57	53	50	50	48	50	48	50	48
	Mala 50	4	64	60	56	60	57	54	54	51	54	51	54	51
	6	67	63	60	63	60	57	56	54	56	54	56	54	56
	8	70	67	64	66	63	61	60	58	60	58	60	58	60
	10	73	70	68	68	66	64	62	61	62	61	62	61	62

REPARTO LUMINOSO	Factor de mantenimiento fm. %	Techo %												
		70		50		30		70		50		30		
		50	30	10	50	30	10	30	10	50	30	10	30	10
		K Coeficiente de utilización C _u												
EMPOTRADAS	1	53	51	49	53	51	49	52	51	52	51	52	51	
	1,2	56	54	53	56	54	53	56	54	56	54	56	54	
	1,5	58	56	55	58	56	55	57	56	57	56	57	56	
	2	60	58	57	60	58	57	60	58	60	58	60	58	
	Buena 80	2,5	62	60	59	61	60	59	61	59	61	59	61	59
	Medio 75	3	63	62	60	63	61	60	62	61	62	61	62	61
	Mala 70	4	64	63	61	63	62	61	63	62	63	62	63	62
	6	65	64	63	64	63	63	63	63	63	63	63	63	63
	8	66	65	64	65	64	64	64	63	64	63	64	63	64
	10	68	66	65	66	65	64	64	64	64	64	64	64	64

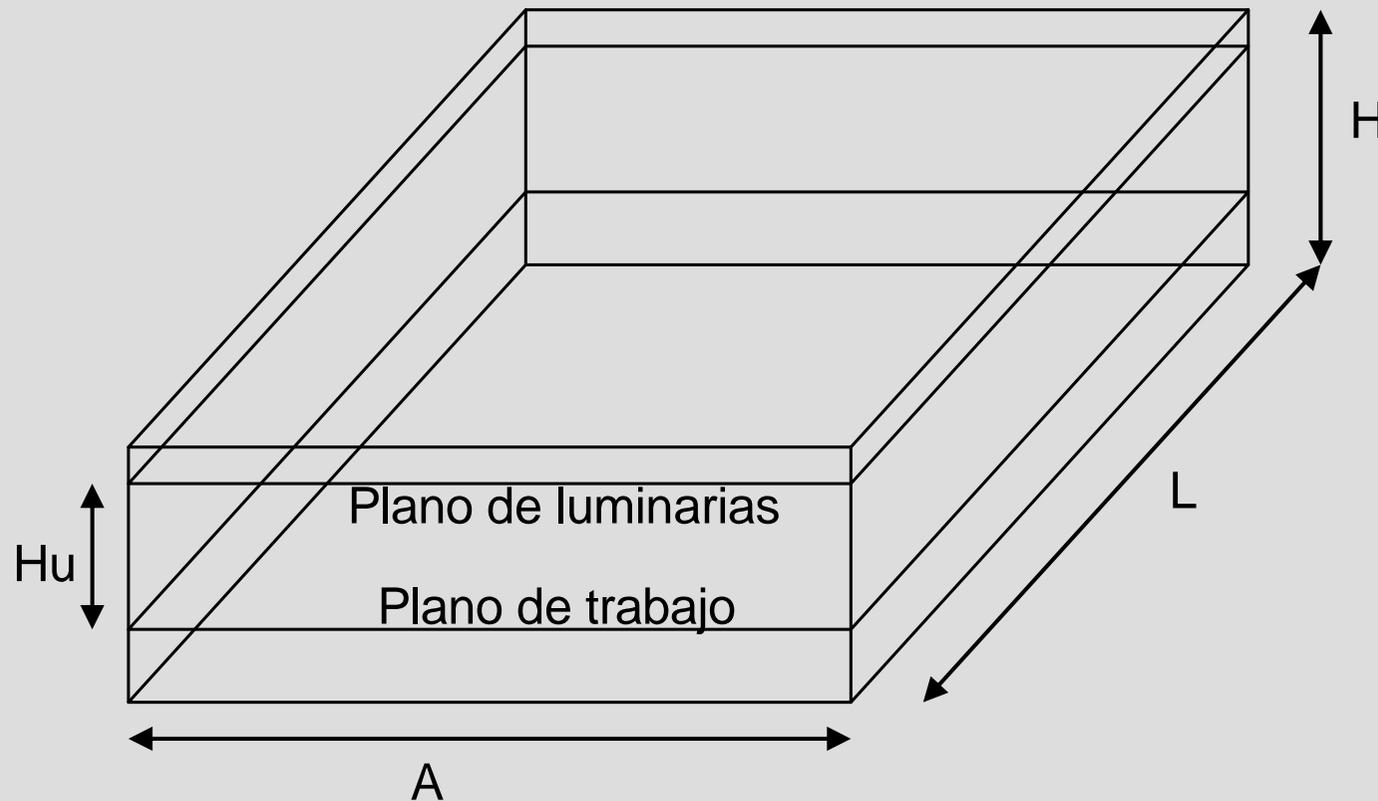
REPARTO LUMINOSO	Factor de mantenimiento fm. %	Techo %												
		70		50		30		70		50		30		
		50	30	10	50	30	10	30	10	50	30	10	30	10
		K Coeficiente de utilización C _u												
CON DIFUSOR	1	27	22	20	26	22	19	25	22	25	22	25	22	
	1,2	33	29	26	33	29	25	32	28	32	28	32	28	
	1,5	38	34	30	38	33	30	37	33	37	33	37	33	
	2	43	38	35	42	38	34	41	38	41	38	41	38	
	Buena 78	2,5	46	42	38	46	41	38	44	41	44	41	44	41
	Medio 65	3	50	47	43	50	46	43	48	46	48	46	48	46
	Mala 55	4	53	50	47	53	49	47	51	48	51	48	51	48
	6	55	52	50	54	52	49	53	51	53	51	53	51	53
	8	58	55	53	58	55	53	56	54	56	54	56	54	56
	10	60	57	55	59	57	55	57	56	57	56	57	56	57

Método de los lúmenes

ILUMINACIÓN

Ejemplo:

Sea un local de 4x6 m², 2.5 m de alto y el plano de trabajo a 0.8 m, destinado a oficinas en el que se quieren instalar luminarias de 2 lámparas CFL de 36W (43W con balastro), 2550 lm de flujo por lámpara. Los coeficientes de reflexión del local son: $\rho_{\text{techo}} = 0.70$, $\rho_{\text{suelo}} = 0.50$ y $\rho_{\text{paredes}} = 0.30$.



Método de los lúmenes

ILUMINACIÓN

Ejemplo:

Sea un local de 4x6 m², 2.5 m de alto y el plano de trabajo a 0.8 m, destinado a oficinas en el que se quieren instalar luminarias de 2 lámparas CFL de 36W (43W con balastro), 2550 lm de flujo por lámpara. Los coeficientes de reflexión del local son: $\rho_{\text{techo}} = 0.70$, $\rho_{\text{suelo}} = 0.50$ y $\rho_{\text{paredes}} = 0.30$.

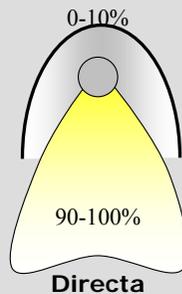
El nivel de iluminación debe ser, según la norma UNE-EN 12464-1 para oficinas, de 500 lx.

El factor de forma del local es:

$$k = \frac{A \cdot L}{H_u \cdot (A + L)} = \frac{4 \cdot 6}{1.7 \cdot (4 + 6)} = 1.41$$

Teniendo en cuenta que es una luminaria con iluminación directa, el factor de utilización es:

$$f_u = 0.59$$



$\rho_{\text{techo}}(\%)$	70			50			30	
$\rho_{\text{paredes}}(\%)$	50	30	10	50	30	10	30	10
k	f_u							
1	0.46	0.43	0.41	0.46	0.43	0.41	0.43	0.41
1.2	0.54	0.51	0.49	0.53	0.50	0.48	0.50	0.48
1.5	0.59	0.56	0.53	0.58	0.55	0.52	0.54	0.52
2	0.63	0.60	0.57	0.62	0.59	0.56	0.59	0.55
2.5	0.66	0.63	0.60	0.65	0.62	0.59	0.61	0.58
3	0.69	0.67	0.65	0.68	0.66	0.64	0.66	0.63
4	0.71	0.69	0.67	0.70	0.68	0.66	0.68	0.65
6	0.73	0.71	0.69	0.72	0.70	0.68	0.70	0.68
8	0.75	0.73	0.71	0.74	0.72	0.70	0.72	0.69
10	0.76	0.75	0.73	0.75	0.74	0.72	0.73	0.71

Método de los lúmenes

ILUMINACIÓN

Ejemplo:

Sea un local de 4x6 m², 2.5 m de alto y el plano de trabajo a 0.8 m, destinado a oficinas en el que se quieren instalar luminarias de 2 lámparas CFL de 36W (43W con balastro), 2550 lm de flujo por lámpara. Los coeficientes de reflexión del local son: $\rho_{\text{techo}} = 0.70$, $\rho_{\text{suelo}} = 0.50$ y $\rho_{\text{paredes}} = 0.30$.

Si se selecciona como factor de mantenimiento:

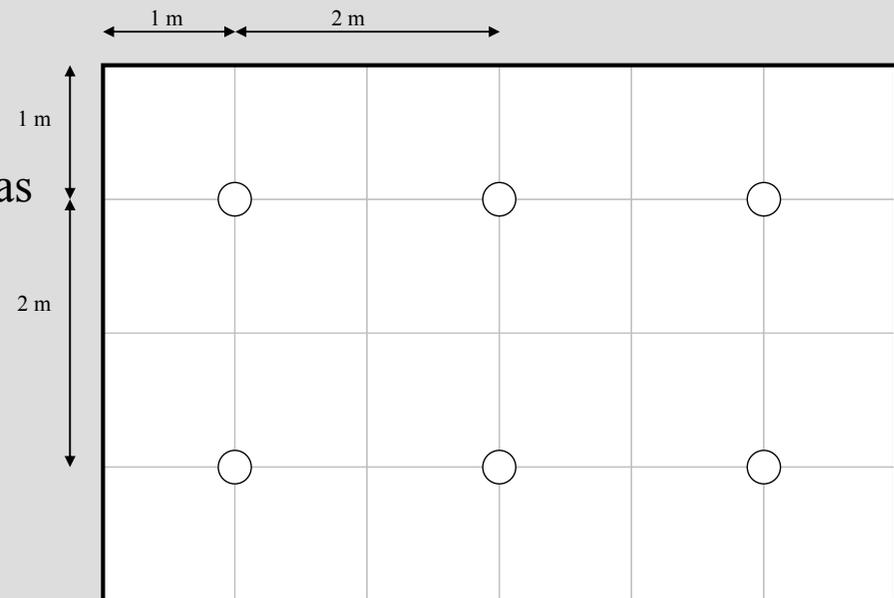
$$fm = 0.7$$

El flujo total necesario es:

$$\Phi_t = \frac{E \cdot L \cdot A}{f_u \cdot f_m} = \frac{500 \cdot 6 \cdot 4}{0.59 \cdot 0.7} = 29056 \text{ lm}$$

como las luminarias tienen 2 lámparas:

$$n = \frac{\Phi_t}{\Phi_l} = \frac{29056}{2550} = 11.4 \text{ lámparas} \Rightarrow 6 \text{ luminarias}$$



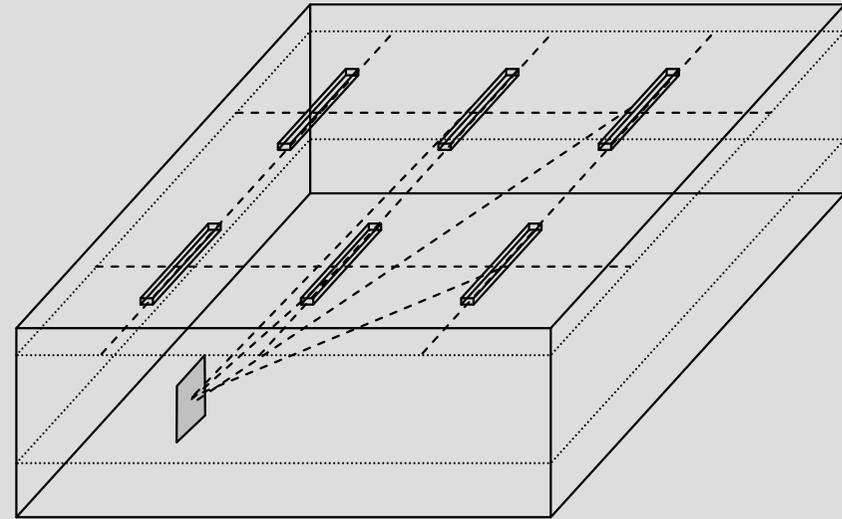
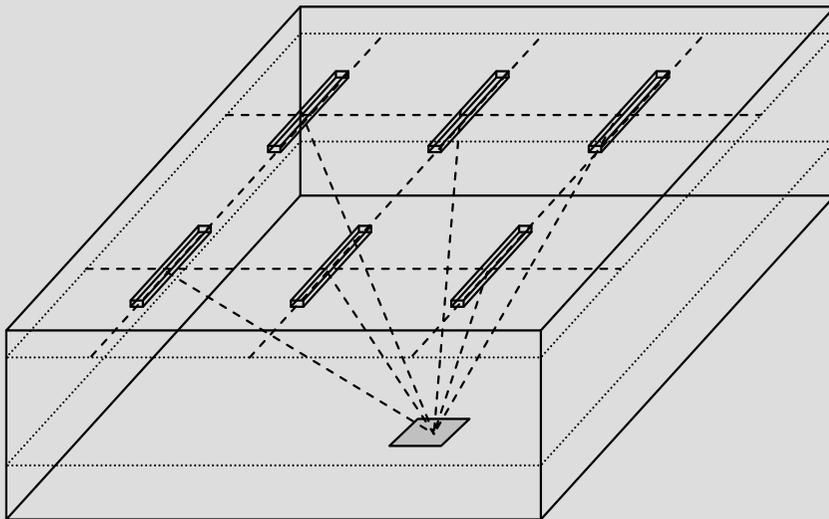
Método de los puntos

ILUMINACIÓN

$$E_h = \frac{I \cdot \cos^3 \alpha}{h^2}$$

$$E_v = \frac{I \cdot \cos^2 \alpha \cdot \operatorname{sen} \alpha}{h^2}$$

$$E_h = \sum_{i=1}^n \frac{I_i \cdot \cos^3 \alpha_i}{h_i^2}$$

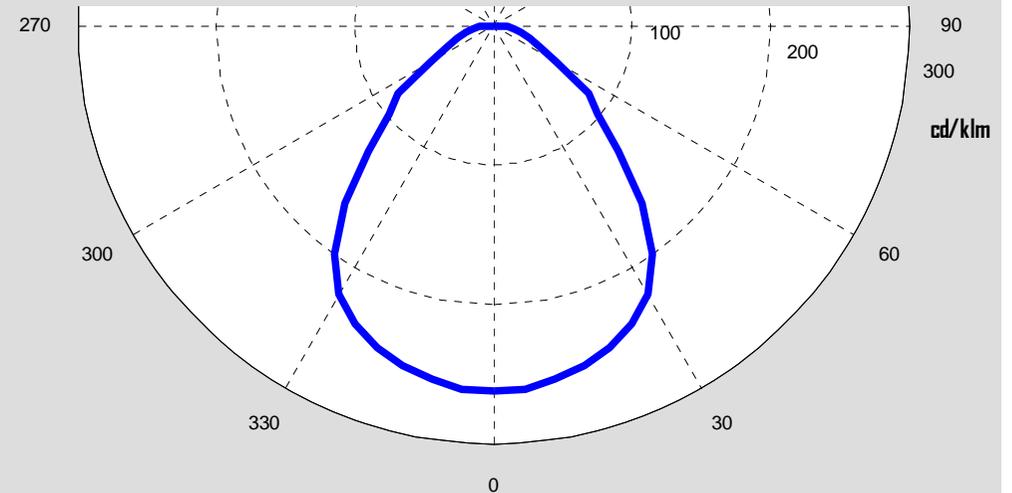
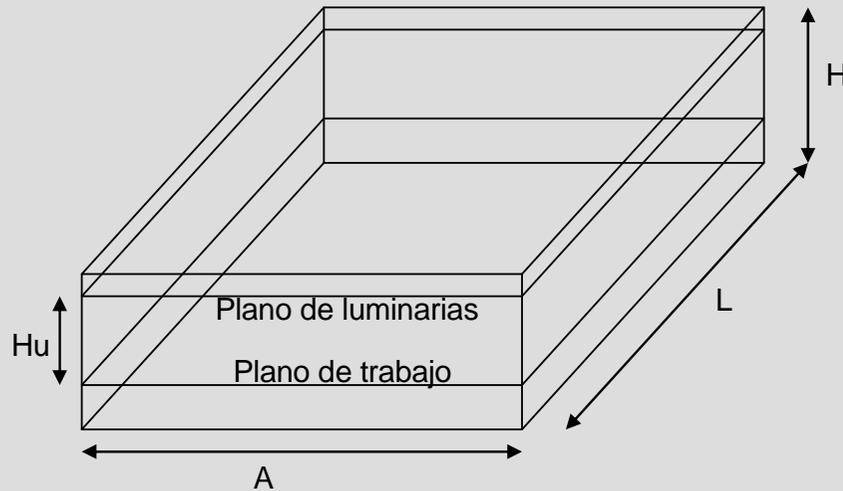


Método de los puntos

ILUMINACIÓN

Ejemplo:

Sea un local de 4x6 m², 2.5 m de alto y el plano de trabajo a 0.8 m, destinado a oficinas en el que se quieren instalar luminarias de 2 lámparas CFL de 36W (43W con balastro), 2550 lm de flujo por lámpara. Los coeficientes de reflexión del local son: $\rho_{\text{techo}} = 0.70$, $\rho_{\text{suelo}} = 0.50$ y $\rho_{\text{suelo}} = 0.30$.



Ángulo	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
cd/klm	262	262	258	253	246	236	223	200	167	128	98	84	53	37	28	20	16	10	0

Método de los puntos

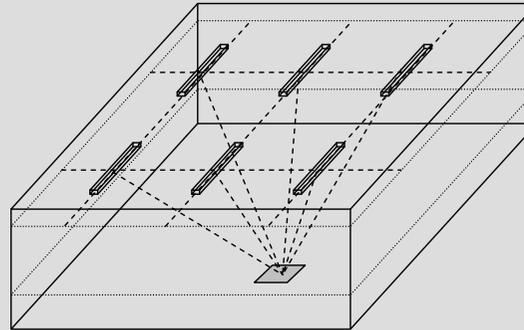
ILUMINACIÓN

Ejemplo:

Sea un local de 4x6 m², 2.5 m de alto y el plano de trabajo a 0.8 m, destinado a oficinas en el que se quieren instalar luminarias de 2 lámparas CFL de 36W (43W con balastro), 2550 lm de flujo por lámpara. Los coeficientes de reflexión del local son: $\rho_{\text{techo}} = 0.70$, $\rho_{\text{suelo}} = 0.50$ y $\rho_{\text{paredes}} = 0.30$.

$$E_h = \sum_{i=1}^n \frac{I_i \cdot \cos^3 \alpha_i}{h_i^2}$$

$$E_{\text{di}} = \frac{\Phi_L \cdot \rho_m}{A_T \cdot (1 - \rho_m)}$$



los resultados obtenidos de iluminancias y uniformidades son:

Iluminancia: $E_n = 560.44 \text{ lx}$ $E_{\text{max}} = 672.04 \text{ lx}$ $E_{\text{min}} = 328.75 \text{ lx}$

Uniformidad: $U_0 = \frac{E_{\text{min}}}{E_n} = 0.586$ $U_{\text{min}} = \frac{E_{\text{min}}}{E_{\text{max}}} = 0.489$

El valor de eficiencia energética de la instalación según lo establecido en el CTE es:

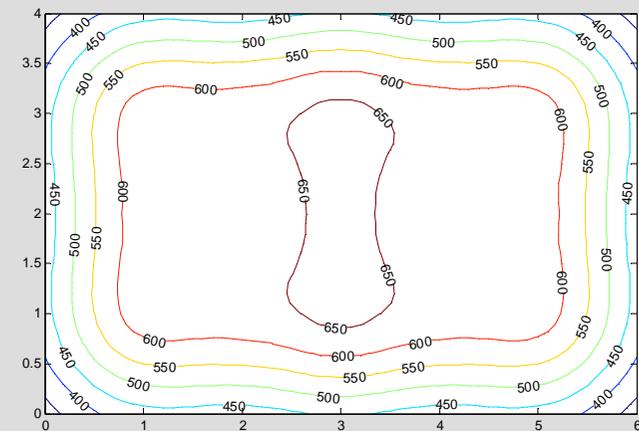
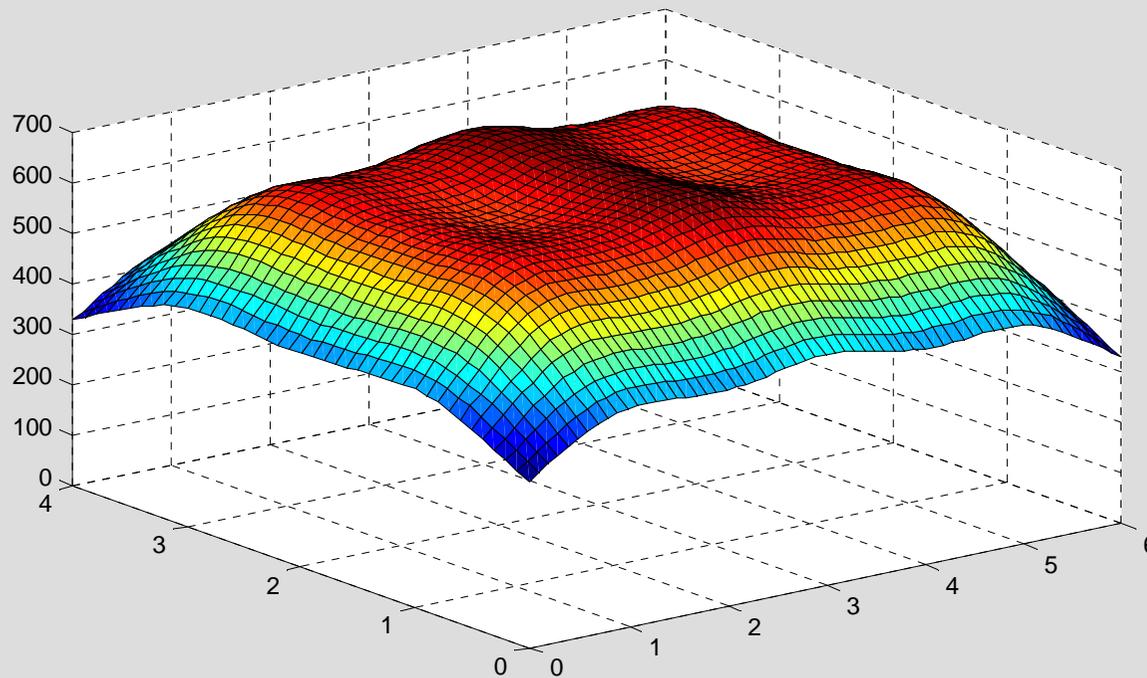
$$\text{VEEI} = \frac{P \cdot 100}{S \cdot E_n} = 3.84 > 3.5$$

Método de los puntos

ILUMINACIÓN

Ejemplo:

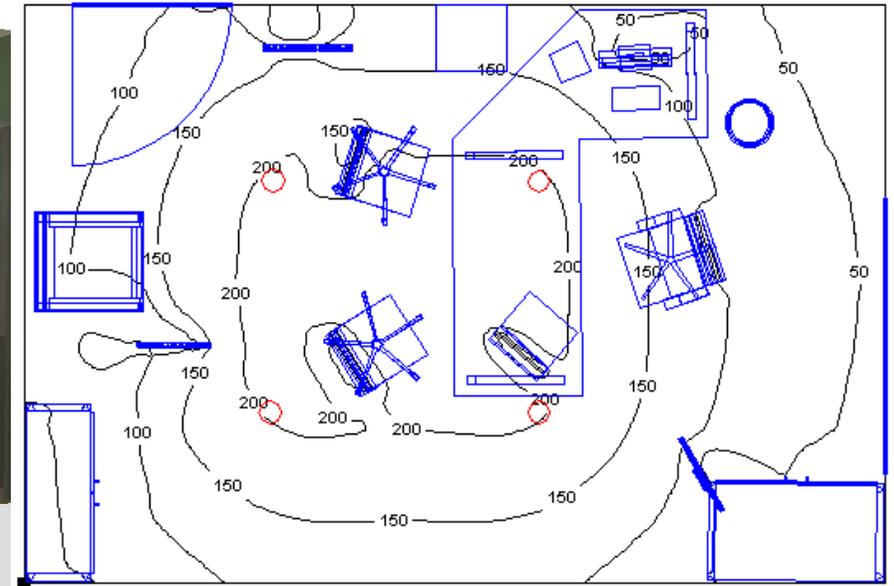
Sea un local de 4x6 m², 2.5 m de alto y el plano de trabajo a 0.8 m, destinado a oficinas en el que se quieren instalar luminarias de 2 lámparas CFL de 36W (43W con balastro), 2550 lm de flujo por lámpara. Los coeficientes de reflexión del local son: $\rho_{\text{techo}} = 0.70$, $\rho_{\text{suelo}} = 0.50$ y $\rho_{\text{suelo}} = 0.30$.



Cálculo de iluminación interior **ILUMINACIÓN**

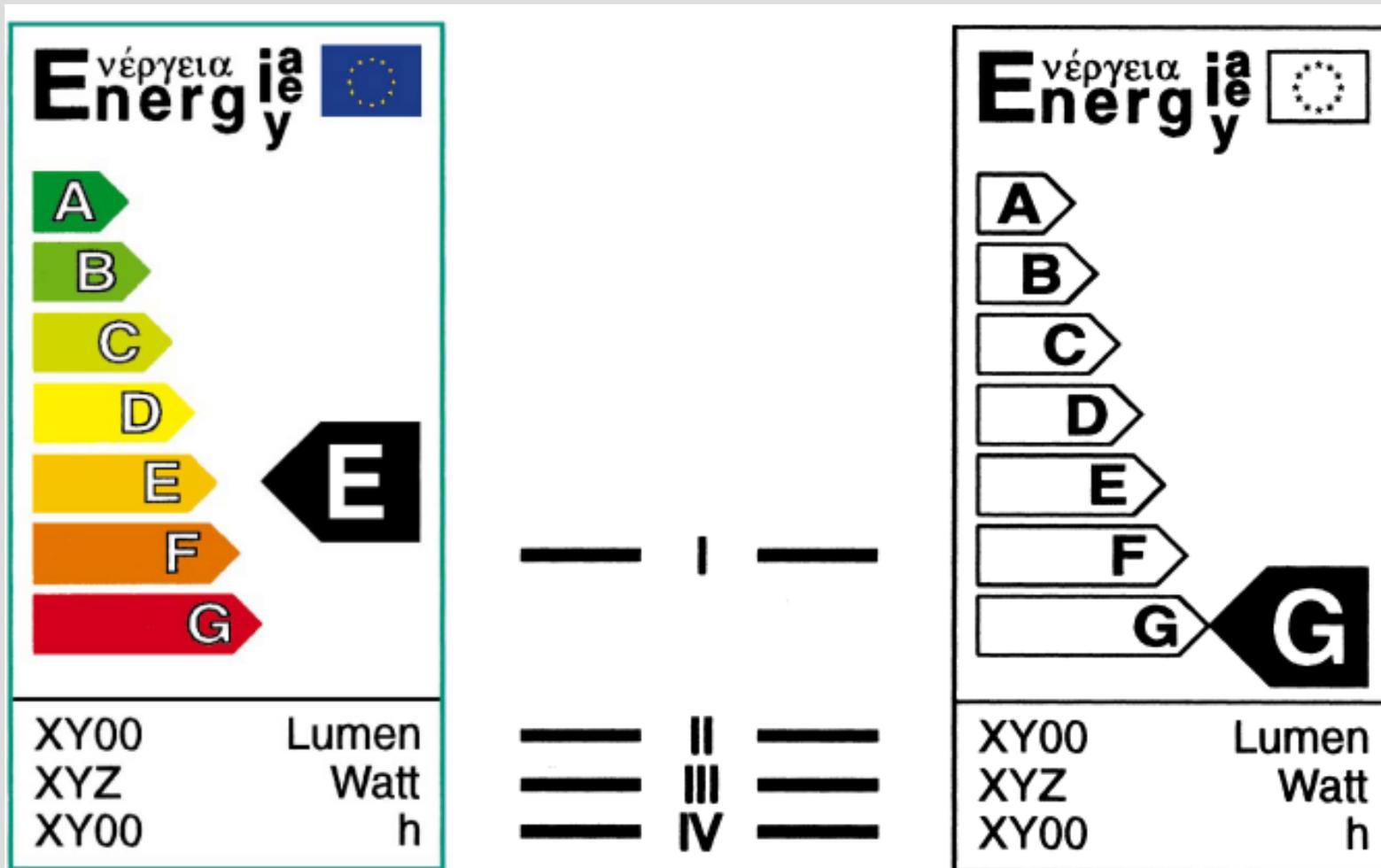


Dialux

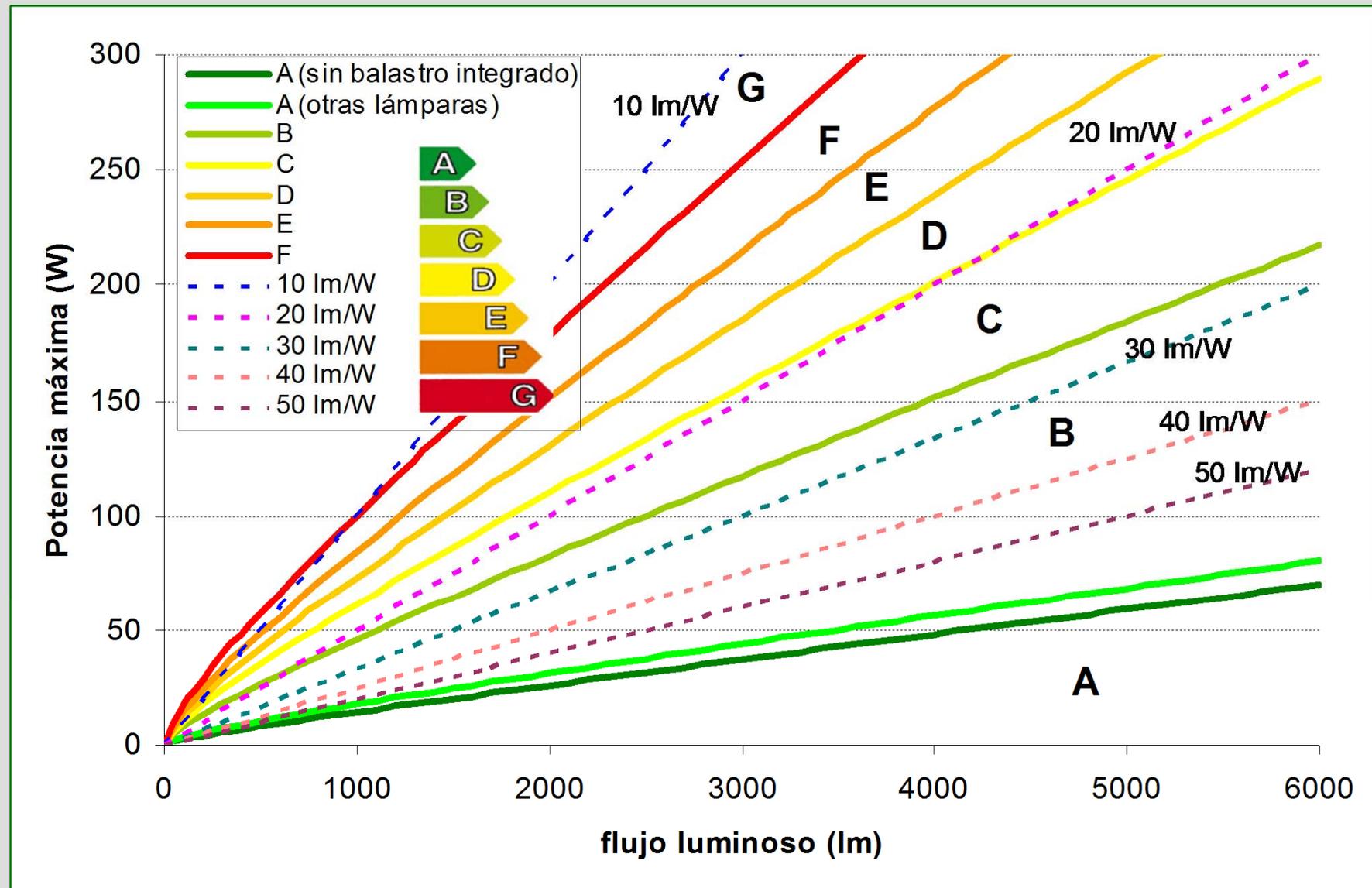


Clase de eficiencia energética ILUMINACIÓN

el artículo 1.1 de la Directiva 98/11/CE se establece el etiquetado energético de lámparas de uso doméstico (filamento y fluorescentes compactas integrales) y fluorescentes de uso doméstico (tubulares y fluorescentes compactas no integrales), incluso cuando se comercialicen para uso no doméstico.



Clase de eficiencia energética ILUMINACIÓN



Seguridad frente al riesgo causado por iluminación Inadecuada (SUA 4)

En este apartado se establecen las características para garantizar la iluminación en zonas de circulación en condiciones normales y de emergencia.

Alumbrado normal en zonas de circulación: proporcionar 20 lux en zonas exteriores, 100 lux en interiores y 50 lux en aparcamientos interiores, medida a nivel del suelo, con un factor de uniformidad media del 40% como mínimo. En las zonas de los establecimientos de uso pública concurrencia en las que la actividad se desarrolle con un nivel bajo de iluminación (cines, teatros, auditorios, discotecas, etc.), se dispondrá iluminación de balizamiento en rampas y peldaños de escaleras.

Alumbrado de emergencia: los edificios dispondrán de un alumbrado de emergencia que, suministre la iluminación necesaria, en caso de fallo del alumbrado normal. Existirá en recintos cuya ocupación sea mayor que 100 personas, los recorridos desde todo origen de evacuación hasta el espacio exterior seguro y hasta las zonas de refugio, incluidas las propias zonas de refugio (Anejo A de DB). También en aparcamientos cerrados o cubiertos cuya superficie construida exceda de 100 m², los locales que alberguen equipos generales de las instalaciones de protección contra incendios y los de riesgo especial (DB-SI 1), los aseos generales de planta en edificios de uso público, lugares en los que se ubican cuadros de distribución o de accionamiento de la instalación de alumbrado de las zonas antes citadas, señales de seguridad e itinerarios accesibles.

Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación (HE 3)

En la sección HE 3 es de aplicación para nuevos edificios, rehabilitación de edificios de más de 1000 m² con reforma de más del 25% de la iluminación y edificios de uso administrativo y locales comerciales.

Se define el *Valor de Eficiencia Energética de la Instalación* (VEEI), que determinará la eficiencia energética de una instalación, como:

$$VEEI = \frac{P \cdot 100}{S \cdot E_n}$$

Donde P es la potencia de la lámpara y equipos auxiliares (W), S es la superficie iluminada (m²) y E_n la iluminancia media mantenida (lux).

Iluminación en el CTE

ILUMINACIÓN

Las instalaciones se agrupan en grupo 1, si la iluminación no es preponderante frente a la eficiencia energética y grupo 2 cuando sí lo es.

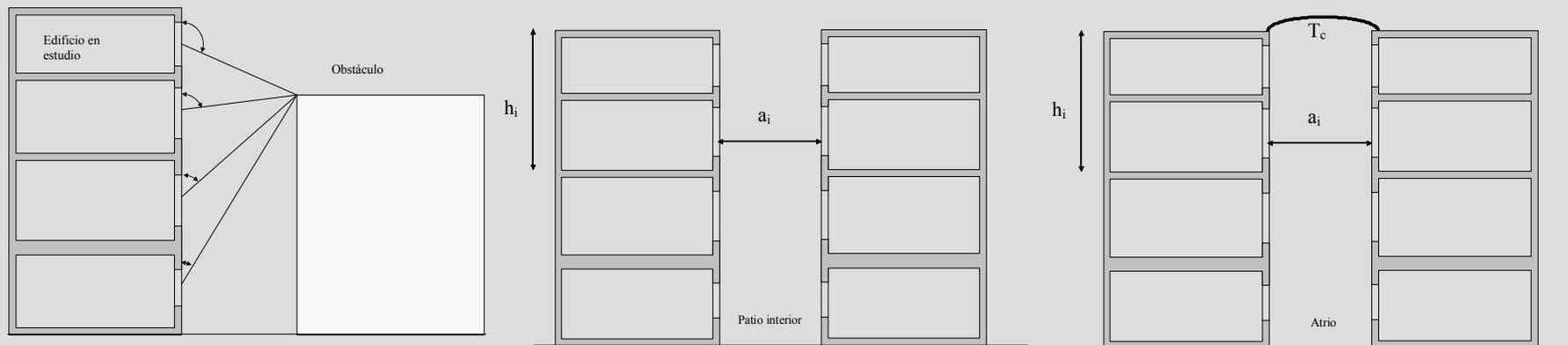
grupo	Zonas de actividad diferenciada	VEEI límite
1 zonas de no representación	administrativo en general	3,5
	andenes de estaciones de transporte	3,5
	salas de diagnóstico ⁽⁴⁾	3,5
	pabellones de exposición o ferias	3,5
	aulas y laboratorios ⁽²⁾	4,0
	habitaciones de hospital ⁽³⁾	4,5
	recintos interiores asimilables a grupo 1 no descritos en la lista anterior	4,5
	zonas comunes ⁽¹⁾	4,5
	almacenes, archivos, salas técnicas y cocinas	5
	aparcamientos	5
espacios deportivos ⁽⁵⁾	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
	recintos interiores asimilables a grupo 2 no descritos en la lista anterior	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	

Iluminación en el CTE

ILUMINACIÓN

Establece las condiciones para que funcionen los **sistemas de control y regulación**:

- Que toda zona dispondrá al menos de un sistema de encendido y apagado manual, cuando no hay sistema de control. Las zonas de uso esporádico dispondrán de un control de encendido y apagado por sistema de detección de presencia o sistema de temporización.
- Que se instalarán sistemas de aprovechamiento de la luz natural, que regulen el nivel de iluminación en función del aporte de luz natural, en la primera línea paralela de luminarias situadas a una distancia inferior a 3 metros de la ventana, y en determinadas situaciones si hay un lucernario.



$$\theta > 65^\circ$$

$$T \cdot \frac{A_w}{A} > 0,07$$

$$A = A_{suelo} + A_{techo} + A_{paredes} + A_{ventanas}$$

$$a_i > 2 \cdot h_i$$

$$a_i > \frac{2 \cdot h_i}{T_c}$$

ITC-BT-44 Instalación de receptores. Receptores de alumbrado, que es específica de alumbrado

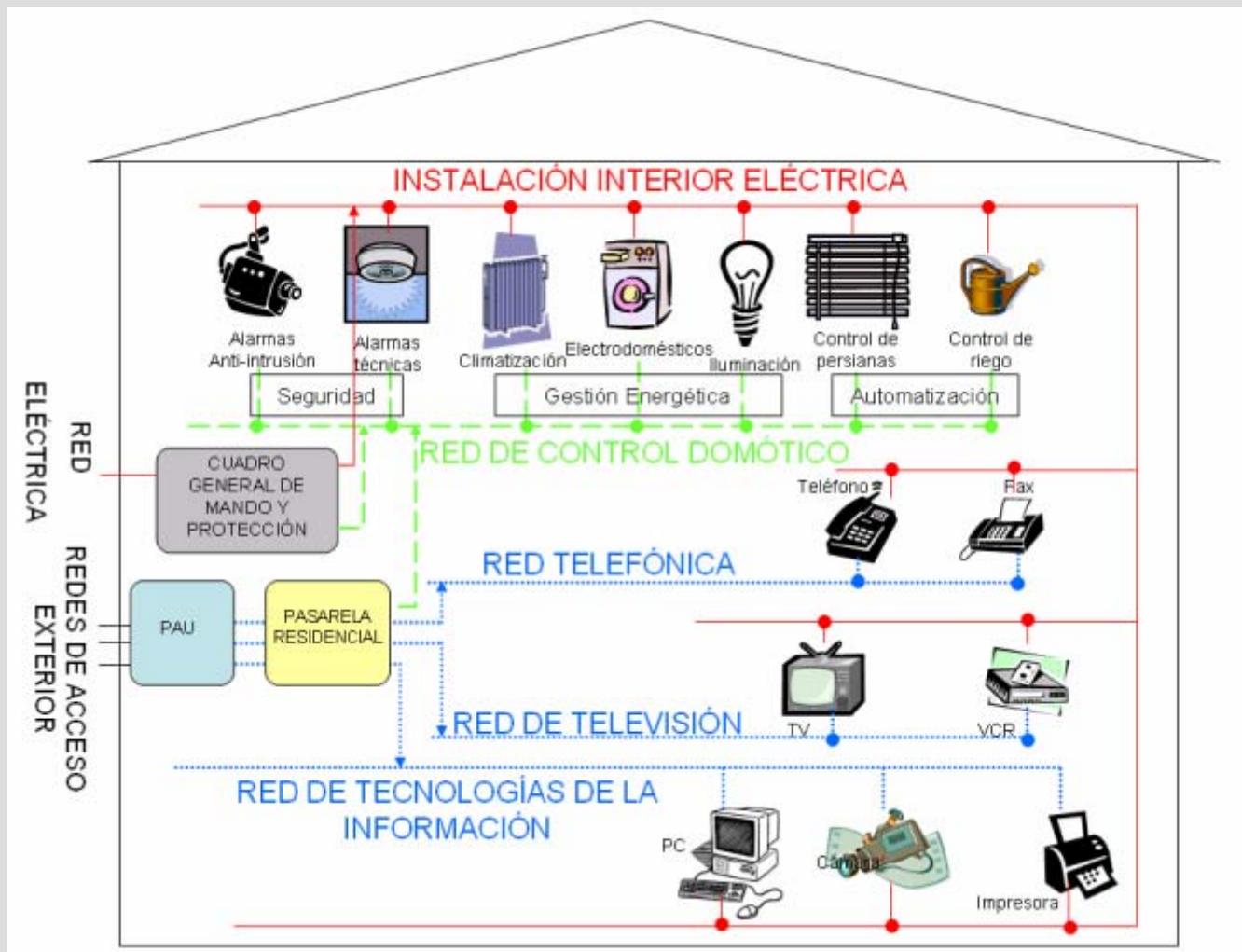
- En instalaciones de iluminación con lámparas de descarga en locales con máquinas con movimiento alternativo o rotatorio rápido, se tomarán medidas para evitar accidentes causados por el efecto estroboscópico.
- Para receptores con lámparas de descarga, la carga mínima prevista en voltiamperios será de 1,8 veces la potencia en vatios de las lámparas.
- En el caso de receptores con lámparas de descarga será obligatoria la compensación del factor de potencia hasta un valor mínimo de 0,9.
- prohibidas las lámparas de descarga a alta tensión en el interior de viviendas.
- En el interior de locales comerciales y en el interior de edificios, se permitirá su instalación cuando su ubicación esté fuera del volumen de accesibilidad o cuando se instalen barreras o envolventes separadoras, tal como se define en la ITC-BT-24.
- Cuando en la misma instalación existan lámparas que han de ser alimentadas a distintas tensiones, se recomienda que los portalámparas respectivos sean diferentes entre sí, según el circuito al que deban ser conectados.

ITC-BT-28 Instalaciones en locales de pública concurrencia, en la que se incluye la normativa relativa a la iluminación de emergencia.

Control de iluminación

ILUMINACIÓN

ITC-BT-51 INSTALACIONES DE SISTEMAS DE AUTOMATIZACIÓN, GESTIÓN TÉCNICA DE LA ENERGÍA Y SEGURIDAD PARA VIVIENDAS Y EDIFICIOS
(GUÍA TÉCNICA DE APLICACIÓN)



Control de iluminación

ITC-BT-51 INSTALACIONES DE SISTEMAS DE AUTOMATIZACIÓN, GESTIÓN TÉCNICA DE LA ENERGÍA Y SEGURIDAD PARA VIVIENDAS Y EDIFICIOS (GUÍA TÉCNICA DE APLICACIÓN)

Grado de automatización básico

FUNCIONALIDAD	APLICACIÓN	DISPOSITIVOS
	Integración	- Detección de incendios en cocina.
Confort y ahorro energético	Control de climatización	- Un crono-termostato o equivalente en salón-comedor.
	Control de iluminación	- Detector de presencia para control de la iluminación en zonas de paso
	Control de persianas	Motorización y control de persianas en el salón y dormitorio principal

Grado de automatización normal

FUNCIONALIDAD	APLICACIÓN	DISPOSITIVOS
	Control de climatización	Varios crono-termostatos (o equivalente) zonificados la vivienda por estancias
Confort y ahorro energético	Control de iluminación	- Detector de presencia para control de la iluminación en zonas de paso - Regulación luminosa en salas de estar con elección de ambientes de iluminación predefinidos - Control de los puntos de luz y tomas de corriente más significativas de la vivienda (mínimo 80% de los puntos de luz y el 20% de las tomas de corriente)
	Control de persianas	- Motorización y control de las persianas

Control de iluminación

ILUMINACIÓN

Los interruptores, pulsadores y relés

Son los elementos de accionamiento de los circuitos eléctricos encargados de conectar/desconectar la iluminación. La actuación puede ser manual (interruptores, pulsadores directamente o a través de contactores y relés) o controlada mediante sensores y/o equipos automáticos de control (a través de contactores, relés,..).

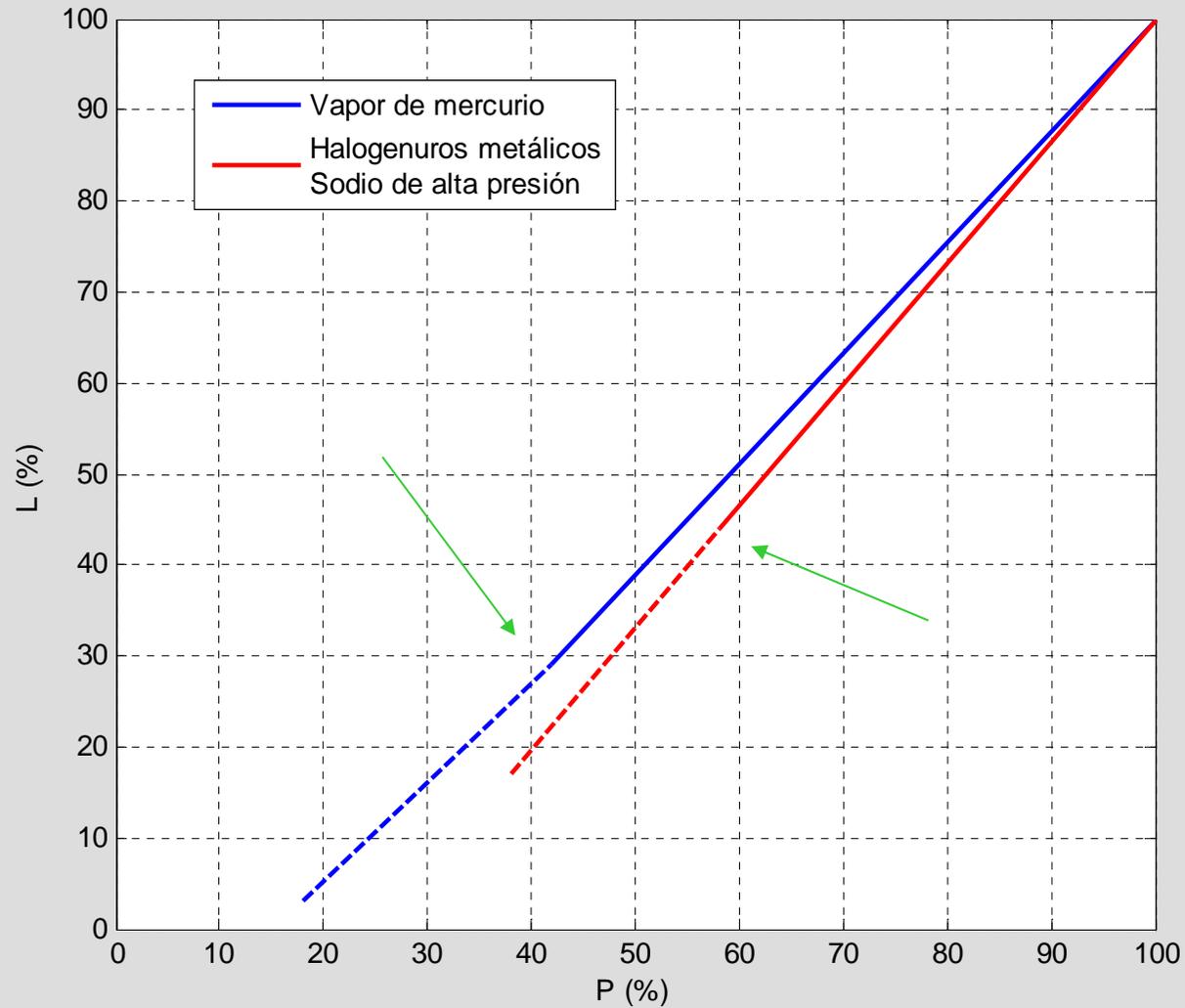
Los sensores

Son equipos que permiten determinar las condiciones del local o área de cobertura, con el objetivo de interactuar en el control de la iluminación. Los tres tipos más empleados son:

- Nivel de iluminación
- Ocupación
- Sensores horarios y temporizadores



La regulación de flujo



REDES DE CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN			
Tecnología	Medio de Transmisión	Velocidad de Transmisión	Distancia máxima al dispositivo
Konnex	<ol style="list-style-type: none"> 1. TP0 2. TP1 3. PL100 4. PL132 5. Ethernet 6. Radio 	<ol style="list-style-type: none"> 2. 9600 bps 3. 1200/2400 bps 4. 2.4 Kbps 	<ol style="list-style-type: none"> 2. 1000 m 3. 600 m
Lonworks	<ol style="list-style-type: none"> 1. TP 2. Cable eléctrico 3. Radio 4. Coaxial 5. FO 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 78 Kbps – 1.28Mbps 2. 5.4 Kbps 	1. 500 – 2700 m
X10	Cable eléctrico	<ol style="list-style-type: none"> 60 bps en EEUU 50 bps en Europa 	185 m ²
BacNet	<ul style="list-style-type: none"> • Cable Coaxial • TP • FO 	1 Mbps – 100 Mbps	Con Ethernet sobre TP: 100 m
EIB	<ol style="list-style-type: none"> 1. TP 2. Cable eléctrico 3. RF 4. Infrarrojos 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 9600 bps 2. 1200/2400 bps 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 1000 m 2. 600 m 3. 300 m
EHS	<ol style="list-style-type: none"> 1. Cable eléctrico 2. TP 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 2.4 Kbps 2. 48 Kbps 	
Batibus	TP	4800 bps	200 m a 1.500 m en función de la sección de cable
Cebus	<ul style="list-style-type: none"> • TP • Cable eléctrico • Radio • Coaxial • Infrarrojos 	10.000 bit/s	En función de las características del medio
DALI	Par de cable	-----	200 m
Metasys	N2 Bus	9600 bps	1219 m
SCP	Cable eléctrico	<10 Kbps	-----
ZigBee	Inalámbrico	20 Kbps-250Kbps	10 m – 75 m

Control de iluminación

ILUMINACIÓN

X10



F

N



Control de iluminación

ILUMINACIÓN

KNX

Protocolo de comunicaciones **abierto** para el **control de la vivienda y el edificio** nacido a partir de la convergencia de los sistemas Batibus, EIB y EHS, y aprobado como:

- Estándar Europeo (CENELEC EN 50090 y CEN EN 13321-1)
- Estándar Internacional (ISO/IEC 14543-3)
- Estándar Chino (GB/Z 20965)
- Estándar Norteamericano (ANSI/ASHRAE 135)

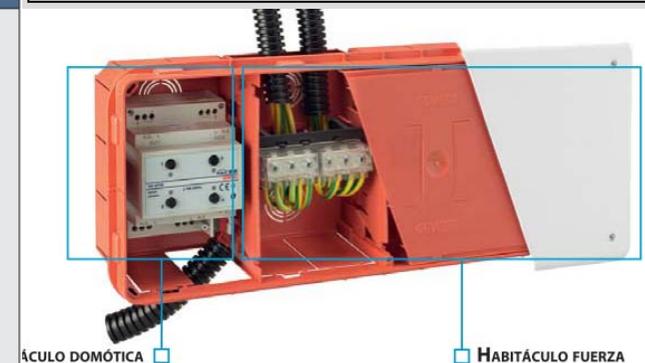
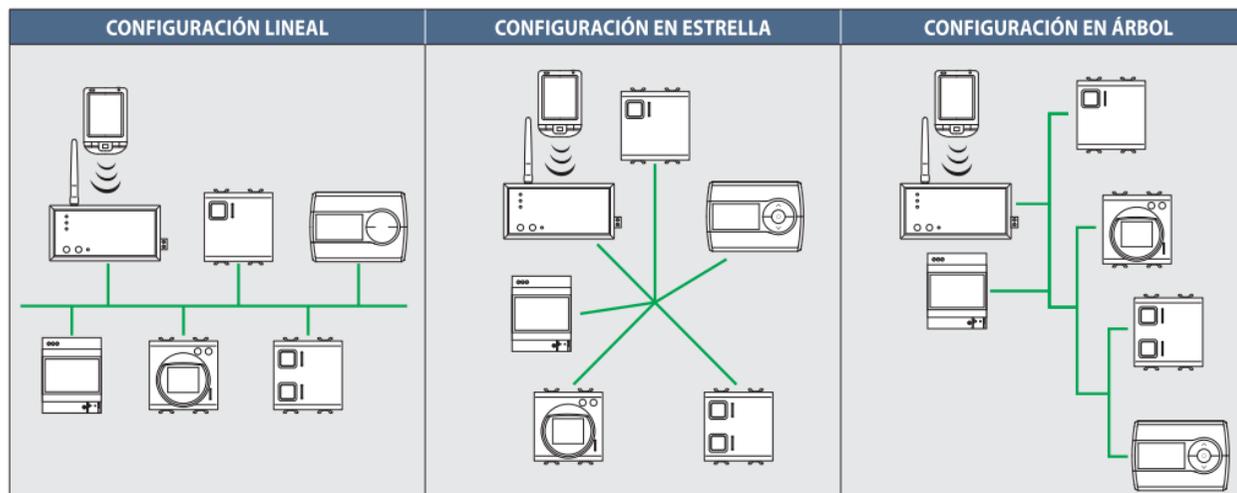
medios de transmisión

Par trenzado (KNX TP)

Corrientes portadoras (KNX PL)

Radiofrecuencia (KNX RF)

Ethernet (IP KNX)



Curso en Auditoría y Ahorro Energético: *Viviendas y Terciario*

Energía Eléctrica *Iluminación Interior* Módulo 4

Eloy Díaz

Universidad de Vigo

*Vigo, 25 octubre 2011*⁹³