

CAPITULO 5

LAS FUENTES DE LUZ



INTRODUCCION

Este capítulo del curso abarca solo algunos aspectos significativos respecto de las fuentes de luz de mayor aplicación en la iluminación de interiores. Una descripción más completa de las fuentes de luz se encuentra en el *Libro ELI de Iluminación Eficiente*, cuya versión en CD se envía junto con este curso a distancia. Para los datos específicos relacionados con dimensiones, potencias, temperaturas de color, etc. se sugiere consultar los catálogos que a tal efecto ofrecen los distintos fabricantes de lámparas.



INCANDESCENTES



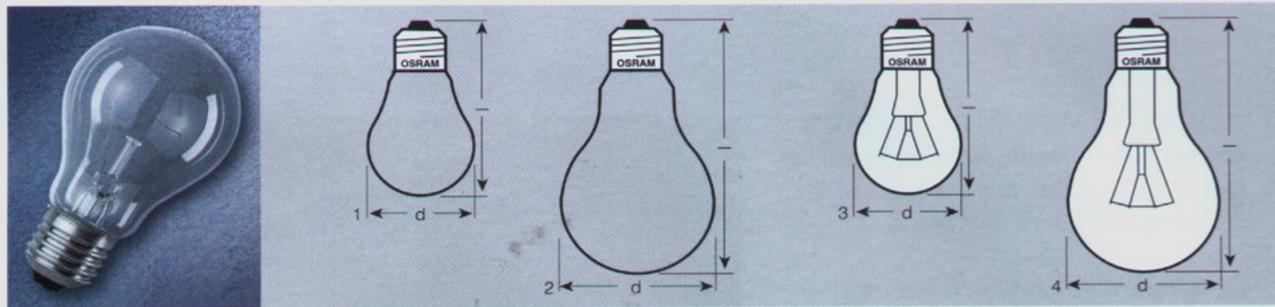
LAS LÁMPARAS INCANDESCENTES



LAS LÁMPARAS INCANDESCENTES



CLASSIC



Denominación para pedido

W
lm
d [mm]
l máx. [mm]
No.
Icons: light bulb, screw base, box, barcode

AMPOLLA A/LÁMPARAS STANDARD

Mate interior/frosted

CLAS A FR 15	15	90	60	105	1	E27	100	005423
CLAS A FR 25	25	220	60	105	1	E27	100	005447
CLAS A FR 40	40	420	60	105	1	E27	100	005461
CLAS A FR 60	60	720	60	105	1	E27	100	005485
CLAS A FR 75	75	940	60	105	1	E27	100	005508
CLAS A FR 100	100	1360	60	105	1	E27	100	005522
CLAS A FR 150	150	2200	65	123	1	E27	20	007908
CLAS A FR 200	200	3100	80	156	2	E27	20	004723

Clara/clear

CLAS A CL 15	15	90	60	105	3	E27	100	005416
CLAS A CL 25	25	220	60	105	3	E27	100	005430
CLAS A CL 40	40	420	60	105	3	E27	100	005454
CLAS A CL 60	60	720	60	105	3	E27	100	005478
CLAS A CL 75	75	940	60	105	3	E27	100	005492
CLAS A CL 100	100	1360	60	105	3	E27	100	005515
CLAS A CL 150	150	2200	65	123	3	E27	20	004709
CLAS A CL 200	200	3100	80	156	4	E27	20	004716

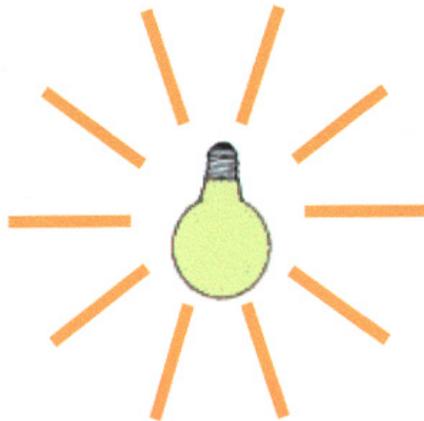


Flujo luminoso:

Definición: *cantidad de luz emitida por una fuente luminosa en todas las direcciones*

Símbolo: ϕ (Fí)

Unidad de medida: **LUMEN** (Lm)



$$1 \text{ Lm} = 1 \text{ cd} \times 1 \text{ sr}$$



EJEMPLOS DE FLUJO LUMINOSO

- Lámpara incandescente para señalización 1 lm
- Lámpara para bicicleta 18 lm
- Lámpara incandescente clara 40W 430 lm
- Tubo fluorescente standard de 36W 3.000 lm
- Lámpara a vapor de mercurio de 400W 22.000 lm
- Lámpara a vapor de sodio AP 400W 47.000 lm
- Lámpara a vapor de mercurio hal. 2000W 170.000 lm
- Lámpara para fotografía HMI de 18000W 170.0000 lm



COMPORTAMIENTO DE LAS LÁMPARAS INCANDESCENTES

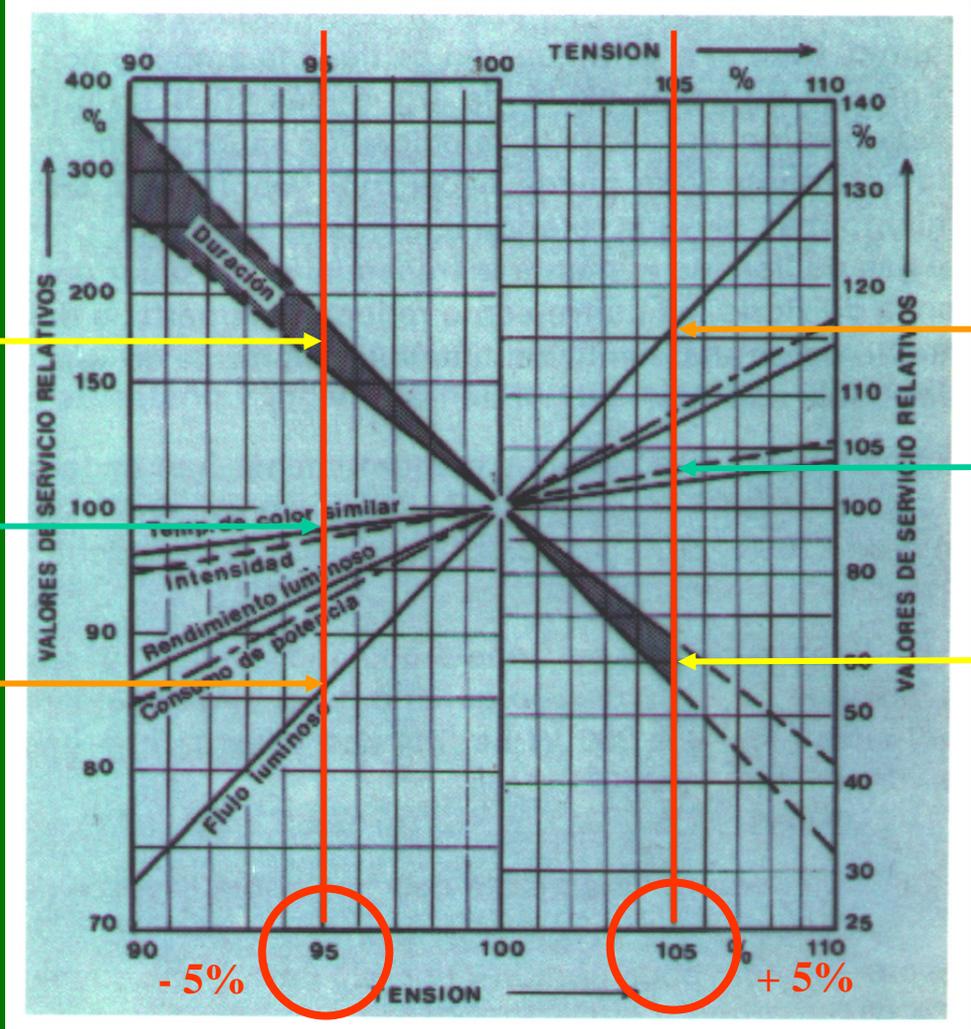
Las lámparas incandescentes en general se caracterizan por su corta vida útil y por su extrema sensibilidad a la tensión de aplicación.

En la próxima diapositiva, veremos como aplicando tan solo un 5% más de tensión a una lámpara incandescente, en este caso halógena, la vida útil de la misma se acorta en un 40%, en tanto que el flujo luminoso aumenta en un 16% (el típico brillo de las lámparas cuando hay sobretensión) y la temperatura de color aumenta también en un 3% (la luz se torna más blanca)

Si en cambio se aplica una subtensión del 5%, la vida de la lámpara aumenta un 70% y el flujo luminoso disminuye un 14% bajando un 2% la temperatura de color (la emisión de luz se hace más rojiza)



COMPORTAMIENTO DE LAS LÁMPARAS INCANDESCENTES HALÓGENAS



VIDA UTIL
+ 70%

TEMPERATURA DE COLOR
- 2%

FLUJO LUMINOSO
- 14%

FLUJO LUMINOSO
+ 16%

TEMPERATURA DE COLOR
+ 3%

VIDA UTIL
- 40%



INCANDESCENTES HALOGENAS



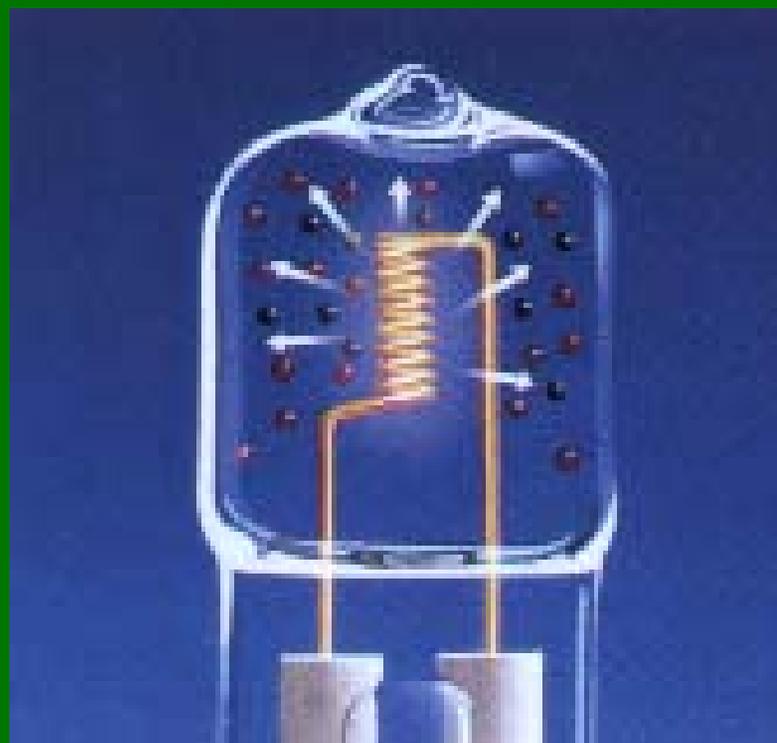
EL CICLO DEL HALOGENO



EL CICLO DEL HALOGENO (1)

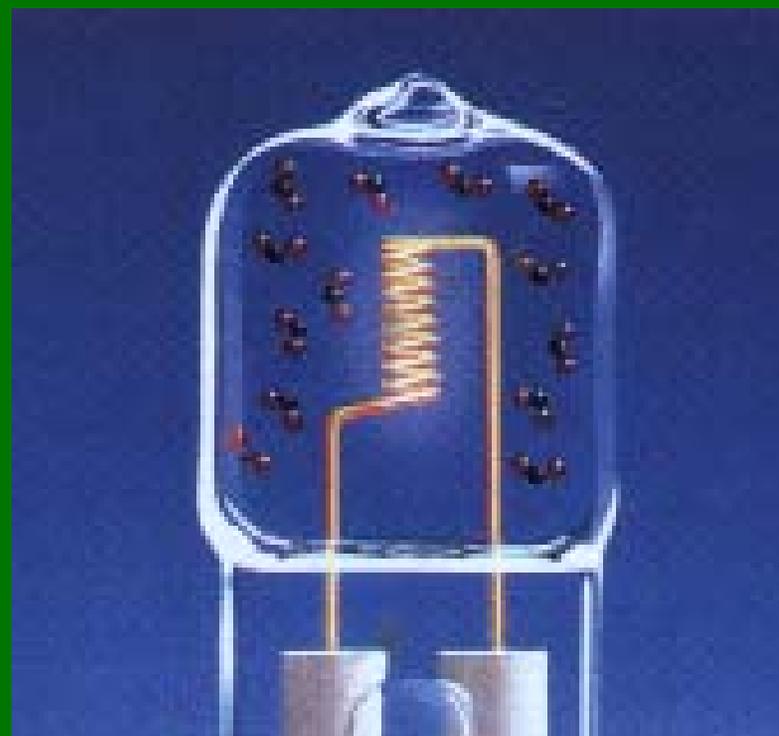
Antecedentes

Las lámparas incandescentes convencionales pierden parte de su flujo luminoso (lm) con el tiempo debido a que el tungsteno del filamento se evapora depositándose en forma de capa oscura en el interior de la ampolla.



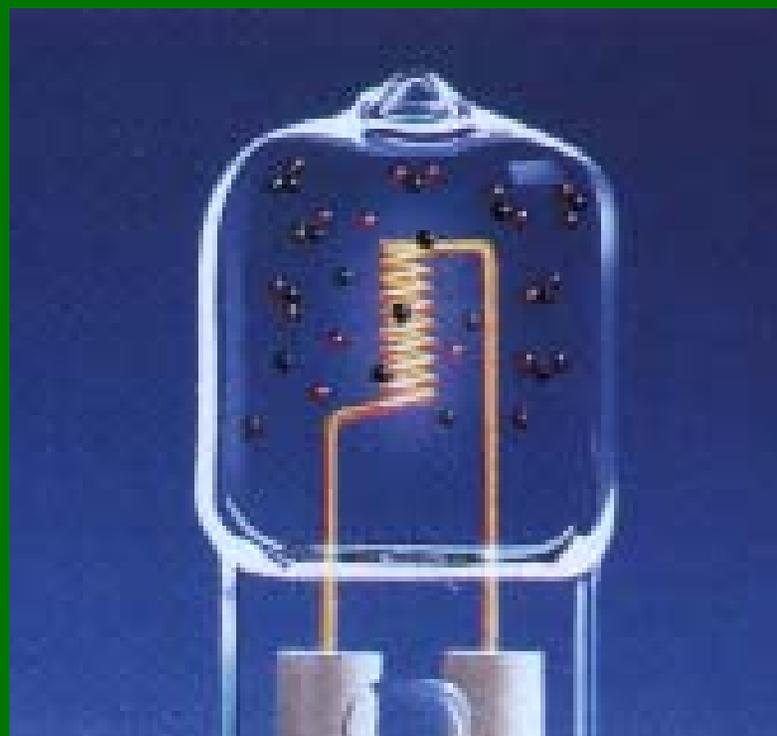
EL CICLO DEL HALOGENO (2)

Este problema se disminuye añadiendo halógenos al gas de llenado. Los halógenos son el fluor, el cloro, el bromo y el yodo. Estas sustancias combinan con el tungsteno evaporado formando una molecula. Cuando esta molecula se calienta cerca del filamento incandescente, se descompone y...



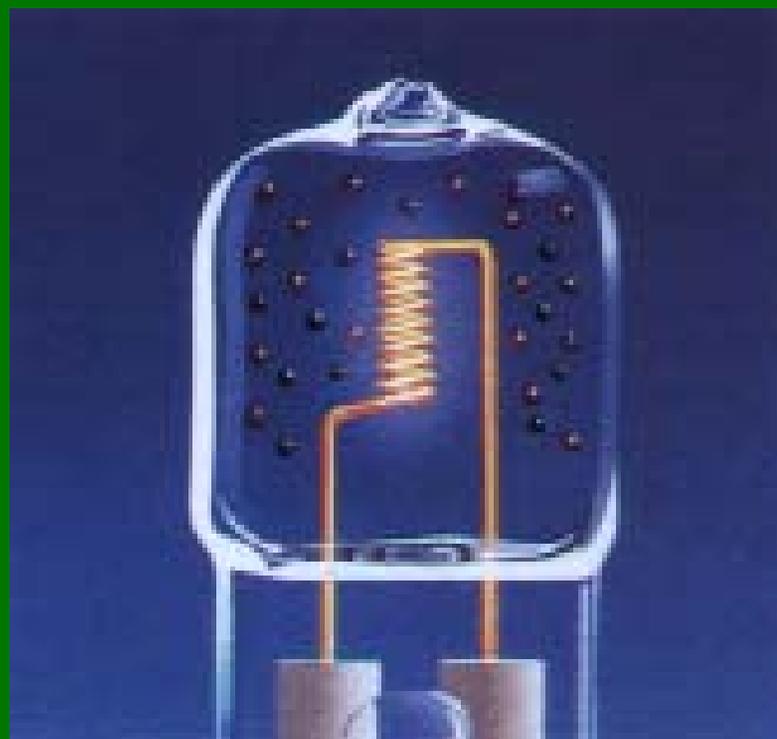
EL CICLO DEL HALOGENO (3)

...el tungsteno vuelve a depositarse sobre el filamento y la halógena se libera al gas. Esto se llama el ciclo de halógeno. Permite que parte del tungsteno evaporado se recupera. Con esto, se extiende la vida de la lámpara y se mantiene su flujo luminoso (lm) por más tiempo.

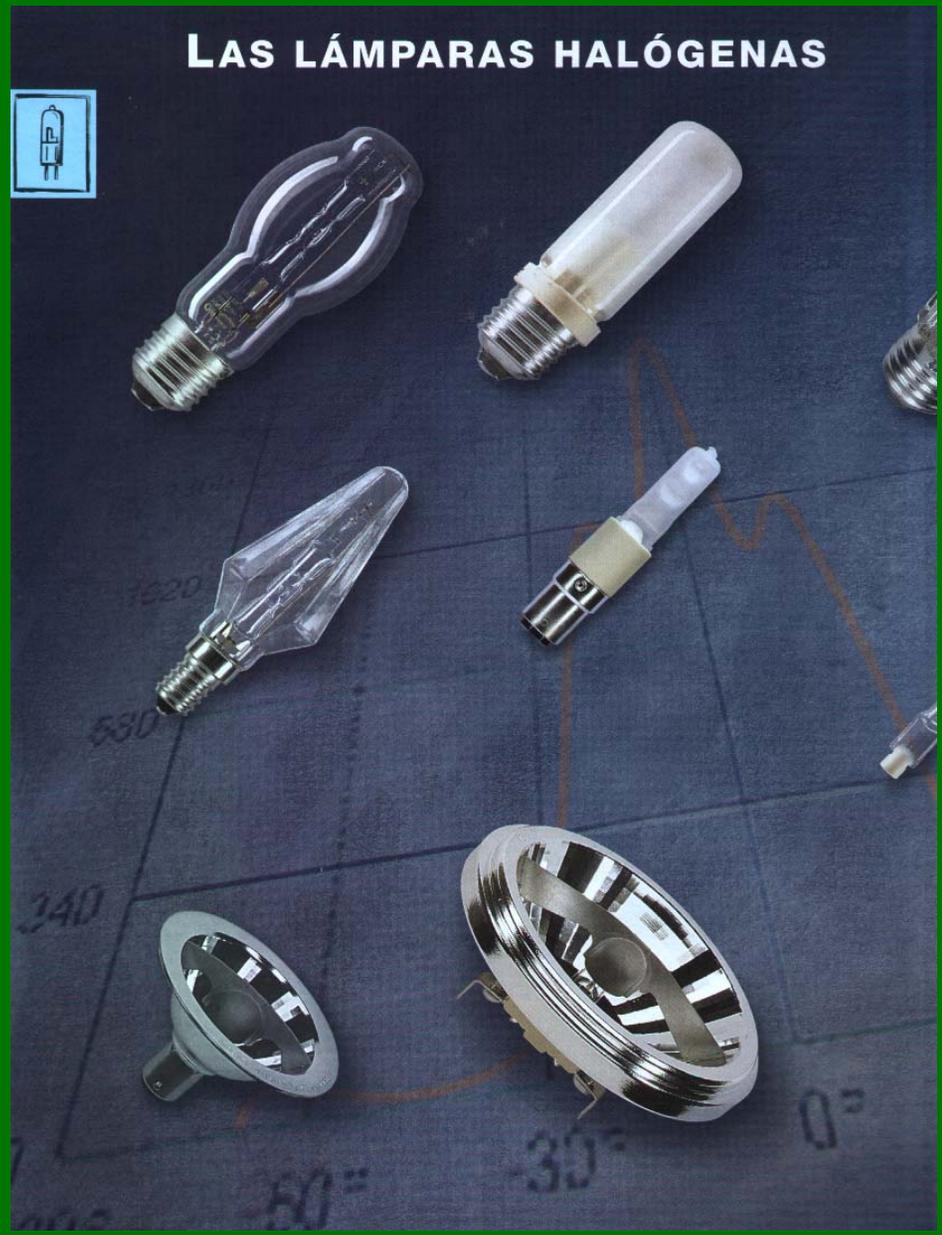


EL CICLO DEL HALOGENO (4)

Para mantener el tungsteno cerca del filamento, la ampolla se ubica cerca del mismo. Para resistir las altas temperaturas, la ampolla debe ser construida de cuarzo. De allí la denominación popular de “cuarzo-iodo”, siendo el yodo uno de los halógenos utilizados.



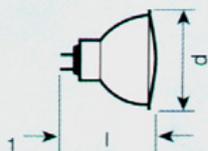
LAS LÁMPARAS HALÓGENAS



LAS LÁMPARAS HALÓGENAS



OSRAM DECOSTAR® 51 IRC
OSRAM DECOSTAR® 51 ALU



Denominación para pedido



OSRAM DECOSTAR® 51 IRC, Ø 51 mm

48860SP	20	12	10	6000	23	51	45	4000	1	GU5,3	20
48860WFL	20	12	38	1000	25	51	45	4000	1	GU5,3	20
48860VWFL	20	12	60	450	25	51	45	4000	1	GU5,3	20
48865SP	35	12	10	12500	23	51	45	4000	1	GU5,3	20 516592
48865FL	35	12	24	4400	24	51	45	4000	1	GU5,3	20 516615
48865WFL	35	12	38	2200	25	51	45	4000	1	GU5,3	20 516639
48865VWFL	35	12	60	1100	26	51	45	4000	1	GU5,3	20 516653
48870SP	50	12	10	15000	27	51	45	4000	1	GU5,3	20 516677
48870FL	50	12	24	5700	28	51	45	4000	1	GU5,3	20 516691
48870WFL	50	12	38	2850	29	51	45	4000	1	GU5,3	20 516714
48870VWFL	50	12	60	1430	30	51	45	4000	1	GU5,3	20 516738



LAS FUENTES DE LUZ

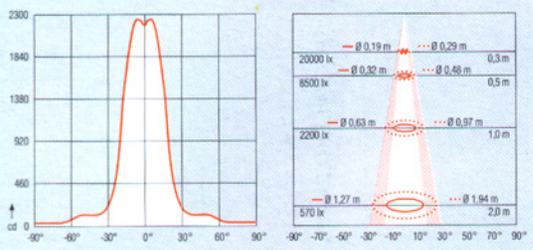
En la información técnica correspondiente a las lámparas incandescentes **con reflector**, nos encontramos con dos nuevos elementos: el “ángulo de apertura del haz” y la “intensidad luminosa”.

Al tratarse de lámparas con reflector incorporado la única información fotométrica que da el fabricante es la intensidad luminosa (cd) en el centro del haz y el ángulo de apertura de la emisión luminosa de la fuente.

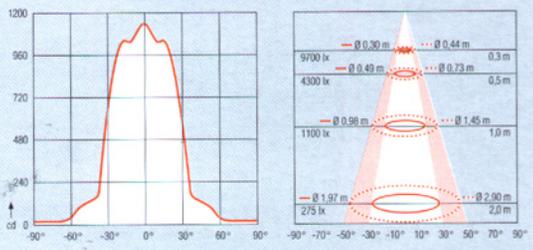
Como se verá a continuación, este ángulo se define al determinar en que punto de la distribución luminosa de la fuente la intensidad luminosa llega al 50% de la máxima indicada para el centro del haz.



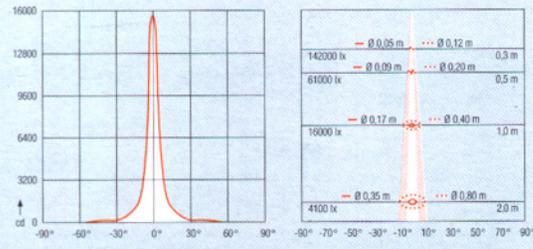
LÁMPARAS HALÓGENAS CON REFLECTOR
DISTRIBUCIÓN DE LA INTENSIDAD LUMINOSA EN CD



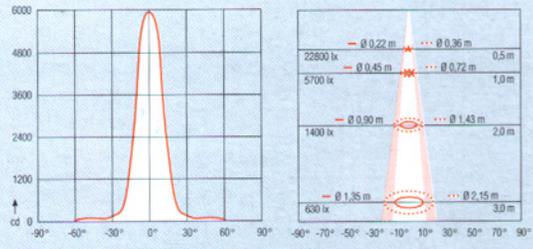
⊗ 48865 WFL
 46865 WFL: +/- 32%
 41865 WFL: +/- 53%
 44865 WFL: +/- 55%



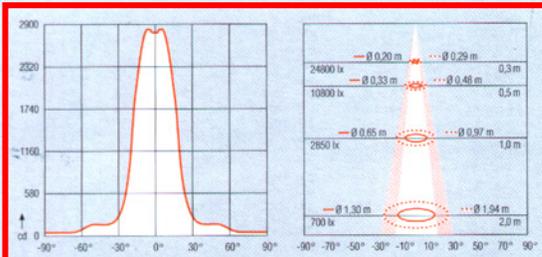
⊗ 48865 VWFL
 46865 VWFL: +/- 36%



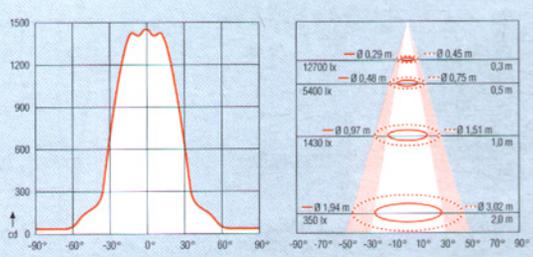
⊗ 48870 SP
 46870 SP: +/- 16%
 41870 SP: +/- 45%
 44870 SP: +/- 48%



⊗ 48870 FL
 46870 FL: +/- 23%



⊗ 48870 WFL
 46870 WFL: +/- 23%
 41870 WFL: +/- 47%
 44870 WFL: +/- 49%



⊗ 48870 VWFL
 46870 VWFL: +/- 23%



LAS FUENTES DE LUZ

En la diapositiva precedente, aparece la información gráfica correspondiente a la fotometría de la lámpara seleccionada anteriormente para su análisis. Se trata de una lámpara dicróica* de 50W/12V/38° de apertura de haz. La fuente en cuestión tiene una intensidad luminosa de 2850 cd en el centro del haz.

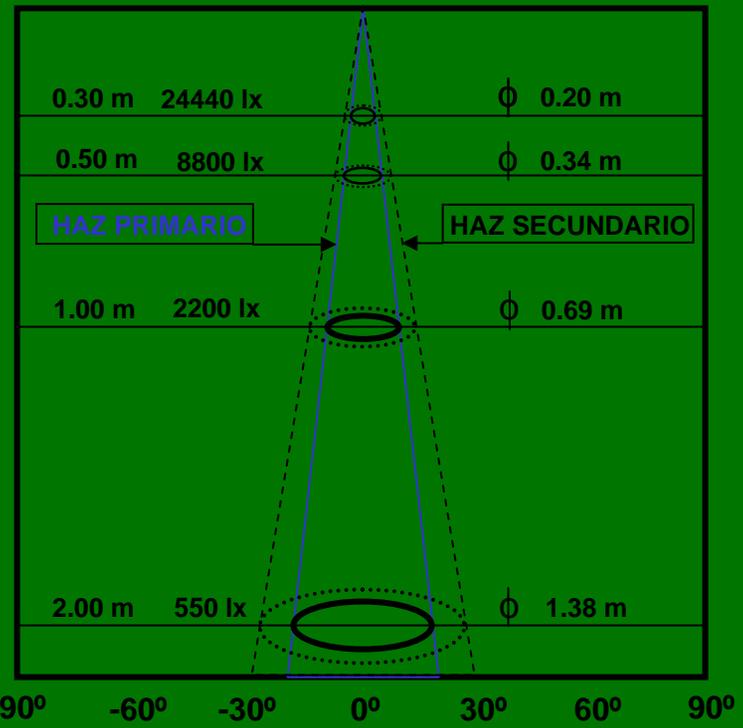
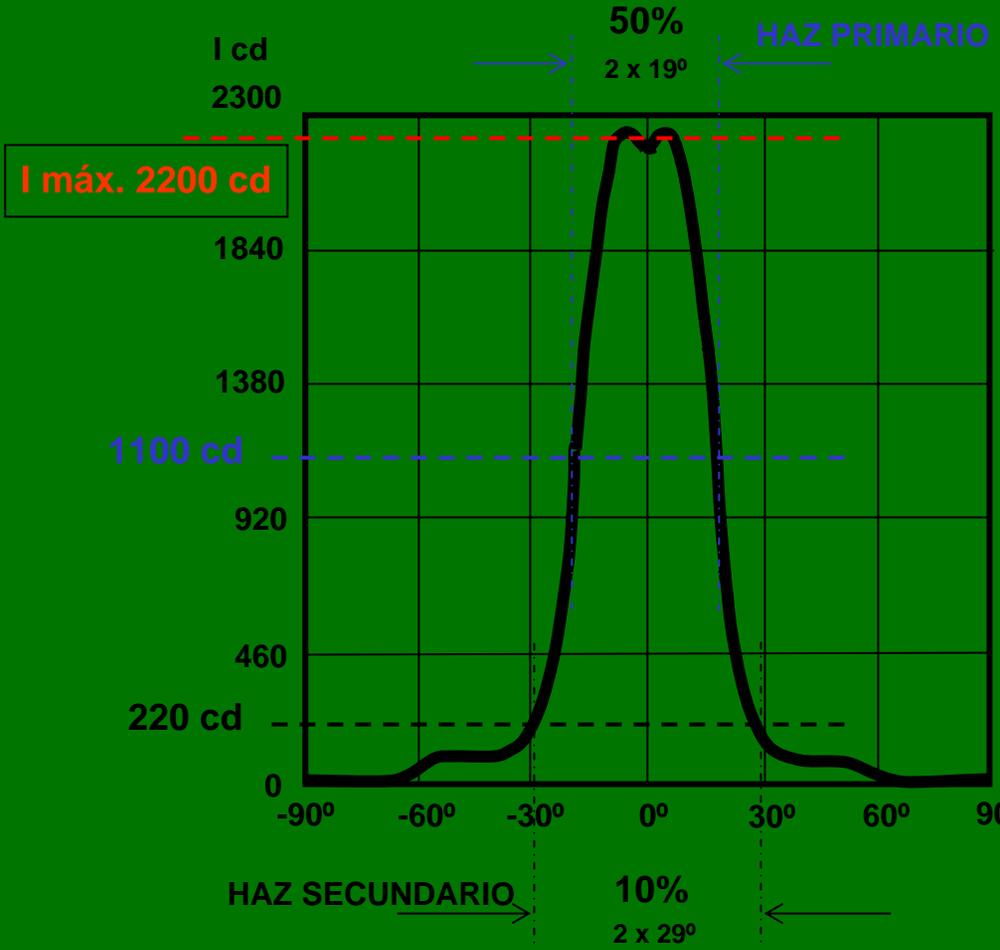
En el ejemplo que sigue, la lámpara en cuestión tiene una intensidad de 2200 cd en el centro del haz...

* Una lámpara dicróica es una lámpara halógena con un reflector especial incorporado.



CURVAS DE DISTRIBUCION LUMINOSA

Lámpara dicróica de 38° de apertura de haz



VALORES DE ILUMINACION EN LUX

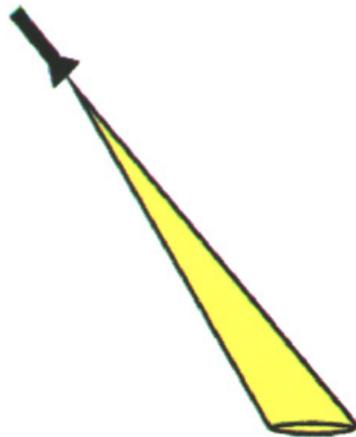


Intensidad luminosa:

Definición: parte del flujo emitido por una fuente luminosa en una dirección dada, por el ángulo sólido que lo contiene

Símbolo: I

Unidad de medida: CANDELA (cd)



Símil hidráulico: intensidad de un chorro de agua en una dirección



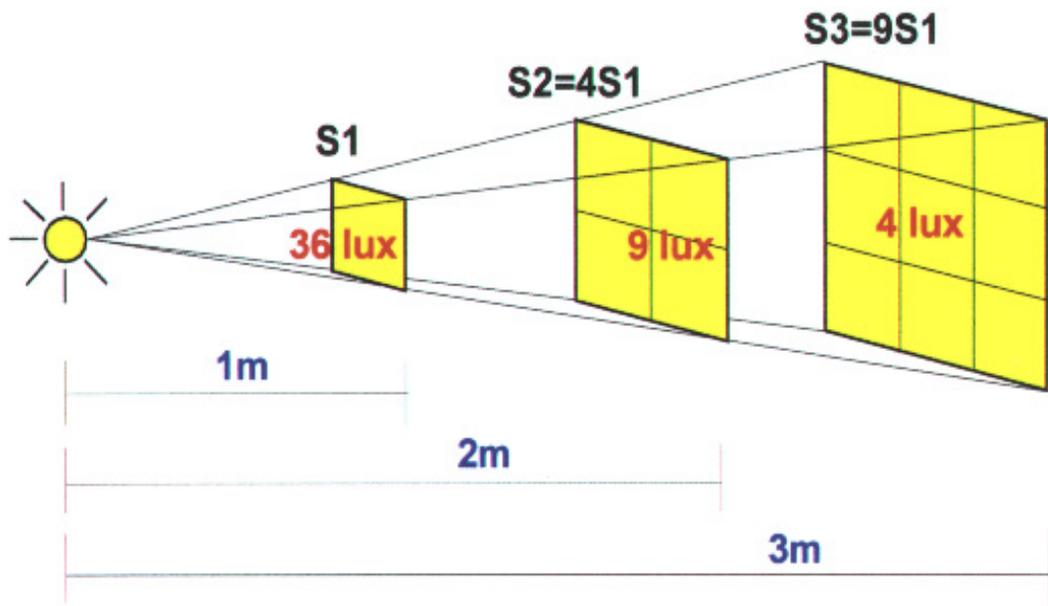
EJEMPLOS DE INTENSIDAD LUMINOSA

Lámpara reflectora de 40W (centro de haz)	450 cd
Lámpara reflectora de 150W	2500 cd
Lámpara PAR 38 spot 120W	9500 cd
Lámpara dicróica 12V/50W/10°	16.000 cd
Lámpara PAR 56 spot 300W	40.000 cd
Lámpara halógena Super Spot ar111 12V/50W/4°	50.000 cd
Proyector spot 5° mercurio halogenado 2000W	170.000 cd



Ley de la inversa de los cuadrados

“La iluminación es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia existente entre la fuente de luz y la superficie iluminada”.



$$E = \frac{I}{D^2}$$

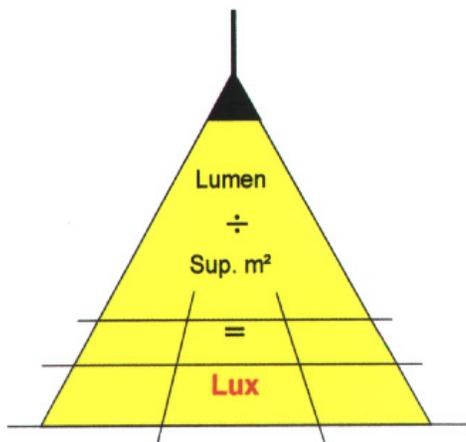


Iluminación ó Iluminancia:

Definición: *Es el flujo luminoso por unidad de superficie.*
(Densidad de luz sobre una superficie dada)

Símbolo: **E**

Unidad de medida: **LUX** (Lux = Lumen/m²)



$$1 \text{ Lux} = \frac{1 \text{ Lm}}{1 \text{ m}^2}$$



EJEMPLOS DE ILUMINANCIA

- **Superficie terrestre con la luna llena** **0,2 lux**
- **Iluminación de emergencia: escape** **1 lux**
- **Calle con buena iluminación** **15 a 25 lux**
- **Dormitorio** **70 a 100 lux**
- **Oficina de uso general** **500 lux**
- **Sala de dibujo y cartografía** **1.000 lux**
- **Quirófano (campo operatorio)** **15.000 a 25.000 lux**
- **Superficie terrestre iluminada por la bóveda celeste (cielo despejado - verano)** **100.000 lux**



LAS FUENTES DE LUZ

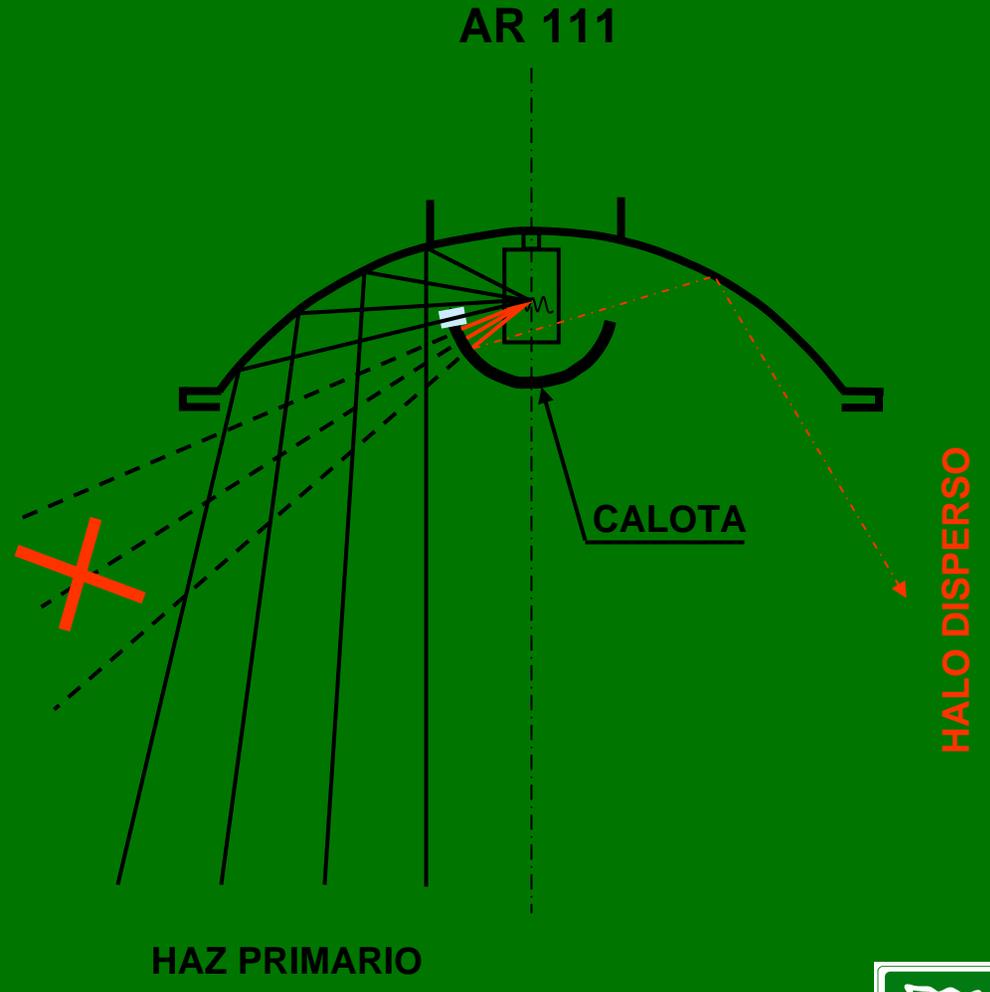
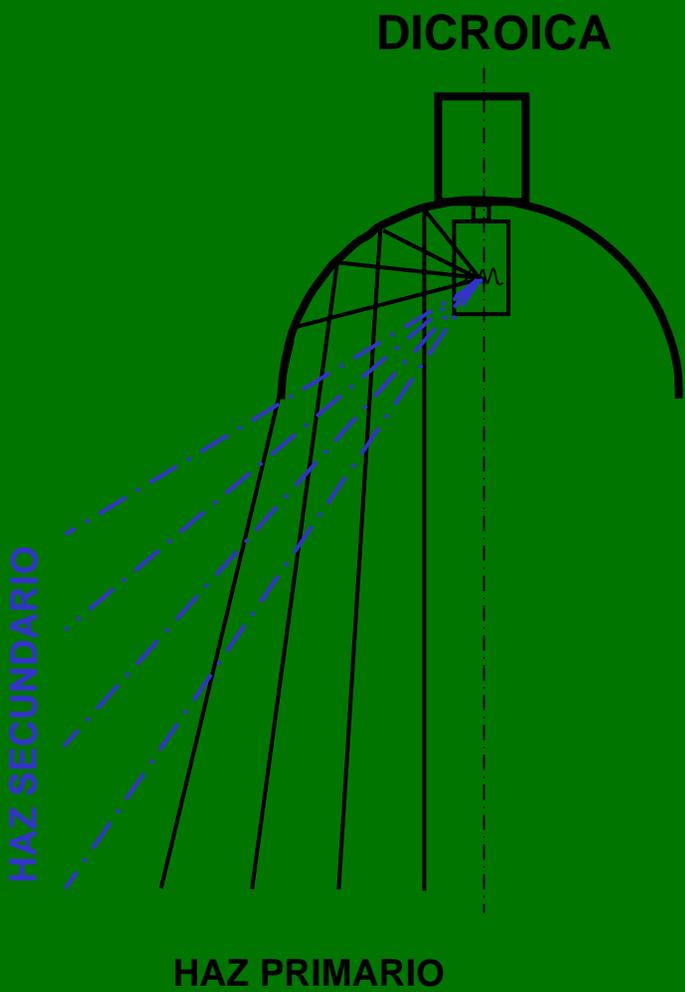
Una de las preguntas que surgen con frecuencia es: **por qué las lámparas AR (111, 70 o 48) no producen un haz secundario como las dicroicas?** La respuesta se dá en forma gráfica en la diapositiva siguiente.

La dicroica tiene su reflector diseñado para un determinado ángulo, por ejemplo 24° . La lámpara halógena que contiene emite los haces de luz que son reflejados por el reflector hasta cumplir con los 24° establecidos, pero al llegar al borde del reflector, este ya no puede reflejar más y la emisión de luz se produce en forma libre desde la lámpara al espacio sin un control óptico. Esa luz es la que genera ese haz más débil y de mayor diámetro.

Las lámparas AR, siguen el mismo proceso hasta cumplir con el ángulo programado pero al terminar el borde de la óptica, la emisión libre de la lámpara se encuentra con una “calota” metálica que evita que esta salga y por tanto no hay un haz secundario.



DISTRIBUCION LUMINOSA DE LAMPARAS CON REFLECTOR



LÁMPARAS FLUORESCENTES COMPACTAS



LAS LÁMPARAS FLUORESCENTES COMPACTAS



LAS FUENTES DE LUZ

Lámparas Fluorescentes Compactas

Las fluorescentes compactas son fuentes de luz que día a día ganan en adeptos. Existe aún hoy un concepto equivocado acerca del color de las lámparas fluorescentes. La imagen generalizada es que la luz del tubo fluorescente es “fria”. Esta idea se debe al color desagradable de los primitivos tubos llamados “luz día”, de la cual tenían poco y nada! La mayoría de los modelos de lámparas fluorescentes pueden obtenerse en la actualidad en cuatro temperaturas de color diferentes: 2700 K, 3000K, 4000 K y 6500 K. Una lámpara fluorescente compacta de 2700 K puede reemplazar perfectamente a una incandescente en el color de la luz.



LAS LÁMPARAS FLUORESCENTES COMPACTAS



LAS FUENTES DE LUZ

Lámparas Fluorescentes Compactas

Las lámparas fluorescentes compactas (LFC) se presentan en una enorme gama de potencias que van desde los 5W hasta los 55W y como ya se dijo, en varias temperaturas de color.

Hay dos familias de LFC: aquellas que requieren equipo auxiliar externo y aquellas que lo incorpora en una misma unidad. Las LFC “**modulares**” ilustradas en la lámina anterior corresponde la primera familia.

Las LFC “**integrales**” con equipo auxiliar incorporado tienen rosca (o bayoneta, según el país) para reemplazar fácilmente a las lámparas incandescentes. En Argentina se las denominan lámparas de bajo consumo.



LAS FUENTES DE LUZ

Lámparas Fluorescentes Compactas

Las LFC integrales de hasta 23 W se consiguen en tamaño similar al de una lámpara incandescente común, facilitando la substitución.

Además de reemplazar a las incandescentes en cuanto a su color, ofrecen una vida útil de hasta 10 veces mayor.

Aquellas que cumplen con la norma ELI tiene una vida nominal mínima de 6.000 horas, seis veces que una incandescente común.

Por más detalles sobre las **Normas ELI**, consulte al Anexo I de este Curso.



LAS FUENTES DE LUZ

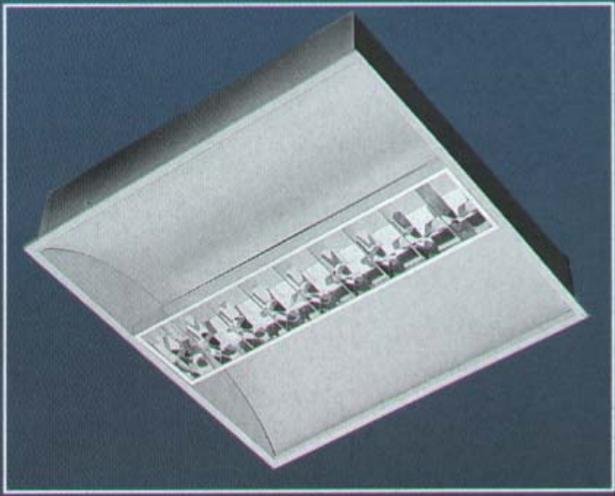
Lámparas Fluorescentes Compactas

Las LFC de mayor potencia son modulares y tienen forma de U o Circulares

Para el arquitecto éste ha sido un aporte invaluable, ya que éste ha debido luchar durante casi 5 décadas con la obligada “direccionalidad” que los tubos fluorescentes convencionales lineales definían en los espacios por su longitud.

Las compactas han permitido diseñar luminarias cuadradas y circulares terminando así con esa pesadilla, como se ven en la siguiente lámina...

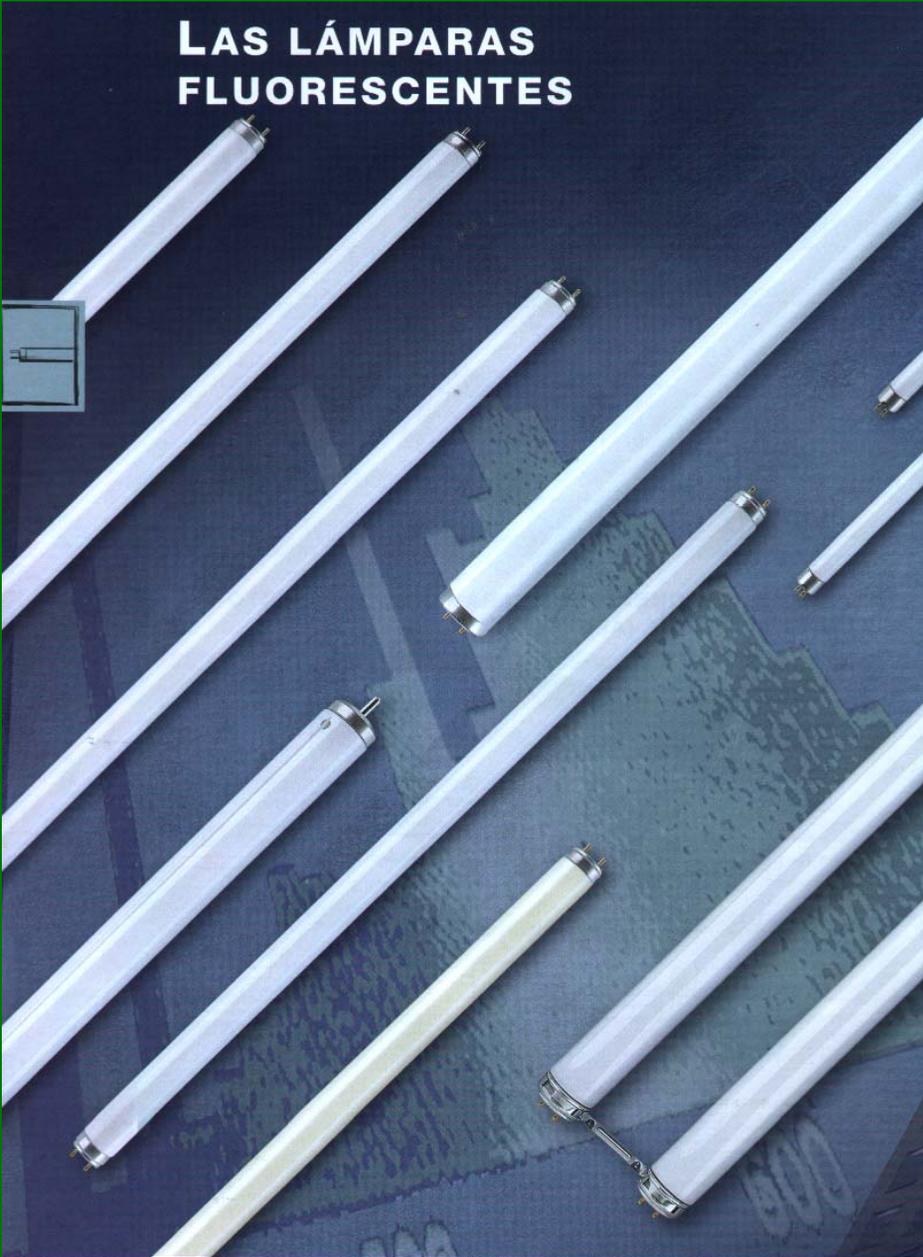




LÁMPARAS FLUORESCENTES CONVENCIONALES



LAS LÁMPARAS FLUORESCENTES



LAS FUENTES DE LUZ

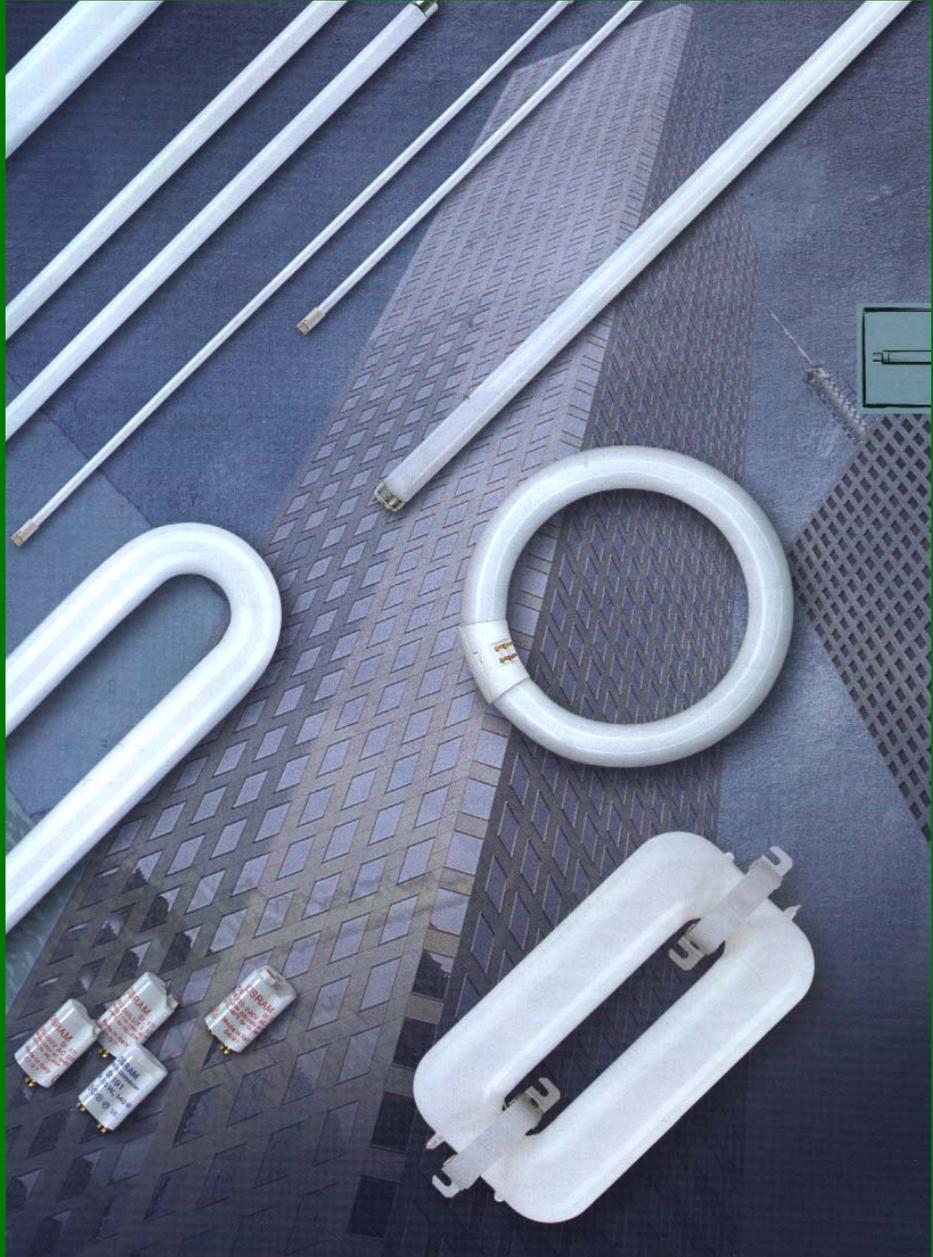
Lámparas Fluorescentes Convencionales

Las lámparas fluorescentes convencionales continúan siendo las grandes protagonistas en la iluminación de edificios de oficinas, industrias de alturas intermedias, supermercados, hospitales, etc.

Los continuos avances en el desarrollo de mejoras tanto en color como en rendimiento lumínico las hacen cada vez más ubicuas en espacios donde antes estaban vedadas. Se las puede encontrar actualmente con nuevas formas, tamaños y diámetros cada vez más reducidos. En la reproducción cromática han evolucionado notablemente también.



LAS LÁMPARAS FLUORESCENTES



LAS FUENTES DE LUZ

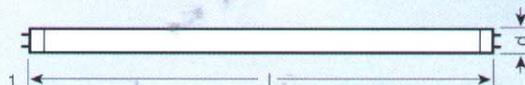
Lámparas Fluorescentes Convencionales

El grado de reproducción cromática de los tubos fluorescentes va desde un Ra de 70 (70%) hasta uno de 90 o 95 para la serie “trifósforo” de lujo. La línea trifósforo standard tiene una reproducción cromática serie 800 (es decir, un Ra mejor que 80) y la de lujo es serie 900 (mejor que Ra 90) (ver tablas comparativas)

Un detalle a observar con los tubos de nueva generación es su luminancia o “brillo”. Dado que la luminancia está en función del flujo luminoso y la superficie iluminante aparente, los modernos tubos T5 (16 mm) tienen mayor luminancia que los anteriores T8 (26 mm).



LÁMPARAS FLUORESCENTES AHORRADORAS PROGRAMA DE 26 MM LUMILUX® PLUS ECO



Denominación
para pedido



LUMILUX® PLUS ECO

L 18 W/11-860 PLUS ECO	18	LUMILUX Luz Día	1 B	1300	26	590	1	25	2500	517773
L 18 W/21-840 PLUS ECO ¹⁾	18	LUMILUX Blanco	1 B	1350	26	590	1	25	2500	517797
L 18 W/31-830 PLUS ECO	18	LUMILUX Blanco Cálido	1 B	1350	26	590	1	25	2500	517810
L 18 W/41-827 PLUS ECO ¹⁾	18	LUMILUX INTERNA	1 B	1350	26	590	1	25	2500	517834
L 36 W/11-860 PLUS ECO	36	LUMILUX Luz Día	1 B	3250	26	1200	1	25	1200	517858
L 36 W/21-840 PLUS ECO ¹⁾	36	LUMILUX Blanco	1 B	3350	26	1200	1	25	1200	517872
L 36 W/31-830 PLUS ECO	36	LUMILUX Blanco Cálido	1 B	3350	26	1200	1	25	1200	517896
L 36 W/41-827 PLUS ECO ¹⁾	36	LUMILUX INTERNA	1 B	3350	26	1200	1	25	1200	517919
L 58 W/11-860 PLUS ECO	58	LUMILUX Luz Día	1 B	5000	26	1500	1	25	1200	517933
L 58 W/21-840 PLUS ECO ¹⁾	58	LUMILUX Blanco	1 B	5200	26	1500	1	25	1200	517957
L 58 W/31-830 PLUS ECO	58	LUMILUX Blanco Cálido	1 B	5200	26	1500	1	25	1200	517971
L 58 W/41-827 PLUS ECO ¹⁾	58	LUMILUX INTERNA	1 B	5200	26	1500	1	25	1200	603049



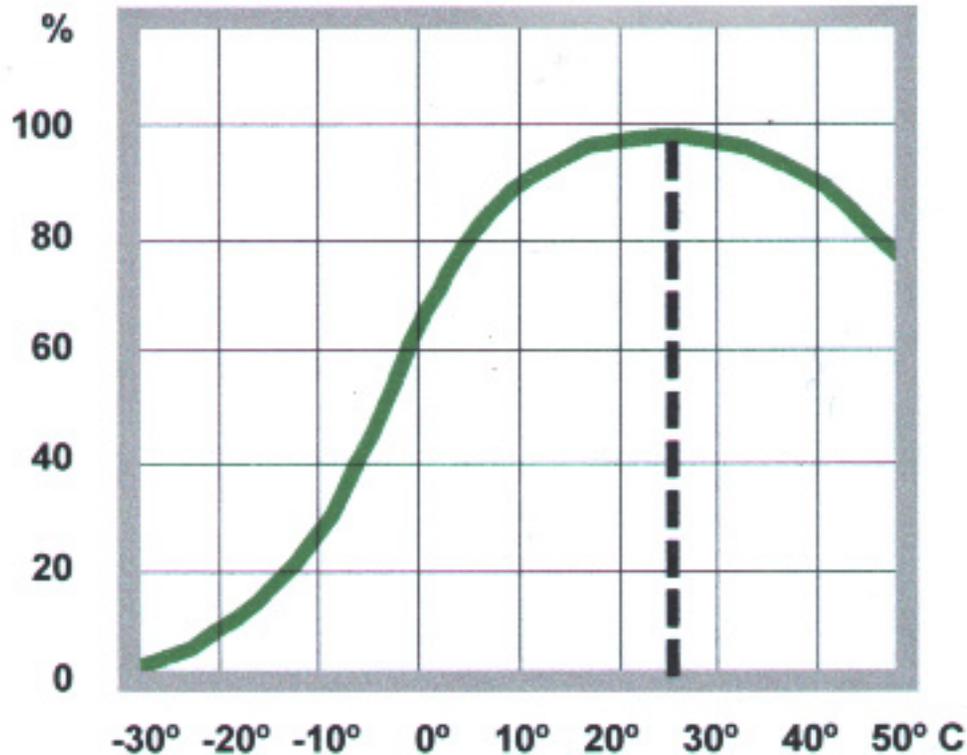
Variación en el Flujo Luminoso de las Lámparas Fluorescentes en Función de la Temperatura Ambiente

Las lámparas fluorescentes también tienen su “talón de Aquiles”. La vida útil de estas lámparas depende fundamentalmente de la cantidad de encendidos a los que sea sometida durante su período útil. Las lámparas fluorescentes tienen en sus extremos unos pequeños filamentos recubiertos con una pasta emisora, de la cual por cada encendido o “intento” de encendido se evapora una pequeña cantidad. Cuando ya no queda pasta emisora se termina la vida de la lámpara.

El otro punto débil es la temperatura. Las fluorescentes son lámparas diseñadas para trabajar de manera óptima a 25 o 26 °C. Trabajando a mayor o menor temperatura la emisión luminosa decrece y la fuente tiene un rendimiento menor dependiendo de cuanto mayor o menor sea. En la diapositiva siguiente se presenta un diagrama de dicha fluctuación en función de la temperatura.



Variación en el Flujo Luminoso de las Lámparas Fluorescentes en Función de la Temperatura Ambiente



LÁMPARAS DE DESCARGA DE ALTA INTENSIDAD



LAS LÁMPARAS DE DESCARGA DE ALTA INTENSIDAD



LAS FUENTES DE LUZ

Lámparas de Descarga de Alta Intensidad

Las lámparas de descarga de alta intensidad (denominadas HID por su sigla en inglés) tienen una aplicación mucho más limitada en la iluminación de interiores que las anteriores vistas hasta ahora. De las de grandes potencias (por encima de los 250W) las de mercurio halogenado serían las únicas que tienen aplicaciones en la iluminación eficiente. Las podemos encontrar en supermercados de grandes alturas y alguna iluminación indirecta para iluminación ornamental en catedrales, lobbys de grandes alturas y aplicaciones industriales.



LAS LÁMPARAS DE DESCARGA DE ALTA INTENSIDAD



LAS FUENTES DE LUZ

Lámparas de Descarga de Alta Intensidad

Las de menores potencias (50W a 250W) tienen en cambio una mayor aplicación. Aquí se podrán encontrar fundamentalmente las de mercurio halogenado del tipo de doble contacto y bi-pin y las denominadas “de sodio blanco”. También alguna de sodio de alta presión y mercurio de color corregido en efectos ornamentales.

Actualmente, las de mercurio halogenado se están utilizando profusamente en shoppings, locales comerciales en general, lobbys de medianas y grandes alturas e iluminación indirecta en general en los más variados tipos de ambientes.



LAS FUENTES DE LUZ

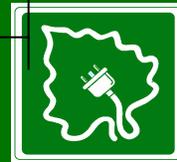
En las siguientes diapositivas se presenta una serie de tablas comparativas relativas a las fuentes de luz más utilizadas en iluminación de interiores. Estas tablas se refieren fundamentalmente a la temperatura de color, capacidad de reproducción cromática y eficiencia en lúmenes por watt.

Reiteramos la recomendación de consultar los catálogos de los fabricantes, los que contiene la más amplia información sobre todas las lámparas existentes en el mercado.



TEMPERATURA DE COLOR

Cuadro comparativo de la Temperatura de Color de algunas fuentes de luz
(Kelvin)



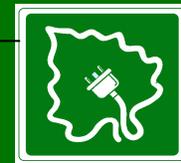
RENDIMIENTO DE COLOR

Cuadro comparativo del índice de reproducción cromática de algunas fuentes (IRC)



EFICIENCIA DE LAS FUENTES DE LUZ

Cuadro comparativo de la eficiencia de algunas fuentes de luz
(Lm/W)



INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Tal como se ha señalado antes, este Capítulo presenta una descripción con características importantes de las fuentes de luz. Por más información, consulte el Capítulo 4 “Fuentes Luminosas” del *Libro ELI de Iluminación Eficiente*.

De particular importancia en ese material es la última sección (14) donde se sintetizan los criterios de selección de distintas lámparas, criterios de eficiencia, color y duración.

