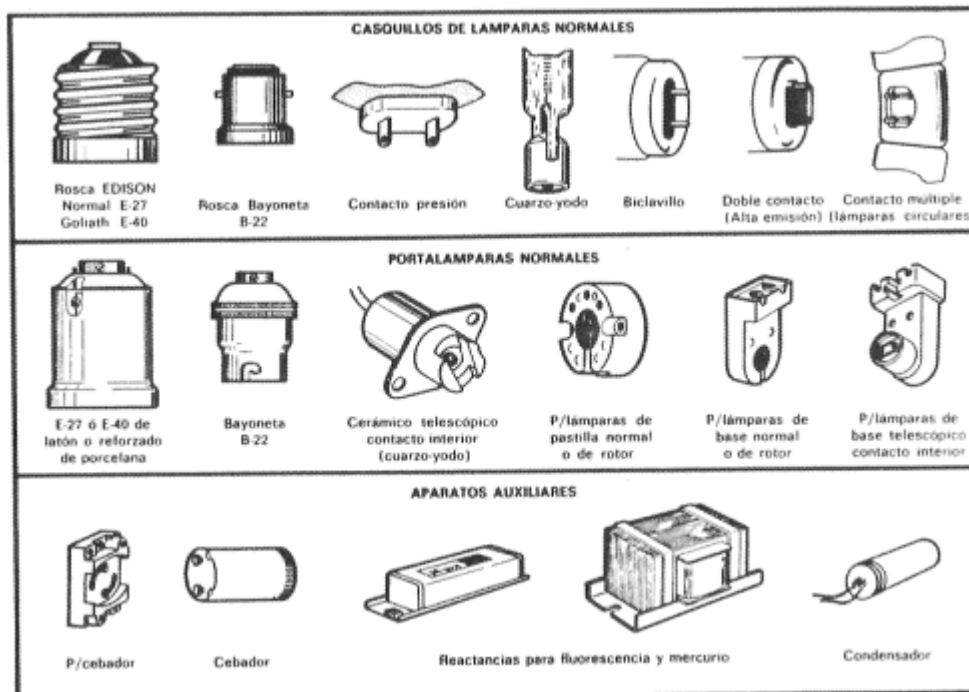


## 8.2. LÁMPARAS Y SUS COMPONENTES

Desde la primera lámpara de Edison, hace ya más de 100 años, se ha ido acumulando una gran experiencia en el campo de la iluminación, que supone una parte muy importante en el conjunto de la electricidad moderna.

A lo largo de estos años se han descubierto nuevos tipos de lámparas a las que se han ido adaptando una serie de componentes y aparatos auxiliares, tales como casquillos, portalámparas, reactancias, etc. Seguidamente exponemos algunos de ellos.

Las lámparas pueden ser de muchas clases, cada una de ellas con sus particularidades y características específicas, que pasamos a estudiar con detalle.



### 8.2.1. LÁMPARAS DE INCANDESCENCIA

La incandescencia es un sistema en el que la luz se genera como consecuencia del paso de una corriente eléctrica a través de un filamento conductor.

Muchos han sido los materiales utilizados para la construcción de filamentos, pero en la actualidad el material de uso exclusivo es el tungsteno o wolframio, cuya temperatura de fusión es del orden de 3.400 °C. Con este tipo de filamentos se puede llegar a temperaturas normales de trabajo del orden de 2.500 a 2.900 °C, lo cual permite fabricar lámparas de incandescencia de una vida relativamente grande, con rendimientos también relativamente grandes, sobre todo si los comparamos con los obtenidos tan sólo hace unas cuantas décadas.

El filamento entraría en combustión con el oxígeno del aire si no lo protegieramos mediante una ampolla de vidrio a la que se le ha hecho el vacío o se ha rellenado de un gas inerte.

Un factor importante que condiciona la vida de un filamento, es el llamado "fenómeno de evaporación". Dicho fenómeno consiste en que debido a las elevadas temperaturas del filamento, este emite partículas que lo van adelgazando

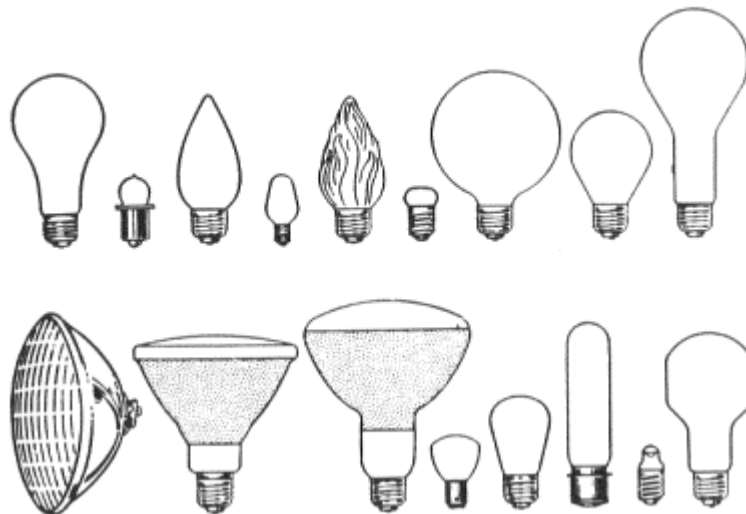
lentamente, produciendo finalmente su rotura.

Para evitar en parte este fenómeno, los filamentos se arrollan en forma de espiral y la ampolla se rellena con un gas inerte a una determinada presión. El gas inerte de relleno suele ser de una mezcla de nitrógeno y argón, aunque también suele utilizarse kriptón exclusivamente.

La ampolla constituye la envoltura del filamento y del gas de relleno, siendo su tamaño función de la potencia eléctrica desarrollada. El material que se utilizó para las primeras lámparas era el cristal, aunque en la actualidad el vidrio a la cal es el más utilizado.

Su forma no está supeditada fundamentalmente a ningún concepto técnico, siguiendo generalmente criterios estéticos o decorativos, por lo que se fabrican según una extensa variedad de formas. El modelo estándar es el más corrientemente utilizado.

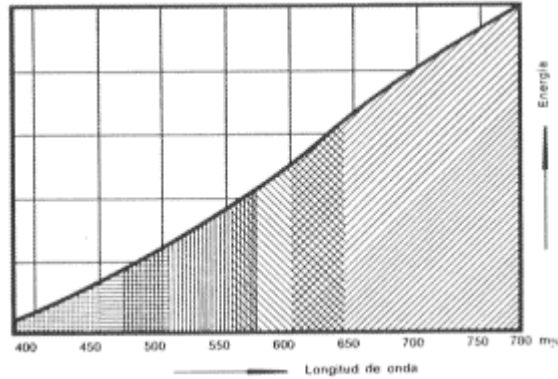
### FORMAS COMÚNMENTE UTILIZADAS EN LÁMPARAS DE INCANDESCENCIA



El casquillo tiene como misión la de recoger los dos hilos que salen del filamento, a través del vidrio, hacia el exterior; al mismo tiempo sirve como elemento de unión con la red de alimentación. Existe una gran diversidad de formas y tamaños de casquillos, aunque los más corrientemente utilizados son los de rosca Edison E-27, para potencias inferiores a los 300W, y la rosca E-40 o Goliat, en lámparas de igual o superior potencia.

Para un buen conocimiento del comportamiento de estas lámparas, es necesario tener en cuenta su curva de distribución espectral de las diferentes radiaciones que la componen. En la figura mostramos la distribución espectral de una lámpara de incandescencia, tipo estándar, de 500W, en función de la energía radiada.

De esta curva se deduce que la energía radiada por estas lámparas tiene un carácter continuo y que gran parte de la energía se encuentra en la zona de los colores rojos, mientras que solamente una pequeña parte lo hace en la zona del color violeta. De esto se deduce que la luz radiada por este tipo de lámparas se asemeja a la luz solar.

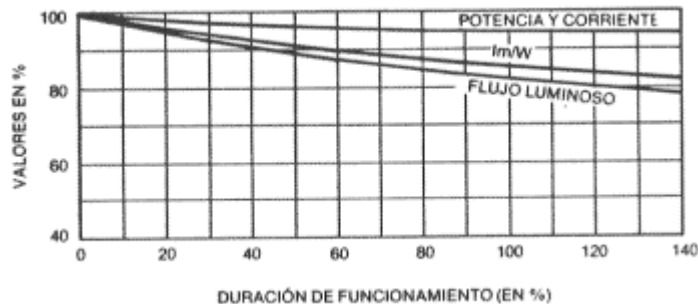


La eficacia luminosa o rendimiento de una lámpara se expresa como el cociente entre el flujo luminoso producido y la potencia eléctrica consumida,

$$R = \frac{\phi}{W} \text{ Lm/W}$$

La eficacia de las lámparas de incandescencia es la más baja de todas las lámparas y es del orden de 8 Lm/W para lámparas de pequeña potencia y del orden de 20 Lm/W para las de gran potencia.

No debemos confundir la eficacia de una lámpara con el rendimiento de la transformación "energía eléctrica energía luminosa". Casi la totalidad de la energía eléctrica aplicada a las lámparas se transforma en calor, y solamente una pequeñísima parte se transforma en luz, es difícil encontrar rendimientos peores. El flujo luminoso de las lámparas de incandescencia no es constante a lo largo de toda su vida. La causa hay que buscarla en el fenómeno de la evaporación del filamento, ya que por una parte las partículas de tungsteno desprendidas por el filamento se depositan sobre la pared interna de la ampolla ennegreciéndola, y por otra parte el adelgazamiento experimentado por dicho filamento hace que aumente su resistencia, lo que provoca una disminución de la potencia absorbida. Ambos efectos provocan una disminución del flujo total emitido.



A lo largo de la vida media de una lámpara de incandescencia, la depreciación de su flujo va aumentando progresivamente y resulta ser del orden del 20% cuando alcanza su vida media.

Se considera como vida media de una lámpara al promedio de las vidas o duraciones de un grupo de ellas funcionando en condiciones normales. Este es un dato muy importante a tener en cuenta en cualquier tipo de lámpara, ya que de él dependerá, fundamentalmente, el mayor o menor rendimiento económico de la instalación.

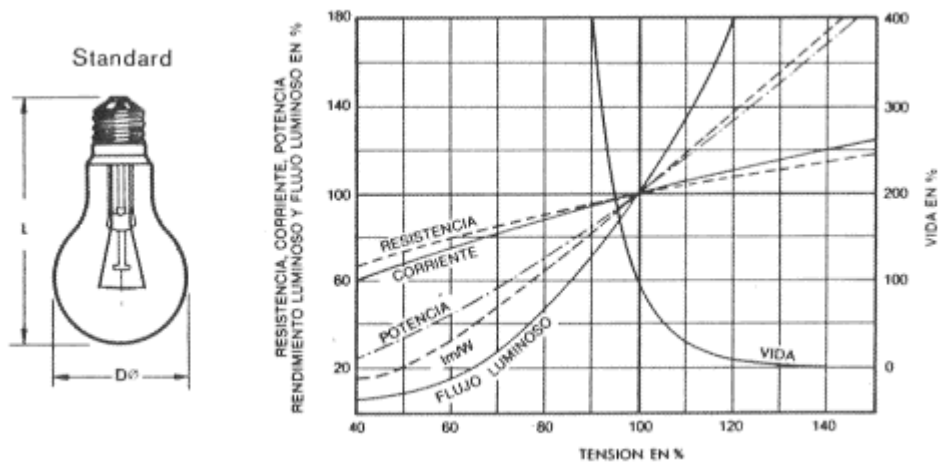
La vida media de una lámpara de incandescencia se estima en unas 1.000 horas,

es decir, que parte de ellas durarán menos, mientras que otras sobrepasarán esta cifra. La vida media de las lámparas de incandescencia es la menor de todas las lámparas, no obstante, por sus características es la que más se utiliza en el alumbrado de viviendas.

La tensión de alimentación de una lámpara de incandescencia es un factor que afecta a todas sus variables, resistencia eléctrica del filamento, corriente, potencia, flujo luminoso, eficacia luminosa y vida media. Hemos representado todas estas variables en la figura, de la que podemos obtener interesantes conclusiones.

Es interesante observar cómo varía la vida media de una lámpara, en función de la tensión. Un aumento de la tensión de un 30% deja a la lámpara prácticamente sin vida, mientras que una disminución del 10% aumenta la vida en un 400%.

Referente al valor de la resistencia eléctrica del filamento de una lámpara de incandescencia, vemos como no resulta ser constante con la tensión, como sería de esperar. Ello se debe a que al aumentar la tensión aumenta su temperatura y con ella su resistencia, como consecuencia de que el tungsteno tiene un coeficiente positivo de temperatura relativamente grande.



El resto de los valores siguen un comportamiento lógico, tal y como puede apreciarse.

Hemos observado la vida extremadamente corta de las lámparas incandescentes, su pequeña eficacia luminosa, y la enorme influencia que tiene la tensión sobre sus características fundamentales. Pese a ello y con una antigüedad de más de 100 años, las lámparas incandescentes siguen alumbrando la casi totalidad de los hogares, ya que no existe nada mejor que las sustituya.

## LAMPARAS DE INCANDESCENCIA STANDAR

Potencia lámpara W	Flujo luminoso Lm		Relleno	Dimensiones		Casquillo
	125 V	220 V		L	D	
				mm	mm	
15	140	125	Vacío	105	60	E-27
25	240	225	Vacío	105	60	E-27
40	490	430	Gas	105	60	E-27
60	820	730	Gas	105	60	E-27
100	1.560	1.380	Gas	105	60	E-27
150	2.350	2.100	Gas	140	80	E-27
200	3.250	2.950	Gas	173	80	E-27
300	5.100	4.750	Gas	233	110	E-40
500	9.500	8.450	Gas	267	130	E-40
750	14.800	13.500	Gas	300	150	E-40
1000	20.300	18.500	Gas	300	150	E-40
1500	31.000	27.700	Gas	335	170	E-40
2000	43.000	40.000	Gas	380	200	E-40

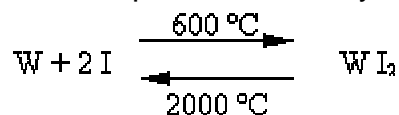
Eficacia luminosa 8 a 20 Lm/W. Temperatura de color 2.600° K.

### 8.2.2. LÁMPARAS DE INCANDESCENCIA CON HALOGENUROS

Las lámparas de incandescencia con halógenos o simplemente lámparas halógenas no son más que lámparas de incandescencia perfeccionadas.

En las lámparas de incandescencia tiene lugar el ya conocido fenómeno de evaporación del filamento, que consiste en el desprendimiento de partículas de tungsteno que siguiendo las corrientes de convección del gas en el interior de la lámpara, acaban por depositarse sobre la pared interior de la ampolla, ennegreciéndola.

Si al gas de relleno de una lámpara de incandescencia se le añade una pequeña cantidad de yodo en forma de yoduro, en las zonas externas de la lámpara en las que la temperatura es del orden de los 600 °C, tiene lugar una reacción química en virtud de la cual los átomos de tungsteno se recombinan con los átomos de yodo, dando como resultado un compuesto llamado yoduro de tungsteno:



Por otra parte, cuando las moléculas de este nuevo compuesto se aproximan al filamento, zona en la que la temperatura es superior a los 2.000 °C, se produce la reacción opuesta, es decir, el yoduro de tungsteno se disocia en yodo y tungsteno, depositándose este último sobre el filamento, siguiendo el yodo el camino determinado por las corrientes de convección, para repetir el proceso.

Como ya hemos dicho, una parte de la reacción química se produce a una

temperatura de 600°C, en la pared de la ampolla de la lámpara. Para poder alcanzar tan elevada temperatura no queda más remedio que reducir considerablemente el tamaño de la ampolla y como el vidrio no soporta estas temperaturas tan elevadas, se recurre al cuarzo, que tiene una temperatura de reblandecimiento superior a los 1.300 °C. El resultado de lo expuesto es una gran disminución del tamaño de estas lámparas, aproximadamente el 5% del volumen de una lámpara convencional de la misma potencia.

En una atmósfera halógena no pueden emplearse materiales corrientes, en base a la gran afinidad química, por lo que los soportes del filamento se hacen también de tungsteno.

Las salidas de los conductores de alimentación de estas lámparas, se hacen a través de unas finísimas hojas de molibdeno. Debido al pequeño coeficiente de dilatación de este material y a las dimensiones extremadamente pequeñas de la hoja que atraviesa el cuarzo, este se ve sometido a esfuerzos relativamente pequeños.

El extremadamente pequeño volumen de estas lámparas, permite realizar ampollas de cuarzo de gran resistencia, admitiendo un relleno de gas a mayor presión.

Todo lo dicho sobre las lámparas halógenas nos permite citar las siguientes ventajas sobre las lámparas de incandescencia convencionales:

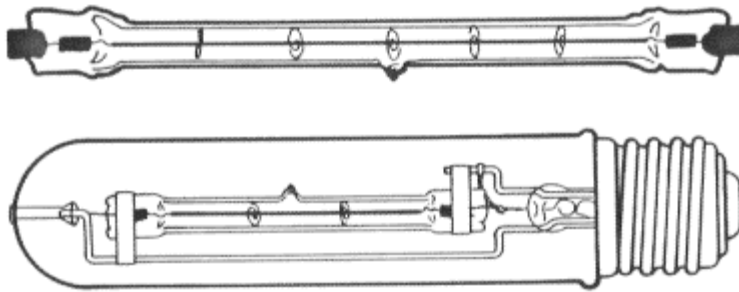
- El flujo luminoso es mayor, debido a que el filamento puede trabajar a mayores temperaturas. Esto es posible gracias a la regeneración del tungsteno.
- La vida media resulta mayor, 2.000 h., debido también a la regeneración del tungsteno.
- La ampolla de cuarzo apenas se ennegrece, puesto que no se deposita tungsteno sobre ella, lo que se traduce en una menor depreciación del flujo luminoso, que permanece casi inalterable a lo largo de su vida.
- Debido a sus reducidas dimensiones es posible conseguir un control más preciso del haz luminoso.

Para la manipulación de estas lámparas hay que tener presentes dos cuestiones muy importantes:

- Evitar la presencia de grasa sobre la ampolla de cuarzo, es decir, no deben tocarse con las manos, ya que a altas temperaturas se puede originar la desvitrificación del cuarzo con las anomalías consiguientes.
- Su posición de trabajo debe de ser siempre horizontal con una tolerancia máxima de unos 4°. Una mayor inclinación altera el equilibrio térmico de la regeneración, afectando seriamente a la vida de la lámpara.

La temperatura de color de estas lámparas resulta ser de 3.100 °C y la eficacia luminosa es del orden de 22 Lm/W, algo mayor que la correspondiente a lámparas de incandescencia convencionales.

En la actualidad se fabrican dos tipos de lámparas halógenas, las llamadas de casquillos cerámicos y las de doble envoltura, tal y como se muestra en la figura.



Las lámparas halógenas de casquillos cerámicos están formadas por una ampolla cilíndrica de cuarzo de diámetro muy reducido, en cuyo interior se encuentra el filamento de tungsteno, arrollado en espiral, sumergido en una atmósfera de nitrógeno-argón y un halógeno que acostumbra a ser de yodo.

Los extremos de la ampolla terminan en dos casquillos cerámicos que protegen los contactos de conexión. La posición de trabajo de este tipo de lámparas debe ser siempre horizontal, con una desviación máxima de  $4^\circ$ , y debe evitarse el contacto de la ampolla con las manos, tal y como ya hemos indicado.

Para evitar los problemas que trae consigo la desvitricación y al mismo tiempo permitir el funcionamiento de la lámpara en cualquier posición, se han creado las lámparas de doble envoltura, en las que el tubo de cuarzo está situado en el interior de un segundo tubo, en este caso de vidrio normal, cuya misión no es otra que la de proteger el tubo de cuarzo y al mismo tiempo proporcionarle el equilibrio térmico que precisa para su buen funcionamiento.

### LAMPARAS HALOGENAS DE CASQUILLOS CERAMICOS

Potencia lámpara W	Flujo luminoso Lm	Eficacia luminosa Lm/W	Dimensiones		Casquillo
			L mm	D mm	
500	10.500	21	119	12	Cerámico
1.000	22.000	22	191	12	
1.500	33.000	22	256	12	
2.000	44.000	22	334	12	

Tensión de alimentación 220 V. Temperatura de color  $3.100^\circ$  K.

### LAMPARAS HALOGENAS DOBLE ENVOLTURA

Potencia lámpara W	Flujo luminoso Lm	Eficacia luminosa Lm/W	Dimensiones		Casquillo
			L mm	D mm	
500	10.000	20	205	33	E-27;E-40
1.000	25.000	25	255	38	E-40
2.000	54.000	27	295	38	E-40

Tensión de alimentación 220 V. Temperatura de color  $3.100^\circ$  K.

Este equilibrio térmico necesario para que se produzca la regeneración del filamento en cualquier posición de trabajo de la lámpara, se consigue rellenando con nitrógeno el espacio que hay entre la lámpara y el segundo tubo de vidrio.

Las lámparas de doble envoltura disponen de casquillos normalizados del tipo E-27 o E-40, siendo fácilmente adaptables en portalámparas destinados a lámparas de incandescencia convencionales.

La posibilidad de un encendido y reencendido instantáneo, la gran facilidad de controlar el haz luminoso y una muy buena reproducción cromática, hace de estas lámparas un medio excelente para el alumbrado de pistas deportivas, carteles publicitarios, edificios y monumentos. No obstante, debido a la corta vida media de estas lámparas, se trata de un alumbrado bueno pero muy caro.

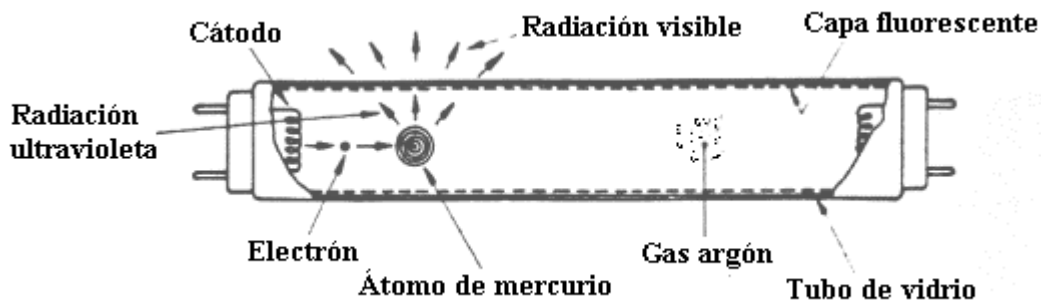
Además de los dos tipos de lámparas halógenas que acabamos de describir y cuya aplicación se centra principalmente en el alumbrado industrial, existen otras lámparas halógenas para aplicaciones diversas, tales como pequeñas lámparas de sobremesa, lámparas para faros de automóviles, lámparas para proyectores de transparencias y diapositivas, etc..

### 8.2.3. LÁMPARAS FLUORESCENTES

Las lámparas fluorescentes son fuentes luminosas originadas como consecuencia de una descarga eléctrica en atmósfera de vapor de mercurio a baja presión, en las que la luz se genera por el fenómeno de fluorescencia. Este fenómeno consiste en que determinadas sustancias luminiscentes, al ser excitadas por la radiación ultravioleta del vapor de mercurio a baja presión, transforman esta radiación invisible en otra de onda más larga y que se encuentra dentro del espectro visible.

La lámpara fluorescente normal consta de un tubo de vidrio de un cierto diámetro y longitud variable según la potencia, recubierto internamente de una capa de sustancia fluorescente. En los extremos de este tubo se encuentran los cátodos de wolframio impregnados en una pasta formada por óxidos alcalinotérreos que facilitan la emisión de electrones. El tubo está relleno de gas argón a baja presión y una pequeña cantidad de mercurio.

Conectada la lámpara en su correspondiente circuito, la corriente eléctrica que atraviesa los electrodos, los calienta y les hace emitir electrones, iniciándose la descarga si la tensión aplicada entre los extremos es suficiente. El calor producido, evapora rápidamente el mercurio por lo que la descarga se mantiene en una atmósfera de mayor conductividad, mezcla de gas argón y del vapor de mercurio.



Los electrones así obtenidos, en su recorrido de un extremo a otro del tubo, chocan con los átomos de mercurio y la energía desprendida en el choque se transforma en radiaciones ultravioleta y por lo tanto invisibles, pero capaces de excitar la capa fluorescente que recubre el interior del tubo, con lo que se transforman en luz visible.

Esta es la explicación que inicialmente ofrecemos para justificar el funcionamiento de los tubos fluorescentes, aunque no obstante vamos a completarla con ciertos pormenores prácticos que facilitarán una mayor comprensión del funcionamiento.

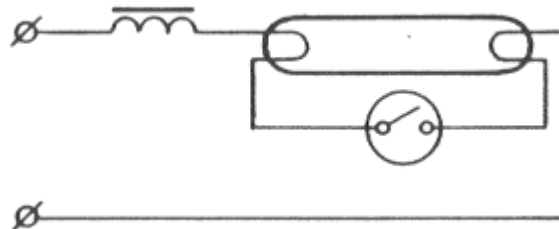
Las lámparas fluorescentes, como todas las de descarga, presentan una resistencia al paso de la corriente que disminuye a medida que esta se incrementa. Este efecto las llevaría a la autodestrucción si no les colocáramos algún elemento que controle la intensidad que circula por ellas; este elemento es una reactancia cuyo nombre específico para este caso es "balasto".

La reactancia o balasto está formada por una bobina de hilo de cobre esmaltado con su correspondiente núcleo magnético. Este conjunto va introducido dentro de un contenedor metálico, y todo ello impregnado al vacío con resinas capaces de penetrar hasta el interior de los más pequeños huecos existentes entre espiras; con ello conseguimos un considerable aumento de la rigidez dieléctrica de la bobina, una mejor disipación del calor formado, y una total eliminación de las posibles vibraciones del núcleo magnético.

Las funciones que debe cumplir una reactancia, en el orden en que se realizan al poner en funcionamiento un tubo fluorescente, son:

- Proporcionar la corriente de arranque o precalentamiento de los filamentos para conseguir de éstos la emisión inicial de electrones.
- Suministrar la tensión de salida en vacío suficiente para hacer saltar el arco en el interior de la lámpara.
- Limitar la corriente en la lámpara a los valores adecuados para un correcto funcionamiento.

En la figura mostramos el circuito fundamental de funcionamiento de una lámpara fluorescente con su balasto y su interruptor de puesta en marcha (cebador) .

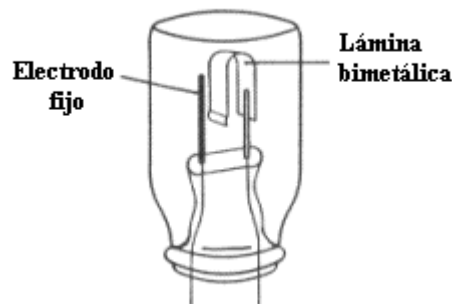


Si aplicamos tensión al circuito, no circulará corriente por el mismo, ya que no puede establecerse la descarga, por falta de electrones. Si ahora cerramos momentáneamente el interruptor, el circuito se cierra a través del balasto y de los filamentos del tubo, los cuales iniciarán la emisión de electrones.

Si ahora abrimos el interruptor, se crea una sobretensión como consecuencia de la autoinducción de la bobina del balasto, y encontrándose el tubo fuertemente ionizado como consecuencia de la emisión de electrones, se iniciará la descarga en el seno del gas de relleno y posteriormente en el vapor de mercurio. Así cebado el tubo, quien ahora limita la corriente es el balasto y en bornas de la lámpara quedará la tensión de arco necesaria para mantenerlo. Esta tensión de mantenimiento del arco depende principalmente de la longitud del tubo y suele estar comprendida entre 40 y 100 V.

Todo lo dicho sobre el funcionamiento de la lámpara es perfectamente válido, a excepción del interruptor manual de puesta en funcionamiento, que deberá ser sustituido por un interruptor automático "Cebador".

El cebador consiste en una pequeña ampolla de vidrio llena de gas argón a baja presión, y en cuyo interior se encuentran dos electrodos; uno de ellos, o los dos, son laminillas de diferente coeficiente de dilatación que, por la acción del calor, pueden doblarse ligeramente, y que se encuentran muy próximas. En paralelo con estos dos electrodos encontramos un condensador cuya misión es la de evitar en lo posible las interferencias en las bandas de radiodifusión y TV, que este interruptor automático pueda ocasionar. Estos dos elementos van alojados en un pequeño recipiente cilíndrico de aluminio o de material aislante.



Así constituido el cebador, su funcionamiento puede resumirse de la siguiente manera:

Al conectar el circuito a la red, toda la tensión queda aplicada entre los dos electrodos del cebador. Como consecuencia de la proximidad a que se encuentran, se establece entre ellos y a través del gas de relleno un pequeño arco, el cual produce un aumento de la temperatura en la lámina, y en consecuencia su deformación, hasta ponerse en contacto con la fija, cerrando con ello el circuito de caldeo de los filamentos. Al cesar el arco, la laminilla bimetalica se enfría y por tanto vuelve a su posición inicial, abriendo bruscamente el circuito y provocando la reactancia, la sobretensión ya prevista, que inicia la descarga en el tubo.

Puesta en funcionamiento la lámpara, como la tensión entre sus extremos disminuye a un valor igual al de formación del arco, ya no es capaz de iniciar, entre los electrodos del cebador, ese pequeño arco, y en consecuencia no vuelven a unirse.

Hemos supuesto que a la primera interrupción del cebador, la lámpara inicia la descarga, pero si ello no ocurre, el cebador volverá a cerrar y abrir su contacto hasta que la tensión entre sus extremos disminuya al valor de formación del arco.

Finalmente destacamos que los polvos fluorescentes que recubren el interior del tubo constituyen posiblemente el elemento más importante de esta fuente de luz, ya que el 90% de la luz emitida por los tubos se debe a su acción.

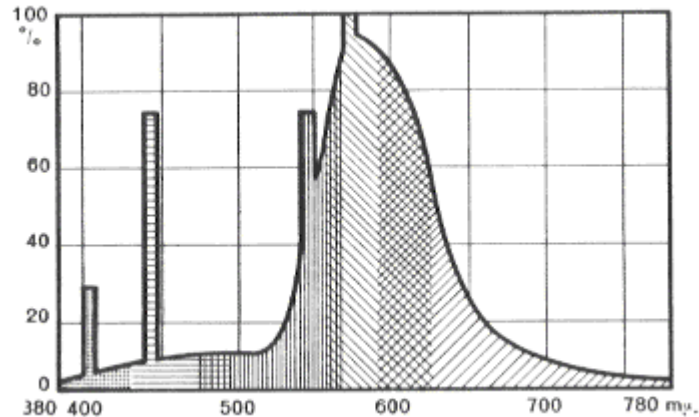
Las investigaciones llevadas a cabo en el campo de la química han permitido descubrir nuevos materiales fluorescentes que mejoran sensiblemente la transformación de las radiaciones ultravioleta en luz visible, al mismo tiempo que permiten la obtención de tonalidades diversas de luz.

La adecuada dosificación en la mezcla de estas nuevas materias ha permitido la

fabricación de una amplia gama de lámparas fluorescentes, con unas características de emisión a diferentes temperaturas de color y con rendimientos cromáticos distintos.

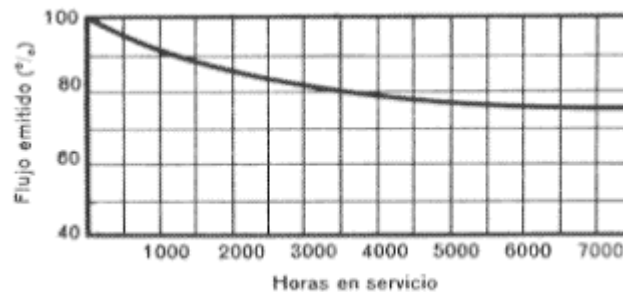
La extensa gama de tonalidades aparecidas en el mercado, y después de una lógica racionalización, ha quedado establecida en tres categorías básicas, según la temperatura de color:

- 1ª) Tonalidades cálidas (2.700-3.100 °K)
- 2ª) Tonalidades frías (3.800-4.500 °K)
- 3ª) Tonalidades luz de día (6.500-7.500 °K)



La figura nos muestra la curva de distribución espectral relativa de una lámpara fluorescente de tono "Blanco cálido".

La vida media de los tubos fluorescentes es del orden de 7.500 horas y la depreciación del flujo emitido para la vida media es aproximadamente del 25%.



Hasta no hace mucho los modelos que normalmente se fabricaban correspondían a las potencias de 20 W, 40 W, y 65 W, con una longitud variable con la potencia y un diámetro de 36 mm. En la actualidad estos modelos están siendo sustituidos por otros tres tipos de mayor rendimiento luminoso, de potencias 18 W, 36 W y 56 W, de igual longitud y con un diámetro de tan sólo 26 mm.

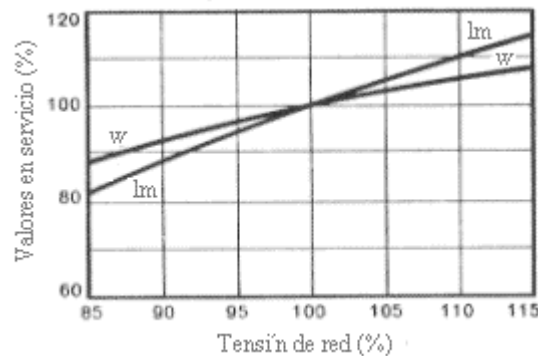
El funcionamiento de las lámparas fluorescentes puede verse sensiblemente afectado por diversos factores tales como temperatura y humedad ambiente, número de encendidos y tensión de alimentación.

La máxima emisión luminosa de los fluorescentes se produce a temperaturas comprendidas entre 38 y 49 °C, experimentando una pérdida de un 1% por cada grado de variación. Ello es debido a la enorme influencia que tiene la temperatura sobre la producción de rayos ultravioleta.

La presencia de aire húmedo en las proximidades de un tubo fluorescente puede formar una película de humedad sobre el mismo, variando la carga electrostática de la superficie del tubo y haciendo necesarias unas tensiones de arranque superiores a las normales. Este efecto puede eliminarse en gran parte disponiendo sobre la pared externa del tubo una delgada capa de silicona que dispersa la película de agua permitiendo el arranque en mejores condiciones.

La "muerte" de un tubo fluorescente, es casi siempre consecuencia del agotamiento de sus electrodos. El momento más perjudicial para su integridad es siempre el arranque, de lo que puede deducirse que existirá una relación entre el número de encendidos y la vida del tubo. La duración de la vida de los tubos fluorescentes suele indicarse para una frecuencia de encendidos de uno cada tres horas.

El flujo luminoso y la potencia de un tubo fluorescente se ven afectados por la variación de la tensión de alimentación, tal y como podemos ver en la figura.



La tensión mínima para la cual se mantiene el arco, suele ser del 75% de la nominal.

La eficacia de una lámpara fluorescente, tomada como la relación entre el flujo luminoso y la potencia de la lámpara, es del orden de 55 a 82 Lm/W. Esta es la eficacia que suelen dar los fabricantes, aunque en realidad la eficacia real resultará ser la relación entre el flujo luminoso y la potencia activa total consumida; en este caso tendremos que la eficacia será notablemente menor, de 33 a 68 Lm/W.

Finalmente diremos que la luz de los fluorescentes es especialmente indicada en todos aquellos lugares donde se necesite una iluminación de calidad. Así, es imprescindible en oficinas, tiendas, talleres, y salas y salones de actos.

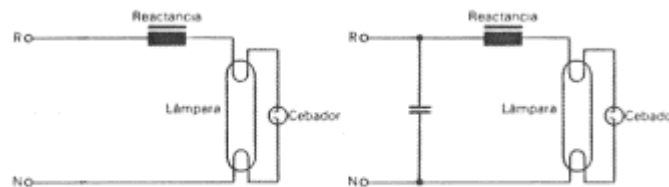
## LAMPARAS FLUORESCENTES

Potencia lámpara W	Tono de luz	Intensidad de servicio A	Potencias		Flujo luminoso Lm	Dimensiones		Casquillo
			Balasto W	Total W		L mm	D mm	
18	Luz Día	0,37	12	30	1.000	590	26	Biclavillo
	Blanco Frío				1.150			
	Blanco Universal				1.050			
	Blanco Cálido				1.150			
36	Luz Día	0,43	10	46	2.500	1.200	26	Biclavillo
	Blanco Frío				3.000			
	Blanco Universal				2.500			
	Blanco Cálido				3.000			
58	Luz Día	0,67	13	71	4.000	1.500	26	Biclavillo
	Blanco Frío				4.800			
	Blanco Universal				4.000			
	Blanco Cálido				4.800			

Tensión de alimentación: 220 V. Eficacia luminosa 55 a 82 Lm/W.  
Temperatura de color: 2.700 a 7.500° K.

### 8.2.3.1. Consideraciones eléctricas sobre los tubos fluorescentes

Como ya hemos visto, son tres los elementos fundamentales en los circuitos con lámparas fluorescentes: tubo, balasto y cebador. Eléctricamente el tubo equivale a una carga puramente óhmica, mientras que el balasto supone una carga fuertemente inductiva. Así, pues, el conjunto lámpara-balasto equivale a una carga inductiva con un bajo factor de potencia.



Por ejemplo, las características eléctricas de un tubo fluorescente de 36 W, son:

Tensión de alimentación 220 V.

Intensidad nominal 0,43 A.

Potencia del tubo 36 W.

Potencia del balasto 12 W.

Potencia total  $36 + 12 = 48$  W.

De estas características deducimos la potencia aparente total consumida,

$$W_{ap} = U I_{ap} = 220 \cdot 0,43 = 94,6 \text{ VA.}$$

por lo tanto el factor de potencia del conjunto tubo-reactancia, será:

$$\cos \varphi = \frac{W_a}{W_{ap}} = \frac{48}{94,6} = 0,507 \quad ; \quad \text{sen} \varphi = 0,861$$

Esto quiere decir que la intensidad aparente que consume el circuito,  $I_{ap} = 0,43$  A, se descompone en una parte activa y otra reactiva:

$$I_a = 0,43 \cdot 0,507 = 0,218 \text{ A} \quad ; \quad I_r = 0,43 \cdot 0,861 = 0,370 \text{ A}$$

Disponiendo de un condensador a la entrada del circuito, capaz de suministrar la intensidad reactiva que consume el circuito, conseguiremos que el conjunto tubo-reactancia trabaje con un factor de potencia igual a la unidad. Siendo:

$$I_r = \omega C U \quad ; \quad C = \frac{I_r}{\omega U} = \frac{0,370}{314 \cdot 220} = 0,0000053 \text{ F} = 5,3 \mu\text{F}$$

Con un condensador de estas dimensiones, además de conseguir la bonificación correspondiente a un factor de potencia unidad, conseguimos que la intensidad por el circuito quede reducida a un valor de intensidad aparente igual a la activa (0,218 A.), con el consiguiente ahorro de sección. En la práctica no existirá el condensador de 5,3 mF, por lo que habrá que colocar el de valor más próximo tomado por defecto.

En ocasiones no interesa llegar a un factor de potencia unidad, quedando fijado en un valor más bajo. Normalmente las casas fabricantes de reactancias dan el valor del condensador necesario para un factor de potencia de 0,90, es decir,

$$\cos \varphi_1 = 0,90 \quad ; \quad \tan \varphi_1 = 0,484$$

y siendo:

$$\tan \varphi_1 = \frac{I_r - I_{rc}}{I_a} \quad ; \quad I_{rc} = I_r - I_a \tan \varphi_1$$

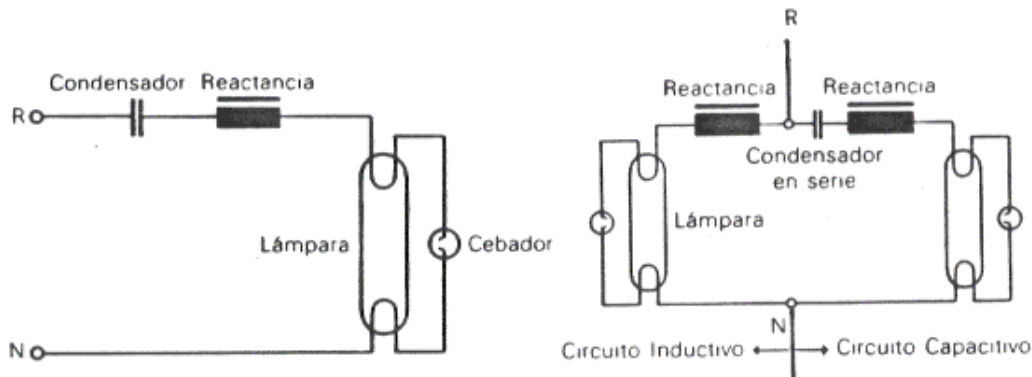
tendremos que:

$$I_{rc} = 0,370 - 0,218 \cdot 0,484 = 0,265 \text{ A.}$$

y para esta intensidad, le corresponde un condensador:

$$C = \frac{0,265}{220 \cdot 314} = 0,0000038 \text{ F} = 3,8 \mu\text{F}$$

En la mayoría de las aplicaciones las lámparas fluorescentes van en parejas, por lo que en vez de recurrir a un montaje con dos reactancias se suele utilizar una sola, disponiendo los dos tubos en serie, tal y como indica la figura. El condensador necesario puede calcularse de forma similar.



Un fenómeno de especial transcendencia se produce durante el funcionamiento de las lámparas fluorescentes: se trata del llamado "efecto estroboscópico". Puesto que el arco de una lámpara funciona con corriente alterna de 50 ciclos por segundo, las corrientes de las lámparas se anulan 100 veces por segundo, disminuyendo su intensidad luminosa casi a cero en esos momentos.

Por este motivo aparece el llamado efecto estroboscópico que produce la sensación de que los cuerpos en movimiento lo hacen a velocidad menor que la real, aparece una especie de sombra a su alrededor, y el parpadeo luminoso aumenta la fatiga visual.

Naturalmente es necesario compensar o corregir este fenómeno si queremos tener un alumbrado en perfectas condiciones. Para ello será necesario desfasar las tensiones de unas lámparas con respecto a otras, de forma que cuando un grupo de ellas pase por cero haya otras que se encuentren en un máximo. La forma más simple de conseguir esto es alimentar las lámparas en grupos de tres, a una red trifásica, de forma que las lámparas, conectadas entre cada una de las fases y el neutro, se encontrarán siempre con un desfase de 120°.

Cuando no se disponga de una red trifásica también podremos compensar el efecto estroboscópico mediante la utilización de un condensador en serie con el circuito de una de las lámparas del grupo de dos que se necesitan para este tipo de compensación.

Con el condensador conectado en serie en una de las lámparas, lo que conseguimos es alimentarla con una intensidad desfasada 90° con respecto a la otra, y por consiguiente, cuando una de ellas pase por cero la otra se encontrará en un máximo. Calculando el condensador de forma que la impedancia que presente sea aproximadamente la mitad de la que representa la reactancia inductiva, conseguiremos evitar el efecto estroboscópico y hacer que el conjunto de estos dos tubos funcione con un factor de potencia próximo a la unidad.

Las reactancias a que hemos hecho referencia hasta ahora tienen unas pérdidas consideradas como normales, pero que no obstante podrían ser notablemente inferiores, aumentando el rendimiento de los circuitos.

Existe un tipo de reactancias denominadas de "bajas pérdidas", que consumen una potencia que suele ser el 60% menor que las reactancias de tipo normal. Mediante estas reactancias de bajas pérdidas el ahorro de explotación resulta notable, cuestión de fácil demostración con un simple estudio económico.

Sea un hipotético almacén que dispone de 1.000 lámparas de 36 W. funcionando a 220 V., durante 8 horas diarias y 215 días al año. Las características eléctricas de una reactancia normal y otra de bajas pérdidas, son:

DATOS DE COMPARACION	REACTANCIA N.	REACTANCIA B.P.
Tensión de red	220 V.	220 V.
Potencia en lámpara	36 W.	36 W.
Potencia en la reactancia	12 W.	4,5 W.
Potencia total	48 W.	40,5 W.
Intensidad en lámpara	0,43 A.	0,43 A.
Rendimiento de equipo	0,75 %	0,88 %

La potencia ahorrada sería de:

$$1.000 \cdot 8 \cdot 215 \cdot (12 - 4,5) = 12.900.000 \text{ Wh.} = 12.900 \text{ kWh}$$

y estimando el precio del kWh. a 15 pts, el ahorro anual resultará ser de:

$$12.900 \cdot 15 = 193.000 \text{ pts/año}$$

Naturalmente una reactancia de bajas pérdidas cuesta más que una normal, ya que está muy sobredimensionada, pero con otro simple cálculo podemos llegar a la conclusión de que se pueden amortizar en un tiempo inferior a los dos años. Los fabricantes aseguran para las reactancias una vida media de 10 años, por lo que el ahorro mínimo previsto en este tiempo sería de 1.930.000 Pts.

El rendimiento del equipo, visto como el cociente de la potencia consumida por el tubo y la total consumida por el equipo, será en cada uno de los dos casos:

$$\gamma = \frac{36}{48} = 0,75\% \quad ; \quad \gamma = \frac{36}{40,5} = 0,88\%$$

#### 8.2.4. PEQUEÑAS LÁMPARAS FLUORESCENTES


Este tipo de lámparas denominadas Dulux, PL, etc..., están basadas en el principio de descarga en vapor de mercurio a baja presión, similar al de las lámparas fluorescentes convencionales. Su principal atributo es su reducido tamaño, comparable al de las lámparas de incandescencia.

La eficacia luminosa es del orden de 40 Lm/W., su vida media de unas 6.000 horas y la temperatura de color de 2.700 °K. La depreciación del flujo luminoso para su vida media es del 20%.

Se fabrican en cuatro potencias 5W, 7W, 9W y 11W., y tienen la particularidad de que el cebador va incorporado en la base de la lámpara. El balasto es común para las cuatro lámparas y su conexión es, naturalmente, en serie.

También se pueden conectar dos lámparas en serie con un sólo balasto, a excepción de la de 11W., que no es posible debido a su elevada tensión de lámpara.

Modelo	Potencia lámpara W	Intensidad de servicio A	Potencias		Flujo luminoso Lm	Dimensiones	
			Balasto W	Total W		I <sub>1</sub> mm	I <sub>2</sub> mm
5 W	5,5	0,180	4,5	10	250	82	105
7 W	6,9	0,175	4,3	11,2	400	112	135
9 W	8,7	0,170	4,1	12,8	600	144	167
11 W	11,4	0,155	3,4	14,8	900	212	235



Tensión de alimentación 220 V. Eficacia luminosa 45 a 79 Lm/W. Temperatura de color 2.700° K.  
Periodo de arranque 2 a 4 minutos.

Las características expuestas dotan a estas lámparas de buenas razones para sustituir a las de incandescencia en aquellos lugares de elevada utilización, como hoteles, restaurantes, locales de venta, etc..

El principal inconveniente es que el nivel de iluminación nominal no se alcanza hasta después de transcurridos unos tres minutos.

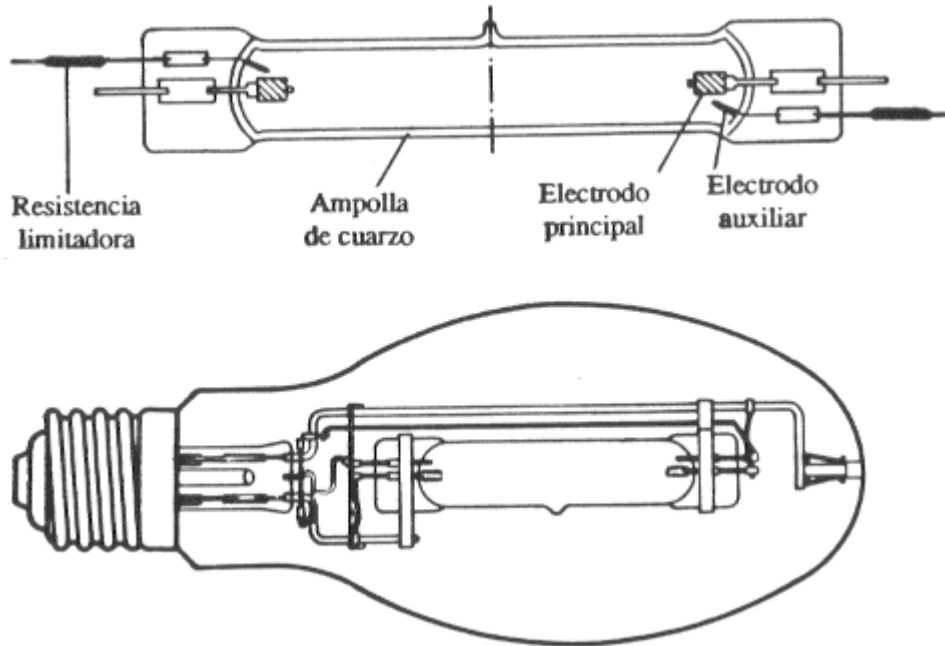
#### 8.2.5. LÁMPARAS DE VAPOR DE MERCURIO

El funcionamiento de las lámparas de vapor de mercurio a alta presión, conocidas simplemente como de vapor de mercurio, se basa en el mismo principio que el de las lámparas fluorescentes. Así como una lámpara fluorescente de descarga en

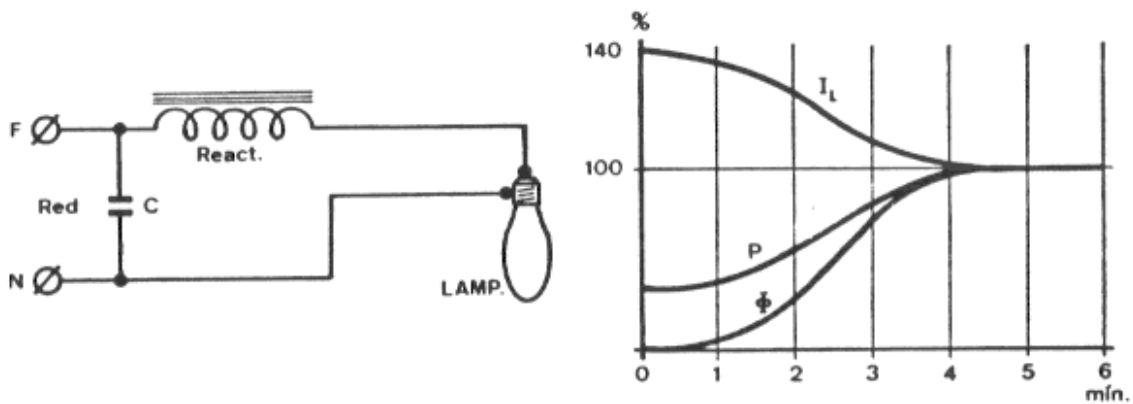
mercurio a baja presión genera casi exclusivamente radiaciones ultravioleta, con altas presiones de vapor el espectro cambia notablemente, emitiendo varias bandas que corresponden a las sensaciones de color violeta (405 m $\mu$  .), azul (435 m $\mu$  .), verde (546 m $\mu$  .) y amarillo (570 m $\mu$  .), emitiendo también una pequeña cantidad de radiaciones ultravioleta.

Como las cualidades cromáticas de estas radiaciones no resultan muy buenas, debido en gran parte a la ausencia de radiaciones rojas, las radiaciones ultravioleta se transforman, mediante sustancias fluorescentes, en radiaciones comprendidas dentro del espectro rojo, dando como resultado una lámpara con un mejor rendimiento cromático.

Las lámparas de vapor de mercurio están constituidas por una pequeña ampolla de cuarzo, provista de dos electrodos principales y uno o dos auxiliares, en cuyo interior se encuentra una cierta cantidad de argón y unas gotas de mercurio. Los electrodos auxiliares llevan una resistencia en serie que limita la intensidad que por ellos puede circular.



La pequeña ampolla de cuarzo está contenida dentro de otra de mucho mayor tamaño, de vidrio, cuya misión es la de proteger a la pequeña ampolla, establecer un cierto equilibrio térmico, así como también la de ser depositaria en su interior de sustancias fluorescentes encargadas de darle una cierta tonalidad roja.



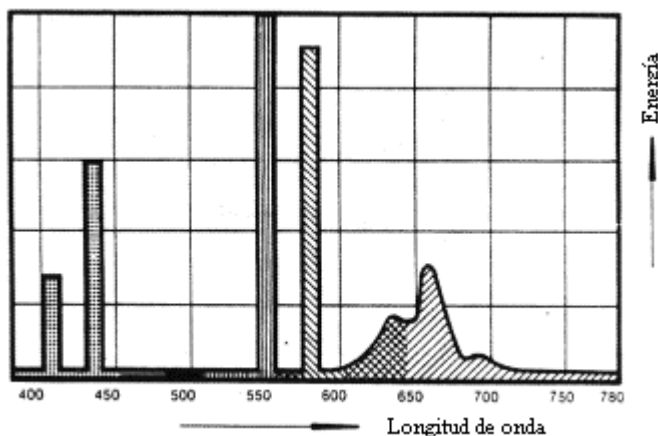
Como todas las lámparas de descarga, la lámpara de vapor de mercurio debe llevar un elemento limitador de corriente, balasto. Cuando la conectamos a la red de alimentación, se producirá inicialmente una descarga entre el electrodo principal y el auxiliar, que se encuentran muy próximos, lo que ioniza el argón, haciéndolo conductor y estableciendo un tenue arco entre los dos electrodos principales; el calor generado por esta descarga va progresivamente evaporando el mercurio del interior de la ampolla, y poco a poco se va convirtiendo en el conductor principal.

A medida que aumenta la temperatura en el tubo de descarga, aumenta la presión del vapor de mercurio y con ella la potencia activa consumida y el flujo luminoso emitido, hasta alcanzar, al cabo de 3 o 4 minutos, los valores normales de régimen. La intensidad absorbida por el circuito se inicia con un valor del orden del 40 al 50% mayor que el nominal, y va reduciéndose progresivamente tal y como hemos indicado.

Esta variación de la intensidad durante el arranque de la lámpara tiene una muy importante influencia en el circuito, ya que en un alumbrado de este tipo, el limitador deberá estar dimensionado para poder aguantar dicha intensidad.

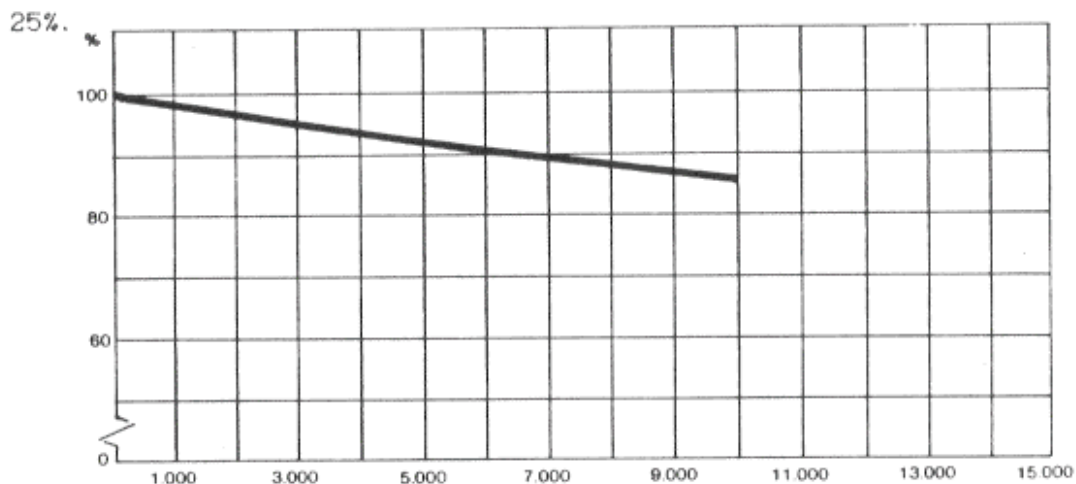
Si por algún motivo se apaga la lámpara, y seguidamente queremos volver a encenderla, ello no resulta posible debido a que el vapor de mercurio no se habrá enfriado y estará con una presión elevada. Transcurridos tres o cuatro minutos, la lámpara se habrá enfriado y reanudará el periodo de encendido; esto supone un serio inconveniente para este tipo de lámparas.

La curva de distribución espectral viene representada en la siguiente figura, pudiendo observar los cuatro colores predominantes, así como también la zona del rojo que genera la capa fluorescente.



La temperatura de color de estas lámparas, depende del tipo de recubrimiento fluorescente que lleve, pero suele estar comprendida entre 3.800 y 4.000 °K, y tiene un rendimiento luminoso que oscila entre 40 y 60 Lm/W.

La depreciación del flujo luminoso depende naturalmente de las horas de funcionamiento de la lámpara. La depreciación suele ser del 12% a las 8.000 horas de funcionamiento y del 35% a las 15.000 horas.



La vida media de la lámpara es extraordinariamente elevada, del orden de 24.000 horas, aunque para estas horas de funcionamiento la depreciación del flujo luminoso sea del orden del 50%. Los fabricantes aconsejan cambiar la lámpara antes de las 15.000 horas de funcionamiento, cuando la depreciación del flujo no es superior al 25%.

Las lámparas de vapor de mercurio resultan muy aconsejables en alumbrados públicos y en grandes almacenes.

Al igual que para las lámparas fluorescentes, la reactancia hace que el circuito tenga un bajo factor de potencia, por lo que se recomienda la colocación de condensadores. Así, por ejemplo, la lámpara de 125 W. a 220 V., tiene un consumo de 1,15 A. y una potencia total consumida de 137 W, por lo tanto tendremos un factor de potencia:

$$\cos\varphi = \frac{W_a}{W_{\varphi}} = \frac{137}{220 \times 1,15} = 0,540 \quad ; \quad \text{sen}\varphi = 0,841$$

$$I_a = 1,15 \cdot 0,540 = 0,621 \text{ A} \quad ; \quad I_r = 1,15 \cdot 0,841 = 0,967 \text{ A}$$

La capacidad necesaria para que el circuito trabaje con un factor de potencia 0,9, será:

$$\cos\varphi = 0,90 \quad ; \quad \text{tag}\varphi = 0,484$$

$$I_{rc} = 0,967 - 0,621 \cdot 0,484 = 0,667 \text{ A}$$

$$C = \frac{0,667}{220 \cdot 314} = 0,0000096 \text{ F} = 9,6\mu\text{F}$$

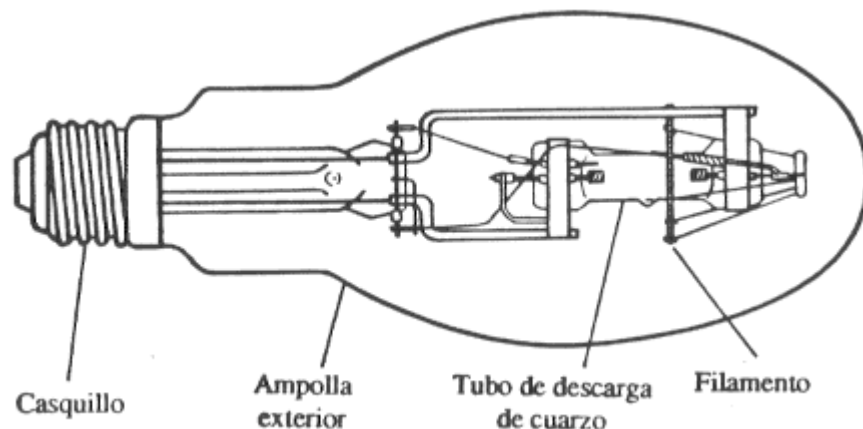
#### LAMPARAS DE VAPOR DE MERCURIO COLOR CORREGIDO

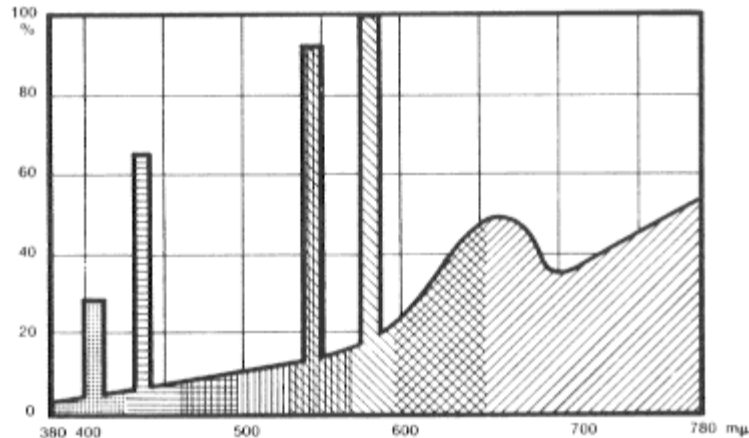
Potencia lámpara W	Intensidad de servicio A	Potencias		Flujo luminoso Lm	Tiempo de encendido minutos	Dimensiones		Casquillo
		Balasto W	Total W			L mm	D mm	
50	0,62	9	59	1.800	5	130	55	E-27
80	0,80	9	89	3.500	3,5	157	70	E-27
125	1,15	13	137	5.600	1,5	177	75	E-27
250	2,05	16	266	12.000	4	227	90	E-40
400	3,15	25	425	21.000	4	290	120	E-40
700	5,25	35	735	37.000	4	330	140	E-40
1.000	7,50	47	1.047	52.000	4	410	165	E-40

Tensión de alimentación 220 V. Eficacia luminosa 36 a 52 Lm/W.  
Periodo de arranque 4 minutos. Temperatura de color 4.000° K.

#### 8.2.6. LÁMPARAS DE LUZ MEZCLA

Las lámparas de luz mezcla son una variante de las de vapor de mercurio. El control de la intensidad que normalmente se consigue con una reactancia, en las lámparas de vapor de mercurio, en el caso de las lámparas de luz mezcla se hace mediante una resistencia en forma de filamento de tungsteno colocado en su interior, contribuyendo además a la emisión luminosa.





La eficacia de estas lámparas es del orden de 25 Lm/W., y tienen una depreciación del flujo luminoso muy pequeña, no llega al 20%, para la vida media de la lámpara, que es del orden de 6.000 h., para un encendido cada tres horas.

### LAMPARAS DE LUZ MEZCLA

Potencia lámpara W	Intensidad de servicio A	Flujo luminoso Lm	Dimensiones		Casquillo
			L mm	D mm	
160	0,8	3.100	177	75	E-27
250	1,2	5.600	226	90	E-40
500	2,4	14.000	275	120	E-40
1.000	4,7	32.500	315	160	E-40

Tensión de alimentación 220 V. Eficacia luminosa 19 a 32 Lm/W.  
Periodo de arranque 4 minutos.

Es importante resaltar en estas lámparas que, durante el periodo de arranque, el exceso de tensión no absorbido por el tubo de descarga sobrecarga considerablemente el filamento, motivo por el que la vida media se ve en gran medida afectada por el número de encendidos.

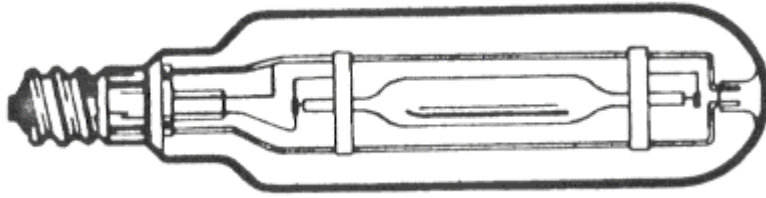
Debido a la posibilidad de sustitución directa de estas lámparas por las de incandescencia, resultan adecuadas en aquellos casos en los que se pretende mejorar la iluminación sin grandes complicaciones.

#### 8.2.7. LÁMPARAS DE MERCURIO CON HALOGENUROS

La constitución de las lámparas de halogenuros metálicos es similar a la de las de vapor de mercurio, de las que se diferencia en que, además de mercurio, contienen halogenuros de tierras raras, tales como disprosio, talio, indio, holmio o tulio, con lo que se obtienen mayores rendimientos luminosos y sobre todo una mejor reproducción cromática.

El tubo de descarga es de cuarzo con un electrodo de wolframio en cada extremo,

recubierto de un material emisor de electrones. El bulbo exterior es de vidrio duro y sirve para el equilibrio térmico del tubo de descarga y para su aislamiento.

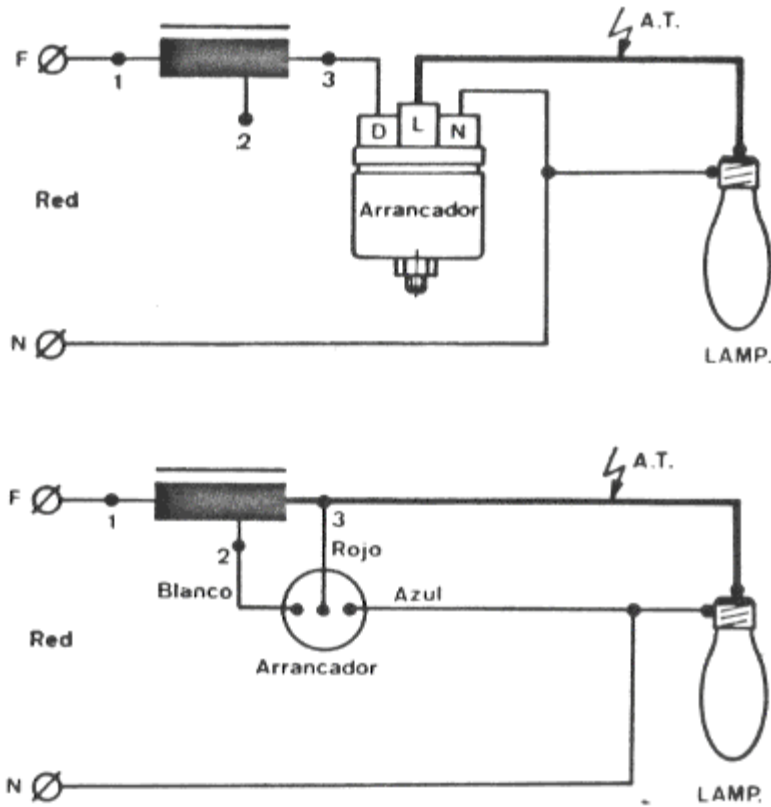


Aunque las condiciones de funcionamiento son similares a las de las lámparas de vapor de mercurio, la adición de halogenuros hace necesaria una tensión de encendido muy superior a la de una red de alimentación, 200/380 V., por lo que necesita un arrancador que proporcione tensiones de pico del orden de 1,5 a 5 kV. Las lámparas de halogenuros metálicos, como todas las de descarga se deben conectar a la red a través de una reactancia que controle la intensidad, debiendo tener especial cuidado de que la combinación reactancia-arrancador sea la adecuada. Dos son los circuitos que se suelen utilizar para el funcionamiento de estas lámparas.

El período de arranque es de 3 a 5 minutos, hasta que la lámpara da el flujo luminoso previsto y el reencendido de 10 a 20 minutos, dependiendo del tipo de luminaria y de la potencia de la lámpara. La tensión entre sus extremos, necesaria para mantener la descarga, es del orden de 100 a 200 V., depende de la potencia. Dado que estas lámparas no emiten radiaciones ultravioleta, eliminan la necesidad de la capa fluorescente, por lo que se suelen construir en ampollas cilíndricas y transparentes.

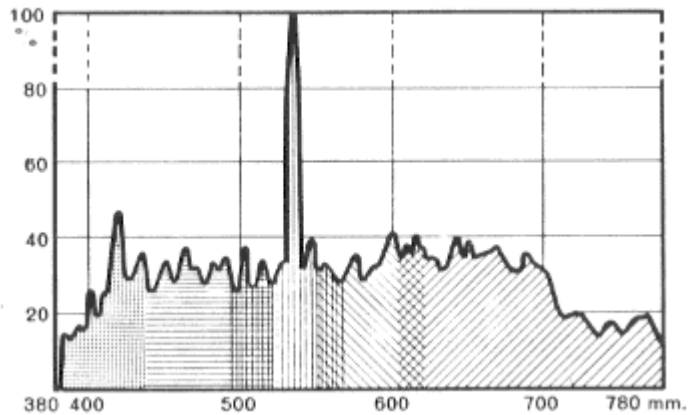
Los tipos de lámparas existentes en el mercado son muy diversos y dependen principalmente del tipo de halogenuro introducido. Tanto la temperatura de color proporcionada, como la eficacia luminosa obtenida dependen de este concepto.

Así, cuando se utilizan aditivos de sodio, talio e indio, se obtiene una eficacia luminosa del orden de 95 Lm/W. y una temperatura de color de unos 4.200 °C. Cuando se utilizan aditivos a base de estaño, el rendimiento luminoso es de unos 45 Lm/W. y la temperatura de color del orden de 5.000 °C.



En la siguiente figura podemos ver la curva de distribución espectral de una lámpara típica de halogenuros metálicos. De todas las que hemos visto es la que tiene un espectro más continuo, y solamente tiene una cresta importante en la zona de los verdes.

Tampoco podemos concretar nada sobre la vida media de estas lámparas cuyo valor puede decirse que se encuentra entre 2.000 y 8.000 horas, dependiendo muy directamente del tipo y del fabricante.



Como ya hemos dicho, la principal cualidad de estas lámparas es la reproducción cromática, por lo que la hacen especialmente indicada en aquellos casos en los que la reproducción cromática sea fundamental, como por ejemplo en aplicaciones

televisivas.

El campo de utilización de estas lámparas, así como sus características especiales no están definidas totalmente, ya que se encuentran en pleno desarrollo. De hecho, en la actualidad, estas lámparas están siendo investigadas en profundidad, por lo que se desconoce el alcance real al que puedan llegar.

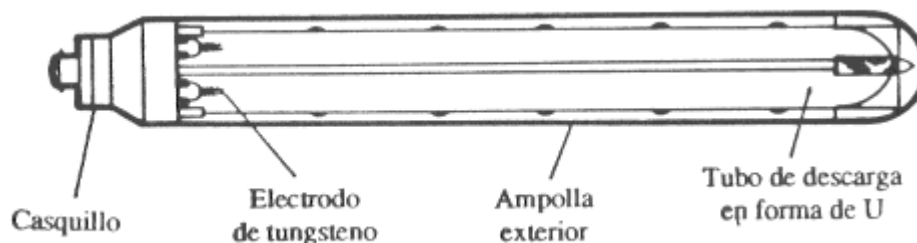
## LAMPARAS DE MERCURIO CON HALOGENUROS METALICOS

Potencia lámpara W	Intensidad de servicio A	Potencias		Flujo luminoso Lm	Dimensiones		Casquillo
		Balasto W	Total W		L mm	D mm	
250	3	25	275	19.000	220	46	E-40
360	3,5	25	385	25.000	285	46	E-40
1.000	9,5	50	1.050	90.000	340	76	E-40
2.000	10,3	80	2.080	170.000	430	100	E-40
3.500	18	150	3.650	300.000	430	100	E-40

Tensión de alimentación 220 V. Eficacia luminosa 76 a 86 Lm/W.  
Temperatura de color 5.400 a 6.000° K. Periodo de arranque 3 a 5 minutos.

### 8.2.8. LÁMPARAS DE VAPOR DE SODIO A BAJA PRESIÓN

Constructivamente las lámparas de vapor de sodio a baja presión están formadas por dos ampollas de vidrio tubulares. La ampolla interna o tubo de descarga tiene forma de U y en su interior se encuentra una pequeña cantidad de gas neón a baja presión y sodio puro en forma de gotas, cuando está frío; así mismo, en los extremos del tubo de descarga se encuentran dos electrodos de filamento de wolframio, sobre los que se ha depositado un material emisor de electrones.



La ampolla exterior envolvente, tiene como misión la protección térmica y mecánica del tubo de descarga, y entre las dos se ha hecho el vacío.

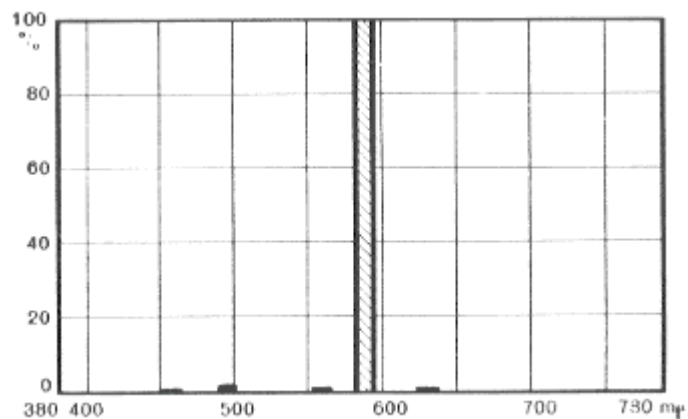
Al aplicar tensión entre los electrodos, se produce la descarga a través del gas neón, la cual determina la emisión de una luz roja característica de este gas. El calor generado por la descarga produce la vaporización progresiva del sodio y, como consecuencia, la descarga pasa a efectuarse en una atmósfera en la que la concentración de sodio es cada vez mayor, produciendo una luz cada vez más amarilla.

El proceso de encendido de una lámpara de vapor de sodio a baja presión dura unos 10 minutos y al final se obtiene una luz amarilla monocromática de una

longitud de onda de 5.890 m $\mu$  .

El rendimiento de estas lámparas es óptimo cuando la temperatura interna alcanza los 270 °C, por lo que la pared interna del tubo exterior lleva una fina capa de óxido de indio, el cual permite el paso de las radiaciones visibles, pero detiene el 90% de las radiaciones infrarrojas, que se invierten en calentar el tubo.

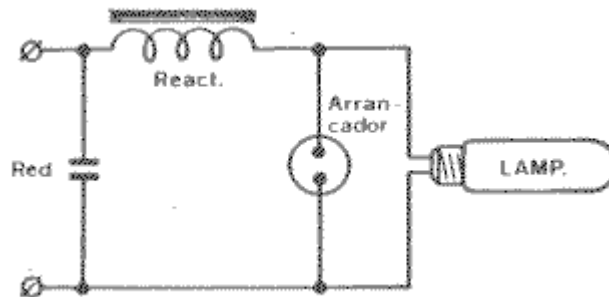
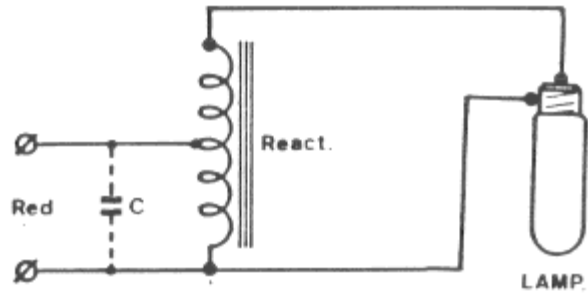
La curva de distribución espectral es monocromática, de color amarillo, situado en la zona donde la sensibilidad del ojo humano es de un 75% con respecto a la máxima. Por tal motivo estas lámparas resultan adecuadas en aquellos lugares en donde la reproducción de los colores es secundaria como, por ejemplo, en vías de tránsito urbano, en donde lo principal es la percepción del movimiento; también es aplicable este tipo de luz en grandes espacios industriales de carga, descarga y estacionamiento.



La eficacia luminosa de las lámparas de vapor de sodio a baja presión es la más elevada de todas las existentes, llega a ser de 190 Lm/W. La vida media resulta ser de unas 15.000 horas, con una depreciación que no llega al 20%.

La tensión mínima de arranque que necesitan estas lámparas es del orden de los 390 V. para potencias de lámpara pequeñas (35 W.) y del orden de los 600 V. para las de gran potencia (180 W.). Por tal motivo, se hace imprescindible en el circuito un elemento que además de controlar la intensidad, como en todas las lámparas de descarga, eleve la tensión de la red al valor necesario; esto se consigue mediante reactancias autotransformadoras de dispersión.

Para algunas potencias de lámparas, cuya tensión de arranque es del orden de 390 V. y la tensión de funcionamiento del arco de unos 100 V., es posible utilizar reactancias de choque en lugar del autotransformador.



Cuando se utilicen reactancias de choque es imprescindible utilizar también un arrancador capaz de producir unos impulsos de tensión elevada que inicien la descarga en el interior de la lámpara.

Así, por ejemplo, en el segundo circuito indicado en la figura, cuando lo conectemos a la red, el arrancador recibe entre sus extremos la tensión total de la red, por lo que el pequeño circuito electrónico que lo forma comienza a oscilar, produciendo descargas de tensión de un valor de pico de unos 1.500 V. y de una duración de 3 a 4 ms. La energía de estos impulsos es suficiente para iniciar la descarga en la atmósfera de neón del interior de la lámpara, provocando el encendido de esta. Al producirse el cebado, la tensión en bornas de la lámpara disminuye, por lo que el arrancador queda alimentado a una tensión notablemente inferior a la de la red (100V.), que es insuficiente para hacerle oscilar, quedando en reposo durante todo el tiempo que la lámpara permanezca encendida.

Este sistema de encendido permite utilizar reactancias más simples y ligeras, para las que el condensador de corrección del factor de potencia es de menos capacidad que en el caso de las reactancias autotransformadoras.

## LAMPARAS DE VAPOR DE SODIO A BAJA PRESION

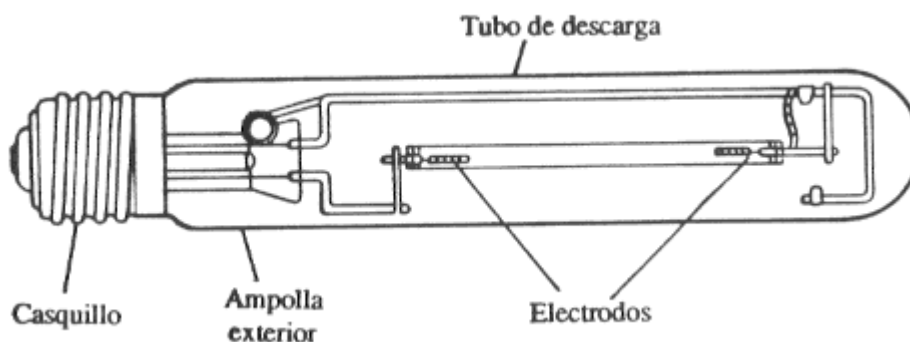
Potencia lámpara W	Intensidad de servicio A	Potencias		Flujo luminoso Lm	Dimensiones		Casquillo
		Balasto W	Total W		L mm	D mm	
35	1,4	21	56	4.800	310	54	B-22
55	1,4	21	76	8.000	425	54	B-22
90	2,1	23	113	13.500	528	68	B-22
135	3,1	40	175	22.500	775	68	B-22
180	3,1	40	220	33.000	1.120	68	B-22

Tensión de alimentación 220 V. Eficacia luminosa 137 a 183 Lm/W.  
Periodo de arranque 10 a 15 minutos.

### 8.2.9. LÁMPARAS DE VAPOR DE SODIO A ALTA PRESIÓN

Las lámparas de sodio a baja presión tienen una inmejorable eficacia luminosa, pero su reproducción cromática es muy deficiente. Para mejorar este tipo de lámparas hay que hacerles una serie de modificaciones, tales como aumentar la presión del vapor de sodio, a costa de trabajar a temperaturas más elevadas, y agregar además del gas inerte, xenón, una pequeña cantidad de mercurio que ayude a mejorar el espectro.

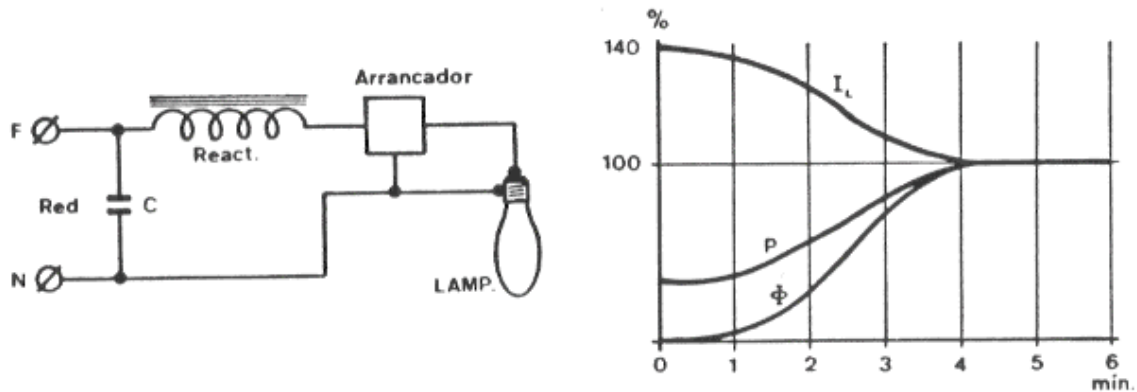
Para que estas dos modificaciones se puedan hacer realidad hay que vencer una seria dificultad, dado que el sodio a alta presión y temperatura, ataca seriamente al vidrio y al cuarzo, materiales utilizados hasta ahora para estos cometidos.



Para cumplir este cometido se han creado tubos de descarga a base de óxido de aluminio sinterizado, capaces de soportar la acción del sodio a temperaturas superiores a los 1.000 °C y al mismo tiempo transmitir el 90% de la luz visible producida por la descarga eléctrica en su interior. Este tubo está cerrado mediante tapones de corindón sintético, en los que se soportan los electrodos.

El tubo de descarga se aloja en el interior de una ampolla de vidrio duro, resistente a la intemperie que le sirve de protección y aislamiento eléctrico y térmico. La despreciable cantidad de radiaciones ultravioleta que generan estas lámparas, hace innecesario el empleo de material fluorescente, por lo que esta ampolla es totalmente transparente.

Debido a la presión elevada del sodio en el tubo de descarga, para el encendido de estas lámparas es preciso aplicar tensiones de pico comprendidas entre 2.800 y 5.500 V., por lo que además de la imprescindible reactancia hay que colocar arrancadores especiales capaces de generar los impulsos de encendido. El modelo de lámpara de 70 W. lleva incorporado dicho arrancador.

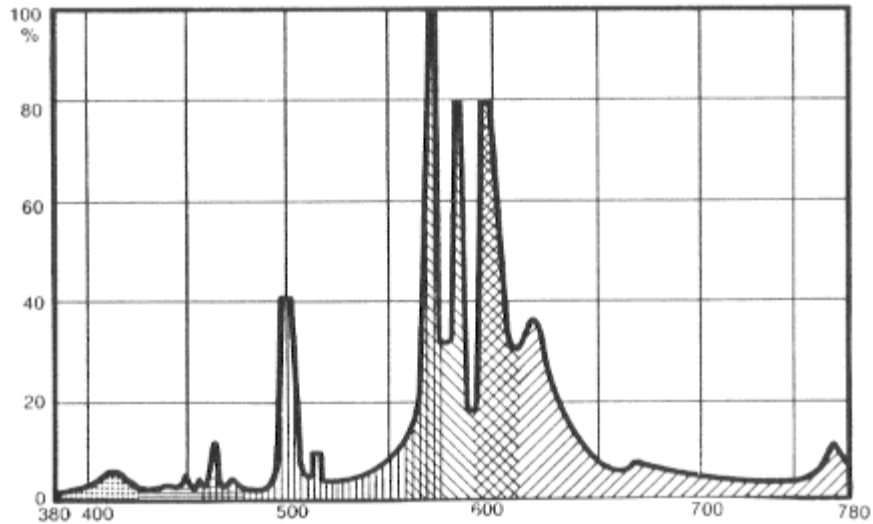


Al conectar el circuito a la red de alimentación, el arrancador proporcionará los impulsos de tensión necesarios para iniciar la descarga en el gas xenón. La elevación de temperatura producida por la descarga, va evaporando el mercurio y el sodio, que pasan a ser conductores principales, con lo que la iluminación irá aumentando hasta que al cabo de unos 5 minutos se alcance el valor nominal.

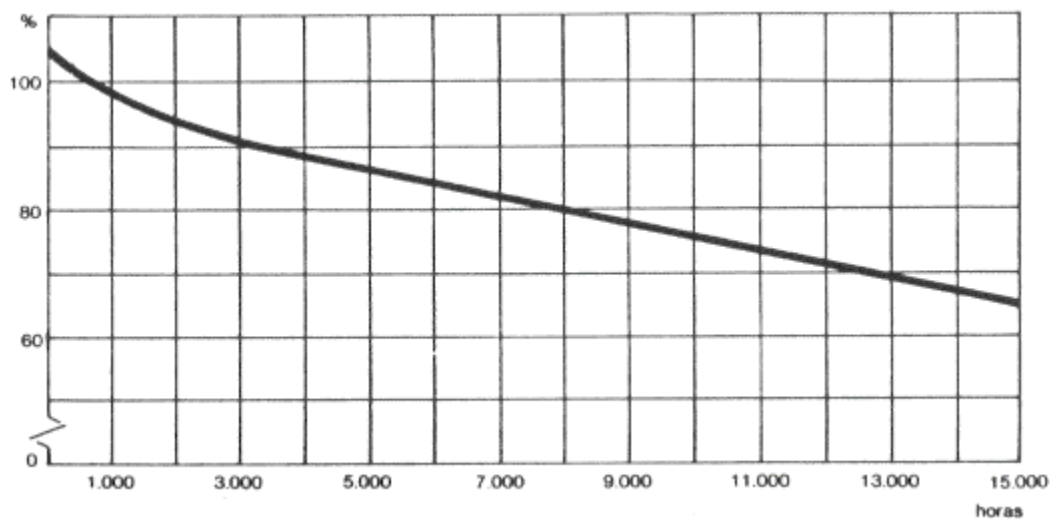
La intensidad de arranque de estas lámparas es del orden del 40 al 50% superior al valor nominal que se alcanza una vez transcurrido el tiempo de encendido. La potencia activa consumida por la lámpara va aumentando hasta alcanzar su valor nominal máximo, que junto con la potencia aparente nos determinará el factor de potencia típico de estos circuitos y que como en los demás casos resultará ser del orden de 0,5.

Al igual que las otras lámparas de descarga, si por alguna circunstancia se desconectan, no pueden volver a encenderse hasta transcurrido el tiempo necesario para que la presión del sodio descienda a valores inferiores. Así, el tiempo de reencendido suele ser del orden de 2 a 3 minutos.

La curva de distribución espectral de una lámpara de vapor de sodio a alta presión resulta sensiblemente mejorada con respecto a las de baja presión, pudiendo apreciar en ellas una mejor reproducción cromática.



La eficacia luminosa es francamente buena, del orden de 120 Lm/W. y la temperatura de color resulta ser de 2.200 °K.



La vida media es de unas 15.000 horas, con una depreciación del flujo que no llega al 40%.

La mejora de la reproducción cromática conseguida con estas lámparas, las hace muy apreciadas en alumbrados públicos, y en general en todos aquellos espacios en los que se requiera una iluminación económica sin grandes exigencias cromáticas.

## LAMPARAS DE VAPOR DE SODIO A ALTA PRESION

Potencia lámpara W	Intensidad de servicio A	Potencias		Flujo luminoso Lm	Dimensiones		Casquillo
		Balasto W	Total W		L mm	D mm	
70	1	13	83	5.800	156	70	E-27
150	1,2	15	115	9.500	186	75	E-40
150	1,8	20	170	14.000	226	90	E-40
250	3	25	275	25.000	226	90	E-40
400	4,4	50	450	47.000	290	120	E-40
1.000	10,3	90	1.090	120.000	400	165	E-40

Tensión de alimentación 220 V. Eficacia luminosa 82 a 120 Lm/W. Temperatura de color 2.200° K.  
Periodo de arranque 5 minutos.

### 8.2.10. REACTANCIAS DE DOS NIVELES DE POTENCIA

En alumbrados públicos, cuando a determinadas horas se desea reducir el alumbrado con el fin de obtener un cierto ahorro, es necesario disponer de dos circuitos independientes de manera que a determinada hora se pueda eliminar uno de ellos quedando el otro, generalmente distribuido alternativamente.

Esta solución no es todo lo buena que sería de desear ya que además de necesitar dos circuitos independientes, la eliminación de puntos de luz crea zonas oscuras con muy mala visibilidad.

Los fabricantes de reactancias con el fin de contribuir a solucionar este problema han creado las llamadas reactancias de dos niveles.

Su funcionamiento se basa en la fabricación de reactancias con dos niveles de impedancia, de manera que el primer nivel corresponda con el de máximo rendimiento luminoso del circuito, mientras que el segundo nivel corresponde un descenso del nivel de iluminación, y por lo tanto de la potencia consumida.

Dependiendo del tipo de lámpara, el descenso del nivel de iluminación, con respecto al Nivel Máximo, se considera aceptable cuando la reducción esté comprendida entre el 45 y el 55%, lo que corresponde con una reducción de la potencia consumida comprendida entre el 58 y el 63%. Reducciones de iluminación y de potencia mayores no serían aceptables ya que podrían aparecer problemas de estabilidad en las lámparas.

POTENCIA ABSORBIDA	FLUJO LUMINOSO	AHORRO
100 %	100 %	-
63 %	55 %	37
58 %	45 %	42

Tal y como se indica, para las lámparas de vapor de sodio a alta presión se dispone de conjuntos apropiados para cada potencia de lámpara, consistentes en una reactancia de dos niveles, arrancador, y relé para la conmutación de los dos

niveles de potencia.

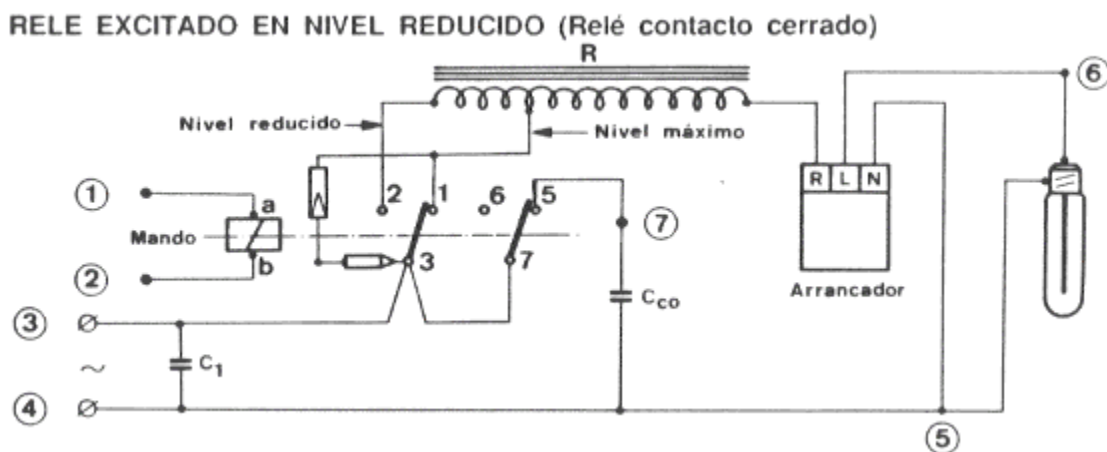
Puesto que se prevén dos niveles de funcionamiento con dos potencias, también serán necesarios dos condensadores si se quiere compensar el factor de potencia. El primer condensador, el  $C_1$ , corresponde a la capacidad necesaria para compensar el nivel mínimo, y el  $C_{co}$ , corresponde a la capacidad que le falta a  $C_1$  para poder compensar el nivel máximo.

Estando el relé en posición de reposo, el contacto 3-1 se encuentra cerrado y por consiguiente la reactancia se halla conectada en su nivel máximo. Así mismo, el contacto 7-5 se encuentra también cerrado, por lo que en el circuito hay dos condensadores acoplados en paralelo,  $C_1$  y  $C_{co}$ .

Al aplicar tensión al relé, el contacto 3-1 pasa a la posición 3-2, que conecta la reactancia en su nivel reducido, mientras que el contacto 7-5 pasa a la posición 7-6, quedando desconectado el condensador  $C_{co}$ . Obsérvese que de no existir el puente de resistencias entre los puntos 1, 3, al pasar de la posición de nivel máximo al mínimo, habría un instante en el que el circuito quedaría desconectado, por lo que la lámpara se apagaría, dando lugar a un reencendido de tres o cuatro minutos de duración.

El circuito de aplicación lo representamos con el accionamiento por medio de un reloj horario, alimentado a 220 V., entre el neutro O y la fase R. Las lámparas conectadas alternativamente a las fases R, S y T, se alimentan a 220 V., y solamente es necesario llevar un conductor para realizar la conmutación.

Todo lo dicho es perfectamente válido para lámparas de vapor de mercurio, por lo tanto solamente es necesario colocar el modelo adecuado en cada caso.



# DISTRIBUCION A 3 FASES DE 380 V. Y NEUTRO

## PUNTOS DE LUZ

