



## Modulo 2

### Unidad 1

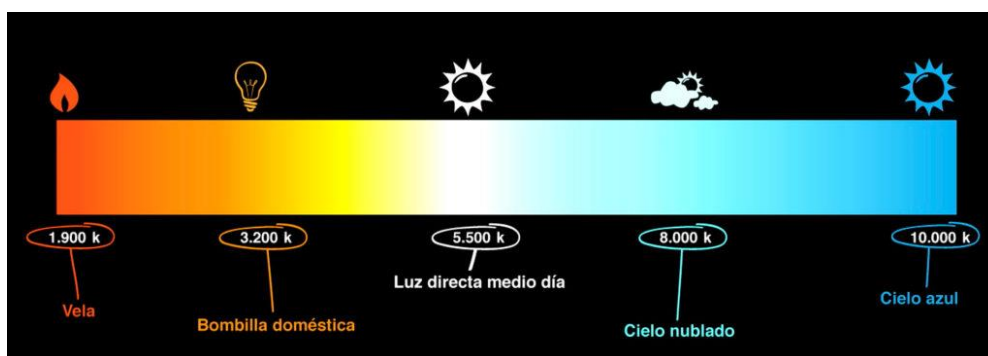
#### La luz artificial

##### 2.1.1 Cualidades de las fuentes de luz

En el módulo 1 vimos que es la luz como principio físico. En este módulo nos adentramos a conocer las cualidades de las fuentes de luz como las conocemos en la actualidad. De su conocimiento podremos tener herramientas para cualificar dichas fuentes según la aplicación a la que debamos introducirlas.

##### 2.1.1.1. Temperatura de color

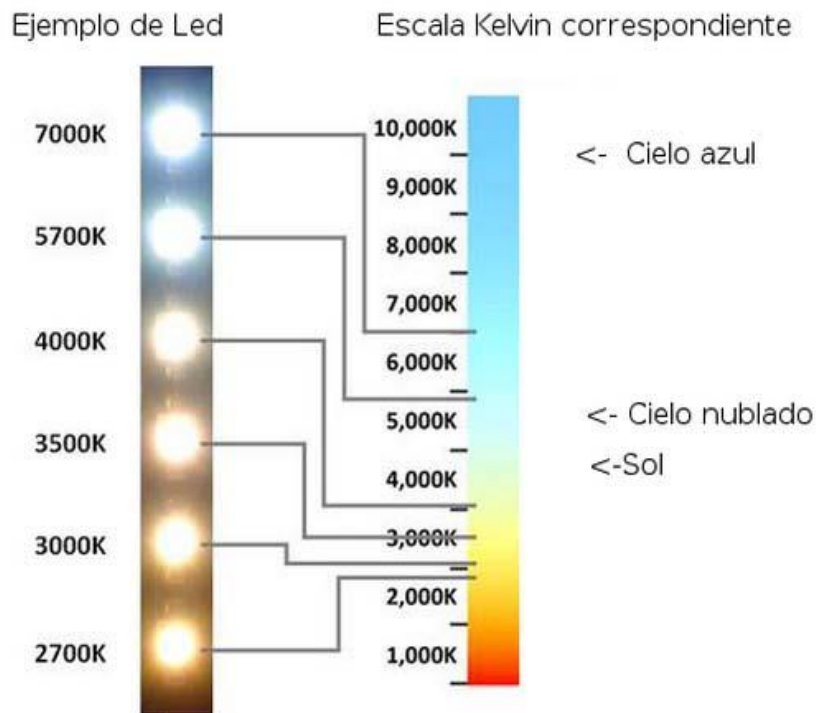
La temperatura de color es el color de la luz. El concepto de temperatura de color se comenzó a utilizar cuando la iluminación dependía en mayor medida de las primeras lámparas que tenían el principio de incandescencia. Es decir, funcionaban a través de un filamento mineral que soportaba muy altas temperaturas. Al calentar el filamento este va emitiendo luz el término temperatura de color. Y como se llega a tener un parámetro de las temperaturas de color de las lámparas o fuentes de luz como venimos denominándolas. A principios del siglo 19 el físico británico William Kelvin (1824 – 1907), realizó un experimento donde calentó un tozo de carbón de color negro. Esta pieza de carbón cambiaba su coloración a medida que alcanzaba más temperatura pasando del negro a un color rojizo, varias tonalidades de amarillo hasta llegar al blanco. Siguió calentando alcanzando una tonalidad más azulada. La temperatura del experimento fue tomada en grados centígrados. La escala de temperatura, **creada por Kelvin, parte del que se conoce como cero absoluto (0 °K) que equivale a -273 °C**, tenemos así este sistema de medida de color de la luz. Video 1 <https://youtu.be/M1FIV3z4hwQ>



Cuadro de temperaturas de color

Fuente: Vistaled <https://www.vistaled.es/wp-content/uploads/2019/10/temperatura-de-color-dependiendo-de-la-fuente-de-luz-1-1024x362.jpg>

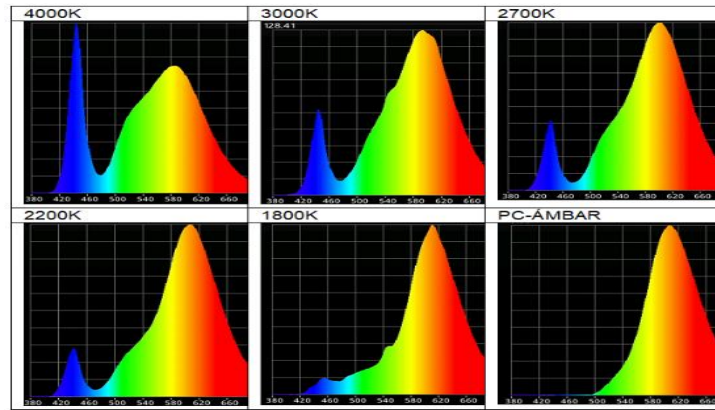
Por ejemplo, la luz del día normal está sobre los 5500 grados kelvin y un día nublado por los 7500 grados kelvin y un cielo azul diáfano por los 10.000 grados Kelvin. La tecnología de iluminación permite hoy obtener fuentes de luz, particularmente los leds, y luminarias de una amplia gama de temperatura de color. Tomando como base luz cálida, neutra o fría.



Escala de Kelvin y su comparativo con fuentes led.

Fuente: Vistaled: <https://www.vistaled.es/wp-content/uploads/2019/10/temperatura-color-visible.jpg>

El concepto de temperatura de color está relacionado con una sensación que dará la luz con su apariencia al iluminar las distintas situaciones u objetos. El blanco cálido está por debajo de los 3000 grados Kelvin tiene una mayor preponderancia de los tonos rojos y es por eso que da la sensación de calidez. En esto debemos considerar que, para el ser humano, desde los inicios de nuestra historia genética registramos perceptualmente la luz del sol como la más amigable, contenedora, y de cobijo. Por ello el color cálido de la luz, en términos generales lo tomamos como un tono confortable. Por ejemplo, en el color de una vela o el del fuego (los primeros colores de la luz artificial que vio el hombre). El blanco frío se considera por arriba de los 6500 grados Kelvin tiene un aspecto más azulado como el del hielo. El blanco neutro esta entre los 4000 y 5500 grados kelvin.



Registro del comportamiento espectral de algunas fuentes de luz

<https://www.iluminet.com/press/wp-content/uploads/2022/06/tcc-atp-simposio.png>

### 2.1.1.2. Medición del color de las fuentes de luz.

A principios del siglo pasado y con el reciente advenimiento de las lámparas eléctricas y ante la necesidad de cuantificar sus prestaciones y cualidades en cuanto a su aporte de color en su reproducción. Se decide organizar un sistema de medición del color de dichas fuentes de luz, definiendo ello en base a un diagrama donde quedan plasmadas todas las interacciones de color percibidas dentro del espectro visible. En el año 1913 se crea la C.I.E (Comisión Internacional d` Eclerage), en Paris quien será el organismo de estipular las cualificaciones de colores de la luz. Después de muchos estudios e investigaciones acerca del color, surge un diagrama de cromaticidad basado en un espacio de color referido a 3 coordenadas x, y, z. De ello se deriva una forma gráfica de representar en dos dimensiones todos los colores visibles al ojo humano.

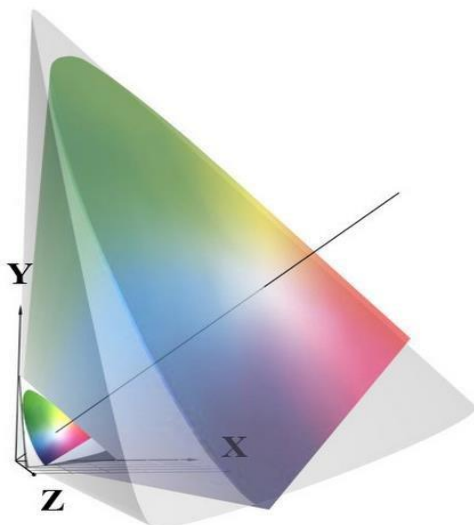


Diagrama C.I.E tridimensional

Fuente researchgate:

<https://www.researchgate.net/publication/277222867/figure/fig2/AS:614136656441348@1523432997656/Projection-of-XYZ-Color-Space-on-a-xy-Chromaticity-Diagram.png>

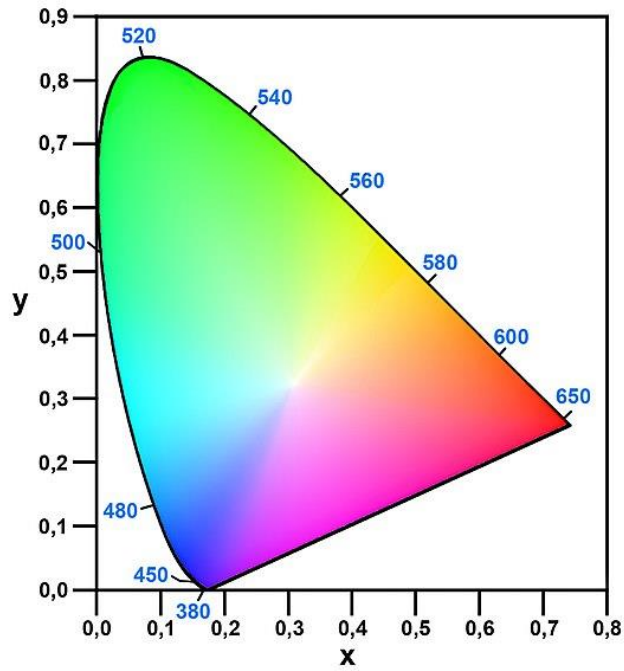
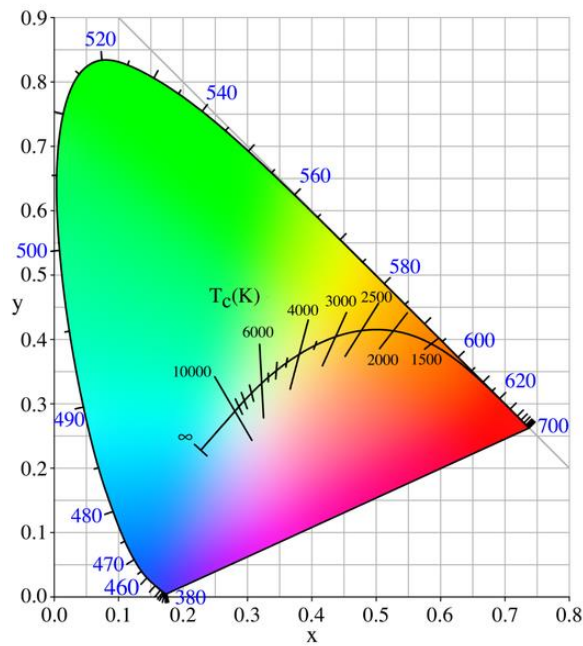


Diagrama C.I.E bidimensional

[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:CIE\\_1931\\_Chromaticity\\_Diagram.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:CIE_1931_Chromaticity_Diagram.jpg)

Dentro de dicho diagrama se estipulan las coordenadas donde se ubican las temperaturas de color referidas según la escala de Kelvin para las fuentes de luz.



Temperaturas de color en diagrama C.I.E.

[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:CIE\\_1931\\_Chromaticity\\_Diagram.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:CIE_1931_Chromaticity_Diagram.jpg)



Temperaturas de color de las fuentes de luz

Fuente:

[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:LED\\_strip\\_lighting\\_Correlated\\_Color\\_Temperatures\\_CCTs.png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:LED_strip_lighting_Correlated_Color_Temperatures_CCTs.png)

### 2.1.1.3. Índice de reproducción cromática (I.R.C.)

El índice de reproducción cromática es la capacidad que tienen las fuentes de luz de reproducir los colores en mayor o menor calidad. Esta capacidad deviene de la característica de los componentes con que se producen dichas fuentes de luz. Generalmente las fuentes de luz; tanto las más tradicionales, como las de última tecnología combinan en sus procesos de producción diversos minerales que en el funcionamiento de las mismas generan una colorimetría que refieren a su índice de reproducción cromática.

Existen tablas que indican según la calidad de reproducción de los colores, el nivel de I.R.C de una fuente de luz. Existe una categorización del índice de reproducción cromática según las cualidades de las fuentes de luz.

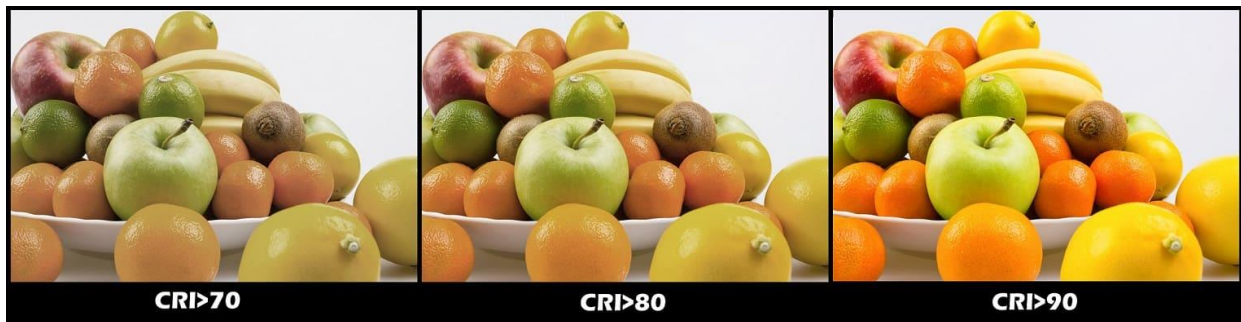
Grado	Índice (IRC)	Nivel de reproducción
1A	90 a 100	Excelente
1B	80 a 89	Muy bueno
2A	70 a 79	Bueno
2B	60 a 69	Moderado
3	40 a 59	Regular
4	Inferior a 40	Bajo

Tabla de categorización del I.R.C de las fuentes de luz

Fuente [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Indice\\_de\\_reproduccion\\_cromatica.png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Indice_de_reproduccion_cromatica.png)

Se le asigna el 100 a la mejor respuesta en reproducción cromática de las lámparas.

Tipo de lámpara	IRC
LED	80-95
Lámpara incandescente	100
Lámpara halógena	100
Lámpara fluorescente	15-85
Lámpara de haluro metálico	65-93
Sodio Alta Presión	20-50
Sodio Baja Presión	0-5



Índice de reproducción cromática según la respuesta de diferentes fuentes de luz

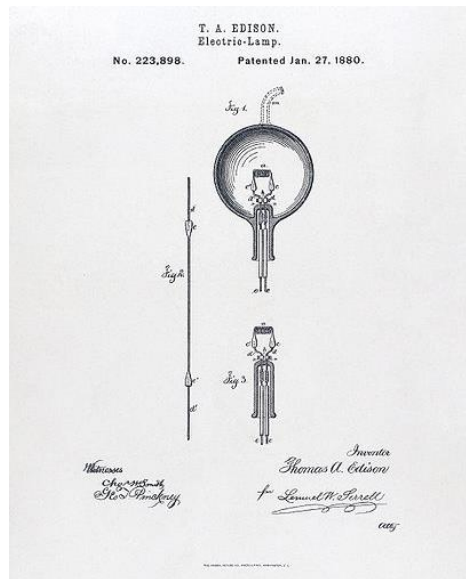
Fuente: Prggin revista [https://premium.prggin.hr/sites/default/files/uploads/inline-images/CRI\\_faktor01.jpg](https://premium.prggin.hr/sites/default/files/uploads/inline-images/CRI_faktor01.jpg)

La asignación del 100 a la óptima respuesta de reproducción se asocia a la que brinda la lámpara incandescente que dentro de la escala de Kelvin tiene la asignación entre los 2700 y 3000 grados kelvin. Ello porque perceptualmente la luz incandescente es la que se tomó originalmente como patrón de reproducción de color ideal. Ello por su equivalencia con la reproducción de colores de la luz del sol. Hoy con el advenimiento de los leds, ello podría estar en discusión ya que son dos tipos de tecnologías totalmente distintas con procesos de reproducción de los colores también diferentes; pero aun se sigue considerando esta calificación y los leds como tal aun no llegan a un índice de reproducción del 100.

En este video vemos en concepto de I.R.C Video 2 <https://youtu.be/thz3OppktmY>

#### 2.1.1.4 Fuentes de luz tradicionales.

A que denominamos fuentes de luz tradicionales. Se denomina a las fuentes de luz desarrolladas por más de 100 años a partir de la primer lámpara generadora de luz con combustión eléctrica, denominadas como bombillas, tubos o lámparas. La bombilla incandescente es la que patentó Thomas Edison (1847 – 1931) en el año 1880. Se dice que la patenta pues, es bien conocida la rivalidad que tenían en esa época Edison con Nicolas Tesla (1856 - 1943); este último también se disputaba la invención de dicha lámpara, pero Edison, quien había avanzado en sus experimentaciones, fue el primero que la registra como propia adjudicándose la autoría de ello.



### Registro de patente de la ampára incandescente de Edison

Fuente: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Light\\_bulb\\_Edison\\_2.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Light_bulb_Edison_2.jpg)

La lámpara incandescente como tal no sufrió practicante cambios en los más de 100 años que estuvo vigente solo modificando ciertos de sus componentes minerales y gaseosos que fueron prolongando su vida útil. Básicamente funciona bajo un proceso de combustión que genera luz visible.

Como ya se ha dicho desde la invención de la lámpara incandescente y por más de 100 las fuentes de luz se desarrollaron básicamente bajo este principio de combustión y luego de ciertos años con más avances en este campo surgieron las denominadas lámparas de descarga. Por lo tanto, dentro de ambas denominaciones las fuentes de luz que mayormente utilizadas en arquitectura e interiorismo hasta hace algunos años, han sido:

De combustión directa:

- Incandescentes
- Halógenas

De descarga:

- Fluorescentes
- Halogenuros metálicos
- Sodios de baja y alta presión

▪ Lámparas Incandescentes: Son las primeras lámparas cuyo desarrollo se ha mantenido igual desde su invención por Thomas Edison. Su principio de funcionamiento es a través de un filamento mineral (tungsteno), alojado en una ampolla de vidrio que contine ciertos gases inertes como el argón. Ante el

impulso eléctrico reacciona con un proceso llamado incandescencia que no solo genera luz; sobre todo genera mucho calor, y ello en realidad es lo que consume la mayor parte de su energía. La vida útil de las lámparas incandescentes es de 800 hs aprox.



Lámpara incandescente

[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Gluehlampe\\_01\\_KMJ.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Gluehlampe_01_KMJ.jpg)

- Lámparas incandescentes halógenas: Su principio de funcionamiento es el mismo de las incandescentes; solo que en ellas se suma al gas inerte, otro gas halógeno que otorga mejor prestación a la lámpara. Además, el vidrio de la ampolla es templado y más compacto. Estas dos cualidades permiten mayor duración de la lámpara. Emite mayor flujo de luz y la misma es más blanca y no tan amarillenta como la incandescente tradicional. La vida útil de las lámparas halógenas es de 2000 hs aprox.

En este video vemos el principio de las lámparas incandescentes. Video 3 <https://youtu.be/fcKC5sp9UGI>



Lámparas halógenas

Fuente: Philips [https://www.lighting.philips.es/b-dam/b2c/en\\_US/marketing-catalog/lighting/led/halogen/Halogen-family.png](https://www.lighting.philips.es/b-dam/b2c/en_US/marketing-catalog/lighting/led/halogen/Halogen-family.png)

- Lámparas fluorescentes: Este tipo de fuente de luz es una de las denominadas de descarga. Existen dos tipos de lámparas de descarga de baja y alta presión. De este tipo de lámparas hemos conocido los tubos fluorescentes que son baja presión. Su principio de funcionamiento se da dentro de un tubo de vidrio donde se produce una descarga que combina el impulso eléctrico con una serie de gases como el mercurio, neón y



argón a baja presión. En los extremos del tubo se encuentran dos filamentos que generan una descarga eléctrica provocando la reacción de estos gases, elevando su temperatura y generando luz ultravioleta, o sea no visible. Para resolver ello el tubo está recubierto por una sustancia fluorescente en base tres tipos de fósforo y con ello las radiaciones ultravioletas se hacen visibles. La vida útil de estos tubos es de 5000 hs .



Tubos fluorescentes

Fuente istockphoto:

<https://media.istockphoto.com/id/93110856/es/foto/luz-fluorescente.jpg?s=612x612&w=0&k=20&c=c46TjXQr67VJSGi002-SdpCGnhK0YITMPIOb6GJTudM=>

- Lámparas de mercurio halogenado. Estas fuentes de luz también están dentro de las de descarga. Las de mercurio halogenado o de halogenuros metálicos pertenecen al grupo de alta presión. Su principio de funcionamiento es similar al de los tubos fluorescentes. En esta lámpara existen dos tubos contenedores. La descarga eléctrica se da dentro de un tubo de cuarzo que contiene mercurio en alta presión y una mezcla de yoduros metálicos. Allí se produce la descarga eléctrica y ante ello la reacción de los gases generando luz. Este tubo a su vez está contenido en otro bulbo externo de vidrio duro. El componente de halogenuros metálicos ofrece una luz muy blanca natural y brinda alto rendimiento. La vida útil de las lámparas de mercurio halogenado es de 10.000 hs aprox.

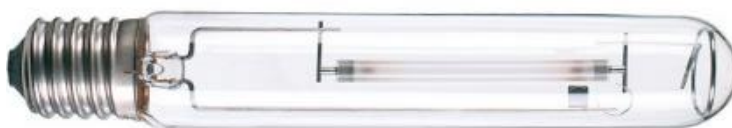


Lámpara de Halogenuros metálicos

Fuente: Philips

[https://www.assets.signify.com/is/image/PhilipsLighting/5c22fb8831ee4ee2aa73a4a3007c84f2?clipPathE=legacy\\_path&\\$pnglarge\\$](https://www.assets.signify.com/is/image/PhilipsLighting/5c22fb8831ee4ee2aa73a4a3007c84f2?clipPathE=legacy_path&$pnglarge$)

- Lámparas de sodio de alta presión. Es también otra fuente de luz de descarga, pueden ser de baja o alta presión. Las de alta presión tienen un principio de funcionamiento similar a las lámparas de halogenuros metálicos. Se produce también dentro de dos contenedores de vidrio. En uno de ellos se aloja el dispositivo de descarga con una mezcla de sodio, mercurio y gas xenón. Este tubo se aloja también dentro otro bulbo de vidrio exterior. Las lámparas de sodio de alta presión generan luz amarillenta dentro del espectro de los 555 nanómetros, el rango máximo de sensibilidad de nuestra visión. Las lámparas de sodio de alta presión tienen una vida útil de 20.000 hs aprox.



Lampara de sodio de alta presión

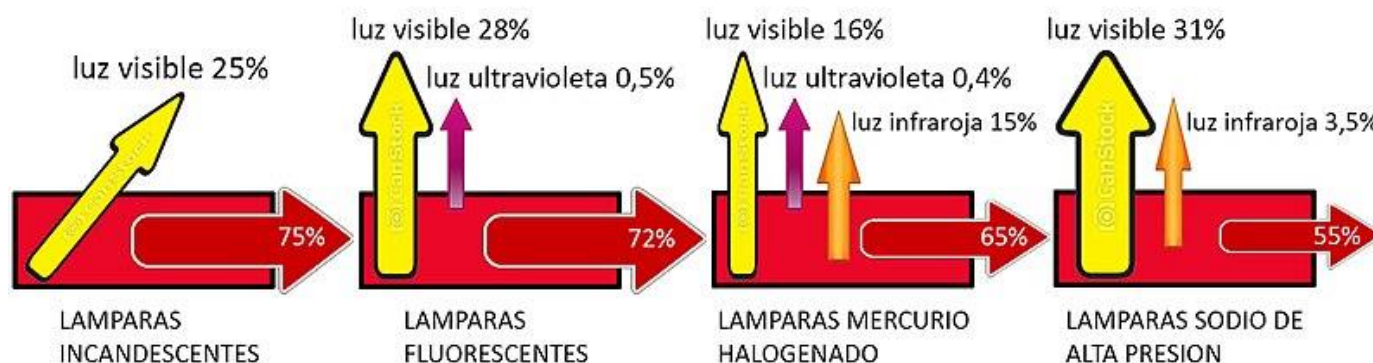
Fuente: Philips

<https://www.assets.signify.com/is/image/Signify/2df7866bbdce4c24bf7aa4a300d46274?sjpglarge&wid=1250>

En este video se podrá ver el principio de las lámparas de descarga.

<https://youtu.be/leMULxdemUU>

Todas las fuentes de luz que hemos visto hasta aquí no solo consumen energía para producir luz visible, sino que en mayor o menor medida gran parte de ese consumo se desperdicia en generación de calor. Ello se ve reflejado en la sig. Imagen comparativa.



Comparativo de perdidas de consumo por calor en las distintas lámparas

Fuente: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Perdidas\\_de\\_calor\\_lamparas\\_tradicinales.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Perdidas_de_calor_lamparas_tradicinales.jpg)