

La Física de la Luz

Aproximadamente el 80% de la información que recibe el ser humano proviene del sentido de la vista. Por lo tanto no es necesario decir que la luz es imprescindible y vital para que el ojo pueda realizar sus funciones.

La luz ha sido un misterio que ha intrigado a toda la humanidad desde hace siglos. Las primeras teorías definidas por Platón y Euclides creían que el ojo producía rayos que al reflejarse en el objeto lo hacían visible.

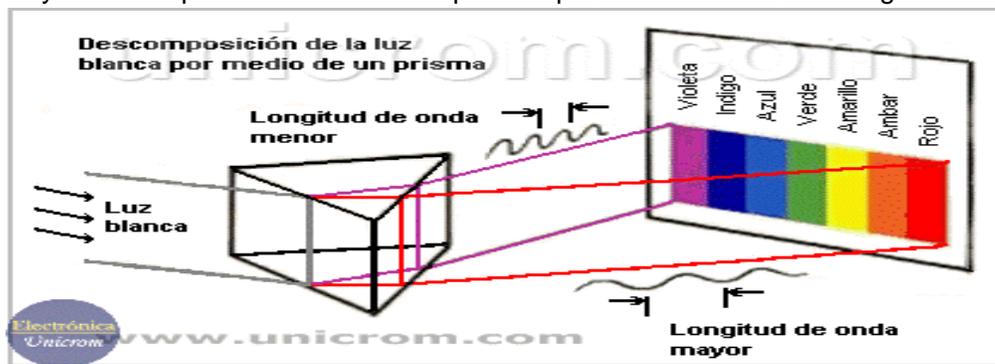
Las primeras hipótesis científicas surgieron en el siglo XXVII. Entre ellas, las más conocidas son la teoría corpuscular y la teoría ondulatoria entre otras.

La **teoría corpuscular**, fue defendida por Isaac Newton (1642-1727). Afirmaba que la luz está compuesta por un haz de partículas materiales llamadas corpúsculos, que se desplazan en línea recta a velocidades muy elevadas que pueden atravesar medios transparentes y ser reflejados por superficies opacas.

Con esta teoría se pudo demostrar los fenómenos de:

- la propagación de la luz en línea recta.
- la refracción
- la reflexión

Newton demostró experimentalmente que al hacer pasar una la luz blanca a través de un prisma (Imagen1), esta se descomponía en todos los colores del espectro de manera que era posible descomponer la luz solar en todos los colores del arco iris y haciendo pasar de nuevo la luz por otro prisma volver al estado original.



Prisma de Newton

Christian Huygens (1629-1695) fue el defensor de la **teoría ondulatoria**. Afirmaba que la luz se comporta como un movimiento ondulatorio que se propaga a través de un medio ideal, conocido como éter, que está presente tanto en el vacío como en los cuerpos materiales.

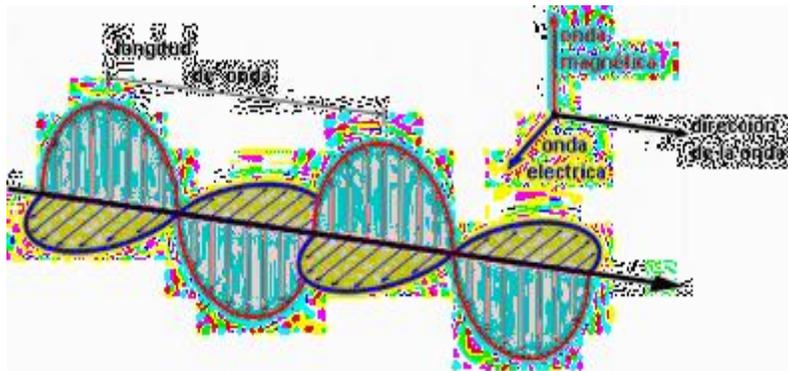
El principal problema que presentó esta teoría fue la hipótesis del éter, que por una parte debía ser un medio sólido para propagar las ondas transversales y por la otra no podía oponer resistencia al movimiento de las ondas. La teoría de Huygens también sirvió para demostrar las leyes de la reflexión y refracción.

Años más tarde James Clerk Maxwell (1831-1879) desarrolla la **teoría electromagnética** de la luz defendiendo que la energía radiante se propaga en forma de ondas electromagnéticas. Además un poco más tarde, Heinrich Rudolf Hertz (1857-1894) consiguió producir radiaciones de corta longitud de onda y demostrar que eran muy semejantes a las ondas luminosas.

Estas últimas teorías no lograron explicar los fenómenos de absorción, fenómenos fotoeléctricos. Por estas razones, la teoría corpuscular tomó más fuerza que la teoría ondulatoria.

En el año 1900 Max Planck (1858-1947) dedujo una teoría que proponía que la energía de un haz luminoso se emite y absorbe por quantums, pero no creyó en su propia teoría porque contradecía las ecuaciones de Maxwell. Unos años más tarde, **Albert Einstein** es quien finalmente, apoyándose en la teoría de Planck, afirma que el éter no existe y define al cuanto con el nombre de **fotón**. De manera que un electrón necesita que absorba o emita un fotón de energía para pasar de un nivel de energía a otro.

La teoría aceptada en 1925, es la **teoría dual** de Broglie y Heisenberg que defienden la doble naturaleza de la luz unificando la teoría corpuscular y la teoría ondulatoria (demostrado en el experimento de la doble rendija de Tomas Young). De ello se desprende para los fenómenos de propagación de la luz que se apoyan en la teoría ondulatoria y la interacción entre luz y materia se apoya en la teoría corpuscular.



En resumen, en la actualidad se considera a la luz como una energía en forma de ONDA; igual que las ondas de radio y los rayos X. Pero el ojo humano no es capaz de distinguir todas las radiaciones. Sino que el ojo es sensible solamente un intervalo de longitudes de onda. Por lo tanto a partir de ahora el término luz hará referencia a las radiaciones electromagnéticas (ONDAS), que son capaces de excitar la retina humana.

Propagación de las ondas electromagnéticas

Las ondas electromagnéticas se expresan como el producto de un campo magnético y un campo eléctrico perpendiculares entre si y a la vez perpendiculares a la dirección de la onda, tal como se muestra en la Imagen 2.

Las ondas están definidas por las características siguientes:

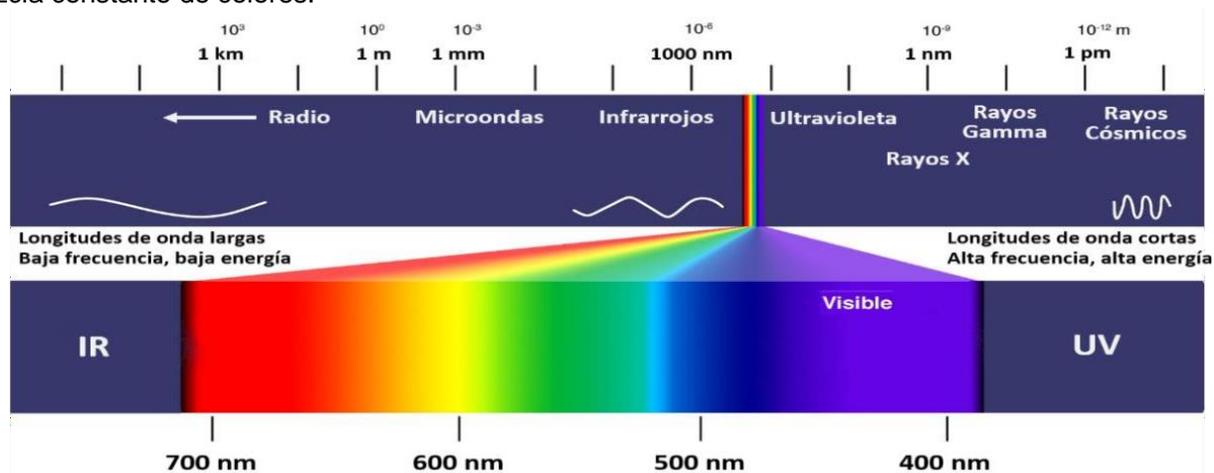
- **Amplitud (A):** es la máxima distancia que existe entre la onda y la posición de reposo.
- **Periodo(T):** tiempo que tarda un punto en realizar una oscilación. Se expresa en segundos (s).
- **Frecuencia (f):** cantidad de periodos en una unidad de tiempo. Se expresa generalmente en Hertzios (Hz).
- **Longitud de onda (λ):** distancia que existe entre dos crestas o dos valles consecutivos, es una propiedad variable de las ondas. Se expresa en metros (m) recorridos.
- **Velocidad de propagación:** velocidad de propagación de la onda, que depende del medio por el que se propaga. Es la causante de la variabilidad de la longitud de onda.

Ondas electromagnéticas (Espectro visible)

La radiación visible es el intervalo de la banda de radiación electromagnética a la que el ojo es sensible. Esta banda está comprendida entre las longitudes de onda de 370nm (rojo) y 780nm (violeta).

Entre las radiaciones no visibles para el ojo se incluyen los Rayos Gamma, Rayos X, Radiación ultravioleta, etc. En la Imagen 3 se muestra el amplio espectro de frecuencias.

Los colores no están definidos por una única longitud de onda, es decir una única radiación monocromática, sino que a medida que se desplaza la onda, modifica la frecuencia, los colores van apareciendo de manera que están en una mezcla constante de colores.



Espectro visible por el ojo humano

Propiedades de la Luz, interacción con la materia

- Reflexión
- Refracción
- Transmisión
- Absorción

Reflexión

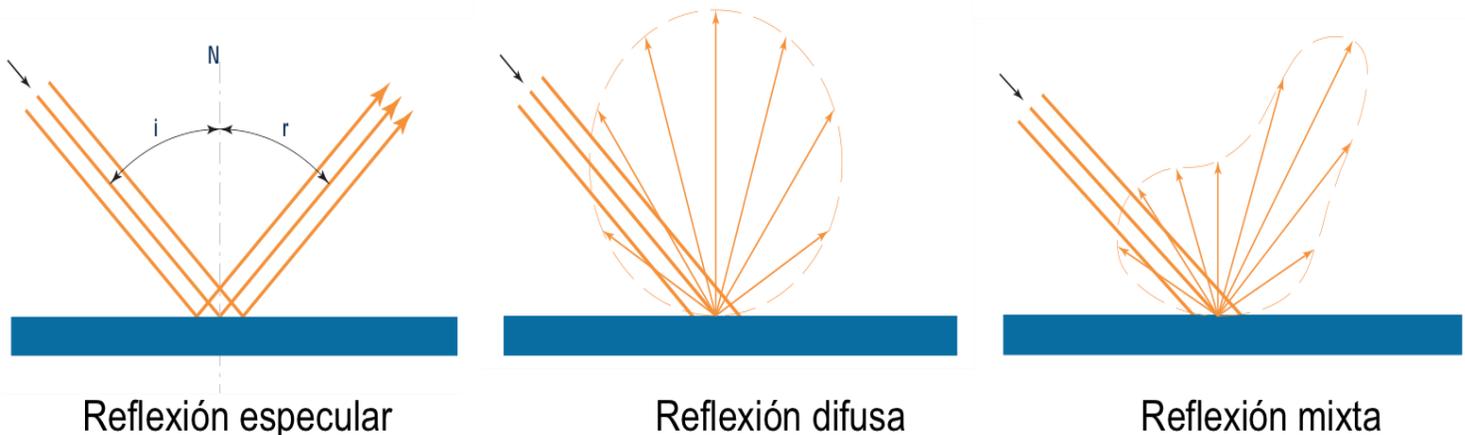
El fenómeno de reflexión ocurre cuando la luz incide sobre un cuerpo especular, la luz se refleja y genera nuevas ondas que se alejan del cuerpo.



Imagen 5 - Reflexión especular, difusa y mixta

La reflexión es la responsable del buen rendimiento de las luminarias, ya que utilizando reflectores adecuados, permite una conducción precisa del haz de luz hacia los lugares que se quieren iluminar.

La relación entre el flujo luminoso reflejado y el flujo incidente es el índice de reflexión o reflectancia. Existen varios tipos de reflexión en función de la superficie sobre la que se refleja:



Tipos de reflexión (Manual de Iluminación INDAL)

- Reflexión regular o especular donde los rayos inciden sobre una superficie lisa o brillante y como resultado se produce una reflexión en una sola dirección, no existe dispersión. Un ejemplo de este tipo de reflexión se da en los espejos y las superficies duras y pulidas.

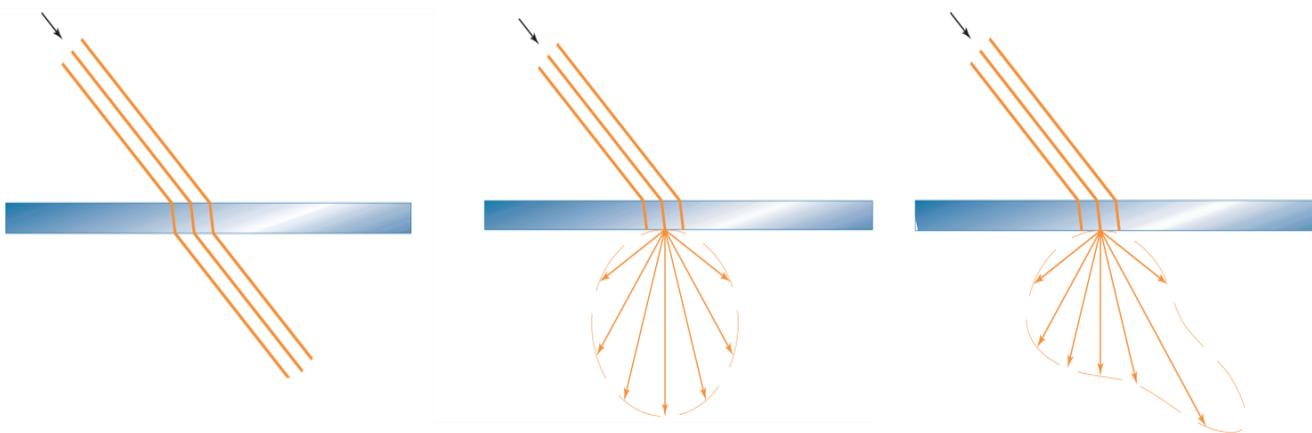
- Reflexión Difusa: los rayos inciden sobre una superficie mate o con rugosidad, como resultado se produce una reflexión irregular, el rayo se refleja en todas direcciones, pero siendo el rayo de mayor intensidad el normal a la superficie.
Una pared blanca rugosa es un ejemplo de reflexión difusa.
- Reflexión Mixta: los rayos inciden sobre una superficie con parte regular y parte difusa, como resultado se produce una reflexión irregular pero existe una dirección preferente.
- Cuando la luz incide sobre el mar se produce la reflexión mixta.

Transmisión

La transmisión se considera una doble refracción. Ocurre cuando la luz atraviesa el material y modifica su trayectoria al encontrarse con el siguiente medio.

La relación entre el flujo luminoso transmitido y el flujo luminoso incidente se conoce como factor de transmisión.

Existen 3 tipos de transmisión en función de la transparencia de los materiales:



Transmisión regular

Transmisión difusa

Transmisión mixta

Tipos de transmisión (Manual de iluminación Indal)

- Transmisión regular: el haz incide sobre una superficie transparente, la atraviesa y sale al siguiente medio con las mismas propiedades.
Aparece cuando un rayo atraviesa un vidrio transparente y pasa al siguiente medio sin haber modificado su trayectoria.
- Transmisión difusa: el haz incide sobre una superficie translúcida y se difunde por el medio saliendo en diferentes direcciones. Es el caso de los vidrios translúcidos.
- Transmisión mixta: este fenómeno es una combinación entre la transmisión regular y difusa.

Absorción

La absorción es la capacidad de un material para absorber total o parcialmente las radiaciones que le llegan a la superficie y convertirlas en otra forma de energía, normalmente en calor produciendo una pérdida de luz y disminución del rendimiento de la luminaria.

El fenómeno de la absorción se puede aprovechar para conseguir un buen confort visual gracias al apantallamiento de las fuentes de luz.

La relación entre el flujo luminoso absorbido y el flujo luminoso incidente se conoce como factor de absorción:

En la Tabla siguiente se muestran algunos valores de coeficientes de transmisión para distintos materiales.

Material	Factor de Reflexión (ρ)	Factor de Absorción (α)	Factor de Transmisión (τ)
Papel Blanco	0,6 - 0,8	0,10 - 0,30	0,10 - 0,20
Seda blanca	0,28 - 0,38	0,01	0,61 - 0,71
Vidrio opaco negro	0,5	0,95	0
Vidrio opaco blanco	0,75 - 0,80	0,20 - 0,25	0
Vidrio transparente	0,08	0,02	0,90
Vidrio deslustrado	0,06 - 0,55	0,04 - 0,08	0,63 - 0,89
Vidrio opalino blanco	0,30 - 0,55	0,04 - 0,08	0,36 - 0,66
Vidrio opalino amarillo	0,25 - 0,30	0,55 - 0,58	0,12 - 0,20

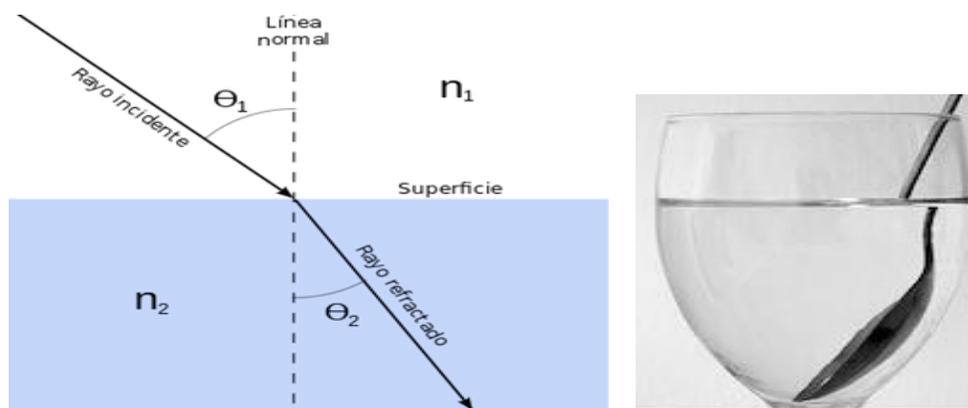
Coefficientes factores de reflexión, absorción y transmisión

Refracción

La refracción se conoce como el cambio de dirección de la onda al pasar de un medio a otro, el cual tiene un índice de refracción diferente. El índice de refracción se simboliza con la letra n .

Este fenómeno se produce en medios como el agua, el vidrio, etc., donde existe una variación en la velocidad de propagación de la luz y de la dirección del rayo. La velocidad de propagación de la luz disminuye a medida que aumenta el índice de refracción.

El fenómeno más conocido de la refracción se muestra en la Imagen 7, cuando se introduce una cuchara dentro de un vaso. Desde el exterior se puede creer que la cuchara está partida, pero no es así. Esto se debe al cambio de velocidad de propagación en el agua.



Fenómeno de refracción

Las leyes de la refracción son conocidas como las Leyes de Snell, enunciadas a continuación:

- El rayo incidente, el rayo reflejado y el refractado están en el mismo plano.
- El ángulo de incidencia y el ángulo de refracción se relacionan mediante una constante denominada: índice de refracción (n).

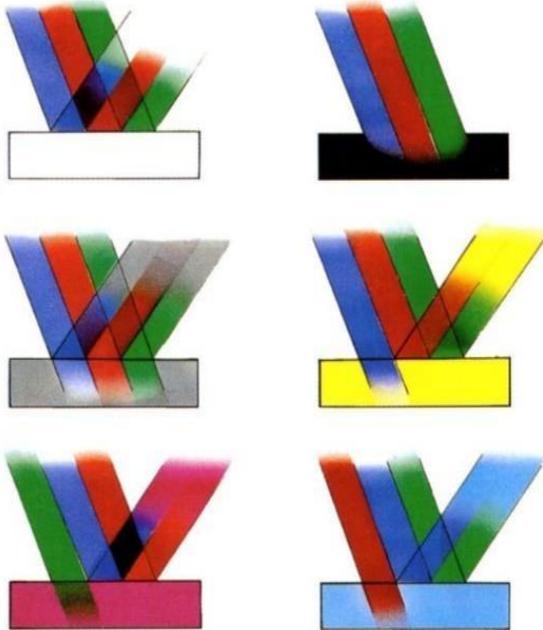
El índice de refracción varía con los cambios de temperatura y la longitud de onda de la luz.

Interacción de la luz y la materia

Los objetos por si solos no tienen color. El color del objeto está condicionado por las propiedades de la materia: absorción, reflexión, refracción y longitud de onda.

La materia absorbe determinadas longitudes de onda y refleja otras. El color que percibimos es el reflejado. Una de las características más llamativas de la luz, es la rica y variada gama de colores que podemos percibir en nuestro entorno. Los colores de todos los cuerpos de la naturaleza se deben sencillamente al hecho de que reflejan la luz de cierto color en mayor cantidad que la de otros colores.

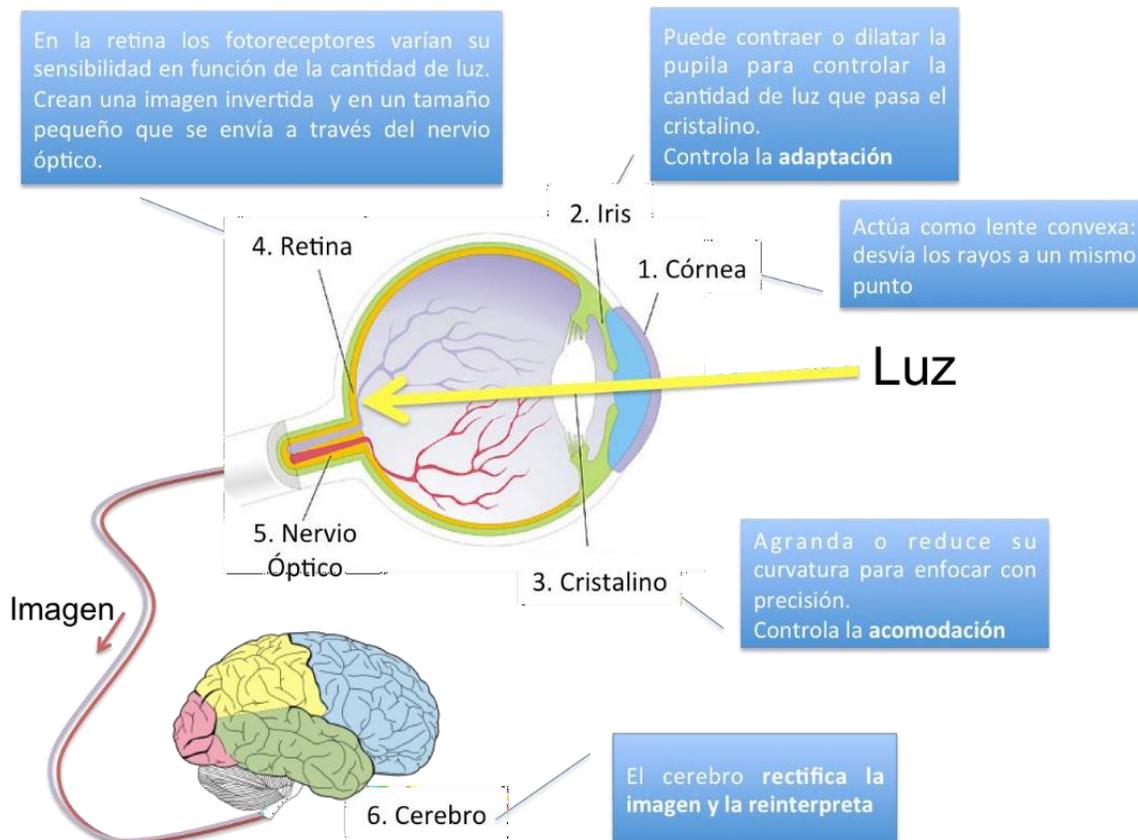
Esto significa que un cuerpo opaco verde iluminado con luz blanca, se ve de tal color porque absorbe gran parte de los demás colores que constituyen la luz blanca, y refleja preferentemente la luz verde.



El color de los cuerpos depende de la parte del espectro que absorban y la parte que reflejen. De arriba abajo y de izquierda a derecha: el objeto blanco refleja todo el espectro; el negro lo absorbe todo; el gris absorbe parcialmente todos los colores; el amarillo sólo absorbe el azul intenso; el objeto rojo sólo absorbe el verde; el objeto azul refleja el azul intenso y el verde.

De esta forma, la mayor parte de las veces percibimos el color por Reflexión. Cuando un cuerpo refleja todos los colores lo vemos "blanco" y si no refleja ninguno lo vemos "negro". Todos los rayos de luz contienen color. Los colores tienen diferentes longitudes de onda. La mayor longitud de onda que podemos ver es de color rojo. El más corto es el violeta. El ultravioleta tiene una longitud de onda más corta, pero no lo podemos ver. La luz infrarroja tiene una longitud mayor que la luz roja, tampoco la podemos ver pero se puede sentir el calor que genera.

La Visión, Funcionamiento del ojo:



Capacidades Visuales

Agudeza Visual

Capacidad del ojo que permite reconocer y distinguir los detalles de un objeto, situados a una distancia corta del campo de visión.

Acomodación

La acomodación es la habilidad del ojo para enfocar los objetos y obtener una imagen más nítida, sin importar la distancia a la que están situados.

Adaptación

La adaptación es la habilidad del ojo para enfocar y ajustarse cuando existen cambios en los niveles de iluminación.

Contraste

El contraste es la diferencia de luminaria que existe entre el objeto y el fondo, para que el individuo sea capaz de identificar un objeto cuando el nivel de iluminación es bajo.

Visión Binocular

Es la habilidad del ojo de mantener un objeto enfocado con los dos ojos, creando así una imagen en 3 dimensiones dando sensación de profundidad.

Deslumbramiento

El deslumbramiento es un fenómeno que aparece cuando la diferencia de luminancias entre la tarea visual y el objeto que se observa es muy elevada. Se puede clasificar por deslumbramiento directo o por reflexión sobre una superficie o por deslumbramiento molesto

Magnitudes Luminosas:

1.- Flujo Luminoso	3.- Iluminancia	Uniformidad	Contraste
2.- Intensidad Luminosa	4.- Luminancia	Deslumbramiento	Equilibrio lumínico

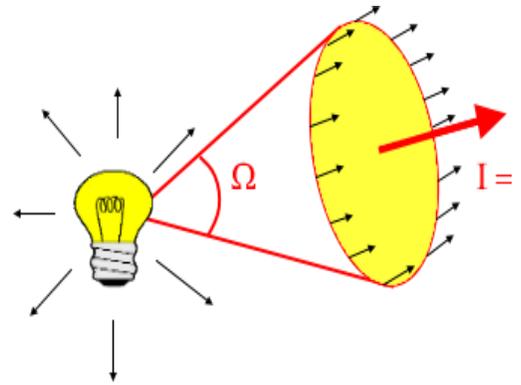
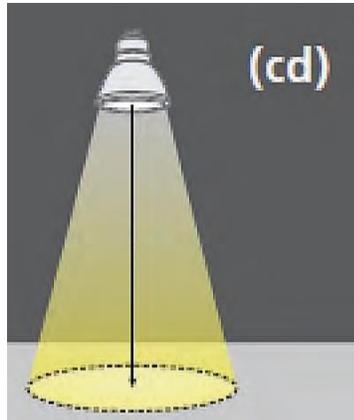
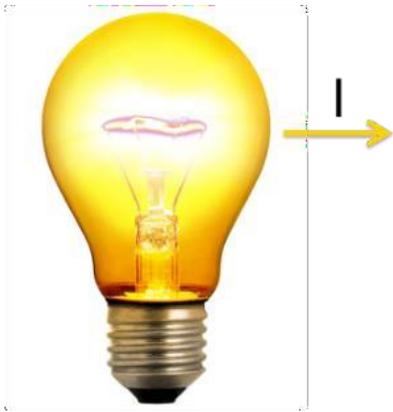
Flujo luminoso ($\text{lm } \phi$)

El flujo luminoso o potencia luminosa es el flujo total lumínico emitido o radiado en todas direcciones por una fuente de luz durante una unidad de tiempo. La unidad del flujo luminoso en el Sistema Internacional es el lumen [lm], que tiene por símbolo ϕ .



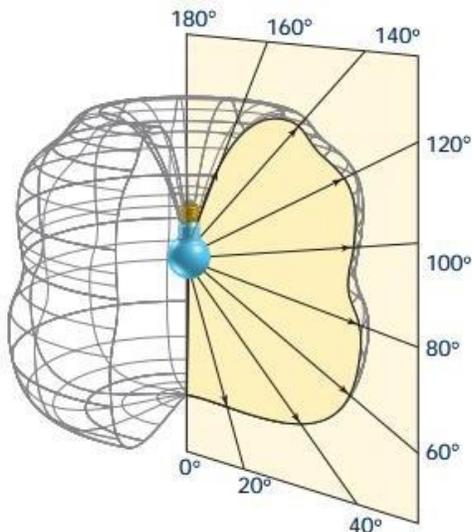
Bombilla Incandescente	Bombilla Fluorescente Compacta	Leds	Lúmenes
40 W	8-12 W	4-6 W	400-500
60 W	13-15 W	6,5-8 W	700-900
75-100W	18-22 W	9-11 W	1.100-1.750
100 W	23-30 W	11-15 W	1.800
150 W	30-55 W	15-25 W	2.750

Intensidad Luminosa (I)



La **intensidad luminosa** es el flujo luminoso de una fuente de luz irradiado en una dirección dada por una fuente de luz dentro un ángulo sólido denominado estereorradián y que equivale a un cono infinitamente pequeño. La

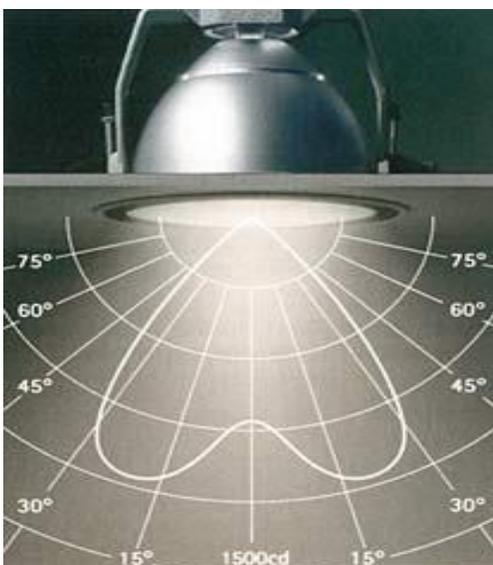
unidad de medida de la intensidad luminosa es la candela [cd].



La distribución luminosa de la intensidad varía en función de los distintos tipos de ampollas, casquillos, etc. y por con el uso de luminarias se podrá dirigir la intensidad en la dirección que más convenga.

Las curvas de distribución de la intensidad luminosa son curvas polares obtenidas en laboratorio que intentan describir en qué dirección y con qué intensidad se distribuye la luz entorno al centro de la fuente luminosa.

Para encontrarlas se miden en laboratorios las intensidades luminosas en diversos ángulos verticales alrededor de la fuente (designados como ángulos gamma "g"). Al unir los puntos contenidos en un mismo plano vertical y horizontal se puede obtener un volumen conocido como **sólido fotométrico**.



Sólido Fotométrico

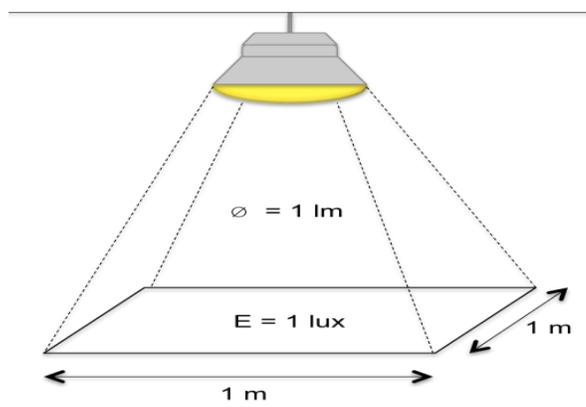
Si se corta el sólido fotométrico con un plano que pase por el eje de simetría, se obtiene la **curva fotométrica** de la fuente de luz que representa la intensidad luminosa de la fuente de luz para cualquier dirección. En la Imagen se muestra un ejemplo de curva fotométrica sobre la base de una artefacto o luminaria de embutir en cielorraso y con pantalla de concentración en la emisión de la luz.

Como podemos deducir, las formas de las curvas de distribución fotométrica dependen del difusor o reflector de luminaria y, por ello, la curva polar de la luminaria es diferente de la curva obtenida de la lámpara desnuda. Esto, por supuesto, tiene directa relación con el rendimiento luminoso final del artefacto o luminaria que se decida elegir para un destino determinado.

Como se verá más adelante con la fotometría y curvas fotométricas es posible conocer la forma y dirección de luz que emite la lámpara o luminaria.

Iluminancia (E)

La iluminancia es el flujo lumínico que incide sobre una superficie. La unidad de medida de la iluminancia es el lux [lx] y se define como la iluminación que produce un lumen que incide sobre una superficie de un metro cuadrado.



Iluminancia

Zona o parte del lugar de trabajo (*)	Nivel mínimo de iluminación (lux)
Zonas donde se ejecuten tareas con:	
1.º Bajas exigencias visuales	100
2.º Exigencias visuales moderadas	200
3.º Exigencias visuales altas	500
4.º Exigencias visuales muy altas	1.000
Áreas o locales de uso ocasional	
Áreas o locales de uso habitual	100
Vías de circulación de uso ocasional	
Vías de circulación de uso habitual	50

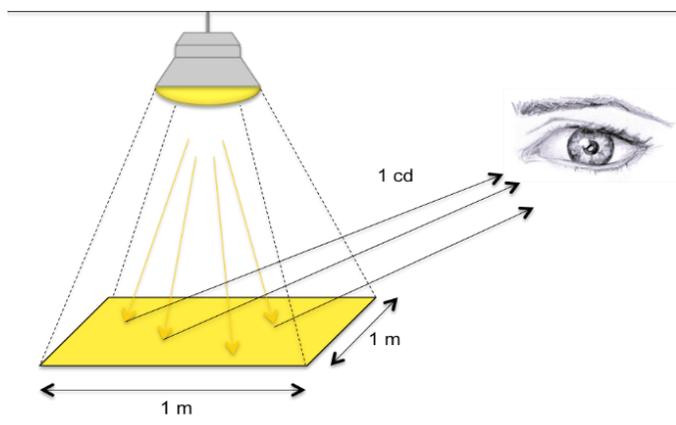
Tabla de algunos valores promedio de Iluminancias

Los valores de la iluminancia dependen de la superficie y de la que se va a realizar en la zona a iluminar. Si las dimensiones de la zona que se desea iluminar son conocidas, se puede calcular directamente el valor del flujo luminoso necesario.

Luminancia (E)

La luminancia es la intensidad luminosa emitida por unidad del área de una superficie en una dirección específica. Dicho de otra manera sería la cantidad de luz procedente desde un objeto iluminado que el ojo humano recibe desde un punto de vista en particular. Es decir cuanta luz refleja un objeto iluminado hacia nuestra vista

La unidad de medida de la luminancia es la cd/m^2 , se representa con la letra L.



Luminancia

Algunos valores de Luminancia

Calle bien iluminada	2 cd/m^2
Papel blanco iluminado con 400 lux	100 cd/m^2
Papel blanco iluminado con 1000 lux	250 cd/m^2
Papel negro iluminado con 400 lux	15 cd/m^2
Luminancia ideal para las paredes de oficina	50 a 100 cd/m^2
Luminancia ideal para el cielorraso de oficinas	100 a 300 cd/m^2
Máxima luminancia admitida para pantallas de video	200 cd/m^2

La luminancia es la magnitud que el ojo puede detectar, mide el brillo de las fuentes de luz o de los objetos tal como los ve el ojo humano. A mayor luminancia mayor es la sensación de claridad.

Pero se debe vigilar porque una luminancia muy elevada puede producir deslumbramiento no deseado. Para diseño de proyectos de alumbrado exterior existen los criterios de calidad que se basan en los siguientes parámetros que sirven para conocer si la instalación cumple con los requisitos establecidos.

Existen además una serie de magnitudes que se utilizan para establecer criterios de calidad en la iluminación:

Contraste

El contraste mide la relación entre la luminancia de un objeto y la luminancia de su fondo

Uniformidad

La uniformidad hace referencia a la iluminancia proporcionada sobre la superficie de referencia, generalmente la iluminancia no será uniforme, pero es una magnitud importante para el confort y la visión.

La iluminancia media proporcionada por cualquier tipo de instalación irá disminuyendo con el tiempo debido a la depreciación luminosa que sufren las lámparas y la suciedad que acumulan tanto lámparas como luminarias con el tiempo. Por lo tanto, es imposible considerar una uniformidad en el tiempo.

Deslumbramiento

El deslumbramiento es, desde el punto de vista físico, una pérdida o disminución de la capacidad visual debido al exceso de luminancia del objeto que se observa o incide sobre el ojo.

El deslumbramiento se produce cuando la elevada intensidad de la luz penetra en el ojo y las células de la retina no son capaces de generarse, a la velocidad suficiente como para producir los pigmentos necesarios. Esto implica que no se haya paso de impulso al nervio óptico por lo que no se transmite nada al cerebro.

Existen dos tipos de deslumbramiento:

- deslumbramiento molesto; produce fatiga
- deslumbramiento perturbador; incapacita por un instante la visión

En cuanto a la forma de producirse pueden ser:

- directo; proviene de las lámparas, luminarias, etc.
- reflejado o indirecto; producido por reflectancias elevadas de las superficies de alrededor.

Confort Visual

El confort visual es un estado generado por la armonía o equilibrio de una elevada cantidad de variables. Las principales están relacionadas con la naturaleza, estabilidad y cantidad de luz, y todo ello en relación con las exigencias visuales de las tareas y en el contexto de los factores personales.

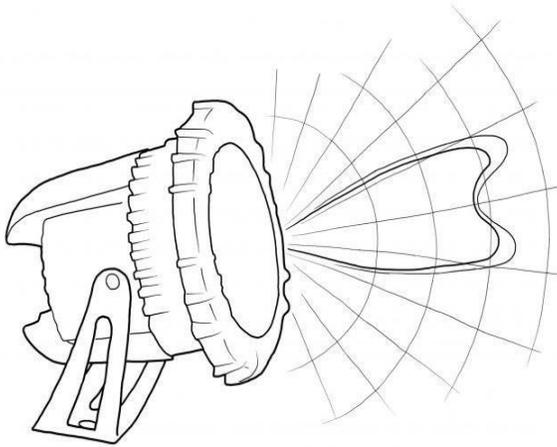
Emplear la luz natural siempre que sea posible es aconsejable. Con ello se obtienen mejores cualidades que las obtenidas solo con luz artificial y constituye un elemento de bienestar.

El acondicionamiento de la iluminación natural lleva consigo, la colocación correcta de los puestos de trabajo respecto a las ventanas, de manera que los trabajadores no sufran deslumbramiento y la luz solar no se proyecte directamente sobre la superficie de trabajo.

Para obtener una buena planificación para conseguir un confort visual eficiente se requiere de un exhaustivo análisis de las diferentes características técnicas del producto: las propiedades de las lámparas, datos luminotécnicos sobre la luminaria, así como datos de planificación para la tarea de iluminación concreta con indicaciones relativas al confort visual.

Tres aspectos claves determinan la eficiencia de la iluminación: desde el punto de vista cuantitativo, la eficiencia luminosa de la lámpara, así como el rendimiento de la luminaria, pero también la cuestión cualitativa del grado de efectividad con el que una luminaria desempeña su tarea de iluminación.

Fotometrías y curvas fotométricas



La fotometría es la ciencia que se encarga de la medición de la intensidad de la luz percibida por el ojo humano y la curva fotométrica la herramienta gráfica que proporciona la información necesaria para la correcta selección de luminarias para un determinado espacio.

La forma más sencilla de hallar la distribución de la luz emitida por una fuente de luz, consiste en representar gráficamente dicha distribución mediante unas curvas denominadas curvas fotométricas o distribución luminosa de intensidades iguales.

Las curvas se obtienen en el laboratorio midiendo las diferentes intensidades luminosas, según las direcciones, que parten del centro de la fuente y uniendo los puntos de la misma intensidad. Estos al ser unidos a la fuente por vectores, darán lugar a la representación de un volumen. Resulta poco práctico el dibujo tridimensional, por eso aprovechando la simetría que presenta el volumen respecto al eje Y, será suficiente representar las intensidades luminosas contenidas en un plano vertical, que contenga dicho eje. Incluso solo haría falta el semiplano vertical.

Contar con las curvas y sus correspondientes archivos fotométricos será una herramienta importante para la selección de las luminarias o fuente ideal para cada proyecto de iluminación.

Como ya se mencionó, las curvas fotométricas son la representación gráfica del comportamiento de la luz. Muestran diferentes características relacionadas con la naturaleza de la fuente, el tipo de reflector, la óptica o el diseño de las luminarias. Contar con las curvas y sus correspondientes archivos fotométricos es una herramienta importante para la selección de la luminaria o la fuente ideal para cada proyecto de iluminación. Es importante disponer de archivos fotométricos fiables y acordes a las curvas polares presentadas por los fabricantes en sus catálogos de luminarias para contar con los cálculos correctos.

Sólido fotométrico

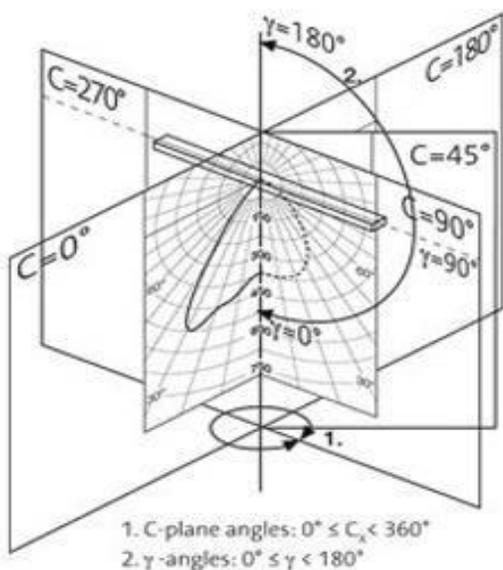
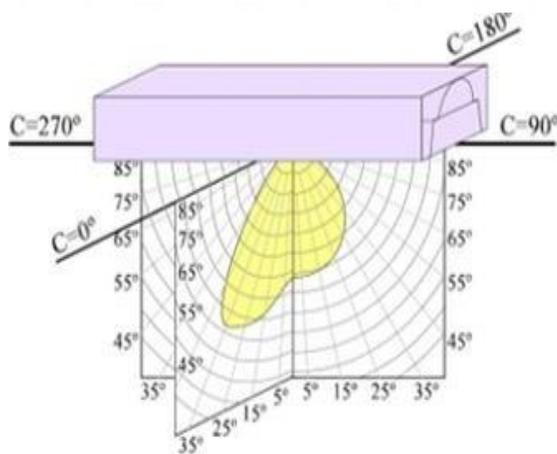
Las curvas de distribución de la intensidad luminosa son curvas polares obtenidas en laboratorio que describen la dirección e intensidad en la que se distribuye la luz entorno al centro de la fuente luminosa. Para encontrarlas se miden las intensidades luminosas en diversos ángulos verticales alrededor de la fuente, al barrer la esfera completa y unir los puntos contenidos en un mismo plano vertical y horizontal se puede obtener un volumen conocido como **sólido fotométrico**.

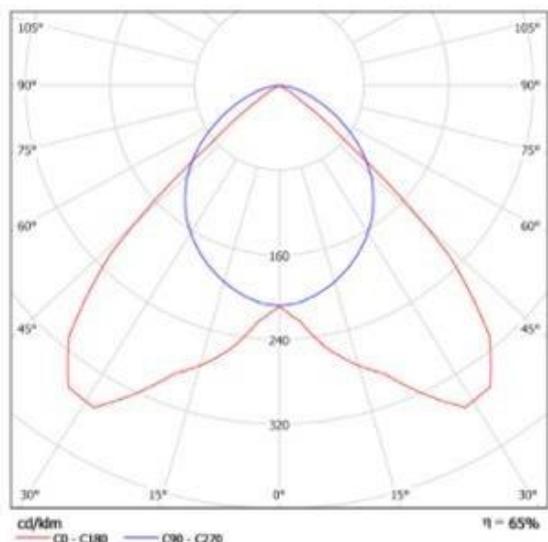
En una curva polar de distribución luminosa, la distancia de cualquier punto de la curva al centro indica la intensidad luminosa de esa fuente en esa dirección.

El dibujo tridimensional del sólido es poco práctico y en la industria normalmente solo se emplean las curvas que se obtienen al cortar dicho sólido mediante planos verticales:

En la **curva de distribución luminosa**, los radios representan el ángulo gama infinitamente pequeño del que hablamos en

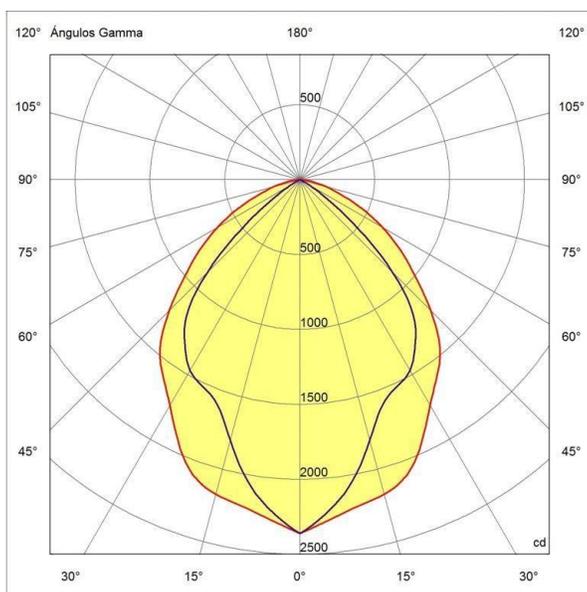
“Intensidad Luminosa” y las circunferencias concéntricas el valor de la intensidad en candelas. Los planos perpendiculares uno orientado a lo largo del eje longitudinal y el otro transversal a este, reciben el nombre de plano C90-C270 y C0-C180.





Como ejemplo, en la figura de la izquierda se observa la curva fotométrica de una lámpara fluorescente con un flujo luminoso de 5240(lm). En el plano longitudinal, identificado con el color azul, la intensidad luminosa en el ángulo $g=30^\circ$ es de aproximadamente 165 (cd/klm). Luego, mientras que en el sentido transversal $g=0^\circ$ su valor es algo superior a las 200(cd/klm).

Durante la selección de los equipos, el fabricante deberá poner a disposición del especificado o diseñador de iluminación, los archivos fotométricos que le permitan probar el rendimiento de los equipos en los diversos softwares de cálculo y diseño de iluminación.



Cuando la representación es en color, generalmente el plano transversal es rojo y el longitudinal azul o negro. Cuando se presenta en blanco y negro, el transversal es en trazo lleno y el longitudinal en punteado.

Habitualmente, la información fotométrica de una luminaria está dada para un flujo luminoso de 1000 Lm.

Una vez conformada la curva de distribución luminosa, esta dará lugar a todo el resto de la información fotométrica suministrada por el laboratorio de luminotecnica encargado del estudio (rendimiento de la luminaria, coeficiente de utilización, gráfico de luminancias, curvas isolux, etc.)

La lectura de la curva de distribución luminosa permitirá optar por la luminaria más adecuada y lograr un proyecto más económico. Una luminaria de distribución "ancha" y buen rendimiento permitirá un gran distanciamiento entre las mismas sin sacrificar la uniformidad de la iluminación.

Ejemplos de curvas fotométricas de Proyectores exteriores y su denominación comercial.

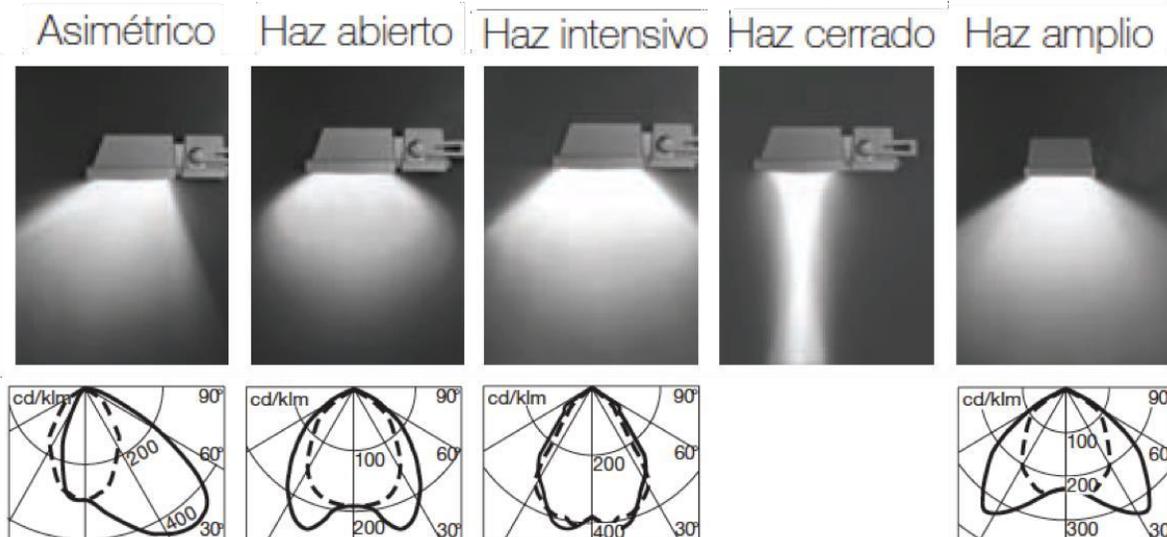
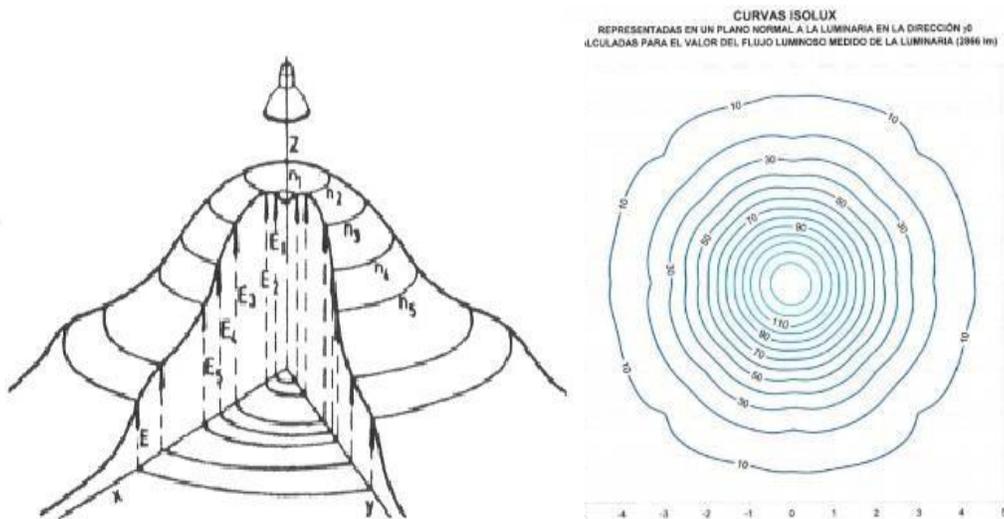


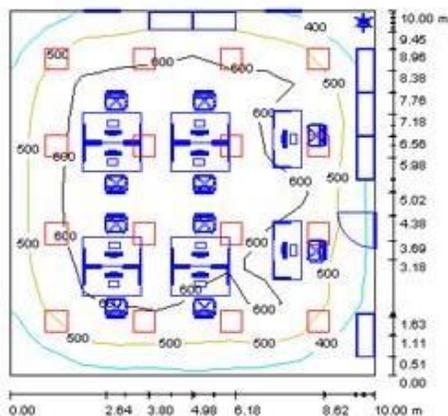
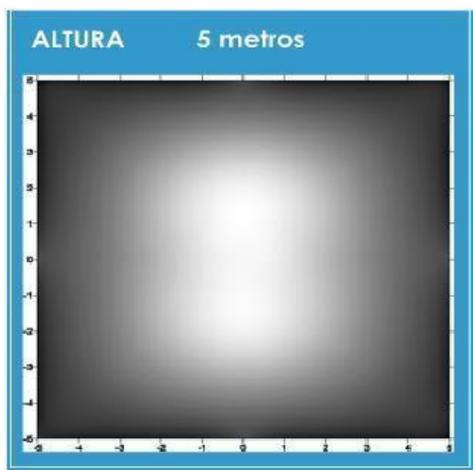
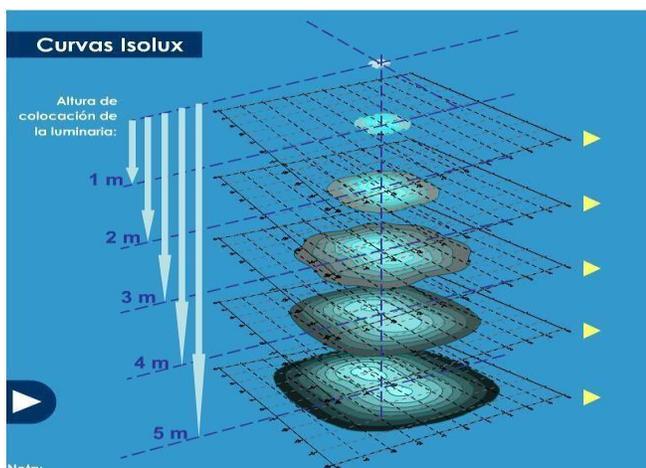
Diagrama o curvas Isolux.

Diagrama para la representación de distribuciones de iluminancia, en el que se representan en un plano de referencia de líneas con la misma iluminancia. Son de gran utilidad en la elaboración de proyectos de alumbrado y se definen como el lugar geométrico de punto que tienen igual nivel de iluminación. Son análogas a las curvas de nivel de los planos topográficos con la salvedad de que en lugar de indicar metros indican lux.

En la siguiente figura se ve representada una curva isolux de diagrama polar simétrico.



Las curvas Isolux se suministran, para una determinada luminaria referida a la distancia de 1 m y para 1000 lúmenes. Los ejes de estas curvas están referidos a múltiplos de la altura de las luminarias. Las curvas isolux hacen referencia a las iluminancias y flujo luminoso recibido por una superficie. Estos gráficos dan información sobre la cantidad de luz recibida en cada punto de la superficie de trabajo.

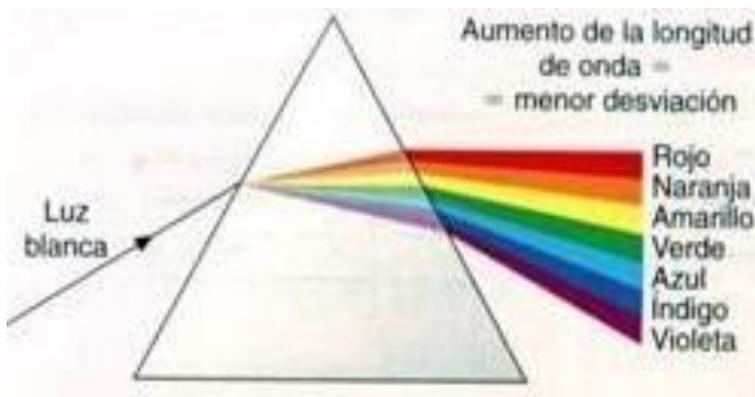


Hauteur de la pièce: 3.300 m, Hauteur de montage: 3.300 m, Facteur d'entretien: 0.80 Valeurs en Lux, Echelle 1:129

Surface	ρ [%]	E_{moy} [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_{moy}
Plan utile	/	555	277	695	0.499

EJEMPLO DE CURVAS ISOLUX EN UNA OFICINA

Color en la luz



Prisma de Newton

El primer descubridor de la descomposición de la luz blanca en un conjunto de colores fue Isaac Newton que demostró como un haz de luz blanco podía dispersarse a través de un prisma (Imagen izquierda), para crear un espectro de siete colores que se mezclaban entre ellos para formar más colores.

Entre sus descubrimientos sobre la colorimetría demostró que las longitudes de onda no se modifican por la refracción o reflexión y que combinando diferentes longitudes de onda se podía obtener la misma luz blanca.

Los colores y las mezclas

El ojo humano no es capaz de distinguir los componentes de color de la luz, solamente distingue el color que se establece por medio de los dos tipos de mezcla de colores:

Cuando se ilumina una superficie blanca, es decir, que refleja todos los colores que le llegan, se produce el efecto de mezcla aditiva. Los tres colores primarios son el rojo, verde y azul se mezclan entre ellos para dar amarillo, azul y magenta. La mezcla con las correctas composiciones de los tres colores primarios da como resultado el blanco. La **mezcla aditiva** crea colores más claros, es decir tienen mayor luminancia porque es la suma de distintas radiaciones.

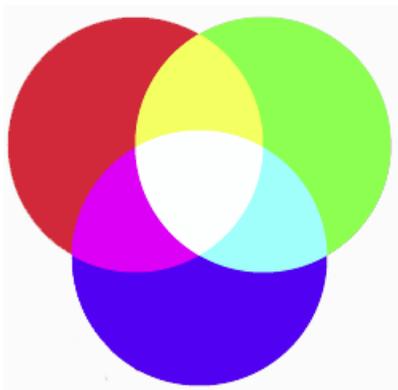


Imagen 1 - Mezcla Aditiva

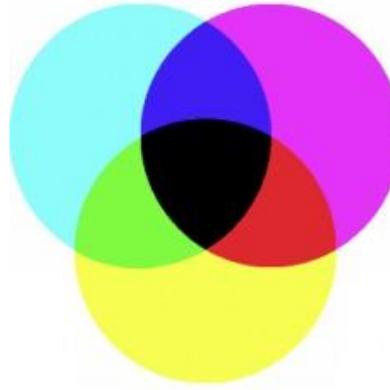


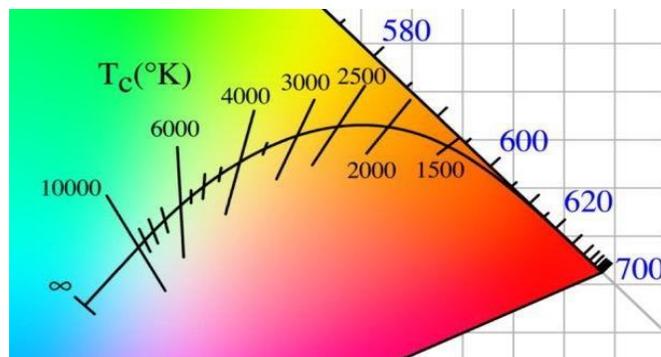
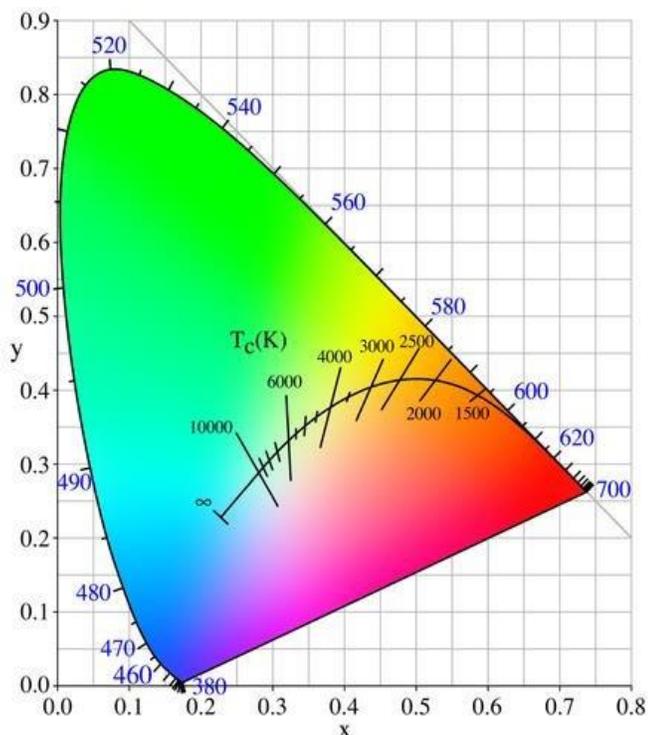
Imagen 2 - Mezcla Sustractiva

Cuando nos referimos a la **síntesis aditiva**, hablamos de la formación de los colores a través de la suma de diferentes luces en sus distintas longitudes de onda. La síntesis aditiva hace referencia a la adición de color, considerando el blanco como la suma de toda luz en máxima proporción del espectro visible. La síntesis aditiva es la que se usa para la separación del color y gracias a ella podemos ser capaces de ver y reproducir los colores de las diferentes pantallas. Los colores primarios aditivos son: Rojo, Verde y Azul (RGB).

Cuando hablamos de **síntesis sustractiva**, nos estamos refiriendo a la obtención de colores por mezclas de pigmentos. De hecho, se llama sustractiva porque al ir añadiendo colores pigmento, sustrae el color.

La mezcla aditiva suma y la sustractiva resta. Esto se debe a que cuando se mezclan pigmentos la química propia de cada componente mineral que forma el color-pigmento entra en acción. Mezclando los colores básicos en la mezcla sustractiva obtendremos el negro. Los colores sustractivos primarios (cian, magenta y amarillo) son los que se crean mediante la absorción de ciertas longitudes de ondas.

Sistemas de clasificación de los colores - Sistema CIE 1931



El sistema CIE (*Comission International de l'Eclairage*), se basa en las pautas físicas de longitud de onda, pureza de excitación e intensidad luminosa, que representan variables específicas y universales. No se clasifican los colores no autoluminosos y colores de la luz en el marco de un catálogo de pigmentos, sino que se hace según la composición espectral del tipo de luz emitida por una fuente. La representación se hace en el llamado *triángulo tricromático* que contiene los colores saturados en el perímetro, mientras que en el interior del triángulo se encuentra el punto de saturación más bajo nombrado *punto blanco* o *acromático*.

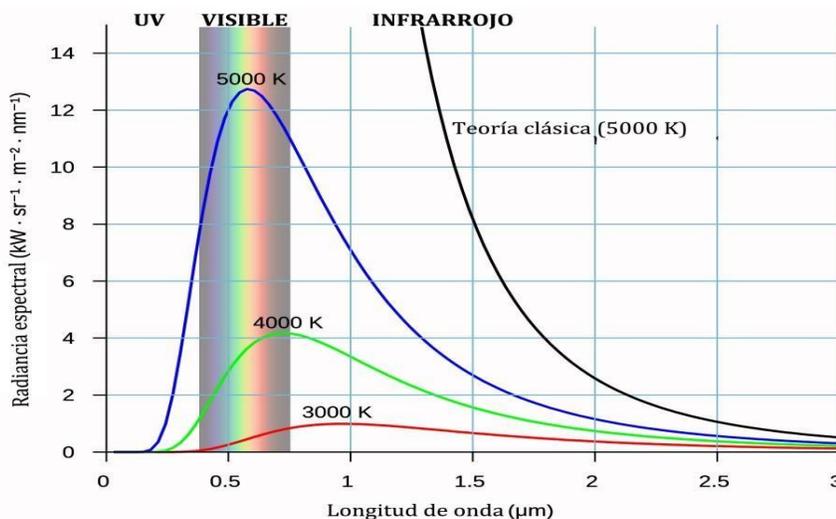
Todas las categorías de saturación de un color se encuentran en la recta que une el punto anterior y el color totalmente saturado situado en el perímetro, y las mezclas posibles entre dos colores se encuentran en la recta que une los colores saturados mezclados.

En el interior del triángulo está representada la luz blanca en una línea llamada *curva de Planck*, correspondiente a los diferentes colores de una lámpara incandescente patrón. Esta curva se subdivide en blancos cálidos para temperaturas inferiores a 3.300 °K, en blancos neutros entre 3.300 °K y 5.000 °K y en blancos fríos para temperaturas superiores a 5.000 °K.

Temperatura del color

La temperatura del color mide que tan frío o cálido reproduce una fuente de luz. Se expresa en grados Kelvin [K].

Del mismo modo que un metal cambia de color a medida que aumenta su temperatura, para calcular la temperatura de color se calentó un cuerpo negro que teóricamente irradia toda la energía que recibe a distintas temperaturas y se va obteniendo la curva de la siguiente imagen. Allí se define la temp. de color para las fuentes de luz.



Temperatura del color en la naturaleza

Escala de color	Temperatura de color	Fuente de luz
	10.000K	Equivale al color del cielo azul
	7.500K	Sombra bajo cielo despejado
	6.000K	Cielo cubierto
	5.200K	Luz del sol al mediodía
	4.500K	Luz del sol por la tarde
	3.500K	Luz del amanecer / Atardecer
	3.000K	Puesta de sol
	2.500K	Bombillas incandescentes domésticas
	1.930K	Luz de las velas

De manera que la temperatura de color de una fuente de luz será la temperatura del cuerpo negro cuando la sensación al ojo de la radiación luminosa de ambos es parecida. Por ejemplo, una lámpara que tenga una temperatura de color de 3000 K, significa que emite la misma radiación que emitiría el cuerpo negro calentado a esa temperatura.

La temperatura del color no es una medida de temperatura real. Define el color de una fuente de luz solo si se asemeja al color del cuerpo negro.

Generalmente, la temperatura de color se asemeja también a la apariencia que proporciona la fuente de luz. La relación entre apariencia y temperatura se define en la tabla siguiente:

Grupo de apariencia de color	Apariencia de color	Temperatura de color (K)
1	Cálida	3.300
2	Intermedio	Entre 3.300 - 5.300
3	Frío	>5.300

Índices de reproducción cromáticos

La temperatura de color influye sobre dos aspectos principalmente, la sensación creada en el ambiente que puede ser de confort o incomodidad, y la distorsión del color. Por estos motivos, la temperatura de color está relacionada con el nivel de iluminación. Mediante observaciones empíricas se definió una curva de bienestar (Curvas de Kruithof), donde se representa la influencia psicológica de la temperatura de color sobre el nivel de iluminación. La curva de la Imagen 4 muestra como para temperaturas de color elevadas, el nivel de iluminancia también debe ser elevado para conseguir sensación de confort. Aunque es posible la sensación de confort cuando el nivel de iluminación es bajo, si la temperatura de color también lo es.

Por ejemplo, para fuentes de luz de temperaturas de color bajas, aproximadamente 2500K, existirá sensación de confort si el nivel de iluminación está en el rango entre 50-100 lux. En cualquier caso, en la curva se observa que las fuentes de luz de temperatura de color elevada, tienen mejor predisposición a crear un ambiente de confort. La sensación de incomodidad se encuentra para temperaturas de color bajas y nivel de iluminación elevado, en estos casos, se crea un ambiente luminoso irreal, con distorsión del color y un ambiente demasiado cálido. O cuando la temperatura de color es elevada, pero la iluminancia es baja que entonces se crea un ambiente frío y oscuro.

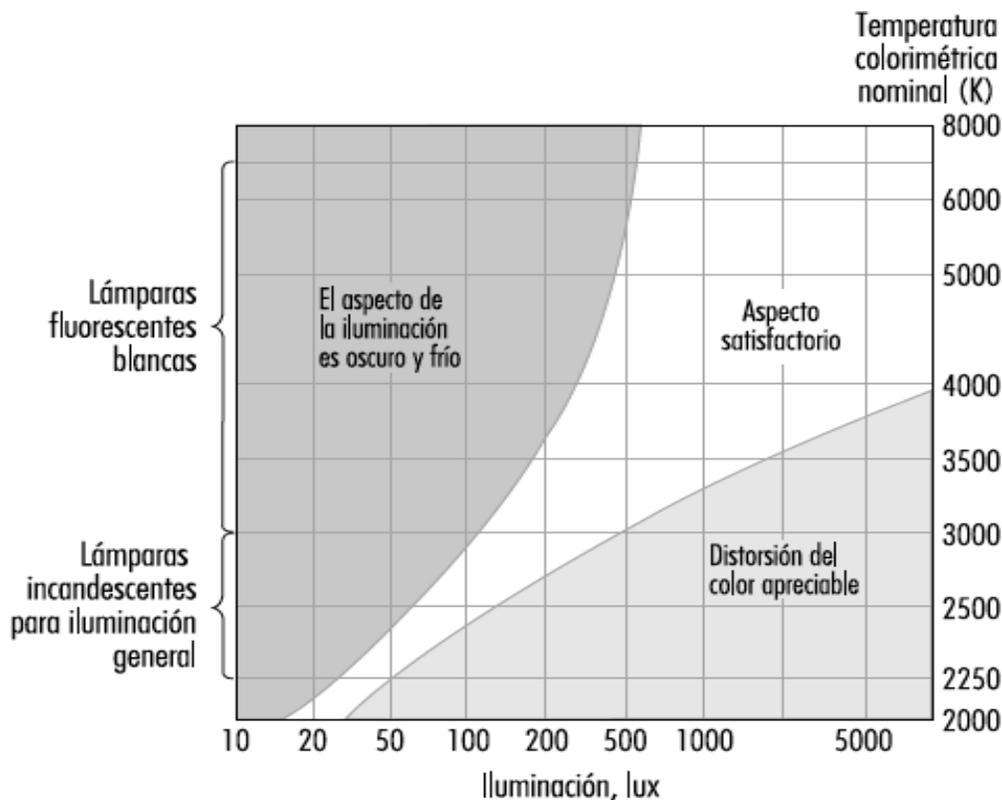


Diagrama de Kruitoff

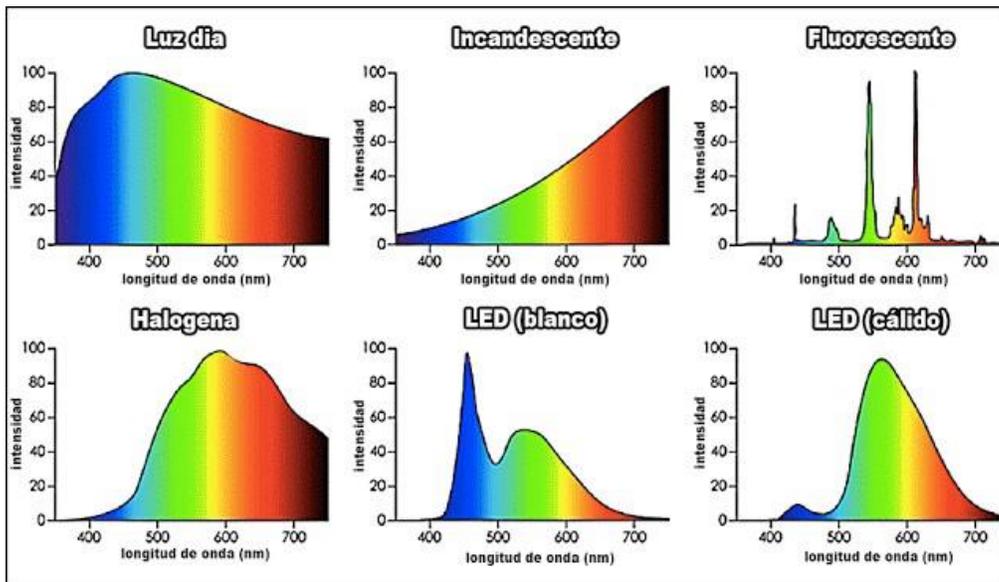
Índice de Reproducción Cromática (IRC)

El IRC es la capacidad de la fuente de luz para reproducir fielmente el color, comparándola con un patrón de referencia.

El índice de reproducción cromática se mide como IRC o Ra. Cuando las propiedades de reproducción cromática de la fuente de luz y las del cuerpo negro son las mismas el IRC tiene el valor máximo que es 100. Conforme disminuye el valor del IRC también disminuye la veracidad del color que se observa. Normalmente, cuanto mayor es el IRC de una lámpara menor es el rendimiento luminoso. Por lo tanto, en cuanto a la elección de las lámparas, en primer lugar se deben fijar los mínimos necesario de IRC y en segundo lugar se elegirán las lámparas, que cumplan ese IRC, con el máximo rendimiento.

Los índices de reproducción cromático están divididos en grupos:

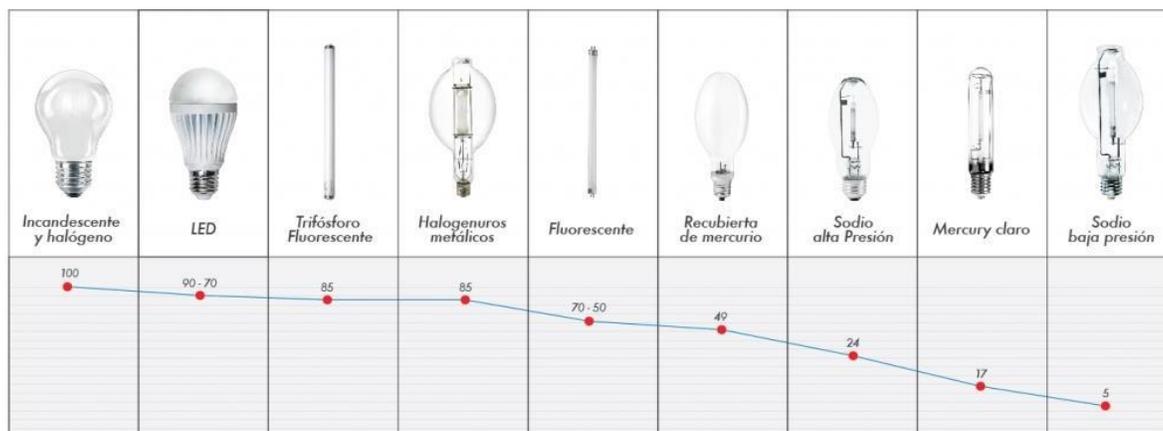
Clasificación aproximada	
Excelente	IRC de 85% a 100%
Bueno	IRC de 70% a 84%
Regular	IRC de 40% a 69%
Malo	IRC inferior al 40%



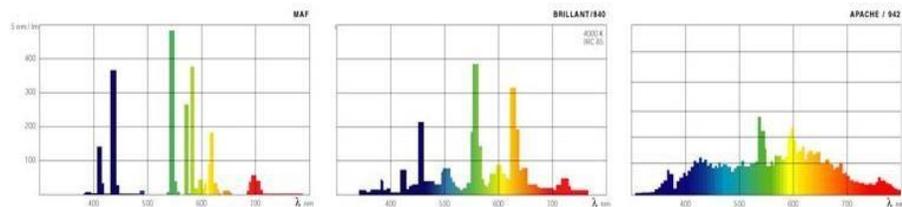
Cada Fuente de luz tiene una temperatura de color distinta con un componente espectral en particular, ello varía según sus componentes de producción como lo demuestra el gráfico adjunto donde en primer lugar se muestra el espectro de la luz diurna y en el resto el espectro de diferentes lámparas de lo que derivará su calidad de reproducción cromática.

Espectro de diversas fuentes

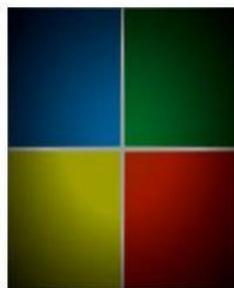
Aunque el IRC es un parámetro independiente de la temperatura del color, ambos parámetros son necesarios para definir la calidad cromática de la fuente de luz.



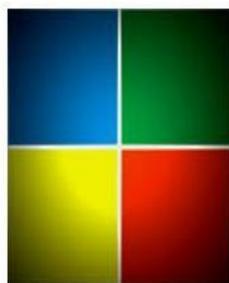
IRC diversas fuentes



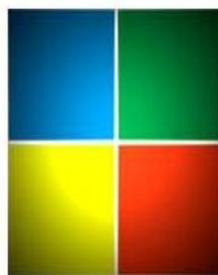
En el caso específico de los leds la temperatura de color está definida como “correlacionada” y expresa el aspecto o tonalidad de luz que tiene la fuente luminosa (luz más cálida o más fría). Este parámetro únicamente es válido para fuentes emisoras de luz blanca.



LÁMPARA DE MERCURIO
IRC 45



FLUORESCENTE
IRC 85



HALOGENUROS METÁLICOS
IRC 90

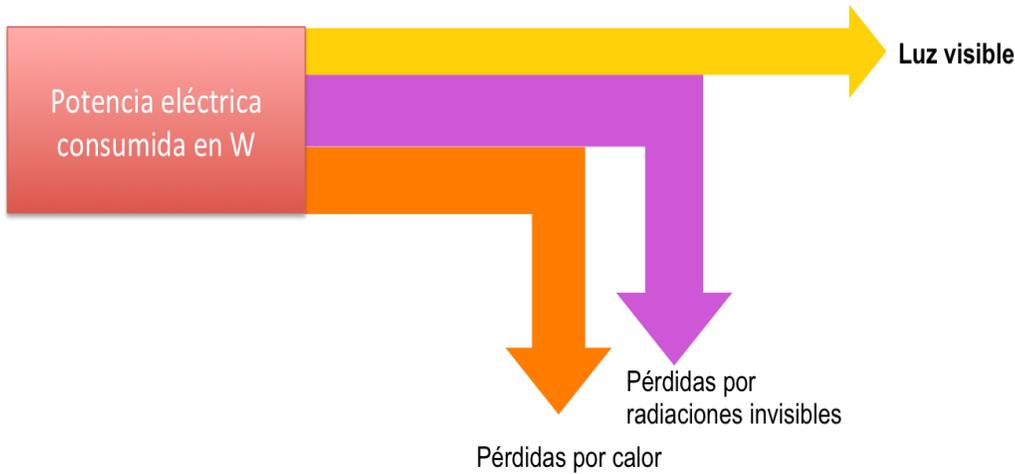
Curiosamente a pesar de que el rojo se asocia a un color cálido y el azul a un color frío, en la curva planckniana del diagrama CIE 1931, el color azul se da a temperaturas más elevadas que el rojo. Los LED blancos se clasifican según su temperatura de color correlacionado (T_{cp}) en:
 Blanco cálido 2.700 a 3.300 K
 Blanco neutro 3.300 a 5.300 K
 Blanco frío mayor a 5.300 K

Fuentes de luz tradicionales y equipos auxiliares

Características generales de las fuentes de luz

Las fuentes de luz y las luminarias hoy denominadas “tradicionales” fueron siempre los elementos más importantes en un proyecto de iluminación. Una buena elección del conjunto influyo en la correcta iluminación del espacio, disminución de contaminación lumínica, y ahorro en mantenimiento entre otras. Actualmente en el mercado existe una gran variedad de lámparas consideradas tradicionales pero su uso desde la incorporación de los Led como fuentes modernas, se van modificando y o adecuando al reemplazo por esta tecnología. En este punto se va a describir la máxima variedad de modelos de lámparas y sus características, aunque es difícil generalizar debido al amplio abanico de las mismas

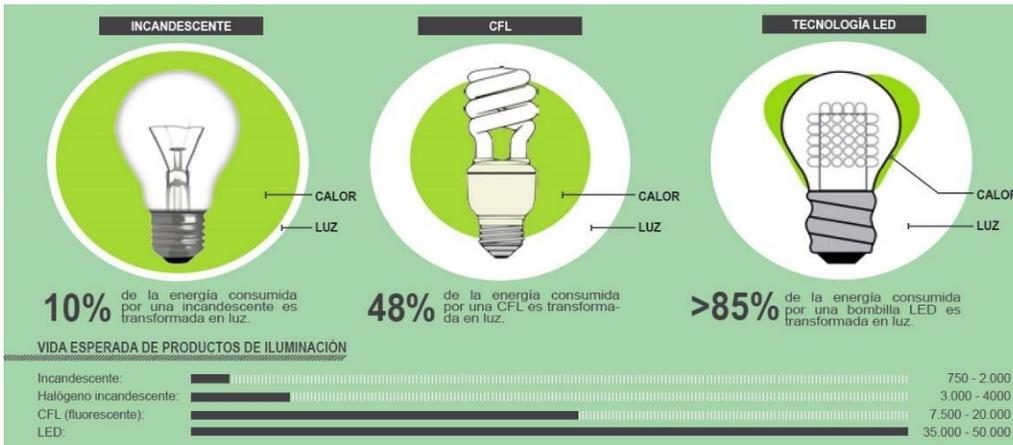
Eficacia luminosa



Quando se enciende una lámpara no se transforma toda la energía en luz sino que una parte de esa energía se pierde en formas de calor o radiaciones no visibles.

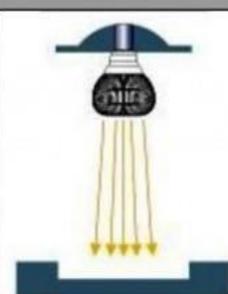
La eficacia luminosa o rendimiento luminoso se define como la cantidad flujo luminoso emitido por una lámpara por cada unidad de potencia eléctrica que consumida. Se expresa en lm/W y su símbolo es η

Comparativo de rendimiento de fuentes tradicionales y leds



Durante años hemos considerado la cantidad de energía que consúmenlas lámparas (watts), sin importar cuánto brillan o cuantos lúmenes tenían. Los watts de una lámpara sólo nos dicen cuánta energía consume y no cuánto brilla.

Comparativo de consumos y rendimientos en relación a luminarias tradicionales y fuentes led

Fluorescente		LED	
	80 lm/w		110 lm/w
Rendimiento Luminaria 40 – 60%		Rendimiento Luminaria 85 – 90%	
Eficacia 40lm/yy		Eficacia 80lm/yy	

Hoy con el desarrollo de las fuentes leds nos basaremos en la cantidad de lúmenes (lm) y no en la cantidad de watts, ya que los lúmenes miden la cantidadde luz que éstas emiten; y de hecho ya los leds que se comercializan nos detallan los lúmenes que emiten y el promedio de horas de vida útil.

Las fuentes de luz tradicionales contemplan ciertas características

Tiempo de encendido

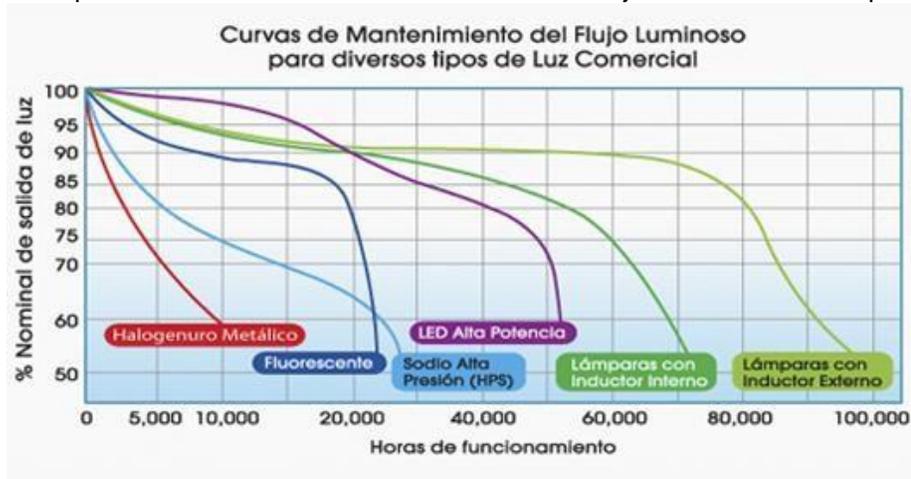
El tiempo de encendido es el tiempo necesario de las lámparas para llegar al nivel estable de flujo luminoso, arrancando en frío.

Tiempo de reencendido

El tiempo de reencendido es el tiempo necesario, en las lámparas de descarga, que existe entre el enfriamiento de la lámpara y su posterior encendido.

Depreciación Luminosa

La depreciación luminosa es la disminución del flujo luminoso emitido por una lámpara a lo largo de su vida útil.



Depreciación luminosa de las diversas lámparas

Fuente de luz	Vida nominal	% depreciación luminosa al 50% de la vida nominal	% depreciación luminosa al 100% de la vida nominal
Incandescente	1.000	88	83
Incandescente halogenada	2.000	98	97
Fluorescente T8	20.000	85	75
Mercurio	24.000	75	65
Mercurio halogenado	15.000	74	68
Sodio de alta presión	24.000	90	72

Vida nominal y depreciación luminosa de lámparas

Vida útil

La vida útil de una lámpara se define como el número de horas de funcionamiento antes de sufrir una depreciación del 30%.

Desviación de la tensión nominal

Cualquier desviación que se produzca sobre la tensión nominal afecta negativamente a la fuente de luz, produciendo un envejecimiento prematuro de la lámpara o su destrucción anticipada.

Temperatura ambiente

Las lámparas están diseñadas para funcionar a temperaturas comprendidas entre -30°C y 50°C. Pero depende del tipo de fuente y luminaria el valor de la temperatura ambiente óptimo para no deteriorar la fuente de luz y esto es importantísimo en la duración y rendimiento de los leds.

Equipos Auxiliares

Los equipos auxiliares son dispositivos que se utilizan para:

- estabilizar los valores nominales de funcionamiento
- ejercer un control sobre la lámpara en el encendido, apagado o regulación de la intensidad

Las fuentes de luz tradicionales más precisamente las lámparas de descarga utilizaban **balastos o reactancias**. Hoy la tecnología Led utiliza los denominados DRIVERS.

Básicamente los drivers LED cumplen dos funciones.

- Transforman la corriente. De alterna (CA) a continua (CC)
- Adaptan el voltaje de salida a las necesidades del LED. Los LED debido a su bajo consumo, funcionan con tensiones muy bajas, por lo que una tensión elevada no sólo no funcionaría, sino que los quemaría

Los drivers tienen un rango de trabajo determinado y no todos los drivers sirven para todo tipo de luminarias.

El driver es el encargado de rebajarla sin desperdiciar energía, manteniendo la corriente constante y atenuando la generación de calor.

Los leds son sensibles a las alteraciones de corriente por lo tanto el driver es vital para establecer constante la tensión eléctrica, lo que hace mantener estable el flujo lumínico (intensidad y color) y la temperatura de la luminaria.

Principio Físico de las fuentes de luz

Para conseguir luz artificial debe existir una transformación de energía eléctrica a energía radiante. Los dos métodos de transformación más utilizados son: la **termorradiación** y la **luminiscencia**.

Un ejemplo de termorradiación natural es la luz que proporcionan el Sol y las estrellas. De manera artificial la termorradiación se basa en la radiación de luz por parte de un cuerpo caliente. Se puede conseguir por combustión de una sustancia sólida, líquida o gaseosa, como por ejemplo una antorcha o una lámpara de aceite. O también se puede conseguir haciendo pasar corriente eléctrica a través de un hilo conductor que alcance temperaturas tan elevadas que emitan radiaciones en el espectro visible por el ojo. A este sistema pertenecen las incandescentes. La termorradiación también proporciona una gran radiación térmica. Este aspecto puede ser muy negativo si se quiere iluminar un espacio cerrado sin ventilación y no se hace uso de luminarias que ayuden a ventilar dicho calor. Dentro del principio de la luminiscencia la luz se puede obtener por el procedimiento de la electroluminiscencia. La electroluminiscencia se basa en el paso de corriente eléctrica a través de las moléculas de un gas de relleno o un material sólido. Las lámparas de descarga y los LEDs proporcionan luz por este procedimiento.

La Imagen siguiente muestra un cuadro con la relación entre los agentes físicos naturales y artificiales que intervienen en la producción de luz.

• Luminarias o artefactos de iluminación tradicionales.

Las luminarias o artefactos de iluminación, son los elementos encargados de cubrir las lámparas para protegerlas de los agentes externos, dirigir el flujo luminoso hacia la zona deseada y contener los elementos auxiliares para su funcionamiento.

La normativa de la Unión Europea, define la luminaria (Artefacto de Iluminación), como: *aparato de alumbrado que reparte, filtra o transforma la luz emitida por una o varias lámparas y que comprende todos los dispositivos necesarios para el soporte, la fijación y la protección de lámparas, (excluyendo las propias lámparas) y, en caso necesario, los circuitos auxiliares en combinación con los medios de conexión con la red de alimentación.*

Mantenimiento

La iluminancia inicial proporcionada por las luminarias disminuye de manera gradual con el tiempo debido al uso, (disminución de los lúmenes de las lámparas, a la suciedad del sistema, etc). Pero es posible mantener la iluminancia sobre un mínimo si se limpian las lámparas y luminarias, se reemplazan las lámparas quemadas o gastadas. Es decir, si se establece un programa de mantenimiento de la instalación.

Componentes de una luminaria Led

Las luminarias LED tienen los mismos componentes por momentos similares a los que tenían las anteriores luminarias tradicionales; pero su configuración vendrá determinada por la temperatura a la que trabaja cada LED. Un aumento de la temperatura reduce la eficacia de la lámpara y reduce la vida útil, por lo que es necesario un buen sistema para la disipación de calor que genera la fuente de luz.

Gracias a las ópticas es que logramos redirigir y aprovechar correctamente la luz en las direcciones que precisamos. Y es por este motivo que las **ópticas** son un elemento imprescindible, fundamental para esta tecnología. Sin el sistema óptico la luz del led sería muy plana, difusa y poco utilizable. Las ópticas constituyen de

alguna manera el "corazón" de una luminaria. Si se analiza cuidadosamente, de las ópticas depende en gran parte, el rendimiento o aprovechamiento lumínico de las fuentes led.

Este elemento es el responsable de "conducir" al exterior del artefacto el flujo luminoso que la fuente es capaz de generar. así, por ej. si una luminaria en particular emite 4000 lúmenes si una vez instalada entrega solamente 2000 lúmenes de ese total, evidentemente el mayor responsable mayormente de esa pérdida de rendimiento lumínico son las ópticas quizás quizás por su mala calidad.



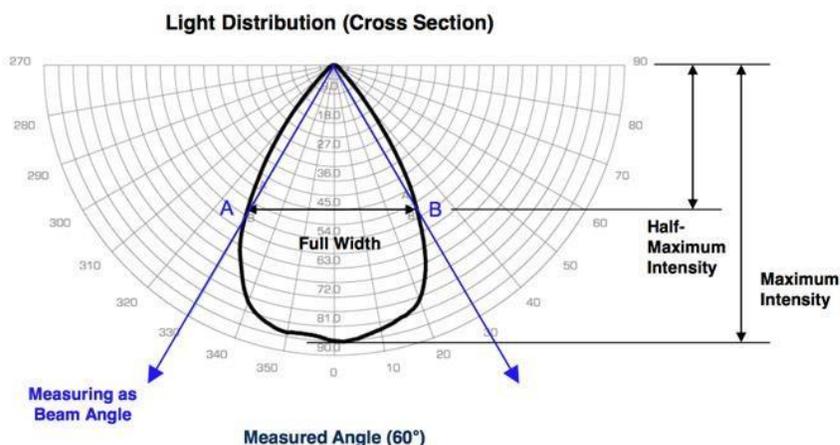
FWHM (Full Width at Half Maximum) es un valor que describe el rendimiento óptico (imagen izquierda), y se trata de la diferencia entre los dos puntos a cada lado de la máxima intensidad del pico lumínico y puede ser utilizada para caracterizar su propagación

El reducido tamaño de los LEDs provoca que para el diseño óptico que se tenga unas condiciones bastante especiales. Para el desarrollo de sistemas de lentes de alta calidad los fabricantes utilizan un proceso de diseño bastante complejo, con interacciones varias.

Se utilizan softwares en 3D que consideran los aspectos ópticos, geométricos y mecánicos de las lentes, combinados con software de CAD, y al mismo tiempo para las medidas y correcciones se emplean equipos de laboratorio para optimizar los diseños de ópticas.

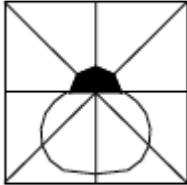
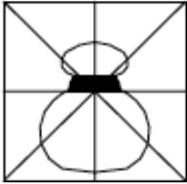
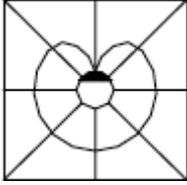
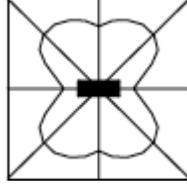
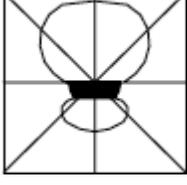
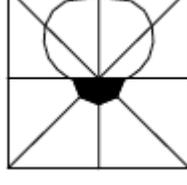
Las ópticas nos ayudan en varias tareas al mismo tiempo: **mejoran el control del haz de luz** hacia el lugar deseado, **mejoran el rendimiento** de la luminaria, y la eficacia del conjunto, y **evitan el deslumbramiento** directo a los usuarios en direcciones no deseadas.

Int'l Standards, **FWHM** (*Full Width at Half Maximum*)

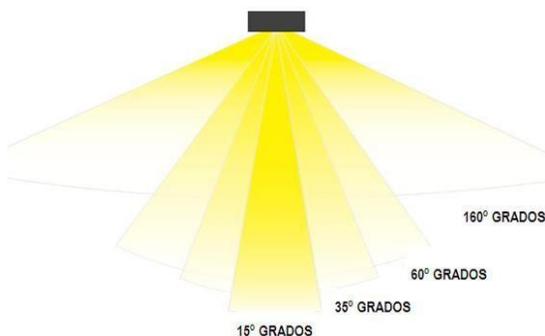


Las ópticas pueden ser **primarias, secundarias o terciarias**, en función de la cercanía al led y de acuerdo con su tarea específica. La lente primaria es la capa inicial que protege al chip, y la secundaria puede ser una lente individual, una matriz, o una lente colimadora. Más allá, puede haber una óptica terciaria (un reflector, un difusor, una lente con filtro, etc.)

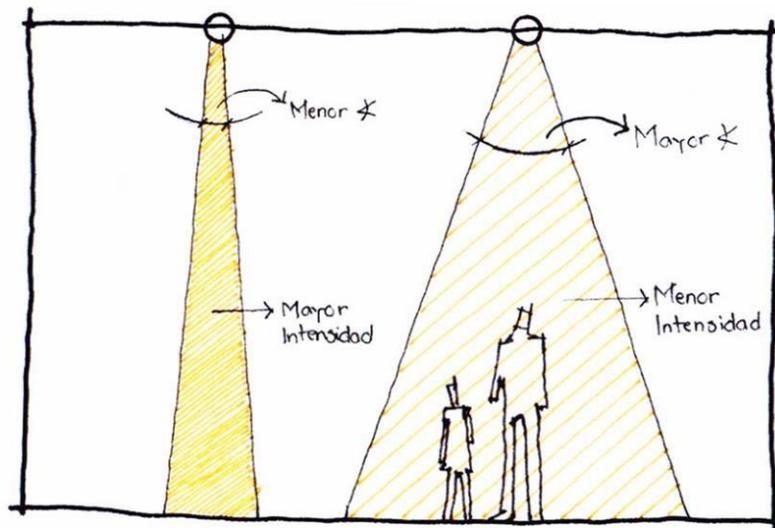
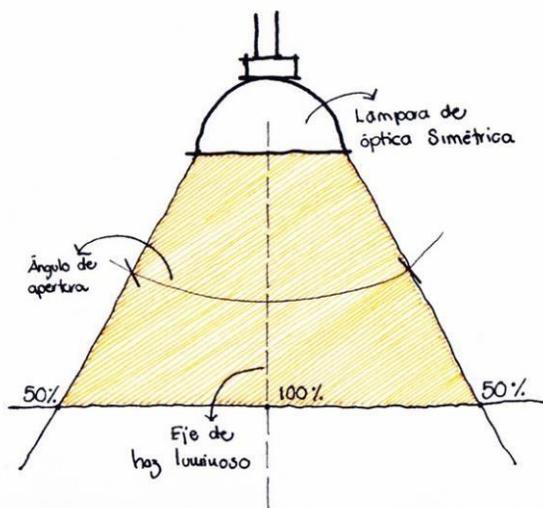
Clasificación de las luminarias de interior según su distribución lumínica.

Tipo de luminaria	Distribución del flujo
Directa	
Semi-directa	
General Difusa	
Directa-indirecta	
Semi-indirecta	
Indirecta	

Clasificación de las fuentes de luz y luminarias según su Angulo de apertura:



Apertura del haz luminoso	Descripción del haz luminoso
10° a 18°	muy estrecho
18° a 29°	estrecho
29° a 46°	medianamente estrecho
46° a 70°	medio
70° a 100°	medianamente amplio
100° a 130°	amplio
mayor a 130°	muy amplio



Rendimiento de las luminarias:

Del estudio fotométrico que realiza el laboratorio de luminotecnia sobre una luminaria, se obtiene el rendimiento de la luminaria que se expresa en porcentajes y se representa mediante la letra **h** (eta) del alfabeto griego. Así por ejemplo, una luminaria que posee un rendimiento del 60% se expresa **h = 60%**.

El rendimiento de la luminaria permite conocer que cantidad del flujo luminoso de la fuente de luz (lámpara), utilizada es “devuelto” por dicha luminaria. Este dato es de vital importancia en el aspecto económico de una instalación de iluminación. Existen luminarias que, por sus características constructivas como así también por los elementos reflectantes y difusores que la componen (espejos, pantallas, louvers, acrílicos, vidrios, etc) entregan un porcentaje muy pequeño del total del flujo luminoso emitido por la fuente. Esto da como resultado una instalación antieconómica tanto en la inversión inicial como en el costo del consumo eléctrico, por cuanto se deberán colocar demasiadas luminarias para obtener el nivel de iluminación deseado.

Características generales y especificaciones de los sistemas de alumbrado:

Características aproximadas de los sistemas de alumbrado						
Sistema de Alumbrado	Disposición de Luminarias	Características Luminotécnicas	Efectos		Coordinación con ubicación de áreas de trabajo	Consumo energético
			Sobre el Espacio	Visuales Sobre personas y objetos		
General Directo o indirecto	Uniforme	Altos niveles de Iluminancia en todo el espacio. Excelente uniformidad. Reducción de contrastes y brillos. Se minimiza la proyección de sombras.	Produce sensación de amplitud y orden Crea atmósferas de monotonía y condiciones propicias para trabajos que requieren de alta concentración.	Modelados blandos. Aplana texturas. Oculta detalles. Minimiza efectos de reflejos especulares Apaga intensidad de los colores.	No requiere	Elevado (más con sistema indirecto). No permite reducción individual de los niveles de iluminación.
Localizado	Irregular	Altos niveles de Iluminancia sólo en áreas de interés. Uniformidad general baja Contrastes realzados. Puede causar importante proyección de sombras	Produce sensación de reducción del espacio. Puede crear atmósferas dramáticas, estimulantes y distractivas	Modelados duros. Realza textura y detalles. Los colores resultan más intensos. Ideal para crear efectos luminosos.	Muy importante	Reducido. Adecuado para controlar niveles de iluminación individualmente.
General y localizado	Uniforme (general) e irregular (localizado)	Iluminancia general reducida respecto de áreas de trabajo. Uniformidad general baja. Contrastes realzados. Puede causar importante proyección de sombras	Un balance adecuado puede compensar la sensación de reducción del espacio y crear condiciones propicias para el trabajo	Con un balance adecuado el modelado resulta casi natural. Buena apariencia de textura y detalles.	Muy importante sólo para el sistema de alumbrado localizado	Intermedio entre alumbrado general y localizado. Adecuado para controlar niveles de iluminación individualmente sin afectar el resto de la instalación.
Modularizado	Uniforme por sectores	Iluminancia media elevada. Uniformidad excelente. Reducidos contrastes y proyección de sombras	Idem a alumbrado general	Idem a alumbrado general	Importante para determinar el arreglo de luminarias	Elevado. Requiere sectorización de los circuitos. Permite reducción de los niveles de iluminación por sectores.

Catálogos de Luminarias: Ejemplo de un artefacto led con información detallada de componentes y función.

MACROLED®



Panel 30/30 Modelo PEC 24

Información adicional

Potencia	24W / Medidas 0,29x0,29 cm
Tensión	AC220-240V – 231mA
Rango de Frecuencia	50/60 Hz – Factor de Potencia 0.5
Color	Blanco Cálido / Blanco Frío
Temperatura de color	3000K / 6000K
Flujo Luminoso	2040lm / 2160lm
Eficiencia lumínica	85lm x W / 90lm x W
Apertura	120°
Dimerizable	No
Vida Útil	25000 Hs
Tipo de LED	SMD 2835
Marca de LED	Epistar
Cantidad de LED	120
Material	Aluminio - IP20

Fuentes de luz

Iluminación convencional

Las tecnologías de iluminación convencionales han sido la manera tradicional de alumbrar calles, edificios y hogares. Existe iluminación convencional de lámparas halógenas, fluorescentes, fluorescentes compactas, compactas de descarga de alta intensidad e incandescentes

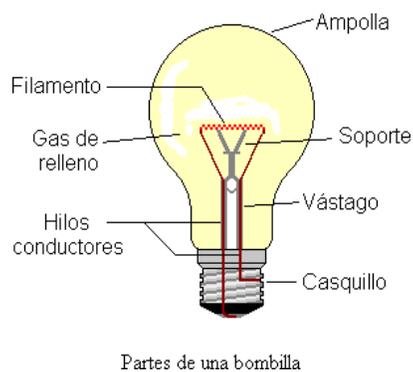
ión
convencional



Iluminación LED

La iluminación por LED es muy eficaz, duradera, respetuosa con el medio ambiente y controlable y hace posibles aplicaciones de la luz tanto novedosas como tradicionales

Lámparas incandescentes (Ya son la historia...)



Las lámparas incandescentes fueron la primera forma de generar luz a partir de la energía eléctrica. Desde que fueran inventadas, la tecnología ha cambiado mucho produciéndose sustanciosos avances en la cantidad de luz producida, el consumo y

la duración de las lámparas. Su principio de funcionamiento es simple, se pasa una corriente eléctrica por un filamento hasta que este alcanza una temperatura tan alta que emite radiaciones visibles por el ojo humano.

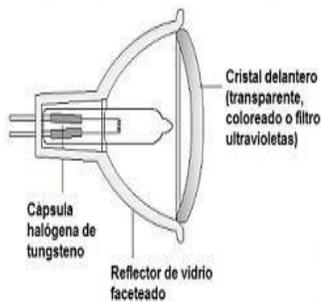
La incandescencia... Inicios de la Luz artificial

La incandescencia se produce pasando una corriente eléctrica a través de un hilo conductor muy delgado como ocurre en las bombillas corrientes. Con este principio obtenemos luz y calor. En general los rendimientos de este tipo de lámparas son bajos debido a que la mayor parte de la energía consumida se convierte en calor. A partir del año 2011 se aplica la prohibición de importar y comercializar lámparas incandescentes con el fin de ahorrar energía, según lo establece una ley que entró en vigencia el 21 de enero del 2010. La ley aprobada en diciembre de 2008 por el Congreso de la Nación establece que el Gobierno podrá dictar medidas tendentes a facilitar la importación de lámparas de bajo consumo. La norma forma parte del Programa de Uso Racional de la Energía Eléctrica, elaborado por las autoridades para reducir el consumo.

Desde su invención en el año 1878, la lámpara incandescente común ha sido prácticamente la fuente de luz artificial más masivamente utilizada. Sin embargo, en la década de los años 50 del siglo pasado la necesidad de dotar a los aviones de una fuente de luz intensa para la navegación nocturna, que se pudiera ubicar en las puntas de las alas, llevó a los ingenieros estadounidenses a desarrollar una lámpara tipo incandescente, pero conceptual y estructuralmente diferente a las conocidas hasta esos momentos. Básicamente se sustituyeron el gas argón utilizado en las lámparas incandescentes comunes, por un elemento halógeno como el yodo (I), que permitió incrementar la temperatura del filamento. Además, en lugar de utilizar el cristal común que emplean las lámparas

incandescentes normales, emplearon cristal de cuarzo. De esa forma surgió una nueva lámpara incandescente, más pequeña y eficiente comparada con sus antecesoras.

Estructura de las lámparas halógenas



Apariencia de color: blanco
 Temperatura de color: 2900 K
 Reproducción de color: Ra 100
 Vida útil: 2000 - 5000 h

La estructura de una lámpara halógena es extremadamente sencilla, pues consta prácticamente de los mismos elementos que las incandescentes comunes. Sus diferentes partes se pueden resumir en: (A) un bulbo o, en su defecto, un tubo de cristal de cuarzo, relleno con gas halógeno; (B) el filamento de tungsteno, con su correspondiente soporte y (C) las conexiones exteriores. Estas lámparas se pueden encontrar con diferentes formas, tamaños, versiones y potencia en watt.

Tipos de Lámparas halógenas



VENTAJAS E INCONVENIENTES DE LAS LAMPARAS HALOGENAS

Ventajas en comparación con las lámparas incandescentes comunes

- Emiten una luz 30 % más blanca y brillante empleando menos potencia en watt.
- Son más eficientes, consumen menos energía eléctrica por lumen de intensidad de luz aportado.
- No pierden intensidad de luz con las horas de trabajo. Los vapores de tungsteno no ennegrecen la envoltura del cristal de cuarzo. Prestan un mayor número de horas servicio.
- La mayoría de los modelos se conectan directamente a la red de distribución eléctrica doméstica de 110 o 220 volt y en otros modelos a un transformador que reduce la tensión a los 12 volt que requieren para funcionar.

Desventajas

- Al igual que ocurre con las lámparas incandescentes comunes, las halógenas consumen más energía disipando calor al medio ambiente que emitiendo luz, aunque su rendimiento es más económico.
- Debido a que el filamento se encuentra muy cerca de la envoltura, el cristal de cuarzo se calienta excesivamente.
- Emiten radiaciones ultravioletas junto con la luz blanca visible.
- No se pueden tocar directamente con los dedos, pues el sudor o la grasa de las manos altera la composición química del cristal de cuarzo. Esa reacción, conocida como “desvitrificación”, deteriora la cápsula o el tubo de protección, provocando que el filamento se funda.

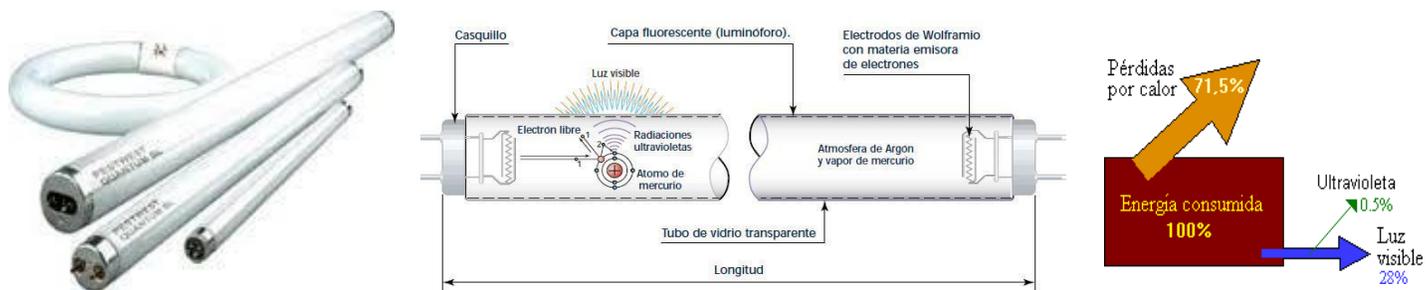
LAMPARAS DE DESCARGA

Tipos de lámparas de descarga

Las lámparas de descarga se pueden clasificar según el gas utilizado (vapor de mercurio o sodio) o la presión a la que este se encuentre (alta o baja presión). Las propiedades varían mucho de unas a otras y esto las hace adecuadas para unos usos u otros.

- **Lámparas de vapor de mercurio:**
 - **Baja presión:**
 - Lámparas fluorescentes
 - Lámparas fluorescentes compactas
- **Alta presión:**
 - Lámparas de vapor de mercurio a alta presión
 - Lámparas de luz de mezcla
 - Lámparas con halogenuros metálicos
- **Lámparas de vapor de sodio:**
 - Lámparas de vapor de sodio a baja presión
 - Lámparas de vapor de sodio a alta presión

Lámparas fluorescentes



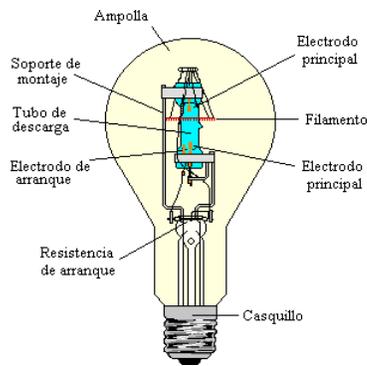
Las lámparas fluorescentes son lámparas de vapor de mercurio a baja presión. Las lámparas fluorescentes están formadas por un tubo de diámetro normalizado, normalmente cilíndrico, cerrado en cada extremo con un casquillo de dos contactos donde se alojan los electrodos. La eficacia de estas lámparas o mejor dicho tubos depende de muchos factores: potencia de la lámpara, tipo y presión del gas de relleno, propiedades de la sustancia fluorescente que recubre el tubo, temperatura ambiente. La duración de estas lámparas se sitúa entre 5000 y 7000 horas. El rendimiento en color de estas lámparas varía de moderado a excelente según las sustancias fluorescentes empleadas.

Lámparas fluorescentes Compactas

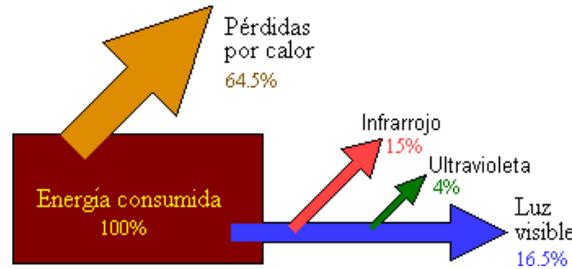


Los tubos rectos fluorescentes eran voluminosos y pesados, por lo que se creó una nueva lámpara fluorescente compuesta por un tubo de vidrio alargado y de reducido diámetro, que dobló en forma de espiral para reducir sus dimensiones. Así construyó una lámpara fluorescente compacta, se podían adquirir fácilmente, convirtiéndola en la opción más apta para el cuidado del medio ambiente en cuanto a su rendimiento lumínico, durabilidad y posibilidad de reciclaje de sus componentes. Se producen en temperatura de color frío o cálido. Hoy los led desplazan rápidamente este tipo de lámparas.

Lámparas de descarga de alta y baja tensión



Las lámparas de descarga de alta y baja tensión constituyen una forma alternativa de producir luz de una manera más eficiente y económica que las lámparas incandescentes o las halógenas estándar. La luz emitida se consigue por excitación de un gas sometido a descargas como se define anteriormente en el concepto de las lámparas halógenas.



Según el gas contenido en la lámpara y la presión a la que esté sometido tendremos diferentes tipos de lámparas, cada una de ellas con sus propias características luminosas.

Funcionamiento

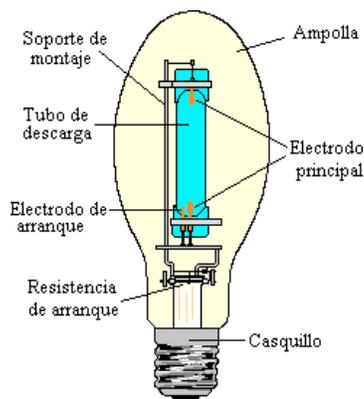
En las lámparas de descarga, la luz se consigue estableciendo una corriente eléctrica entre dos electrodos situados en un tubo lleno con un gas o vapor ionizado. En el interior del tubo, se producen descargas eléctricas. Estas descargas provocan un flujo de electrones que atraviesa el gas. La consecuencia de esto es que la luz emitida por la lámpara no es blanca (por ejemplo en las lámparas de mercurio a alta presión la luz puede tener un leve tinte azul y en las de sodio a baja presión es amarillenta).

Elementos auxiliares

Para que las lámparas de descarga funcionen correctamente es necesario, en la mayoría de los casos, la presencia de unos elementos auxiliares: cebadores y balastos. Los **cebadores** o **ignitores** son dispositivos que suministran un breve pico de tensión entre los electrodos del tubo, necesario para iniciar la descarga y vencer así la resistencia inicial del gas a la corriente eléctrica. Los ignitores son elementos auxiliares para las lámparas de mercurio a alta presión y para las de sodio a baja presión. Los **balastos**, son dispositivos que sirven para limitar la corriente que atraviesa la lámpara y evitar así un exceso de electrones circulando por el gas que aumentaría el valor de la corriente hasta producir la destrucción de la lámpara. Los balastos son elementos auxiliares para las lámparas fluorescentes.

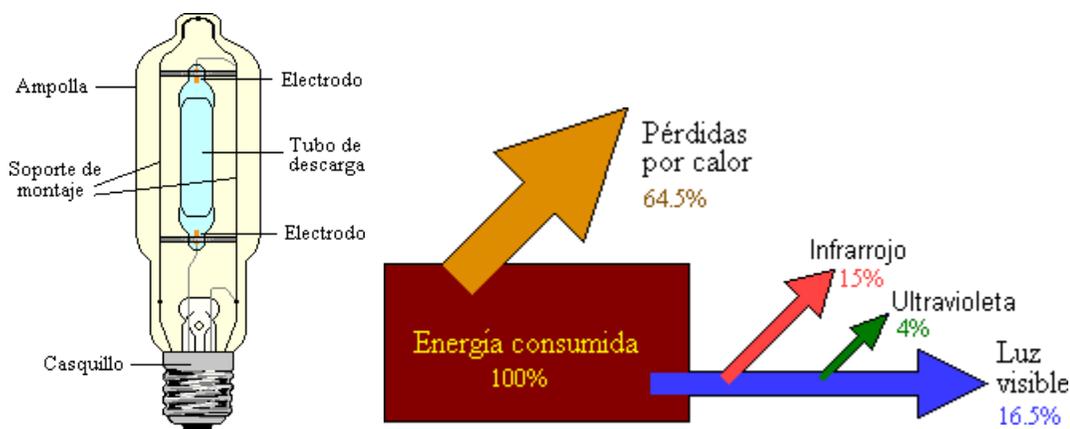
Lámparas de vapor de mercurio a alta presión

Las lámparas de vapor de mercurio de alta presión están entre las primeras lámparas de descarga desarrolladas al igual que las fluorescentes. En estas lámparas de vapor de mercurio la luz emitida, de color azul verdoso, no contiene radiaciones rojas. Como las cualidades cromáticas de estas radiaciones no resultan muy buenas, debido en gran parte a la ausencia de radiaciones rojas, las radiaciones ultravioletas se transforman, mediante sustancias fluorescentes, en radiaciones comprendidas dentro del espectro rojo, dando como resultado una lámpara con un mejor rendimiento cromático.



Lámparas de Halogenuros metálicos

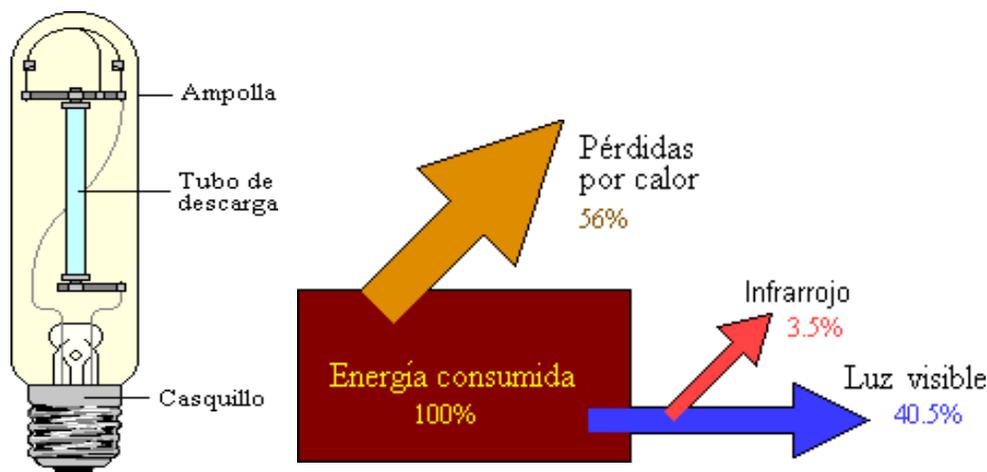
Si a la lámpara descrita anteriormente le añadimos en el tubo de descarga yoduros metálicos (sodio, talio, indio...) se consigue mejorar considerablemente la capacidad de reproducir el color de la lámpara de vapor de mercurio consiguiendo así el desarrollo de este tipo de lámpara denominada de Mercurio Halogenado. Para su funcionamiento es necesario un dispositivo especial de encendido, puesto que las tensiones de arranque son muy elevadas. Las excelentes prestaciones cromáticas ha sido la más adecuada entre otras para la iluminación de instalaciones deportivas, para retransmisiones de TV, estudios de cine, proyectores, etc.



Lámparas de vapor de sodio

Lámparas de vapor de sodio a alta presión

Las lámparas de vapor de sodio a alta presión tienen una distribución espectral de color amarillo, y con ello está muy próxima al máximo de sensibilidad del ojo humano. Por ello, la eficacia de estas lámparas es muy elevada que proporciona una luz dorada cuya consecuencia es que tienen un rendimiento en color de 2100 K y capacidad para reproducir los colores mucho mejores que la de las lámparas a baja presión. La vida media de este tipo de lámparas ronda las 20000 horas y su vida útil entre 8000 y 12000 horas.



Fibra Óptica.

La *fibra óptica* es un medio de transmisión empleado habitualmente en redes de datos; un hilo muy fino de material transparente, vidrio o materiales plásticos, por el que se envían pulsos de luz que representan los datos o la misma luz a transmitir. El haz de luz queda completamente confinado y se propaga por el núcleo de la fibra. Las fibras se utilizan ampliamente en telecomunicaciones, ya que permiten enviar gran cantidad de datos a una gran distancia, con velocidades similares a las de radio o cable. Son el medio de transmisión por excelencia al ser inmune a las interferencias electromagnéticas, también se utilizan como sistema de transmisión de iluminación.

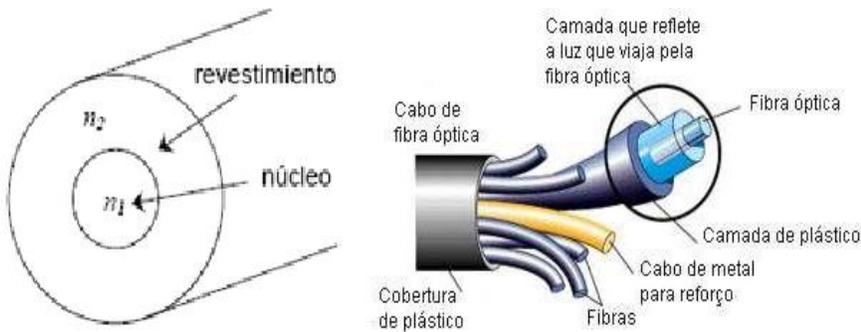
Historia

El uso de la luz guiada, de modo que no se expanda en todas direcciones, sino en una muy concreta y predefinida se ha conseguido mediante la fibra óptica, que podemos pensar como un conducto de vidrio -fibra de vidrio ultra delgada- protegida por un material aislante que sirve para transportar la señal lumínica de un punto a otro.

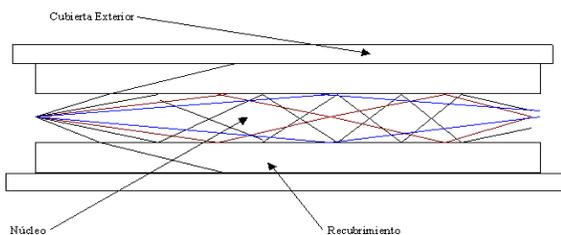
Además tiene muchas otras ventajas, como bajas pérdidas de señal, tamaño y peso reducido. La posibilidad de controlar un rayo de luz, dirigiéndolo en una trayectoria recta, se conoce desde hace mucho tiempo. Uno de los primeros usos de la fibra óptica fue emplear un haz de fibras para la transmisión de imágenes.

Proceso de fabricación

Consiste en una o varias hebras delgadas de vidrio o de plástico con diámetro de 50 a 125 micrones. El revestimiento es la parte que rodea y protege al núcleo. Los dos constituyentes esenciales de las fibras ópticas son el núcleo y el revestimiento. el núcleo es la parte más interna de la fibra y es la que guía la luz. El conjunto de núcleo y revestimiento está a su vez rodeado por un forro o funda de plástico u otros materiales que lo resguardan contra la humedad, el aplastamiento, y otros riesgos. Una vez obtenida mediante procesos químicos la materia de la fibra óptica, se pasa a su fabricación según su destino final que es muy variado: desde comunicaciones digitales, pasando por sensores y llegando a usos decorativos específicamente de iluminación y otros elementos similares, cables submarinos, cables interurbanos, etc



Núcleo y revestimiento F. Optica Cable compuesto de fibra óptica.



Corte transversal de fibra óptica

Características

La fibra óptica es una guía de ondas dieléctricas que opera a frecuencias ópticas. Cada filamento consta de un núcleo central de plástico o cristal de altísima pureza, con un alto índice de refracción, rodeado de una capa de un material similar con un índice de refracción ligeramente menor. En el interior de una fibra óptica, la luz se va reflejando contra las paredes en ángulos muy abiertos, de tal forma que prácticamente avanza por su centro. De este modo, se pueden guiar las señales luminosas sin pérdidas por largas distancias. Su funcionamiento se basa en transmitir por el núcleo de la fibra un haz de luz, tal que este no atraviese el revestimiento, sino que se refleje y se siga propagando. Esto se consigue si el índice de refracción del núcleo es mayor al índice de refracción del revestimiento, y también si el ángulo de incidencia es superior al ángulo límite.

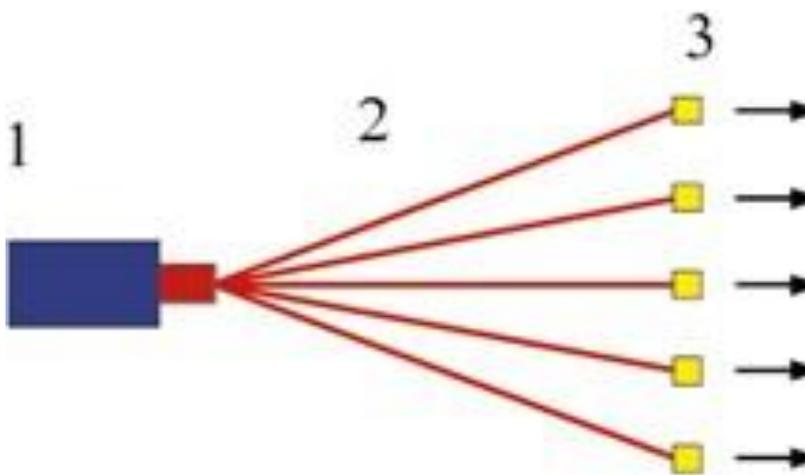
La fibra óptica no transmite energía eléctrica, lo que le brinda un valor agregado al momento de resolver instalaciones lumínicas donde el riesgo eléctrico sea de consideración como la iluminación de piscinas o fuentes ornamentales. Uno de los usos que le podemos dar a la fibra óptica es el de iluminar cualquier espacio. Debido a las ventajas que este tipo de iluminación representa en los últimos años ha empezado a ser muy utilizado.

Entre las ventajas de la iluminación por fibra podemos mencionar:

- Ausencia de electricidad y calor: Esto se debe a que la fibra sólo tiene la capacidad de transmitir los haces de luz además de que la lámpara que ilumina la fibra no está en contacto directo con la misma.
- Se puede cambiar de color la iluminación sin necesidad de cambiar la lámpara: Esto se debe a que la fibra puede transportar el haz de luz de cualquier color sin importar el color de la fibra.
- Con una lámpara se puede hacer una iluminación más amplia por medio de fibra: Esto es debido a que con una lámpara se puede iluminar varias fibras y colocarlas en diferentes lugares.
- Las fibras ópticas son muy usadas en el campo de la iluminación. Para edificios donde la luz puede ser recogida en la azotea y ser llevada mediante fibra óptica a cualquier parte del edificio.

Sistemas lumínicos con fibra óptica

El principio que conforman los componentes de conjunto de iluminación en base a fibra óptica es básicamente lo que se denomina iluminador **(1)**, modulo alimentador o iluminador con fuente led alta potencia RGB que permite los cambios de colores y escenas con regulación de la velocidad en la secuencia de los mismos. **(2)** Los conductores o cables de fibra óptica y **(3)** los punteros o terminales.



Sistema de iluminación con fibra óptica.

Modulo alimentador con distintos terminales

La versatilidad que ofrece la fibra óptica permite una infinita variedad de opciones y diseños con este tipo de sistema de iluminación dotando a los profesionales de un medio de iluminación versátil y con efectos variados, pero de uso acotado y puntual según los casos por el elevado costo de este material.

Leds



¿QUÉ ES UN LED?

Los LED son dispositivos semiconductores de estado sólido lo cual los hace robustos, fiables, de larga duración y a prueba de vibraciones, que pueden convertir la energía eléctrica directamente en luz. El interior de un LED es un pequeño semiconductor encapsulado en un recinto de resina de epoxi.

En contra de otros sistemas, los LED no tienen filamentos u otras partes mecánicas sujetas a rotura ni a fallos por "fundido", no existe un punto en que cesen de funcionar, sino que su degradación es gradual a lo largo de su vida. Se considera que a aproximadamente a las 50.000 horas, es cuando su flujo decae por debajo del 70% de la

inicial, eso significa aproximadamente 6 años en una aplicación de 24 horas diarias 365 días/año. Esto permite una reducción enorme de costos de mantenimiento ya que no se necesita reemplazarlas, por lo que el Costo de Iluminación es mucho menor.



AR111 Clásica GU10



AR111 Comfort G53



AR111 DIM G53



AR111 DIM GU10



AR111 LED Clásica G53



AR70 LED



Dicroica MR16 8W - GU5.3



Dicroica Par16 6W



Dicroica Par16 8W



Esférica LED Clásica E14



Esférica LED Clásica E27



Esférica LED Filamento E14

- Asimismo, por su naturaleza el encendido se produce instantáneamente al 100% de su intensidad sin parpadeos ni periodos de arranque, e independientemente de la temperatura. A diferencia de otros sistemas no se degrada por el número de encendidos.

- El **control de los LED** es otro de los factores importantes. Dada su naturaleza son fácilmente controlables, pudiendo producir efectos y permitiendo controles de energía que con otros dispositivos es más difícil y caro de obtener.

- *Tipos de lámparas led comerciales.*

- Por otra parte, los dispositivos LED son ecológicos ya que no contienen mercurio, tienen una duración mayor, ahorran gran cantidad de energía, un punto significativo a tener en cuenta en las instalaciones y especialmente en las de tipo público, y no producen casi contaminación lumínica, otro aspecto importante en aplicaciones públicas y especialmente de tráfico.

HISTORIA DE LOS LED

El primer espectro visible práctico LED fue desarrollado en 1962, la continuidad en la producción de los LED ha alcanzado un nivel tan alto, que ha sido escogido como la mejor alternativa al bulbo incandescente, a la luz de neón y al fluorescente en muchas áreas. En la actualidad y siguiendo con el ya remoto desarrollo de LED las fuentes de iluminación mencionadas o convencionales actuales están cediendo el paso a los LED máxime con la decisión mundial afín a la sustentabilidad de los recursos energéticos, de dejar de producir las lámparas incandescentes. Así pues con el tiempo el futuro del ser humano será más brillante ya que el empleo común de los LED supondrá ahorro en energía, costos y tiempo. El último avance que revolucionó la producción de los LEDs blancos es la invención del LED azul que sumó el tercer componente a los ya conocidos rojo y verde para armar la composición aditiva de la luz blanca en los LEDs.

Características y ventajas de los LED

- Las características inherentes de los LED lo definen y posicionan como la mejor alternativa a fuentes de iluminación convencionales, y proporcionar una más amplia gama de uso.
- **Pequeño tamaño.**
- Un LED puede ser sumamente pequeño y proporcionar un haz de luz de altas prestaciones lumínicas.
- **Consumo de electricidad bajo.**
- Los LED tienen un consumo de electricidad muy bajo. Generalmente, un LED está diseñado para funcionar en la corriente 2-3.6V, 0.02-0.03A, esto significa que no necesita más de 0.1w para funcionar.
- **Larga duración**
- Con funcionamiento a una tensión nominal, la corriente y el ambiente adecuados los LED disfrutan de una larga vida aproximadamente 100.000 horas.
- **Alta eficacia luminosa y baja emisión de calor**
- Los LED pueden convertir casi toda la energía usada en luz, y por lo tanto el rendimiento de los mismos se traduce en una muy alta eficacia luminosa y baja emisión de calor. Uno de los mejores LED en el mercado actual emite 321lm/w, que es casi dos veces tan eficiente como una bombilla de filamento de tungsteno equivalente.
- **Protección de medio ambiente**
- Los LED están fabricados con materiales no tóxicos a diferencia de las lámparas fluorescentes con el mercurio que contienen y que plantean un peligro de contaminación. Los LED pueden ser totalmente reciclados.
- **Resistente**
- El dispositivo electroluminiscente de los LED está completamente encajado en un recinto de resina epoxi, lo hace mucho más robusto que la lámpara de filamentos convencional y el tubo fluorescente; no hay ninguna parte móvil dentro del recinto de epoxi sólido, es más resistente a vibraciones o impactos. Esto hace que los LED sean altamente resistentes.
- **Iluminación decorativa**
- Debido a la variedad rica en colores, el pequeño tamaño, la durabilidad, los ahorros de energía, los LEDs son la fuente de iluminación perfecta para el uso decorativo. Bien posicionado; los LED pueden ser usados para iluminación arquitectónica, perimetral, señalización, balizas, cartelería, etc.

Partes de un LED



1. **Lente Epóxido** Este lente mantiene todo el paquete estructurado, determina el haz de luz, protege al chip reflector, además de extraer el flujo luminoso.
2. **Cable Conductor** Es un cable muy delgado de metal de optima pureza, el cual conecta cada terminal a cada uno de los postes conductores.
3. **Chip** Consiste en dos capas de material emisor semiconductor, cuando los átomos son excitados por un flujo de corriente intercambiando electrones se crea el haz de luz.
4. **Reflector** Está por debajo del Chip reflejando y proyectando luz hacia fuera.
5. **Cátodo** Poste hecho de aleación de cobre y conduce carga negativa, el cátodo es más corto que el ánodo para facilitar un ensamble más rápido y preciso en el circuito.
6. **Ánodo** Poste hecho en aleación de cobre y conduce carga positiva.

Tipos de Chips leds



LED COB

Tienen un rendimiento lumínico de hasta 120 lúmenes/vatio, dos veces más que un SMD

Ángulo de apertura de hasta 160° La intensidad lumínica es mayor sin necesidad de concentrar tanto el haz de luz Mayor durabilidad. Luz multidireccional sin deslumbramiento

LED SMD

Rendimiento lumínico entre 60-70 lúmenes/vatio, la mitad que los LED COB Ángulo de apertura de hasta 360°. No están diseñadas para estar continuamente encendidas, ya que genera mucho calor y podría afectar a su rendimiento Al no llevar filamentos son muy resistentes a golpes y movimientos Emite luz unidireccional exclusivamente, por eso es adecuada para las viviendas.



Los LED SMD están incorporados en bombillas y focos más comunes que podemos encontrar son los siguientes

- **3528:** Pequeños y de poca potencia. Puedes encontrarlos en tiras de LEDs o en diólicas agrupados en gran cantidad. Suelen dar buen resultado.
- **5050:** Encapsulan tres LEDs equivalentes al 3528. Es el más comúnmente usado y se encuentra en muchas bombillas LED. Aunque hay LEDs más modernos, el 5050 está bastante probado con resultados satisfactorios
- **5630:** Este tipo de LED SMD es algo más actual y más potente que el 5050, además tiene un tamaño inferior. Estas características podrían darnos a entender que es la mejor elección, pero por lo visto la gente está bastante descontenta con el resultado en cuanto a durabilidad.

TIRAS DE LEDS (Tipos y características)



TIRA SMD3528

Las tiras de LED SMD3528 son de media potencia y bajo consumo. Es utilizada mayoritariamente para perfilar con luz contornos en decoración. El consumo promedio (W/metros) suele ser bajo, por lo que se convierte en la tira de menor consumo. Puede ser cortada cada metro y opcionalmente puede regularse su intensidad mediante un dimmer. Una gran ventaja, es la posibilidad de instalar grandes tiradas (hasta 100 metros) con un mismo controlador, haciendo que la instalación de este tipo de tira sea fácil y sencilla. Se encuentran en formato monocolor y son la solución más económica.

TIRA SMD3014

Las características del chip SMD3014 hacen ideal este tipo de tiras para la iluminación continua en todo tipo de espacios arquitectónicos y decoración. Incorporan un disipador de calor que permite aumentar el número de chip por metro de tira (120Leds/metro), permitiendo así ofrecer una alta luminosidad y emisión de luz más uniforme en toda la tira. Está disponible en formato monocolor (blanco cálido, blanco frío, rojo, verde y azul) para adaptarse a cualquier ambiente. El consumo es muy bajo, tienen una alta eficiencia energética. Es posible instalar un dimmer para controlar la intensidad de luz.

TIRA SMD5050

Las tiras con chip SMD5050 son tiras de alta potencia y consumo más alto. Son conocidas como tiras de triple núcleo (por las tres diferentes áreas que se pueden identificar al mirar de cerca el LED). Estas tiras LED puede ofrecer una intensidad de luz hasta 3 veces mayor a las SMD3528, por lo que hace de estas tiras más adecuadas para áreas que están expuestas a mayores niveles de luz ambiental. Lógicamente, esto las hace más caras, siendo utilizadas para instalaciones con altos requerimientos de luminosidad ya que su costo por lumen suele ser más bajo. También es posible incorporar un regulador para controlar la intensidad de luz.

TIRAS SMD5050 y 2835 High Power

Tira led de altas prestaciones. Ofrecen casi el doble de potencia de luz (lm/metro) que las SMD5050 estándar y prácticamente el mismo consumo (W/m). Están disponibles monocolor y RGB, lo que permite ampliar su uso para todo tipo de necesidades de decoración. Ideal para instalaciones profesionales en la que se requiera una alta potencia de luminosidad. Opcionalmente puede incorporar controladores para regular la intensidad y color de luz.

Prestaciones de los LED

Las prestaciones de los LED, como las de cualquier fuente luminosa, se pueden dividir en cuatro grupos: fotométricas, colorimétricas, eléctricas y de duración o vida. En las características fotométricas se incluye el flujo luminoso (lm), la intensidad luminosa (cd) y su distribución espacial, así como la eficacia luminosa (lm/W), que desde el inicio de la tecnología de los LED ha ido aumentando y mejorando sustancialmente.

Se debe contemplar que el flujo luminoso emitido por un LED depende de la gestión correcta de cuatro parámetros:

- A) La calidad de las sustancias añadidas al silicio con la finalidad de aumentar la generación de fotones. De dicha calidad también va a depender el color de la luz emitida.
- B) La intensidad de la corriente eléctrica que atraviesa el LED, que cuanto mayor sea, más elevado será el flujo emitido, aun cuando no es conveniente alimentarlos a más de 700 mA, porque se reduce mucho la vida y la eficacia luminosa (lm/W) baja.
- C) La capacidad de disipación del calor, directamente ligada a la intensidad de corriente.
- D) El rendimiento del sistema óptico.

Temperatura de color correlacionada

Temperatura de radiador de Planck cuyo color percibido, bajo condiciones especiales, es el más parecido a un estímulo dado de la misma luminosidad. Su símbolo es T_{cp} y la unidad K (Kelvin).

La temperatura de color correlacionada expresa el aspecto o tonalidad de luz que tiene la fuente luminosa (luz más cálida o más fría). Este parámetro únicamente es válido para fuentes emisoras de luz blanca.

Curiosamente a pesar de que el rojo se asocia a un color cálido y el azul a un color frío, en la curva planckniana del diagrama CIE 1931, el color azul se da a temperaturas más elevadas que el rojo. Los LED blancos se clasifican según su temperatura de color correlacionado (T_{cp}) en:

- Blanco cálido 2.700 a 3.300 K
- Blanco neutro 3.300 a 5.300 K
- Blanco frío > 5.300 K

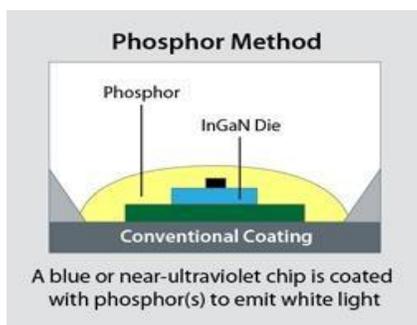
A temperaturas más elevadas que el rojo. Los LED blancos se clasifican según su temperatura de color.

Uniformidad de color.

Generación de luz blanca

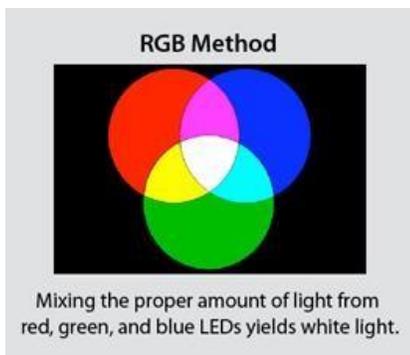
No existe material de LED que pueda generar luz blanca directamente, la luz blanca se consigue mezclando varios colores únicos. Los diodos consisten de dos capas de cristal, cada una formada por dos de tres elementos. Las combinaciones más comunes incluyen InGaAlP (Indio Galio Aluminio Fosforo), AlGaAs (Arseniuro de galio y aluminio), AlGaP (Fosforo de aluminio y galio), GaN (Nitruro de Indio y Galio), con una variedad de otros combinaciones todos producidos mediante el método EPITEXIAL.. Las investigaciones han progresado con la finalidad de superar los desafíos técnicos asociados con el uso de otros materiales de sustrato de bajo costo.

Existen dos formas de conseguir esta luz blanca



- **Primer Sistema**

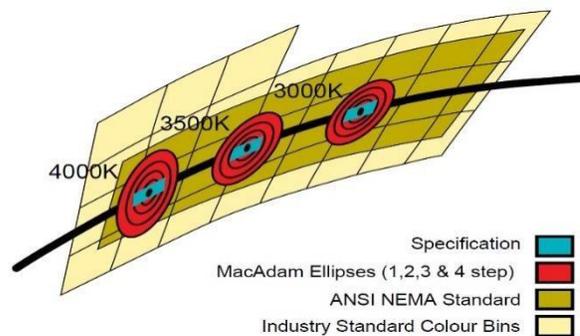
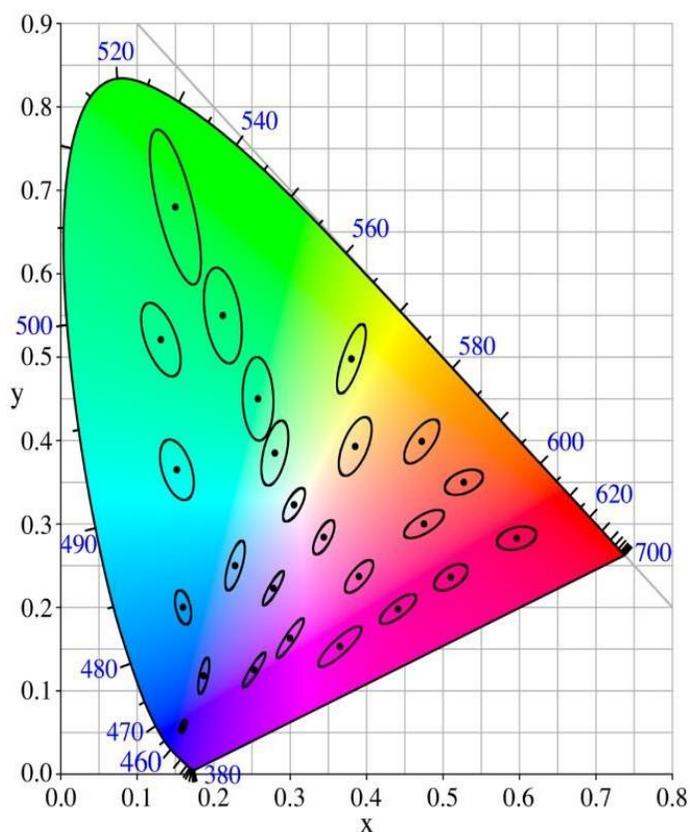
Utilizando a la vez diferentes tipos de LED monocromáticos y mezclando la luz emitida por un chip rojo, otro chip verde y finalmente un chip azul, cuya suma resultante es una emisión de luz blanca. Este método denominado de producción se ha descartado no sólo por su coste sino también porque el rendimiento de color Ra obtenido es muy pobre.



• Segundo Sistema

Otro método consiste en utilizar un chip azul con una capa de fósforo amarillo, exactamente como se hace con la fluorescencia, es decir, se aplica el mismo principio. Y en función de la mezcla de los fósforos se obtienen LED con diferentes temperaturas de color. En este segundo sistema se utiliza un solo chip azul con un recubrimiento individual por cada chip de fósforo, en este proceso de fabricación se debe tener especial cuidado en la uniformidad del recubrimiento del chip azul, para evitar acumulaciones, que origine una distribución poco homogénea.

Elipses de MacAdam



Lo esencial para iluminar con LED, está asegurado cuando durante su vida útil todos los LED funcionan dentro de una tolerancia aceptable en cuanto a desviación de color.

Para definir la “tolerancia aceptable”, los fabricantes de LED han adoptado el sistema de medición de uniformidad de color mediante **las elipses de MacAdam** y los pasos de **SDCM** (*Standard Deviation of Colour Matching*) o lo que es lo mismo, Desviación Estándar de Correspondencia de Colores.

La elipse MacAdam es un sistema de medición para detectar posibles variaciones de color durante la producción de los leds, sirve para evitar que se vean distintas tonalidades de color cuando se instalen unos al lado de otros.

Los fabricantes de LED utilizan la SDCM (desviación estándar de la correspondencia de colores) 1 SDCM = 1 MacAdam. Una SDCM de un paso quiere decir que no hay diferencias de color entre los chips de LED, 2-3 SDCM que apenas hay diferencia perceptible, en el mercado se acepta una uniformidad de color de hasta 7 SDCM.

Las diferencias de color se perciben de manera distinta por los humanos. Por ejemplo, las diferencias entre LED azules se perciben mucho mejor que las diferencias entre LED verdes.

Las elipses de MacAdam resaltan las zonas del diagrama de cromaticidad del espacio de color CIE 1931, en el que el ojo humano es incapaz de percibir ninguna diferencia en el color.

Según el área de color, las elipses tienen tamaños distintos, de acuerdo con la sensibilidad al color del ojo humano en ese rango específico de colores.

Así, una elipse de MacAdam pequeña indica que en esa área de color los humanos tienen una alta sensibilidad. Cuando se seleccionan LED en esos colores, los LED tienen que encajar exactamente, pues las diferencias de color se perciben con mayor facilidad.

Las elipses de MacAdam constituyen un sistema de medición del color, ya que cuantifican el nivel de variación de color posible en estos ejes antes de que el ojo humano pueda detectar algún cambio de color. Por tanto, se pueden trazar una serie de elipses alrededor de cualquier punto deseado, y cuanto más cerca del objetivo se encuentre un LED, menos desviación de color se notará cuando dichos LED se coloquen unos al lado de los otros en una instalación de iluminación.

La distancia desde el punto deseado en cada elipse se mide en SDCM de manera, por ejemplo, que una SDCM de 1 paso significa que no existen diferencias de color entre LED, mientras que 2 ó 3 pasos implican que apenas existe alguna diferencia visible de color.

Aun cuando en el mercado se acepta hasta una uniformidad de color de 7 SDCM, se recomienda que el número de pasos de SDCM sea como máximo 5, como límite deseable de uniformidad de color.

Si se emplea LED de color azul con fósforos amarillos, se obtendrá un LED blanco frío, con relativamente buena reproducción cromática. En el caso de usar fósforos rojos y verdes junto al chip azul se puede obtener un LED blanco cálido de mejor reproducción cromática, pero en cambio se logrará algo menos de flujo luminoso.

Proceso *binning*

Tanto el proceso de crecimiento epitaxial como el de recubrimiento de fósforo producen grandes variaciones que impactan considerablemente el desempeño de los LEDs en flujo luminoso, temperatura de color y voltaje de operación. De ahí la necesidad de los fabricantes de LEDs de crear un proceso en el cual se puedan aprovechar al máximo sus dispositivos; este es el proceso de “Agrupamiento” o “Binning” y es de extrema importancia para los fabricantes de luminarios.

Dada la gran variedad de aplicaciones de iluminación que existen en donde se requieren LEDs es perfectamente posible hacer grupos de características similares que puedan cubrir las diferentes necesidades de los usuarios finales, permitiendo de esta forma que los fabricantes de luminarios dispongan de un mecanismo para garantizar la calidad y el desempeño de sus equipos.

El agrupamiento o Binning por salida luminosa es un procedimiento directo donde los LEDs se miden de manera individual y se agrupan conforme a la salida de luz producida, lo cual permite que los fabricantes de luminarias seleccionen el grupo de LEDs adecuado a las necesidades que tienen de flujo luminoso.

El binning constituye un proceso de selección por el cual se clasifican los LED en distintos lotes, de forma que no existan variaciones entre los LED de una misma categoría.

En lo que respecta a la tonalidad del color los distintos *bin* o lotes se pueden establecer para diferentes temperaturas de color, mediante elipse de MacAdam con diferentes pasos, generalmente 3 SDMC ó desviación estándar 3, resultando recomendable que el número de pasos máximos SDMC sea como mucho 5, como se ha señalado anteriormente.

La utilización en una instalación de iluminación mediante LED de un único *bin* o lote, asegura que la uniformidad en cuanto al color de una concreta aplicación será prácticamente la misma a lo largo del tiempo.

OLED – el nuevo arte de la luz.

PUBLICADO EN: Iluminación en la Arquitectura, Tecnología y Materiales, iluminación, led, OLED, Philips es

OLED (Organic Light-Emitting Diodes) desarrollado por Philips es y representa el siguiente paso en la evolución de las nuevas fuentes de luz, generador de luz de semiconductores, en lugar de utilizar un filamento o gas. Al igual que la iluminación LED, los Oleds proporcionan una iluminación que es energéticamente más eficiente, más duradero y más sostenible. También abre nuevas puertas para utilizar, integrar y “jugar” con la luz, con fines de creación arquitectónica y diseño decorativo, y el ambiente de nuestras ciudades – en los hogares, oficinas, comercios y hoteles. La baja temperatura de trabajo de los OLED – alrededor de 30 grados centígrados – significa que la fuente de iluminación se puede integrar en muebles. Los Oleds son la primera fuente de luz de superficie.

Todas las fuentes de luces puntuales son otras fuentes de luz, comenzando con la llama, la vela y hasta la lámpara, y el LED. Por primera vez no se necesita un sistema para difundir la luz.

El sistema está construido adentro. Los Oleds tienen un formato de 2mm delgados de grosor, y su tamaño máximo es de 12 x 12 cm, pero en un futuro cercano, será menos de un milímetro de grosor y hasta de un metro cuadrado.

Pero entonces que es un “Oled”? OLED (en un diodo **orgánico** de emisión de luz), es un diodo que se basa en una capa electroluminiscente formada por una película de componentes orgánicos que reaccionan, a una determinada estimulación eléctrica, generando y emitiendo luz por sí mismos.

Podrá ser usado (y de hecho ya se utiliza), en todo tipo de aplicaciones: televisores, monitores, pantallas de dispositivos portátiles y teléfonos móviles, etc., con formatos que bajo cualquier diseño irán desde unas dimensiones pequeñas (2 pulgadas) hasta enormes tamaños (equivalentes a los que se están consiguiendo con Leds). Mediante los OLED también se pueden crear grandes o pequeños carteles de publicidad, así como fuentes de luz para iluminar espacios generales. La degradación de los materiales OLED han limitado su uso por el momento. Actualmente se está investigando para dar solución a los problemas derivados de esta degradación hecho que hará de los OLED una tecnología que puede reemplazar la actual hegemonía de las pantallas led.

Un OLED está compuesto por dos finas capas orgánicas: una capa de emisión y una capa de conducción, que a la vez están comprendidas entre una fina película que hace de terminal ánodo y otra igual que hace de cátodo.

En general estas capas están hechas de moléculas o polímeros que conducen la electricidad. Sus niveles de conductividad eléctrica se encuentra entre el nivel de un aislador y el de un conductor, y por ello se los llama semiconductores orgánicos (ver polímero semiconductor).

La elección de los materiales orgánicos y la estructura de las capas determinan las características de funcionamiento del dispositivo: color emitido, tiempo de vida y eficiencia energética.

Estructura básica de un OLED.

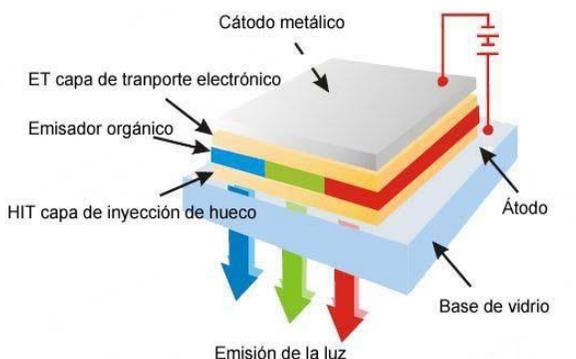


Figura del principio luminoso de OLED



Ventajas de los Oleds

Más delgados y flexibles. Las capas orgánicas de polímeros o moléculas de los OLED son más delgadas, luminosas y mucho más flexibles que las capas cristalinas de un Leds. En general, los elementos orgánicos y los sustratos de plástico serán mucho más económicos. También, los procesos de fabricación de OLED pueden utilizar conocidas tecnologías de impresión de tinta, hecho que disminuirá los costes de producción.