



UNC

Universidad
Nacional
de Córdoba



FAUD



INSTALACIONES III A



LUMINOTECNIA

Nociones básicas de diseño de iluminación

Arq. Carlos Augusto ZOPPI

Versión reducida del original, para publicación en grupo de Facebook. Para uso exclusivo de alumnos de INSTALACIONES 3-A 2020 1er cuatrimestre (clases virtuales excepcionales por el Covid-19)

Versión reducida del original, para publicación en grupo de Facebook. Para uso exclusivo de alumnos de INSTALACIONES 3-A 2020 1er cuatrimestre (clases virtuales excepcionales por el Covid-19)

NATURALEZA DE LA LUZ Y PERCEPCIÓN VISUAL

Para percibir los objetos, éstos tienen que poseer luz propia (Sol, estrellas) o bien deben estar iluminadas por fuentes de luz. Se conoce que la luz es una parte de la energía radiante que nuestro ojo es capaz de detectar y que tiene un rol importantísimo, tanto a nivel fisiológico como emocional.

Para comprender cómo podemos utilizar la luz para nuestros fines: diseñar la iluminación del espacio arquitectónico, es necesario conocer el lenguaje y los conceptos básicos que permiten al arquitecto aproximarse de forma científica a esta materia intangible de diseño.

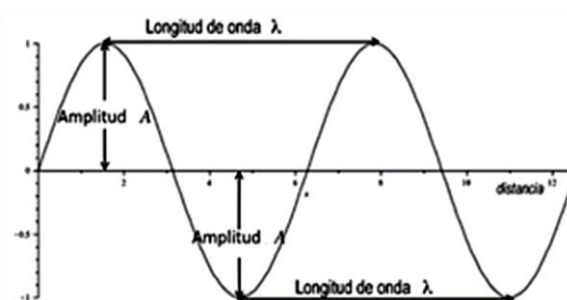
LA LUZ COMO HECHO FÍSICO

La luz es una manifestación de la energía, como el sonido, el calor y la electricidad. La luz es energía radiante que es capaz de excitar la retina del ojo humano y producir la sensación visual, y en consecuencia el proceso de percepción visual. Así, podemos ubicar **la luz como hecho físico** que sucede fuera del hombre y **la sensación visual, como un hecho fisiológico** inherente al hombre. Por ello, comprender ampliamente a la luz implica acercarse a las leyes físicas como también a la respuesta del ser humano a esa energía. La energía radiante puede provenir de fuentes naturales o de fuentes artificiales, como las lámparas y las nuevas tecnologías capaces de producir luz.



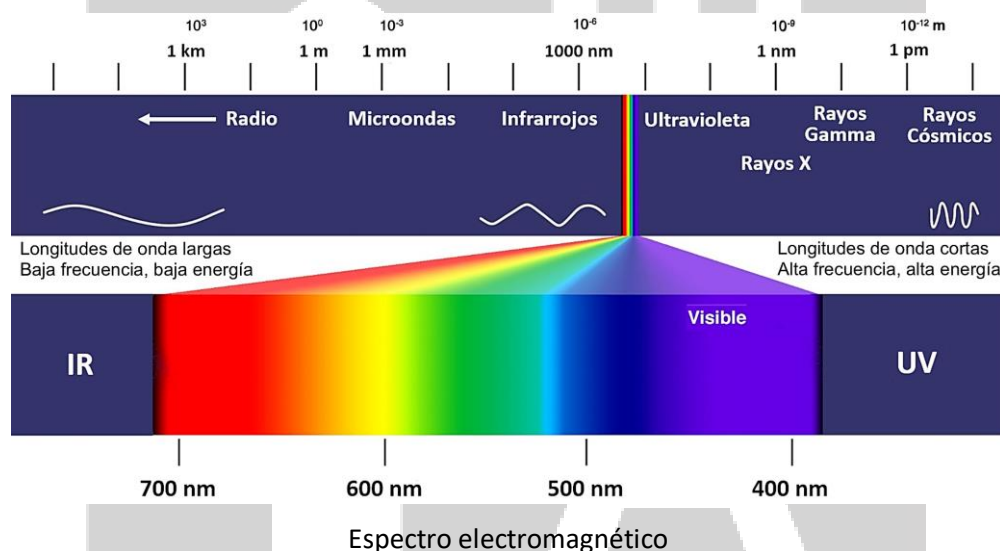
ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO

La luz es la *sensación producida* en el ojo humano por las *ondas electromagnéticas*, como un movimiento ondulatorio ordenado de particular inmatriciales llamadas fotones. Este tipo de ondas no necesitan ningún medio material para propagarse, lo cual diferencia claramente la luz del sonido. Se caracterizan por una *longitud de onda* (λ) y por una *frecuencia* (f). La longitud de onda de las ondas electromagnéticas visibles suele medirse en *nanómetros* (1 nm = una millonésima de metro).



Es sabido que existen diversos tipos de energía: mecánica, térmica, electrostática y electromagnética. Las **ondas mecánicas** propagan este tipo de energía a través de un medio material elástico. Son ondas longitudinales porque en ellas coincide la vibración de las partículas con la dirección de la propagación. Dos ejemplos son las vibraciones de un muelle y el sonido. En un muelle las vibraciones se propagan en una sola dirección y en el caso del sonido, se propagan tridimensionalmente. Las **ondas electromagnéticas** propagan energía producida por oscilaciones de campos eléctricos y magnéticos y no necesitan un medio material de propagación. Por ejemplo, la luz.

Las teorías ondulatoria y cuántica permiten una representación de la energía radiante en una sucesión ordenada según la longitud de onda o la frecuencia. Este ordenamiento se llama **espectro**. En el extremo de las frecuencias más altas, de mayor energía están los rayos cósmicos, emitidos durante reacciones nucleares, que poseen longitudes de onda que son menores aún que las dimensiones atómicas. En el otro extremo, se encuentran las ondas largas, utilizadas para comunicaciones de radio, son longitudes de onda que van desde los kilómetros hasta unos pocos milímetros. Entre estos dos extremos están las radiaciones UV (ultravioletas), las Visibles y las IR (infrarrojos). En la región visible del espectro las unidades más comúnmente usadas son el Angstrom ($1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ m}$), el nanómetro ($1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$) y el micrómetro ($1 \text{ mm} = 10^{-6} \text{ m}$), aunque el nanómetro es la unidad más utilizada. Las tres regiones del espectro electromagnético que son de mayor importancia en el campo de la luminotecnia son la **radiación ultravioleta (UV)**, la **radiación visible (RV)** y la **infrarroja (IR)**. (Colombo, E.: 31)



El campo (espectro) de las **ondas electromagnéticas visibles** por el hombre se extiende desde 380 a 780 nm. Las ondas más largas corresponden al extremo visible rojo (colindante con el campo de las radiaciones infrarrojas, las cuales no son ya visibles, pero tienen propiedades caloríficas); las ondas más cortas corresponden al extremo visible violeta (cercano a las radiaciones ultravioletas, tampoco visibles, pero que favorecen las reacciones fotoquímicas).

Ondas electromagnéticas visibles de distinta longitud de onda dan una percepción (visibilidad) distinta de los objetos y de su color. En realidad, el color es una sensación óptica que depende del conjunto de las longitudes de onda que un cuerpo no absorbe, o sea, que refleja. Por ejemplo, un cuerpo blanco refleja todas las ondas electromagnéticas en tanto que un cuerpo negro las absorbe.

La sensibilidad del ojo humano es máxima para el color verde-amarillo (555 nm) y cae rápidamente tanto del lado del ultravioleta y del infrarrojo. Se dice que una luz es *monocromática* si está constituida por ondas de igual longitud, que revelan un solo color (por ejemplo, las lámparas de vapor de sodio de baja presión). La luz solar o la de una lámpara de incandescencia, en cambio, son de *espectro continuo* (luz blanca) porque comprende toda la gama de las longitudes de onda visibles. Un rayo de luz blanca, al atravesar un prisma de cristal, se descompone en los colores fundamentales. La sucesión de los colores del espectro visible es la misma que la del arco iris.

Las **radiaciones ultravioletas (UV)**, tienen la capacidad de eliminar varios tipos de bacterias y virus, así como también son reconocidos por la incidencia negativa que tienen sobre los humanos. La radiación UV emitida por el sol es causante de diversas enfermedades cutáneas, y aún más por la disminución de la capa de ozono. Pero en iluminación nos interesan particularmente porque muchas de las fuentes luminosas tienen emisión de esas radiaciones invisibles, pero que causan deterioro sobre los objetos iluminados, por ejemplo, la decoloración.

Las **radiaciones infrarrojas (IR)** entre otros usos, son utilizados como rayos en los controles remotos de equipos electrónicos, como también en cámaras de visión térmica, las cuales generan una imagen a partir de los diferentes niveles de calor que emite un objeto. Pero, desde nuestro objeto de estudio que es la iluminación arquitectónica, estas radiaciones son las que estaban presentes en un altísimo porcentaje en las antiguas lámparas incandescentes, ya que basan su principio de emisión lumínica por termo radiación, siendo bien conocidos los efectos negativos que esta elevación de la temperatura provoca tanto en objetos, personas y espacios. Es uno de los aspectos a tomar en cuenta ya que, además de su baja eficiencia energética, generan costos innecesarios de refrigeración en un momento que estamos involucrados con el concepto de sustentabilidad ambiental, y para ello las estrategias de la arquitectura sustentable deben considerar este aspecto negativo.

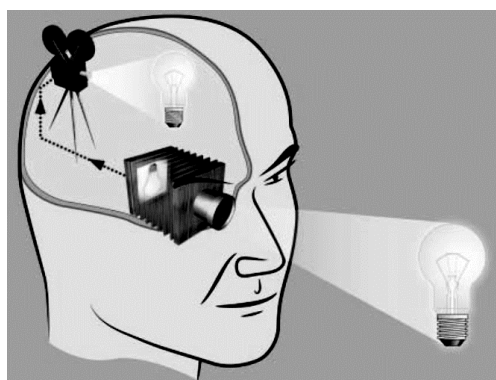
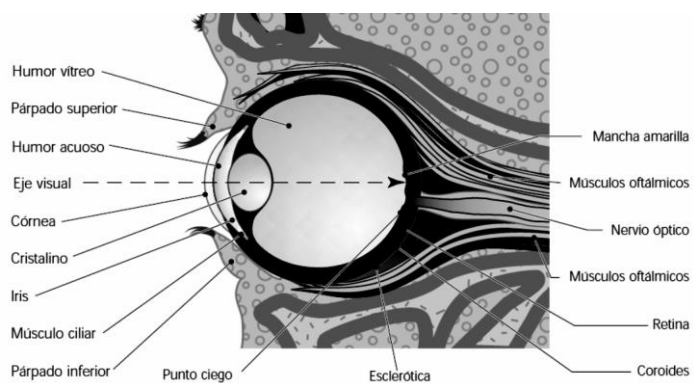
LA SENSACIÓN VISUAL COMO UN HECHO FISIOLÓGICO

Factores humanos en iluminación

El ojo es el órgano fisiológico del sentido de la vista, mediante el cual se experimentan las sensaciones de luz y color. Para que se realice el proceso de la iluminación, como acción y efecto de iluminar y ver, se requieren tres agentes:

- 1) La **fente luminosa**, como fuente productora de luz o radiación luminosa.
- 2) Un **objeto** o un **espacio interior o exterior** a iluminar que necesitamos que sea visible.
- 3) El **ojo**, que recibe la energía luminosa y la transforma en imágenes que son enviadas al cerebro para su interpretación.

El punto de partida es el conocimiento del **sistema visual**, y si bien en general un diseñador tiene poco o ningún control sobre las propiedades físicas del ojo o del cerebro, debe ser capaz de optimizar el modo en como el estímulo llega al sistema visual y en como este estímulo interactúa con el medio ambiente visual. Un estudio demasiado detallado nos llevaría al campo de la neurofisiología, lejos de nuestro objeto de estudio que es el diseño de iluminación. Por ello, aquí se describen algunos comportamientos y conceptos del sentido de la vista, cuyo conocimiento es indispensable en la formación de un diseñador de iluminación



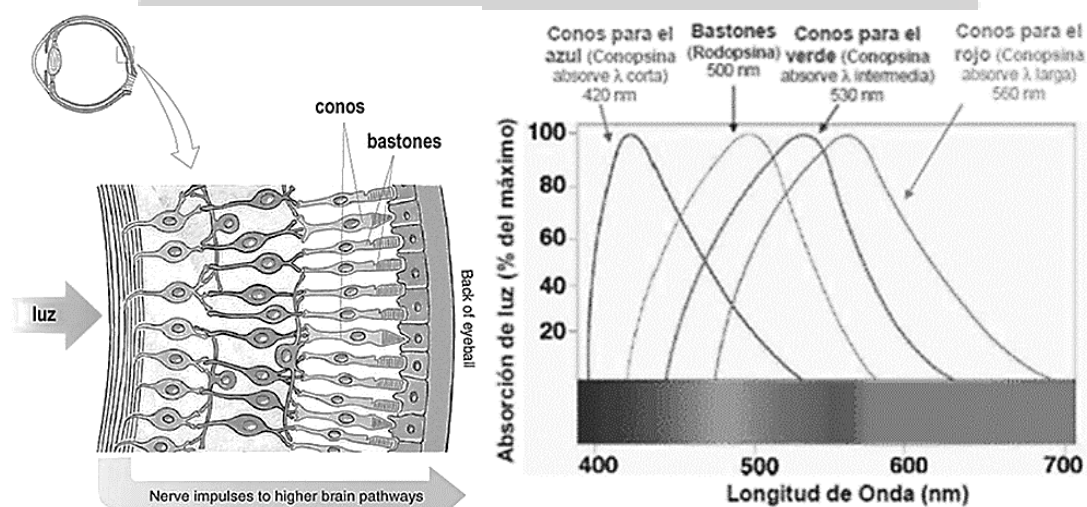
Fuente: INDALUX

Un estímulo visual, que puede provenir ya sea directamente de una fuente de luz o modificada por la reflexión o transmisión en un objeto, es procesado mediante un sistema de receptores y codificadores, que componen el sistema visual. Este sistema de recepción y codificación **fisiológicamente** involucra tanto al ojo como al cerebro, y **psicológicamente**, involucra tanto la estimulación como las suposiciones sobre el mundo exterior. Esto es lo que se llama **proceso de percepción visual**. (Colombo, E.; 82).

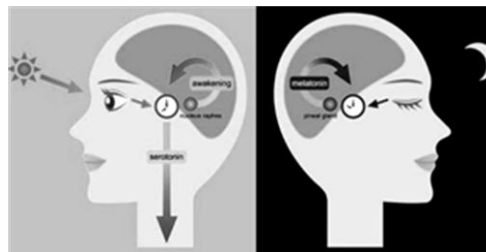
El camino visual en el proceso de percepción visual se divide en tres etapas: la *óptica*, que permite la formación de una imagen en la retina, la *foto recepción*, que hace posible el registro de dicha imagen en la retina, y el *procesado neuronal de la imagen para su interpretación*, en cual comienza ya en la retina y finaliza en el cerebro.

El ojo consta del **sistema óptico**, formado por los siguientes componentes: *cornea*, *cristalino*, *pupila* y *humor acuoso* y *vítreo*. Sin entrar en particularidades, cada uno de ellos cumple una función determinada; así, el *cristalino* actúa como lente, y la *pupila* como diafragma del sistema óptico. El *cristalino* variará su radio de curvatura mediante un cambio de forma, ya que dependerá de las distancias a que se encuentren los objetos a enfocar, desde los 0.1 m hasta objetos en el infinito. Es lo que se conoce como **fenómeno de acomodación**. El diámetro de la *pupila* dependerá de la luminancia media de la escena, lo que permite controlar la cantidad de luz que forma la imagen en la retina. El diámetro entre 2 a 8 mm, se dilata cuando la cantidad de luz disminuye y se contrae en situaciones de luz más intensa. Cuando la persona pasa de un lugar oscuro a otro iluminado, toma 10 segundos para dilatarse a 2/3 del tamaño mayor y 5 minutos para dilatarse del todo. A este fenómeno se lo conoce como de **adaptación** a diferentes niveles de luminancia.

Así, el ojo, también está compuesto de **componentes neurológicos**, que son: *esclera*, *coroide*, *retina* y *nervio óptico*. *Esclera*, *coroide* forman junto con la *retina* las tres capas de tejidos que rodean al ojo. La *retina* es la capa más interna en la que se encuentran los foto receptores que convierten las señales luminosas en señales eléctricas enviadas al cerebro. Así, la *retina* cumple la función de interfase entre los procesos ópticos y electrofisiológicos de la visión. En ella hay dos tipos de foto receptores sensibles a la luz, los *conos* y los *bastones*, que se diferencian por su morfología, por su sensibilidad a la luz y a la composición espectral de ésta. Los bastones poseen un solo tipo de fotopigmento (rodopsina) y por esta razón no son sensibles al color, pero permiten la visión a bajos niveles de luminancia. En cambio, los conos son los responsables de la **visión del color**, y esto está dado porque hay tres tipos de conos, cada uno de ellos con fotopigmentos que son sensibles a diferentes longitudes de onda (rojo, verde y azul).



A pesar que hace mucho tiempo que se conoce sobre los ciclos biológicos, no solo de los humanos, en 1998 se descubrió un nuevo tipo de foto receptor, las *células ganglionares retinales de melanopsina fotosensibles* (pRGC, de las siglas en inglés). Estas células (foto receptores) detectan la intensidad y longitud de onda de la luz, lo que hace que la información que llega a la retina y se transmite

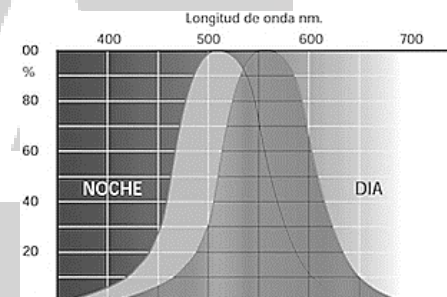


directamente a la zona del cerebro es la responsable del **ritmo o ciclo circadiano**, es decir, el reloj biológico. Por ello, en los últimos años la mayoría de los estudios se han centrado en estos aspectos, dentro de los factores en iluminación, ya que son los responsables de informar a los órganos humanos cuando es de día y cuando es de noche, regulando de este modo el ciclo biológico interno. Estas células pRGC favorecen o disminuyen la segregación de melatonina, que es la hormona responsable de regular el ciclo circadiano, nuestro reloj biológico y pueden influir en nuestra salud y calidad de vida.

SENSIBILIDAD DEL OJO

Como se expresaba al inicio de este tema, la percepción de la luz es producto de la interacción de un hecho físico, la radiación electromagnética visible, y por otra parte el hecho fisiológico, el ojo con sus particularidades de sensibilidad. Así, las radiaciones visibles se encuentran comprendidas entre 380 nm (UV) y 780 nm (IR), fuera de esta gama el ojo no ve, es ciego y no percibe nada. La luz blanca del medio día soleado es la suma de todas las longitudes de onda del espectro visible, formando un espectro continuo de radiación, ya que comprende todas las longitudes dentro del campo visible. Pero el ojo no percibe de igual manera todas las longitudes de onda, sino que para la luz blanca del día, la máxima sensibilidad del ojo corresponde a la longitud de onda de 555 nm. y al color amarillo - verde; y la mínima sensibilidad corresponde a los colores rojo y violeta.

La CIE (*Commission internationale de l'éclairage*) evaluó como afecta cada una de las longitudes de onda de manera independiente, pero con la misma energía, sobre el ojo humano; el resultado se muestra en la curva de sensibilidad del ojo a la luz. La visión de día es conocida como **visión fotópica**. En este tipo de visión los conos son los responsables de la visión y la distinción de colores es muy alta. En cambio, cuando los niveles de iluminación son bajos actúan los bastones que, como se comentó, tienen una mayor sensibilidad, pero no son capaces de distinguir los colores. Esta visión es conocida como **visión escotópica**. Cuando los niveles de iluminación son intermedios, la visión se denomina **visión mesópica**.



Curva sensibilidad del ojo
a las radiaciones monocromáticas

El desplazamiento que existe entre las dos curvas se conoce con el nombre de **efecto Purkinje**. En el caso de la luz nocturna (visión escotópica), el máximo de sensibilidad se desplaza hacia longitudes de onda menores y, por consiguiente, las radiaciones de menor longitud de onda (azul – violeta) producen mayor intensidad de sensación con baja iluminación. Este efecto es de gran importancia cuando se proyectan locales con bajo nivel de iluminación en los que se ven mejor los colores azul y violeta.

PERCEPCIÓN VISUAL

La LUZ es lo esencial en la percepción visual del mundo, podemos ver más lejos que con el tacto y el olfato. La luz hace posible la forma, las texturas, los colores, los espacios, dirigiendo nuestra atención y produciendo estados de ánimo.

En el proceso de la visión del hombre y las sensaciones que percibe, además de los niveles de iluminación existen otros factores que influyen positiva o negativamente en la percepción:

- **Tipo de fuentes de iluminación**
- **Contraste**
- **Modelado (luz y sombra)**
- **Deslumbramiento**
- **Ambiente Cromático**
- **Reproducción Cromática**

En relación a los **factores humanos que intervienen en la iluminación interior**, es necesario considerar las características funcionales del sistema visual y la agudeza visual considerando mediciones de rendimiento, confort y ambientación.

El **rendimiento visual** es un continuo desde la eficiencia visual umbral hasta el rendimiento en condiciones supraumbrales. En el umbral justo se ve, justo se discrimina o reconoce, etc., cerca del umbral el estímulo se ve siempre, pero la precisión con que la tarea se realiza está limitada y toma más tiempo. En el supraumbral siempre se ve el estímulo, pero ahora la persona es capaz de adquirir y procesar la información con mayor precisión y más rápidamente.

Las instalaciones de iluminación tienen que ser diseñadas no solamente para asegurar un buen rendimiento visual, sino que debe incluir también consideraciones sobre el **confort visual**. Los aspectos de la iluminación que causan molestias visuales incluyen aquellos relevantes al rendimiento visual, pero se extiende más allá. La razón es que los factores relevantes al rendimiento visual están generalmente restringidos a la tarea y su entorno cercano, mientras que los factores que afectan al confort visual tienen que ver con todo el medio iluminado. Los resultados indican que el confort visual es más sensible a los cambios en la iluminación que el rendimiento visual.

Sin embargo, si bien el **confort visual** es una cuestión muy importante en algunas situaciones, por ejemplo, para el usuario de una oficina e incluso para un jugador de tenis en una cancha cerrada, hay otras situaciones en las que factores como el deslumbramiento son muchos menos críticos, como para una persona bailando en una discoteca o conversando en una confitería.

CARACTERÍSTICAS FUNCIONALES DEL SISTEMA VISUAL HUMANO Y SU RELACIÓN CON EL DISEÑO LUMÍNICO

El sistema visual es capaz de operar sobre un gran rango de luminancias, dependiendo sus capacidades visuales del nivel de luminancia a la cual el sistema visual está adaptado.

- **Adaptación:** Es el proceso mediante el cual el sistema visual cambia su sensibilidad a diferentes valores de luminancia. Por ejemplo, cuando entramos a una sala de cine a oscuras, la adaptación puede llevarnos algunos minutos. La adaptación a la luz, es decir el cambio de sensibilidad desde una zona oscura a otra clara, ocurre más rápidamente. Por ello, el diseño de los espacios de transición previos a las salas, deben ser cuidadosamente diseñados lumínicamente, pensando en este proceso visual.

Además de la adaptación a la cantidad de luz, el sistema visual es capaz de adaptarse al color. Si el ojo está expuesto a un color saturado, el canal de color que está siendo estimulado se fatiga y la percepción del color se corre hacia el color complementario del color del estímulo que ha producido la adaptación. Por ejemplo, si el ojo ha sido expuesto a una luz azul, al mirar una superficie blanca será percibida como amarilla.

- **Acomodación:** El sistema visual es capaz de ver con nitidez objetos lejanos como así también objetos cercanos, lo que implica que no es un sistema rígido, sino que puede modificar su poder refractivo de modo que objetos a diferentes distancias formen su imagen en la retina. Este proceso se llama acomodación y su mecanismo consiste en la modificación de la distancia focal del cristalino. Pero no es solo función de la distancia, sino que el nivel de iluminación también interviene como un factor que ayuda a una mayor agudeza visual. Por ello, es importante atender al contraste (figura-fondo) en lo que se quiera destacar, así sea un texto en un libro. En el diseño, y particularmente en arquitectura educacional, se torna indispensable considerar estos aspectos.

- **Deslumbramiento:** El deslumbramiento es una sensación molesta que se produce cuando la luminancia de un objeto es mucho mayor que la de su entorno. Es lo que ocurre cuando miramos directamente una lámpara muy brillante (tipo dicróica) o cuando vemos el reflejo de ellas sobre algunas superficies del entorno. El deslumbramiento puede ser **directo**, si está asociado a la visión directa de la fuente luminosa, y de tipo **indirecto** si lo que percibimos son reflexiones indeseadas dentro de nuestro campo visual. Si bien, a veces, el deslumbramiento fisiológico puede provocar incomodidad, es posible tener deslumbramiento fisiológico sin disminución de confort cuando la fuente deslumbrante es extensa. Un ejemplo ocurre al mirar un cuadro colgado en una pared adyacente a una ventana o cuando trabajamos con una computadora frente a una ventana. Al igual que en el caso anterior se puede reducir el deslumbramiento psicológico mediante una adecuada selección y distribución en planta de las luminarias para disminuir la intensidad luminosa en las direcciones cercanas a la línea de visión. Se pueden emplear las recomendaciones locales (Normas IRAM-AADL J20) adoptadas para estimar la magnitud del deslumbramiento psicológico. El uso de superficies de alta reflectancia en el ambiente, como aumentar la luminancia de fondo contra la que son vistas las luminarias, ayuda a reducir este tipo de deslumbramiento.
- **Confort visual:** Los países tienen recomendaciones para los valores de iluminancias que deben proveerse en puestos de trabajo en interiores. La mayoría de estas recomendaciones se basan no únicamente en consideraciones sobre rendimiento visual sino también prevén el logro de un alto nivel de confort de los usuarios en relación al espacio diseñado. Entre algunas de las causas de disminución del confort visual y que provocan molestias visuales encontramos a problemas asociados con la iluminación como el deslumbramiento, sombras, reflexiones de velo, causas de distracción, elementos de confusión perceptual.

NOCIONES FUNDAMENTALES

FENÓMENOS FÍSICOS, LA LUZ Y LOS MATERIALES

Siguiendo con el enfoque de vincular los conceptos físicos y perceptuales con el diseño de iluminación arquitectónica, es que corresponde abordar la incidencia de la luz en los diferentes materiales y/o superficies, ya que según estos reaccionen ante la presencia de luz, serán las consecuencias espaciales que tendremos. Por ello, también en el diseño arquitectónico, al seleccionar tal o cual material para los límites del espacio se lo estará haciendo no solamente desde una cuestión meramente constructiva, sino estética y perceptual, ya que ellos darán diferentes percepciones del espacio según sea uno u otro material.

Comenzaremos por recordar que los materiales tienen diferentes **propiedades ópticas** y que, en función de ellos, los **fenómenos asociados a la propagación de la luz** variarán según su composición y terminaciones superficiales. La luz se propaga en línea recta en un medio homogéneo con una velocidad de aproximadamente 300.000 km/seg. La luz no se hace visible hasta que no encuentra en su trayectoria un material, desde una superficie sólida hasta el polvo o humo.

Todo material confiere una identidad característica al espacio, ya sea utilizado como revestimiento o como elemento constructivo-estructural. Cuando un rayo luminoso incide sobre una superficie pueden suceder los siguientes fenómenos de propagación: *reflexión, absorción, transmisión y refracción*.

Según las **propiedades ópticas de la materia**, se pueden reconocer los:

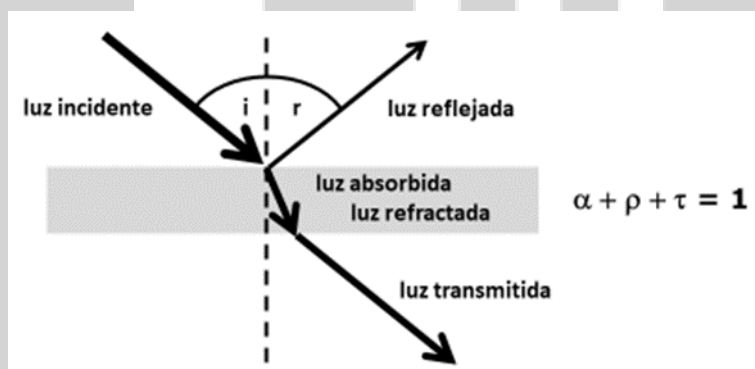
Transparencia: Son aquellos que permiten el paso total de la luz de un medio a otro, produciendo la visión total de lo que se encuentra en el otro espacio. Se transforman en límites imperceptibles y permiten las continuidades espaciales. Por ejemplo, vidrios, acrílicos, entre otros.

Translucidez: Son aquellos que permiten el paso de la luz, pero de manera difusa o mixta. El entorno del otro lado de dicho material se percibirá “desdibujado” y la percepción de los objetos más o menos definida, dependerá de la distancia a que se encuentren de dicho material translúcido. Por ejemplo, vidrios opalinos, vidrios y plásticos texturados, telas, entre otros.

Opacidad: Son aquellos que “no dejan pasar la luz”. No son transparentes y no se puede ver a través de ellos. No debe confundirse esta propiedad óptica de la materia con la terminación superficial de un material, o sea que no tiene brillo, mate o que no se encuentra pulido. Ejemplos de ellos, hormigones, maderas, metales, etc.



Los **fenómenos físicos asociados a la propagación de la luz** son:

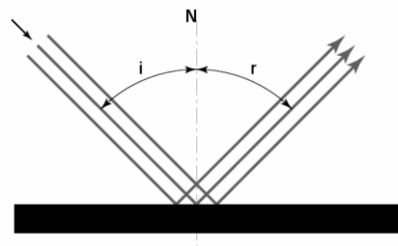


Al incidir un rayo de luz (energía) sobre una superficie plana pueden ocurrir diferentes fenómenos y descomponerse en diferentes proporciones. Una parte se reflejará, otra será absorbida por esa superficie o por la materia, y una parte será transmitida al otro medio. Si el material fuera de propiedad óptica transparente (como el vidrio, el agua, etc.) ese rayo se refractará. Así, de manera más precisa podemos ampliar estos fenómenos según las características de terminación del material.

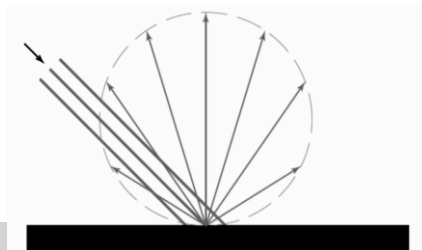
REFLEXIÓN: El rayo incidente y el reflejado, así como la dirección perpendicular a la superficie límite en el punto de incidencia, se encuentran en el mismo plano, el ángulo que forma el rayo reflejado con la normal es igual al que forma el de incidencia. ($i=r$).

Es la interacción entre luz y materia, lo que hace posible que percibamos los objetos, los materiales y los espacios. En iluminación de interiores este fenómeno es muy importante porque define la “luminosidad” de un espacio y contribuye a acrecentar o aprovechar la luz en el mismo, tanto sea luz natural como artificial. Ahora sí, la terminación superficial de la materia determinará los tipos de reflexión como:

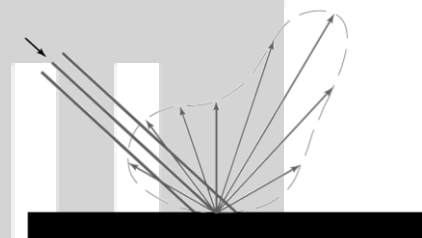
Reflexión total o especular: Se produce cuando el rayo incidente se refleja en una superficie de tal manera que el rayo reflejado tiene el mismo ángulo. Si la superficie del material es lisa, pulida puede comportarse como un espejo y producir una imagen reflejada. En los espacios arquitectónicos, producen una virtualización de los límites, dando la sensación de mayor amplitud. Las reflexiones al ser especulares, esto implica que haces de luces que incidan sobre ellas producirán efectos en las otras envolventes.



Reflexión difusa: Cuando la superficie sobre la que incide la luz es mate, de finas texturas, se produce una reflexión en múltiples direcciones. Esto hace que no se reflejen los rayos incidentes, y en consecuencia lo que se perciba sea una superficie iluminada de manera uniforme.

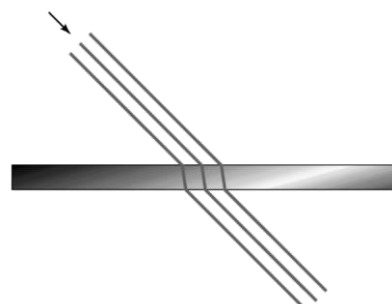


Reflexión mixta: Cuando la superficie sobre la que incide la luz tiene texturas combinadas (especulares y rugosas), algunos de los rayos incidentes se reflejarán en forma especular y otros lo harán de manera difusa. Por ejemplo, los metales generan una concentración de brillo donde el rayo incide, pero la imagen de la fuente luminosa no se hará visible nítidamente, al igual que el entorno.



TRANSMISIÓN: Un rayo luminoso al pasar a un medio de distinta densidad, modifica su velocidad y ángulo de proyección. Cuando la luz incide en la interfase entre dos medios que poseen índices de refracción distintos, una parte de la radiación se refleja en el primer medio y otra parte se transmite dentro del segundo, sufriendo una desviación de su dirección original, es decir se refracta. La ley de refracción es válida para la mayoría de los materiales más comunes, como vidrios, plásticos transparentes y líquidos. La cantidad de luz transmitida en un medio translúcido depende de las características del haz de luz y del medio transmisor. Decimos que han sido transmitidos los rayos que pasan a través de un material transparente o translúcido. Cada material tiene un factor de transmisión, que es la relación entre la cantidad de luz incidente y la cantidad de luz transmitida. Este fenómeno oscila entre un material altamente transparente y uno totalmente difusor. En este fenómeno, dependiendo de las características del material, sea transparente o translúcido, determinará los tipos de transmisión como:

Transmisión regular o total: La transmisión de la luz a través de un medio transparente se puede considerar una doble refracción. Si pensamos en un vidrio de una ventana la luz sufre una primera refracción al pasar del aire al vidrio, sigue su camino y vuelve a refractarse al pasar de nuevo al aire. Si después de este proceso el rayo de luz no es desviado de su trayectoria se dice que la transmisión es regular. La consecuencia será una visión total de lo que se encuentra en el otro medio, más allá de ese plano transparente. Esto crea continuidades espaciales, al no percibirse claramente los límites de ese plano o envolvente.

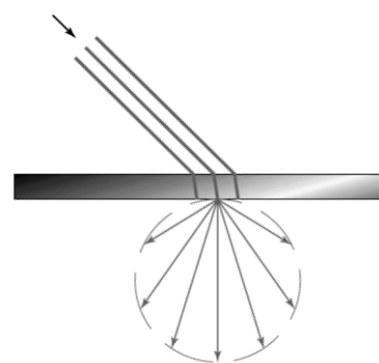
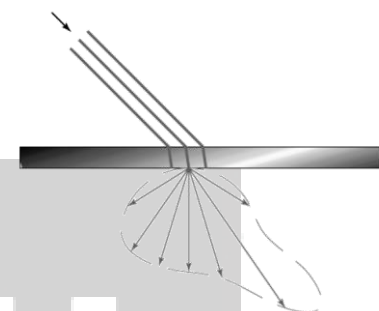
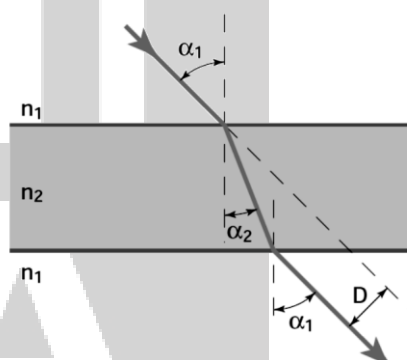
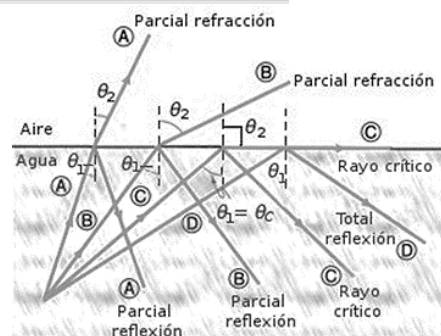


Transmisión difusa: Cuando la superficie sobre la que incide la luz es translúcida, se produce una transmisión de ese rayo dispersado en múltiples direcciones. Esto hace que no se pueda observar lo que se encuentra en el otro medio. Si los objetos, las fuentes luminosas que contienen un plano difusor se encuentran muy próximas al plano transmisor, allí se percibirán los objetos de manera “desdibujada” como manchas oscuras o brillantes según corresponda. En las luminarias, se utilizan este tipo de elementos transmisores, para ocultar las fuentes luminosas y que la luz que se transmita al espacio sea de tipo difusa, sin sombras definidas.

Transmisión mixta: Cuando la superficie sobre la que incide la luz es translúcida, pero con irregularidades, algunos de los rayos incidentes se transmitirán en forma regular y otros lo harán de manera difusa. Por ejemplo, los vidrios texturados, los ladrillos de vidrio, que dejan percibir a través del material, de manera imperfecta los objetos que se encuentran del otro lado, o sea en el otro medio.

REFRACCIÓN: Es una particularidad de la transmisión. Cuando la luz pasa de un medio transparente a otro se produce un cambio en su dirección debido a la distinta velocidad de propagación que tiene la luz en los diferentes medios materiales. Sólo se produce si la onda incide oblicuamente sobre la superficie de separación de los dos medios y si estos tienen índices de refracción distintos. El índice de refracción relaciona la velocidad de la luz en el vacío con la velocidad de la luz en el medio. El grado de desviación se determina por la densidad de los elementos a través de los que pasa (como el vidrio y el aire) y el ángulo que forma al incidir sobre la superficie transparente. La refracción permite utilizar lentes que desvían los rayos de luz en proyectores, las ópticas de los faros de los automóviles. En diseño de iluminación se debe tomar en cuenta este fenómeno al iluminar por ejemplo una escultura desde una luminaria sumergida en una fuente, la luz sobre el objeto cambiará de dirección si se encuentra con agua o vacía.

Una particularidad de es la **reflexión total interna**, esta se produce cuando el rayo refractado desde un medio de mayor índice de refracción a uno menor, sale rasante a la superficie. Si se considera la incidencia de la luz desde un medio de mayor índice de refracción como el agua a otro de menor índice como el aire (del ejemplo anteriormente citado de la escultura en la fuente). En estos casos existe un ángulo de incidencia límite o ángulo crítico por encima del cual la luz incidente no pasa al otro medio, sino que se refleja totalmente. Esto, considerando el ejemplo de la fuente, sucedería que la luz sería incapaz de salir al otro medio y pasado ese ángulo se reflejaría en el fondo de la fuente. También se aprovecha este fenómeno en la fibra óptica, en la cual la luz se conduce a través de un medio que puede curvarse si es necesario.



ABSORCIÓN: Los materiales, además de reflejar y transmitir los rayos de luz, tienen la capacidad de captarlos y convertirlos en otros tipos de energía. En física, la absorción de la radiación electromagnética es el proceso por el cual dicha radiación es captada por la materia. Cuando la absorción se produce dentro del rango de la luz visible, recibe el nombre de absorción óptica. En general, todos los materiales son absorbentes en algún rango de frecuencias. Aquellos que absorben en todo el rango de la luz visible son llamados materiales opacos, mientras que si dejan pasar la luz en todo el rango se les llama transparentes. Es precisamente el proceso de absorción, transmisión y reflexión lo que da color a la materia. Cuando la luz se refleja y/o transmite, una parte de esta es absorbida en mayor o menor proporción según los materiales componentes de cada cuerpo. Por lo tanto, los fenómenos de absorción, transmisión y reflexión están íntimamente relacionados con las características del material sobre el cual incide la luz.

El fenómeno de la absorción está directamente ligado, junto con la reflexión y la transmisión, al color de los cuerpos y a su percepción. Así, si vemos a una superficie blanca, quiere decir que al incidir sobre ella la luz blanca ésta es reflejada completamente; por el contrario, un cuerpo o superficie negra absorbe toda la radiación que incide sobre ellos. Ahora, si un cuerpo se percibe de color rojo será debido a que absorbe las longitudes de onda que componen la luz blanca y refleja únicamente las correspondientes a la longitud de onda del rojo.

El **coeficiente de absorción**, que más adelante retomaremos para los cálculos en el Método del Lumen, representa el cociente entre la luz absorbida por una superficie y la que ha incidido en ella. Mientras que el **coeficiente de transmisión**, es el cociente entre la luz transmitida por una superficie a través de ella, y la que ha incidido en esa superficie.

COEFICIENTES DE REFLEXIÓN, TRANSMISIÓN Y ABSORCIÓN DE DIFERENTES MATERIALES

MATERIAL	COEFICIENTE DE REFLEXIÓN	COEFICIENTE DE ABSORCIÓN	COEFICIENTE DE TRANSMISIÓN
Vidrio transparente 3 mm	0.08	0.02	0.90
Vidrio esmerilado 3 mm	0.12	0.08	0.80
Vidrio opalino 3 mm	0.55	0.15	0.30
Papel blanco satinado	0.80	0.10	0.10
Espejos	0.90	0.10	--
Aluminio pulido	0.70	0.30	--
Pintura blanca mate	0.85	0.15	--
Pintura negro mate	0.05	0.95	--
Madera roble claro	0.30	0.70	--
Hormigón	0.30	0.70	--
Ladrillo a la vista	0.30	0.70	--

LUZ Y COLOR

Los materiales, las texturas y el color forman una tríada que junto con la luz definen la apariencia de los objetos, los edificios y las ciudades. A lo largo de la historia de la arquitectura, el uso del color ha predominado en ciertos períodos y en otros ha estado ausente. La tecnología de la iluminación artificial y su desarrollo a través del siglo XX trajo aparejado diferentes maneras de incorporar la luz a la arquitectura, como las gargantas luminosas del Arte Decó, el neón y sus finalidades publicitarias, y en la década del '60 marcó un hito en el uso del color y la luz con su "psicodelia". En la actualidad, la alta sofisticación de los sistemas de iluminación ha aportado no solo en el plano de lo estético y visual, sino

también en el campo del ahorro energético. Así, la fibra óptica y los LEDs se han transformado en recursos altamente utilizados por los diseñadores por su gran versatilidad.

La luz es color, así el blanco también es color y nuestro entorno siempre tendrá un color. El término color es interpretado de distintas maneras: pintores, tintoreros, impresores, etcétera, designan normalmente a las materias que utilizan para producir coloraciones; los físicos llaman del mismo modo al resultado de la descomposición de la luz blanca. Para los primeros se trata de anilinas, pigmentos, pinturas y tintas; y para los segundos de radiaciones electromagnéticas de distintas longitudes de onda. Todo esto obliga a aclarar algunos conceptos:

El color es un hecho psicofísico, resultante de la combinación de las características de la fuente luminosa, de las características, reflectancias y transmitancias de los materiales, como también del estado visual del observador. Desde el punto de vista físico, el color queda definido por tres **atributos**:

TONO (una longitud de onda dominante)

PUREZA (proporción de blanco en un color. Colores puros o colores lavados)

LUMINANCIA (cantidad de luz transmitida o reflejada).

EL COLOR COMO HECHO PSICOFÍSICO

Definimos los cuerpos y decimos que: un cuerpo es blanco cuando refleja de igual modo y sin absorción todas las luces que recibe; es negro cuando absorbe íntegramente todas las radiaciones que llegan, y consideramos cuerpos grises o neutros, aquellos que reflejan parcialmente y de igual forma por reflexión, todas las radiaciones que reciben. Todo cuerpo que no es perfectamente blanco, gris o negro se denomina coloreado. El color de la pintura, o color pigmentario está constituido por determinados pigmentos (cromas), dentro de una sustancia que los aglutina o los diluye. Así el color pigmentario proviene siempre de una fuente indirecta. El fenómeno de la visualización del color se produce en este caso, por la incidencia de ondas luminosas sobre la superficie de color y que transportan esa imagen a nuestros ojos. La calidad de la superficie también influye en la percepción de un color, así, no es lo mismo una superficie roja brillante que una opaca del mismo color. La materia contiene electrones que responden selectivamente a las diferentes longitudes de onda del espectro visible, y de esa interacción de la luz con la materia será en consecuencia el color percibido.

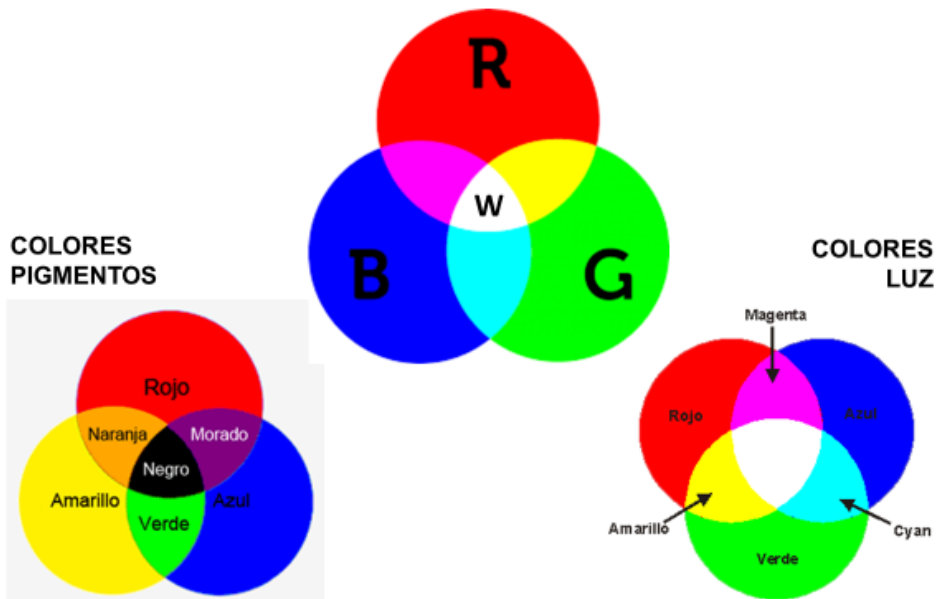


El color como hecho psicofísico

La luminotecnica se ocupa del color cuando habla de la **temperatura de color de las fuentes luminosas**, también de la capacidad que tienen ellas para **reproducir cromáticamente** de manera fiel los objetos. Pero también cuando el color se aplica a escenas coloreadas con características teatrales. También cuando determina la distribución espectral de sus lámparas.

El **color luz** difiere del **color pigmentario** en cuanto a los que constituyen el círculo tricromático de los colores de luz primarios. Mientras en los pigmentarios, los colores primarios están constituidos por el rojo, azul y amarillo; en el color luz, los primarios aditivos (llamados así porque combinados producen luz blanca) son el **rojo R, verde G y azul B**. Cuando se combinan dos primarios aditivos se forma un tercer color, al que se denomina suplementario o binario. Así, al mezclar el rojo y el verde se logrará el amarillo Y, color que en los pigmentarios es considerado como color primario.

COLORES PRIMARIOS DE LUZ



En la figura se muestra la suma de tres luces de colores, roja, verde y azul, en proporciones apropiadas, obteniéndose blanco. Dado tres colores monocromáticos: un rojo R ($\lambda=650$ nm), un verde G ($\lambda=530$ nm) y un azul B ($\lambda=460$ nm), es posible igualar cualquier color monocromático.

La **teoría del color tricromática** está basada en dos conceptos fundamentales de la luz:

Las mezclas aditivas:

Luces que desde distintas fuentes sus haces inciden sobre una superficie blanca y crean otros colores en esa superficie como producto de sus mezclas. En el caso de que dos haces incidentes sobre la superficie sean complementarios, el manchón luminoso resultará blanco. Como se observan en los gráficos de la página anterior, $R + G + B = W$. De la suma de R+B dará como resultado el magenta (P). De la adición del R+G se percibirá amarillo (Y), y del B+G el nuevo color logrado será el cyan o sea, C.



Mezcla sustractiva:

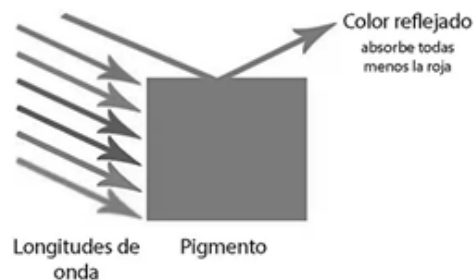
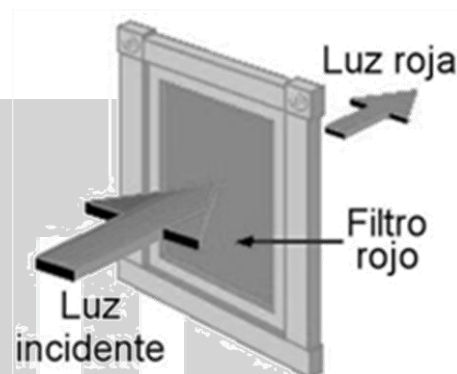
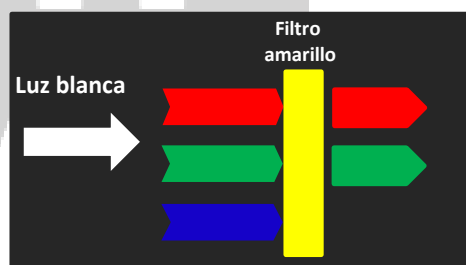
Mezcla sustractiva:

De la radiación incidente sobre un material, éste absorberá algunas longitudes de onda y reflejará otras, dando la percepción de los colores. Pero en esta mezcla hay que diferenciar cuando la incidencia se da sobre cuerpos opacos o translúcidos o transparentes.

Si nos referimos a los **cuerpos opacos**, son todos los objetos, superficies y espacios que son visibles y que los diferenciamos por su color. El proceso es similar al anterior, en el que la superficie absorberá diferentes longitudes de onda, pero en este caso (al ser opaco) reflejará las longitudes de onda correspondientes al color que percibimos.

En los gráficos se explican esquemáticamente dichos procesos según sean transparentes, translúcidos u opacos.

Si nos referimos a los **cuerpos translúcidos o transparentes** estamos ante la presencia de filtros, como los utilizados en iluminación de espectáculos (antes de la aparición de los LEDs), los vidrios y acrílicos coloreados, entre otros. Significa ponerle filtro a la luz blanca para producir tal o cual color. El filtro interpuesto a la luz blanca le sustrae ondas y las retiene dejando pasar solamente las de su color. Así, si la luz que transmite es luz roja, es porque de la incidencia de luz blanca (w) compuesta por R+G+B el filtro absorbió las longitudes de onda correspondientes al G y B, transmitiendo solo las longitudes de onda del rojo R. Si a una fuente de luz blanca le ponemos filtros cuyos colores son los complementarios (Y, P, C), no pasará luz ya que cada uno irá absorbiendo diferentes longitudes de onda hasta que no existe transmisión de luz.



Al diseñar el entorno luminoso, y especialmente cuando la presencia del color sea relevante, habrá que considerar diversas variables, ya que nuestra percepción del color depende de:

- El color de la fuente de luz
- El color del entorno que lo rodea
- El color del objeto iluminado
- Los factores humanos en iluminación

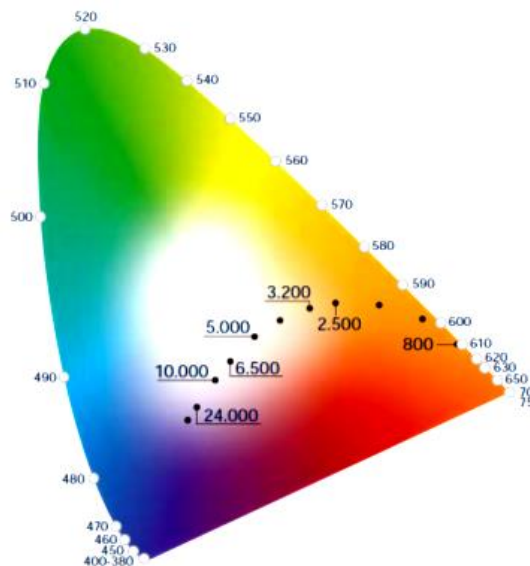
DIAGRAMA DE CROMATICIDAD CIE

Existen dos maneras de representar el color de la luz: el atlas de color y el sistema colorimétrico de la CIE. El atlas de color es una representación en las tres dimensiones del espacio de color, asociadas a los tres atributos perceptuales mencionados y su objetivo es clasificar los colores de manera que puedan ser evaluados y comunicados. En el Sistema de color Munsell (IES, 1993), uno de los más usados, la posición de cualquier color se identifica con un código alfanumérico que tiene tres términos que indican el tono, un valor de claridad y un nivel de saturación. (Colombo, 69).

La CIE (1931) ha desarrollado el sistema colorimétrico CIE basado en tres “colores” imaginarios, posibles matemáticamente, aunque no físicamente, llamados “valores triestímulos”, en lugar del rojo, el azul y el verde. Esta curva con forma de herradura de caballo muestra la ubicación de todos los colores y la forma de obtenerlos. Con estos tres nuevos primarios **x**, **y**, **z**, se obtiene el diagrama de cromaticidad de la CIE, en cuyos ejes horizontal y vertical se representan las cantidades relativas de x e y, de dos de los primarios, necesarios para igualar cualquier color. Este par de valores (x,y) es llamado “cromaticidad del color” y a partir de ellos se puede calcular la cantidad relativa, z, del tercer primario.

Para comprender este diagrama:

1. El blanco se encuentra en la vecindad del punto equienergético, dependiendo su ubicación exacta del estándar elegido.
2. Las mezclas de colores se encuentran en la línea recta que une los dos colores de interés.
3. Los colores complementarios se encuentran extendiendo una línea desde color en cuestión hacia el lado opuesto de la herradura espectral pasando a través del blanco.
4. Los colores saturados están sobre el perímetro de la herradura.
5. Los colores no saturados están en la zona interior de la herradura.
6. Los colores púrpuras saturados están en la línea que cierra en la base a la cerradura.

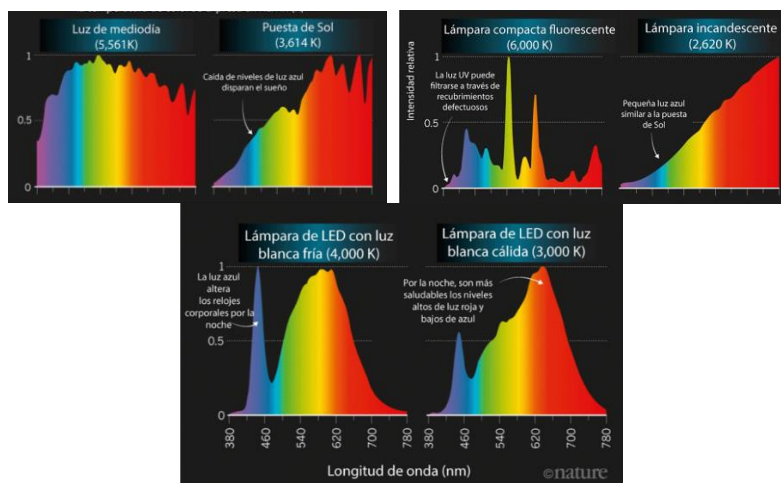


Este sistema permite conocer las coordenadas cromáticas (x,y), si se conoce la distribución energética espectral, de una luz cualquiera. Este sistema descripto especifica cromaticidades y brinda reglas precisas de mezcla de colores, a través de los índices x e y, pero no da cuenta del atributo de luminosidad, que es de gran importancia como atributo psicofísico del color. (Colombo, 73)

RENDIMIENTO DE COLOR O INDICE DE REPRODUCCIÓN CROMÁTICA

Es la capacidad que tiene una fuente de luz para reproducir los colores. Como el color de un objeto depende de su forma de reflejar, pero también de la luz incidente, diferentes tipos de lámparas pueden producir sobre un mismo elemento iluminado diferentes impresiones de color, ya que presentan espectros de radiación diversos, también llamadas distribución espectral.

Las fuentes de luz artificial tienen un espectro de emisión que difiere del que emite el sol. Si bien algunas lámparas, como las incandescentes tienen como aquel un espectro continuo, las de descarga en general, incluyendo los tubos fluorescentes, tienen diferencias en su composición y se dice que tienen un espectro discontinuo.



Para poder comparar las características cromáticas de diferentes fuentes luminosas, se utiliza el Índice de Rendimiento de Color (Ra) o Índice de Reproducción Cromática (IRC). Si el Índice Ra de la lámpara vale 100 quiere decir que la reproducción de los colores que se obtiene es más o menos uniforme en todos los colores del espectro visible

Desde el punto de vista práctico, significa que cuanto más alto sea el Ra de una lámpara, mejor será la reproducción de los colores. Las necesidades de Reproducción Cromática varían según las características cromáticas de los objetos o mercancías a exponer.

Debe tenerse presente que los conceptos de Temperatura de Color y Rendimiento de Color son independientes entre sí, de modo que pueden tenerse lámparas con Ra bajo, y con temperaturas de color baja (cálida), media (luz neutra) o alta (luz fría). En la siguiente tabla se dan valores aproximados de estos dos conceptos para los distintos tipos de lámparas.

En el siguiente cuadro, se definen grupos de rendimiento de color en función de diferentes rangos de IRC O Ra y se recomiendan aplicaciones o usos recomendados para cada uno de ellos.

Grupo rendimiento en color	Rango de rendimiento en color (IRC o R_a)	Apariencia de color	Ejemplos para usos preferible	Ejemplos para uso aceptable
1 A	$IRC \geq 90$	Cálido Intermedio Frío	Igualaciones de color, exploraciones clínicas, galerías de arte	
1 B	$90 > IRC \geq 80$	Cálido Intermedio	Casas, hoteles, restaurantes, tiendas, oficinas, escuelas, hospitales	
		Intermedio Cálido	Imprenta, industria de pintura y textiles, trabajo industrial	
2	$80 > IRC \geq 60$	Cálido Intermedio Frío	Trabajo industrial	Oficinas, escuelas
3	$60 > IRC \geq 40$		Industrias bastas	Trabajo industrial
4	$40 > IRC \geq 20$			Trabajos bastos, trabajo industrial con bajo requerimiento de rendimiento de color

TEMPERATURA DE COLOR y TEMPERATURA DE COLOR CORRELACIONADA TCC

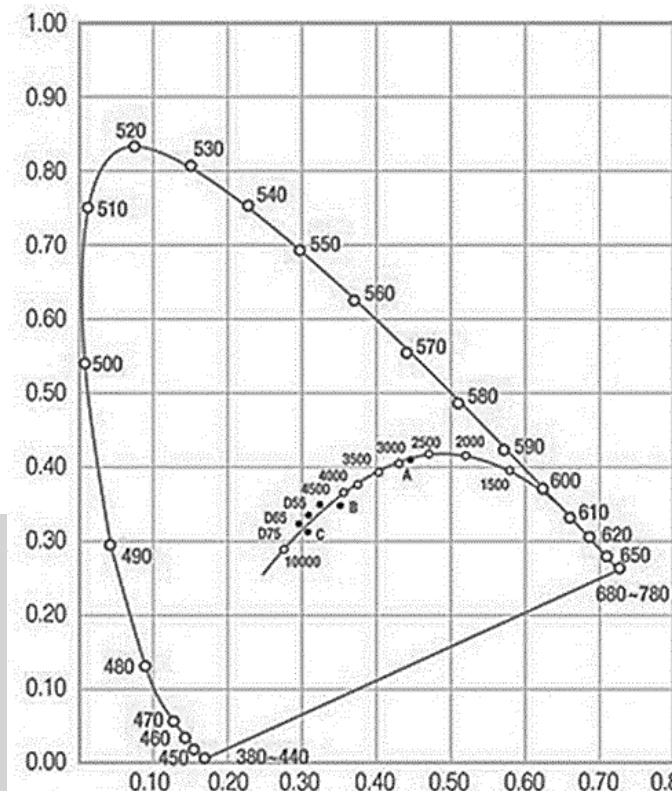
Es lo que define el color aparente de una fuente luminosa. Naturalmente, la temperatura de color no se mide con el termómetro; simplemente define el color de la luz. El nexo entre temperatura y color está dado por lo siguiente: *al calentar un trozo de hierro, este pasa por toda una gama de colores que van del rojo oscuro al principio, hasta que va adoptando colores azulados a medida que la temperatura aumenta*. Se mide en grados Kelvin y se simboliza (°K).

En la práctica, lo importante es que fuentes de baja temperatura de color producen efectos de calidez, como sucede con las lámparas incandescentes, en las que predominan los colores rojizos, mientras que las de temperatura de color elevada, como los tubos fluorescentes luz día, en los que predominan los azulados, brindan una sensación de frialdad. Entonces, de acuerdo a los efectos espaciales que se quieran lograr, se deberán seleccionar las fuentes de luz artificial. Desde temperaturas de 7500 °K (luz fría) hasta los 2800 °K aproximadamente (luz cálida).

La apariencia de color de las fuentes luminosas se describe convencionalmente por su temperatura de color correlacionada, es decir, la temperatura de color de un cuerpo negro (radiador caliente) cuyas coordenadas están más cerca en el diagrama de cromaticidad de la CIE 1931.

En general aquellas fuentes con temperaturas de color altas, mayores de 5000 °K se consideran con bajo rendimiento de color y se consideran fuentes “frías”, como las lámparas fluorescentes luz día. En cambio, aquellas fuentes con temperatura de color menores de 3000 °K son fuentes “cálidas” como las lámparas incandescentes, con mayor presencia de longitudes de onda más largas, esto es rojos y naranjas.

Las fuentes de amplio espectro son frecuentemente clasificadas por su temperatura de color, es decir, la temperatura de un cuerpo negro cuyo color iguala al de la fuente en cuestión. En el diagrama de la CIE se muestra la ubicación de los colores de fuentes incandescentes para distintas temperaturas y se muestran las posiciones de tres fuentes estándares blancos:



A: Incandescente de tungsteno (2.854

°K),

B: luz del sol al mediodía (4.870 °K) y

C: filamento de tungsteno filtrado a a “luz día” (6.770 °K).

Dos fuentes de luz con la misma temperatura de color parecen iguales.

MAGNITUDES Y UNIDADES USADAS EN LUMINOTECNIA

Las magnitudes de la Luminotecnia y sus correspondientes unidades ayudan a comprender la información que proveen los fabricantes de las fuentes lámparas y luminarias, los valores a ingresar en un software de cálculo, pero fundamentalmente tener criterios al seleccionar niveles de iluminación y otros aspectos cuantitativos. También serán los datos necesarios para realizar cálculos lumínicos y diferenciar y comparar las distintas fuentes luminosas y artefactos.

La Rama de la física que estudia las diferentes medidas de la luz y la percepción de estas por el ojo humano es la fotometría. Existen diversas magnitudes fotométricas que pueden agruparse en:

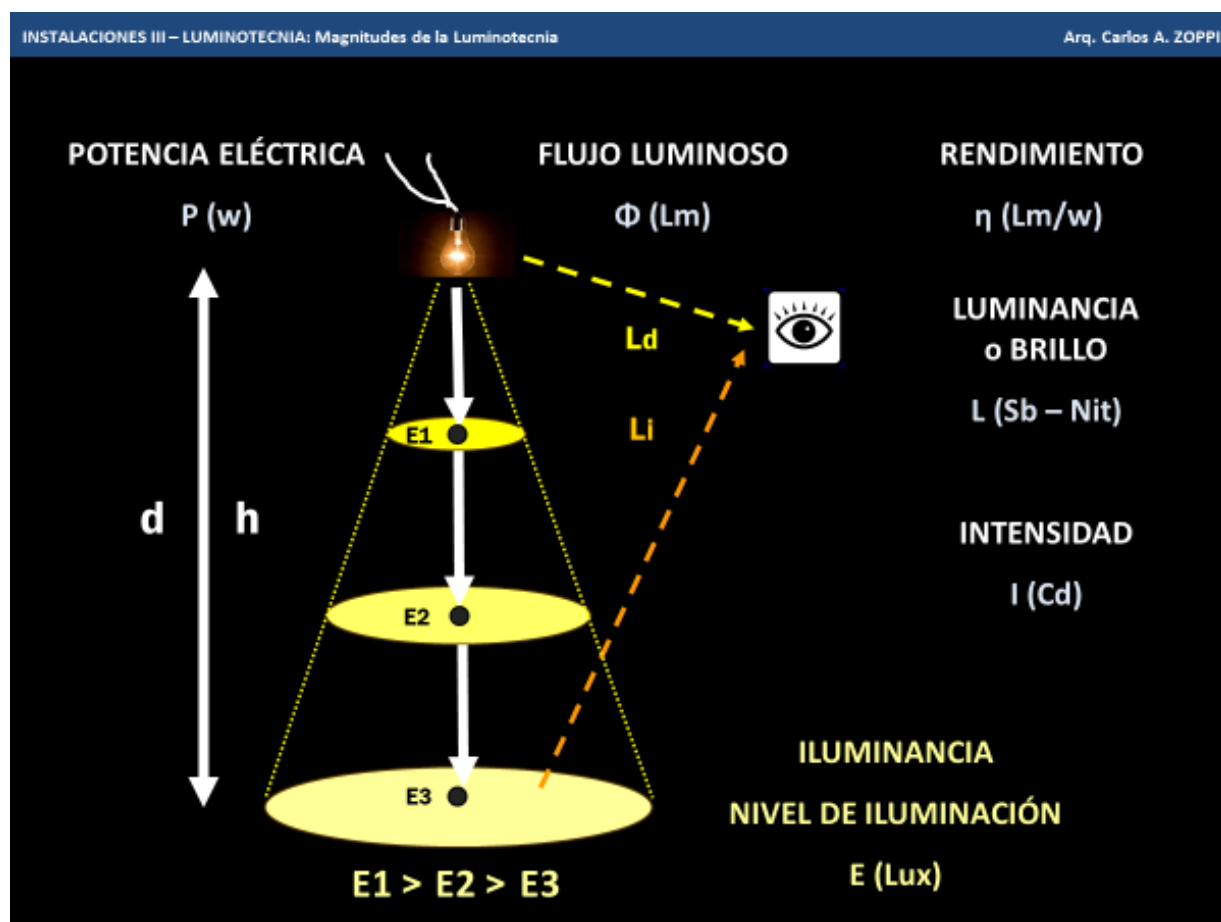
Magnitudes correspondientes a la fuente luminosa (FL)

- **Flujo Luminoso** (Φ) – Unidad: Lumen (Lm)
- **Intensidad luminosa** (I) – Unidad: Candela (Cd)
- **Luminancia directa o Brillo** (L_d) – Unidad: Stilbert (Sb) o Nit
- Existe también **Cantidad de Luz**, pero es una magnitud que a los fines de la aplicación al diseño y cálculo no es relevante.

Magnitudes correspondientes al objeto iluminado

- **Iluminancia o Nivel de Iluminación** (E) – Unidad: Lux (Lx o Lm/m²)
- **Luminancia indirecta o Brillo** (L_i) – Unidad: Stilbert (Sb) o Nit

En el siguiente gráfico se sintetizan las magnitudes y unidades, de manera esquemática para ayudar a su comprensión y relación entre ellas.

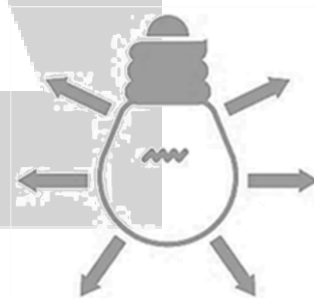


FLUJO LUMINOSO DE UNA LAMPARA

Es la cantidad de luz emitida por una fuente luminosa. Es la energía visible de una fuente de luz. También puede definirse como la cantidad de flujo radiante que produce sensación visual, o simplemente la potencia radiada visible de una fuente luminosa.

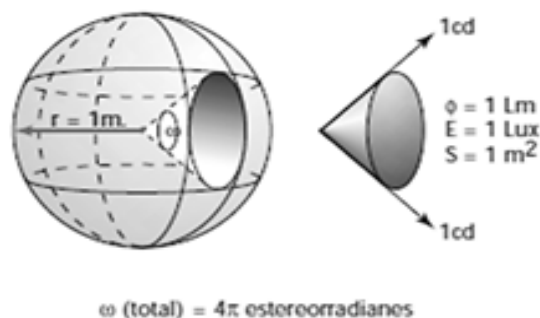
La unidad que se usa para medirlo es el **Lumen (Lm)**. **Símbolo Φ** .

Así una lámpara incandescente de 40 W emite un flujo luminoso de 430 Lm; un tubo fluorescente común de 36 W luz día standard emite 2600 Lm; una lámpara de vapor de mercurio halogenado de 150 W emite 11000 Lm y una de sodio a alta presión de 150 W emite 16000 Lm.



Esta magnitud es muy importante al momento de seleccionar lámparas, ya que en función del flujo luminoso serán los niveles de iluminación alcanzados, y también permite comparar lámparas en función del consumo. Comercialmente, todas las lámparas y luminarias tienen especificado el flujo luminoso que son capaces de emitir, medido en lúmenes; no hay que confundir con la potencia eléctrica, o consumo de una lámpara expresado en watts $P (w)$. De todas maneras, existe una relación entre ellos, porque cuando nos referimos a *eficiencia o rendimiento de una lámpara*, nos referimos a los lúmenes emitidos en función de la potencia en watts consumidos o sea Lm/w .

Para comprender a qué equivale un **lumen**, es necesario recurrir al concepto de **ángulo sólido**. Imaginemos una fuente de luz puntual, ubicada en el centro de una esfera de radio r . Posteriormente trazamos sobre la superficie de la esfera un círculo cuya área sea igual a r^2 . Un ángulo sólido (ω) geométricamente es el espacio comprendido por el cono que tiene su vértice en el centro de una esfera y cuya base se encuentra sobre la superficie de la esfera.



La unidad de ángulo sólido es el **estereorradián (Str)**. Así, un ángulo sólido mide un estereorradián (1 Str) cuando la superficie interceptada sobre la esfera es igual al radio de la esfera al cuadrado ($r^2=S$). Cuando la porción correspondiente a toda la esfera, y por tanto la superficie de base sea todo el casquete de esta, el ángulo de abertura será de 360° , el área del casquete será $4\pi r^2$, y el valor del ángulo sólido será 4π Str. Matemáticamente, un ángulo sólido corresponde al cociente entre el área intersectada del casquete y el área resultante del cuadrado del radio r .

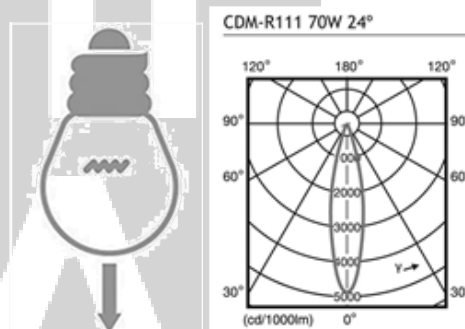
Entonces, un **lumen es el flujo luminoso abarcado por un ángulo sólido de un estereorradián cuando la intensidad luminosa de la fuente es de una candela**. Esa cantidad de luz (flujo luminoso) es isotrópica, es decir que se presenta en todas las direcciones en igual magnitud, por tanto, la dirección hacia la cual está enfocada la luz no influye en la determinación del flujo luminoso de la fuente de luz.

INTENSIDAD LUMINOSA

Es la parte del flujo emitido proveniente de una fuente luminosa, en una dirección dada, que fluye a través de un ángulo sólido.

La unidad de medida es la **Candela (Cd)**. Símbolo **I**.

Así, una lámpara de bicicleta (sin reflector) emite 1 Cd, la misma lámpara con reflector, 250 Cd. Una lámpara dicroica de 50 W emite en el centro del haz aproximadamente 3000 Cd (dependiendo del ángulo de apertura del haz).



La importancia de esta magnitud radica en que no todas las lámparas emiten el flujo luminoso en todas las direcciones, así habrá algunas que lo harán en casi los 360° y otras en un ángulo más concentrado, serán las que se utilizarán para lograr acentuaciones o bien destacar objetos por contraste. Así para cada dirección (ángulos) le corresponderán diferentes valores de intensidad luminosa en Candelas. Este es un aspecto muy importante que lo retomaremos al momento de describir los diagramas de distribución de las intensidades luminosas.

En términos matemáticos, la intensidad luminosa es el cociente entre el flujo luminoso que emite la fuente de luz y el ángulo sólido en estereorradianes a través del cual este flujo pasa. Estos valores de intensidades serán fundamentales al momento de calcular los niveles de iluminación alcanzados en un punto, en función de la distancia entre fuente luminosa y el plano iluminado. Esto significa que la intensidad luminosa no varía en función de la distancia, lo que varía es la iluminancia o nivel de iluminación.

Si imaginamos que la fuente luminosa es una vela que se encuentra en el centro de una esfera, y emite en todas las direcciones, lo que significa que este flujo luminoso atraviesa toda la esfera (equivalente a un ángulo sólido de 4π Str. Entonces, podríamos sintetizar y simplificar que una candela es el equivalente al flujo luminoso emitido por una vela, el cual pasa a través de toda la esfera.

LUMINANANCIA O BRILLO

Es la intensidad luminosa de una fuente emitida en una dirección dada por unidad de área visible (superficie aparente) de la fuente. Dicho de otro modo, expresa el efecto de luminosidad que una superficie produce en el ojo humano, ya sea **directa** (lámpara o luminaria) o **indirecta** (plano iluminado que refleja luz). Si analizamos la fórmula $L [Sb] = I [Cd] / S [cm^2]$ comprobamos que el brillo es directamente proporcional a la intensidad luminosa e inversamente proporcional a la superficie de la fuente, para una dirección dada.

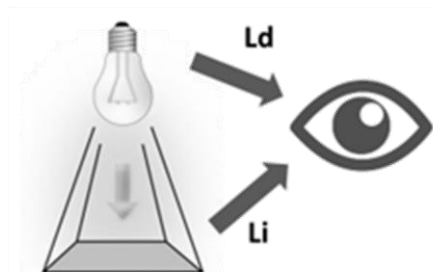
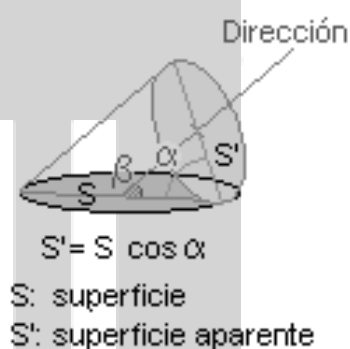
La unidad de medida es el **Stilber (Sb)** cuando lo expresamos en **Cd/cm²**

o el **Nit** si lo expresamos en **Cd/m²**.

Símbolo L.

Por ejemplo, el sol tiene una $L = 165.000 \text{ cd/cm}^2$, en cambio la luna llena posee una Luminancia de $0,50 \text{ cd/cm}^2$. Una lámpara incandescente clara de 40 w $L=200 \text{ cd/cm}^2$, esa misma lámpara con ampolla satinada $L=30 \text{ cd/cm}^2$. Una superficie blanca 100 cd/cm^2 y una negra $L=15 \text{ cd/cm}^2$, ya que reflejarán en diferentes proporciones.

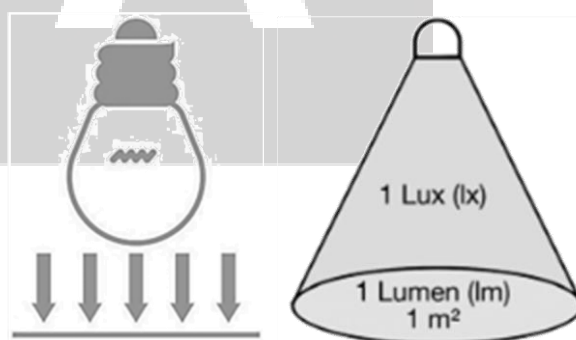
La importancia de esta magnitud en el diseño lumínico radica en los criterios de selección tanto de luminarias como de superficies en las envolventes, ya que si colocamos una fuente luminosa de pequeñas dimensiones (como una diroica) y esta se encuentra en el campo visual provocará un deslumbramiento, que según las tareas suele provocar una falta de confort. A la inversa, un cielorraso translúcido, tratándose de una gran superficie, provocará una menor Luminancia y en consecuencia una luz más difusa. Pero también hacíamos referencia a la Luminancia Indirecta, o sea, la proveniente de las reflexiones en las superficies donde incide la luz. Pensemos en una situación donde el plano de una mesa de trabajo o un mostrador sea un vidrio, o una superficie brillante, esta provocará puntos de reflexión, o sea Luminancias Indirectas indeseables.



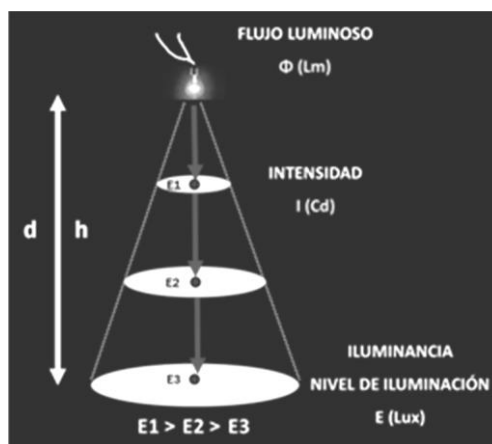
ILUMINANCIA O NIVEL DE ILUMINACIÓN

La iluminancia $[E]$ de una superficie es la relación entre el flujo luminoso $[\Phi]$ que emite una fuente y el área de la superficie o plano donde incide ese flujo. Como nos referimos a las magnitudes correspondientes al plano iluminado, aquí la distancia es relevante. A diferencia del flujo luminoso y la intensidad luminosa, la iluminancia $[E]$ se relaciona directamente con la distancia que existe entre la fuente y la superficie o plano de incidencia. En síntesis, la iluminancia en una superficie es el flujo luminoso que incide sobre una determinada área. $E [Lx] = \Phi [Lm] / S [m^2]$. Así, 1 Lux equivale a un flujo luminoso de 1 Lm repartido en una superficie de 1 m^2 . La iluminancia o iluminación siempre se refiere al nivel que llega a un PLANO, sea este, horizontal (PH) o vertical (PV).

La unidad de iluminancia es el **Lux (Lx)** equivalente a Lm/m^2 . **Símbolo E.**



Los valores de iluminancia varían considerablemente con la distancia de la fuente luminosa a la superficie de incidencia. Esta disminución de la iluminancia en relación a la distancia, varía con el cuadrado de la distancia. En la expresión $E [Lx] = I [Cd] / d^2$. Cuando duplicamos la distancia entre la fuente y la superficie receptora, el valor de iluminancia se reducirá a la cuarta parte, y si en cambio disminuimos esa distancia acercando la fuente luminosa al plano de incidencia, el valor de iluminancia se cuadruplicará. Esta proporción entre los valores de iluminancia y la distancia se conoce como la ley del cuadrado inverso. Así, si la distancia a la fuente se multiplica por 2, la iluminancia se divide por 4 (2^2), y si la distancia se multiplica por 3, la iluminancia se divide por 9 (3^2). Esto es importante tomarlo en cuenta porque la altura de colocación de las luminarias será determinante del nivel de iluminación alcanzado sobre los planos de trabajo, y que deberán responder a recomendaciones y normas.



El siguiente cuadro muestra algunos valores de Niveles de Iluminación recomendados por la Norma IRAM-AADL J20-06. (por mayores precisiones, remitirse a la Norma completa)

NIVELES RECOMENDADOS PARA DIVERSAS TAREAS

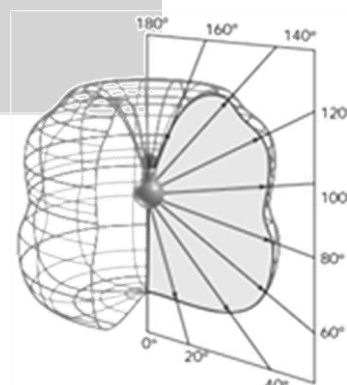
Tipo de edificio, local y tarea visual	E(lux)	Tipo de edificio, local y tarea visual	E(lux)
Halls para el público de instituciones	200	Cocina: sobre zona de trabajo	200
Proyecto, dibujos detallados	1000	Estar: iluminación general	100
Contaduría, bosquejos rápidos	500	Estar: localizada p/lectura	300
Oficinas, aulas	500	Baño: Iluminación general	100
Salas de conferencias y fiestas	300	Baño: localizada sobre espejos	200
Circulaciones	200	Dormitorio: General y localizada	200
Salas de teatro y concierto	100	Comercios: iluminación general	500-1000
Bibliotecas: Sala de lectura	400	Vidrieras	1000-2000
Bancos: Iluminación General	500	Restaurantes: cocina, ilum. general	300

DIAGRAMAS DE DISTRIBUCIÓN DE INTENSIDADES LUMINOSAS

En la Ley Fundamental o de la inversa de los cuadrados, vemos que en vez de trabajar con los valores de flujo luminoso $[\Phi]$ en lúmenes, es necesario conocer las intensidades luminosas para determinados ángulos según donde se encuentren los puntos a calcular. Por ello se hace necesario recurrir a la información fotométrica que proveen los fabricantes de lámparas y artefactos, y particularmente a los diagramas polares, o **diagramas de distribución de intensidades luminosas**.

Entre las formas de representar gráficamente el comportamiento de la lámpara / luminaria encontramos el sólido fotométrico.

Un **sólido fotométrico** es la representación de manera espacial o volumétrica donde la luz es emitida por la luminaria, la cual se muestra habitualmente en corte vertical. A partir de ese sólido fotométrico se pueden realizar cortes o intersecciones en diferentes ángulos (sea por ejemplo en sentido transversal y longitudinal de un artefacto de tubos fluorescentes). En estos planos se pueden representar de manera sencilla la distribución de la luz en el espacio, mediante curvas que también serán útiles para visualizar si se trata de una luminaria que concentra o que expande la luz.



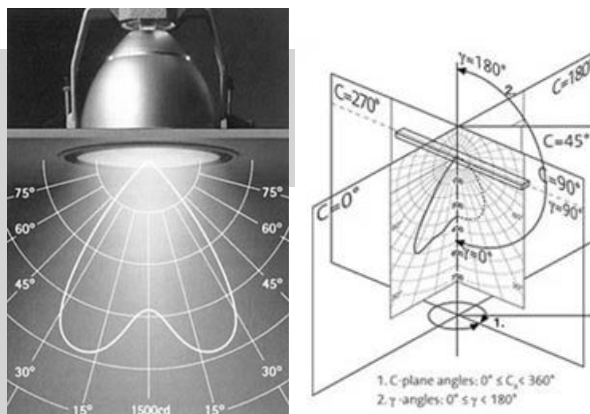
Toda fuente luminosa, sea una lámpara o un artefacto (luminaria) presentan diferentes formas de distribuir el flujo luminoso, y para eso recordemos el concepto de ángulo sólido, ya que la luz se distribuye de manera espacial. Pero para referirnos a como se distribuye ese flujo en diferentes direcciones, recurramos a la magnitud de las intensidades luminosas (Cd). Dicha intensidad, representada en esas curvas de los diagramas, depende de una serie de factores:

- Flujo luminoso de la lámpara (Lm)
- Forma de la lámpara
- Tipo de artefacto
- Elementos suplementarios del artefacto, como sup. reflectantes, planos difusores, louvers o rejillas, etc.

Hay lámparas que actúan independientemente del artefacto como las reflectoras o concentradoras de los haces luminosos. Pero otras cambian sustancialmente su forma de distribución espacial de la luz sea que se encuentren desnudas, o en un artefacto, ya que estos direccionarán el flujo luminoso en determinadas direcciones y darán diferentes formas de distribución.

Hay que diferenciar **artefactos simétricos** que forman **cuerpos de revolución**, en ellos la distribución de las intensidades luminosas serán iguales cualquiera sea el plano que intersecte y sobre el que se haya graficado la curva de distribución.

En cambio, si se trata de **artefactos que no forman cuerpos de revolución**, como los que alojan tubos fluorescentes u otras fuentes luminosas lineales, en estos la información fotométrica generalmente contiene 2 o más curvas ya que se hacen intersecciones en sentido transversal y longitudinal.

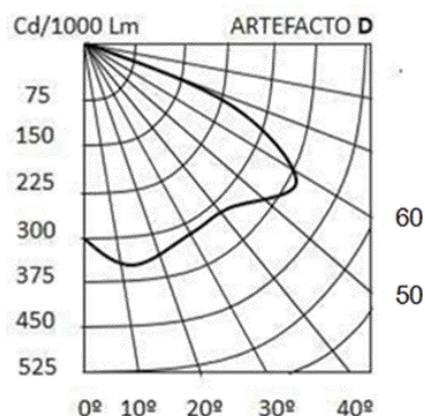


Como las fuentes luminosas pueden emitir la luz de manera omnidireccional, o sea en todas las direcciones como si fuera una esfera, es que deberíamos considerar los 360°. Por ello los diagramas de distribución luminosa suelen contener cuatro cuadrantes, de lectura en sentido antihorario. Así el 1º cuadrante abarca desde los 0° a los 90°, el 2º hasta los 180°, el 3º hasta los 270° y por último el 4º cuadrante, que se encuentra simétrico al 1º abarcará hasta los 360°.

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. 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.

Para evitar la tarea de hacer un gráfico para cada lámpara cuando solo varía la potencia de dicha lámpara, los gráficos se normalizan para una fuente de 1000 lúmenes y el dibujo queda expresado entonces en cd/klm (Candela / kilolumen) o bien Cd/1000 Lm. Para conocer los valores reales de las intensidades bastará con multiplicar el flujo luminoso nominal de la lámpara por la lectura en el diagrama polar y dividirlo por 1000(lm). Por lo tanto, habrá que transformar los valores leídos en esa curva al flujo luminoso instalado en dicho artefacto para realizar los cálculos luminotécnicos.

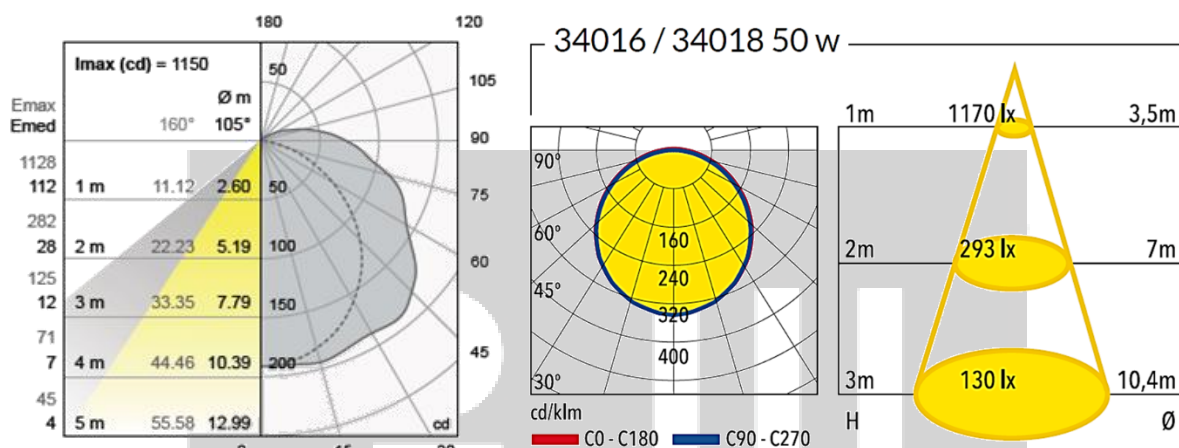
Así, por ejemplo, si dentro de un artefacto que para 60° emite 375 Cd para 1000 Lm, se colocara una lámpara cuyo flujo luminoso fuera de 4500 Lm, la intensidad luminosa para la dirección de 60° será:



$$I [Cd] = 375 \text{ Cd} \cdot 4,5 = 1.687,50 \text{ Cd}$$

GRÁFICOS DE NIVELES DE ILUMINACION o ILUMINANCIA

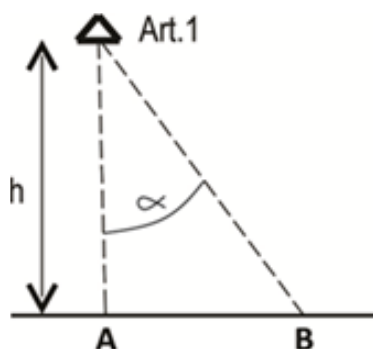
Como la información fotométrica provista en diagramas de distribución de intensidades luminosas se hace un poco más dificultosa, pero muy necesaria para quienes hacen cálculos luminotécnicos, existen otras formas de presentar la información. Para que sea más accesible a un público no especializado, o también para los profesionales, los fabricantes proveen catálogos con curvas fotométricas y también **gráficos de niveles de iluminancia en Lux**. Esto facilita la tarea para poder pre dimensionar o bien seleccionar entre varias luminarias, recurriendo a esta información simple, la cual indica los niveles de iluminancia media alcanzados para diferentes distancias, y también el diámetro aproximado que alcanzará la distribución de ese flujo luminoso. Además, permiten visualizar la ley cuadrática inversa, recordando que la iluminancia disminúa con el cuadrado de la distancia.



LEY FUNDAMENTAL DE LA LUMINOTECNIA o LEY CUADRÁTICA INVERSA

La aplicación de la Ley Fundamental de la Luminotecnia permite determinar el Nivel de Iluminación (E) obtenido en diferentes puntos de un plano, considerando siempre las características particulares de la Fuente Luminosa, especialmente el flujo luminoso instalado y la distribución de las intensidades luminosas.

La iluminación obtenida en un punto de un plano es directamente proporcional a la intensidad de la fuente en esa dirección y al coseno del ángulo (α) que forma la perpendicular al plano con la dirección considerada e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia de la fuente al objeto.



$$E \text{ (Lux)} = \frac{I \text{ (Cd)}}{d^2 \text{ (m)}} \cdot \cos \alpha$$

$$E \text{ (Lux)} = \frac{I \text{ (Cd)}}{h^2 \text{ (m)}} \cdot \cos^3 \alpha$$

En el desarrollo de los métodos de cálculo, en el Método del Punto por Punto encontrarán mayor desarrollo, indicando si los puntos corresponden al plano horizontal o vertical.

LUMINARIAS

Para abordar el tema de las luminarias es necesario hacer algunas aclaraciones previas que suelen llevar a ciertas confusiones. Hasta no hace mucho tiempo era frecuente encontrar en la bibliografía específica de Luminotecnia, la referencia a la luminaria solo como el aparato u objeto que tiene por objeto dirigir, distribuir, filtrar y transformar la luz proveniente de una lámpara o fuente luminosa. Así, este concepto llevaba a concebir por separado el artefacto y la lámpara, que de hecho no está mal seguir considerándolo ya que a un mismo artefacto se le podía cambiar el tipo de lámpara y aun hoy seguimos con esta alternativa.

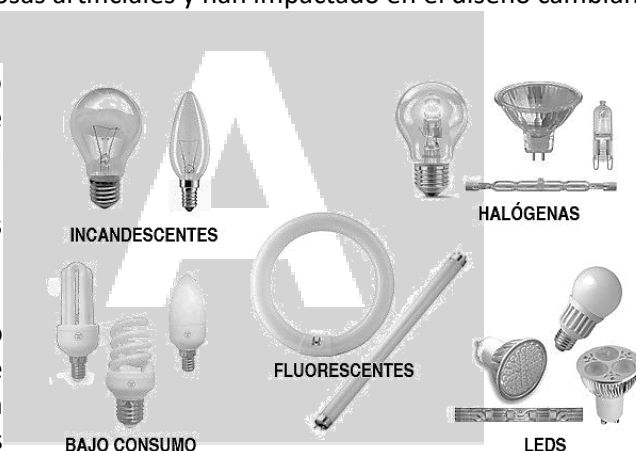
Lo que ha cambiado en la actualidad, con los avances de una tecnología disruptiva como son los LEDs, muchas luminarias son una unidad indivisible donde no existe la posibilidad de recambio de la fuente luminosa (lámpara) ya que se trata de unidades selladas. Hecha esta aclaración, pasaremos a desarrollar en primer término las fuentes luminosas, o sea las lámparas y en segundo término los artefactos de iluminación, recordando que una luminaria adquiere todo su rol y protagonismo solo cuando se enciende la luz.

FUENTES LUMINOSAS - LÁMPARAS

En las últimas décadas la iluminación artificial ha experimentado avances que han provocado cambios sustanciales, tanto en lo tecnológico, lo visual, el color y en consecuencia en aspectos vinculados al diseño. Particularmente en los últimos años ese proceso se ha acelerado, con **tecnologías disruptivas** que han venido a revolucionar y en consecuencia a replantear conceptos, la información fotométrica disponible para interpretar las fuentes luminosas artificiales y han impactado en el diseño cambiando los paradigmas de la iluminación.

Todo esto se desarrolla en un contexto donde el mundo experimenta una creciente urbanización; más de la mitad de la población mundial es urbana, con las consecuencias de agotamiento de las energías no renovables por el consumo asociado a las tecnologías en iluminación por incandescencia. La conciencia ambiental iniciada en la década del 70 no solo cuestionó la utilización de las fuentes de energía tradicionales, sino que impulsó la investigación y desarrollo de las nuevas fuentes luminosas artificiales (lámparas)

mejorando especialmente los aspectos relativos a la eficiencia energética de las mismas, y también a la disminución de las dimensiones de las lámparas, y mejoras en parámetros vinculados al color. Ese proceso de actualización e innovación ha alcanzado resultados sorprendentes en la última década, donde los LEDs (Light Emitting Diode) son los grandes protagonistas de esta evolución, a pesar de llevar medio siglo desde su creación. En la actualidad, con frecuencia se habla de las **tecnologías disruptivas** aunque no son un fenómeno reciente, y en este caso particular la tecnología LED para iluminación es un caso representativo de lo que ha provocado.



En relación a las innovaciones evolutivas y disruptivas, citadas anteriormente, la estrategia que se ha adoptado en el mercado mundial de iluminación se ha dividido en dos etapas: la primera, conocida como **“Retrofit”**, que consiste en el aprovechamiento de las instalaciones existentes y el reemplazo de un producto de tecnología tradicional y reemplazarlo con otro con tecnología LED tratando de adaptarse a los artefactos existentes; y la segunda, denominada **“Ledfit”**, que se basa en el diseño de productos específicos para la tecnología led y en consecuencia llevando a la investigación, exploración proyectual y producción de nuevas luminarias. Actualmente, estamos en medio de esa transición, con productos de ambas etapas y, si bien los productos aún conservan los formatos conocidos, seguramente en un futuro no muy lejano comenzaremos a ver diseños revolucionarios y de vanguardia.



PRINCIPIOS DE FUNCIONAMIENTO

Al comienzo de estos textos, cuando nos referíamos a la luz como hecho físico, presentamos las diferentes formas de producir luz artificialmente, y para ello recurrimos a los diferentes principios de funcionamiento o tecnologías, como una manera de simplificar este amplio tema y ayudar a interpretar la amplia variedad de lámparas que la industria eléctrica y luminotécnica han ido desarrollando a través del tiempo. Así, nos referíamos como principios de funcionamiento:



INCANDESCENCIA: Consiste en la producción de luz por **emisión térmica**. Pasando una corriente eléctrica a través de un filamento, éste se calienta de acuerdo a la resistencia al paso de la corriente que éste le opone; de esta manera, gran parte de la energía será transformada en calor (radiación infrarroja) y una mínima en luz, o sea radiación visible. Cuando un cuerpo emite radiación visible a partir de la elevada temperatura que alcanza (su filamento) al ser traspasado por la energía eléctrica. Esta energía se transformará en radiación visible (una mínima parte), radiación ultravioleta y radiación infrarroja (en un alto porcentaje). En este grupo incluimos a la luz natural producida por el sol y la producida por las lámparas incandescentes y su variante halógenas.

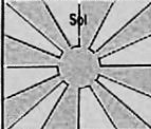
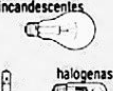
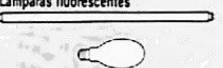
DESCARGA GASEOSA: Es la producción de luz mediante otro proceso, como la **luminiscencia**, consistente en la emisión de radiaciones electromagnéticas por electrones de átomos que han sido previamente excitados, no precisándose de elevadas temperaturas en el cuerpo emisor. La excitación del gas por la electricidad provoca colisiones entre los átomos, que a su vez liberan energía en forma de radiaciones ultravioletas o luz visible. Este fenómeno es el que se produce cuando una descarga eléctrica en la atmósfera (medio gaseoso) hace visible la luz del rayo. Cuando pasa una corriente eléctrica a través de un gas, y éste alcanza el punto en el cual es posible producir una descarga eléctrica, dentro de la ampolla, capaz de emitir radiación ultravioleta (UV) y mayor radiación visible LUZ que las incandescentes. Incluimos en este grupo a las lámparas fluorescentes, las de vapor de mercurio y sodio.

DIODOS, también llamada luz en estado sólido (SSL). El término “estado sólido” se refiere generalmente a la luz emitida por electroluminiscencia de estado sólido. En comparación con la iluminación incandescente, SSL crea luz visible con la menor generación de calor o disipación de energía parasitaria. Los materiales electroluminiscentes (EL) producen radiación electromagnética (por lo general luz visible) en respuesta a una corriente eléctrica. A diferencia de la incandescencia, este proceso no se da por termorradiación, por lo tanto, las fuentes de luz electroluminiscente son más frías. Tampoco su principio de

funcionamiento es una descarga eléctrica a través de un gas, de manera que pueden ser mucho más pequeñas que las fuentes de luz de descarga.

Esta nueva tecnología de fuentes de luz electroluminiscente comprende los paneles electroluminiscentes, diodos de emisión de luz LED (Light Emitting Diode), y diodos orgánicos de emisión de luz OLED (Organic Light Emitting Diode). Un diodo es un dispositivo fabricado con dos materiales semiconductores diferentes que permiten circular la corriente en una sola dirección. Los LEDs son componentes electrónicos constituidos por la unión de materiales semiconductores de diferentes características, capaces de convertir la energía eléctrica directamente en energía luminosa cuando son polarizados por medio de un campo eléctrico. El color de la luz del LED dependerá del material inorgánico con el que está fabricado el diodo y de cómo esté configurado. Durante esta liberación de energía es cuando se produce luz.

Con esta introducción y clasificación por principios de funcionamiento podemos hacer una síntesis de las lámparas disponibles, muchas de ellas ya en desuso o bien discontinuadas en su producción, como parte de políticas públicas que promueven el uso de lámparas más eficientes. La finalidad de esta presentación de las lámparas sin un desarrollo exhaustivo de cada una de esas tecnologías tradicionales es para servir de referencia a la hora de evaluar comparativamente las

Fuentes naturales	Emisión térmica	Emisión luminiscente	Fotoluminiscent.
			
Fuentes eléctricas	Lámparas incandescentes  halógenas 	Lámparas de descarga 	Diodo 
	Lámpara de luz mezcla 	Lámparas fluorescentes 	

diferentes opciones de fuentes luminosas para desarrollar proyectos de iluminación sustentables. El siguiente cuadro publicado por OSRAM hace ya varios años resulta aún muy didáctico para comprender lo que acabamos de explicar. En el mismo se hace una simple comparación de las fuentes luminosas eléctricas con las fuentes de luz naturales.

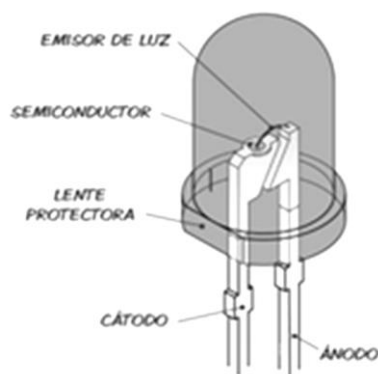
Como expresáramos anteriormente, las lámparas que funcionan por **incandescencia con filamento de tungsteno** van desapareciendo, tanto por las desventajas que tienen por ser poco eficientes y corta vida útil, entre otros aspectos.

Dentro de este principio de funcionamiento, las **incandescentes halógenas** significaron un avance y mejoras sustanciales en aspectos de brillo, una leve mejora en eficiencia, vida útil y fundamentalmente por su reducido tamaño. Aún las utilizamos, y nos resistimos a dejarlas por aspectos

INCANDESCENTES Termo radiación	NORMALES	Normales (GLS) Reforzadas Decorativas - Color Reflectoras
	HALÓGENAS	Con bulbo Bi-Pin Reflector Dicroico Reflector Metálico
MEZCLADORAS		Mezcladoras
DESCARGA GASEOSA Luminiscencia	FLUORESCENTES	Tubulares Compactas (Bajo Consumo) Especiales
	VAPOR DE MERCURIO	Comunes Color corregido Halógenas
	VAPOR DE SODIO	Alta presión Baja presión Sodio blanco
DIODOS Electroluminiscencia		Leds

expresivos que muchas veces la tecnología LED no logra todavía reproducir con iguales prestaciones estéticas. Así, las famosas “dicroicas” y AR111 han pasado a ser las referentes de este tipo de lámparas.

La gran innovación la produjeron las **lámparas fluorescentes compactas** a mediados de los ‘80, por reducción de tamaño, mejoras en la vida útil y variedad de tonos de luz y reproducción cromática. Aun en la actualidad siguen siendo una opción válida al momento de resolver proyectos de iluminación tomando en cuenta conceptos de sustentabilidad. Uno de los mayores aspectos en su contra, con esta mirada de sustentabilidad ecológica, es que utilizan mercurio para su funcionamiento con las consecuencias que ello conlleva una vez que las descartamos.



Ahora, nos detendremos en la **tecnología LED (SSL)** por ser la de mayor relevancia en la actualidad y por no abundar bibliografía especializada accesible en nuestro medio. Las otras formas de producir luz artificialmente mediante electricidad, como la incandescencia y descarga gaseosa no serán descritas, ya que abunda información sobre estos principios de funcionamiento. El término **“estado sólido”** se refiere comúnmente a la luz emitida por electroluminiscencia de estado sólido, a diferencia de bombillas incandescentes (que utilizan la radiación térmica) o tubos fluorescentes. En comparación con la iluminación incandescente, la tecnología SSL crea luz visible con la menor generación de calor o disipación de energía parasitaria.

El más común led “blanco” convierte la luz azul de un dispositivo de estado sólido a un espectro de luz blanca mediante fotoluminiscencia, el mismo principio utilizado en los tubos fluorescentes convencionales.

¿Qué es un LED?

Un LED es la abreviatura del nombre en inglés **Light Emitting Diode**, lo que traducido al español sería **“diodo emisor de luz”**. Los LEDs empezaron utilizándose para señalización, tanto en el ámbito urbano como doméstico, pero los avances que se han producido en la última década lo han convertido en la fuente de luz más eficiente y versátil de que disponemos en la actualidad. Una definición simple que sintetiza varios aspectos de esta tecnología disruptiva es la de California Sustainability Alliance Solid State Lighting, 24 de julio de 2010:

“LED, Light Emitting Diode o diodo emisor de luz, es un dispositivo semiconductor que transforma directamente la energía eléctrica en luz mediante electroluminiscencia. La robustez, una larga duración y una elevada eficacia luminosa con un potencial de incremento adicional son propiedades destacadas de los leds.

Los leds son considerados un tipo de iluminación en estado sólido (SSL, Solid State Lighting) así como los OLED (Organic Light Emitting Diodes) y los PLED (Polymer Light Emitting Diodes). Recientemente, han aparecido los PLET.

El término “estado sólido” se refiere comúnmente a la luz emitida por electroluminiscencia de estado sólido, a diferencia de bombillas incandescentes (que utilizan la radiación térmica) o tubos fluorescentes. En comparación con la iluminación incandescente, SSL crea luz visible con a menor generación de calor o disipación de energía parasitaria. El más común LED “blanco” convierte la luz azul en un dispositivo de estado sólido a un espectro de luz blanca mediante fotoluminiscencia, el mismo principio utilizado en los tubos fluorescentes convencionales”.

California Sustainability Alliance Solid State Lighting, 2010:

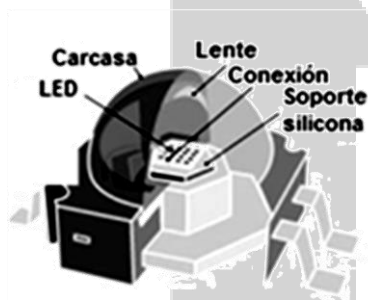
Electroluminiscencia es un fenómeno por el cual un material emite luz como resultado de un estímulo en forma de corriente eléctrica. Existen fenómenos parecidos, de origen químico (quimioluminiscencia) o debidos a la temperatura (incandescencia). La electroluminiscencia ocurre en un material semiconductor cuando se le estimula mediante un diferencial de voltaje en directo sobre sus terminales, las cargas eléctricas negativas (electrones) y las cargas eléctricas positivas (huecos) son atraídas a la zona de unión, donde se combinan entre sí, dando como resultado la liberación de energía en forma de fotones.

El LED fue descubierto a principios del siglo XX solo de uso experimental en laboratorio, pero fue recién a partir de la década del '60 que se produjeron con fines prácticos. Esta tecnología ha evolucionado, primero en usos de señalización hasta conseguir en el siglo XXI una elevada eficiencia energética convirtiendo potencia eléctrica en flujo luminoso aprovechable para el ser humano y usos en iluminación arquitectónica, alcanzando a producir luz blanca a base de la combinación de varios elementos semiconductores, fósforos, voltajes y corrientes.

La luz que emite el LED puede ser de distintos colores originalmente (unos colores determinados por cada longitud de onda y que son debidos a los elementos que forman el cristal semiconductor) e incluso se puede conseguir luz blanca mediante la utilización de un led azul más una capa de fósforos, que transformará la luz azul original en blanca. Todo esto ha convertido el led en pocos años en un fenómeno social de primer orden en el aspecto industrial, comercial y social, pasando de ser un elemento desconocido para la mayoría hace veinte años, a ser hoy un elemento imprescindible para empresas, hogares o lugares públicos. Pero, sobre todo en el aspecto económico, abaratando la producción de luz útil y por tanto permitiendo ahorrar energía.



Un **chip** (o *die* en inglés) es un circuito integrado, formado por una superficie de material semiconductor de reducidas dimensiones, sobre el que se integran elementos electrónicos con diversas funcionalidades. Estos circuitos integrados pueden estar fabricados en un solo cristal, o un compuesto de dos o más. Un chip puede estar compuesto por un simple diodo, o led, o por muchos elementos electrónicos.



¿Cómo está construido un LED?

El tipo básico de LED es un diodo semiconductor compuesto por la superposición de varias capas de material semiconductor que emite luz en una longitud de onda (en colores) cuando es polarizado correctamente. Este dispositivo permite el paso de la corriente en una única dirección. El diodo y su correspondiente circuito eléctrico se encapsulan en una carcasa-base, de resina epoxi o cerámica según las diferentes tecnologías. Este encapsulado consiste en una especie de cubierta sobre el dispositivo. En el interior de este encapsulado se pueden contener uno o varios leds (a este último caso se le denomina tecnología multichip).

¿Por qué necesitan un Driver?

Como muchas lámparas los LEDs no se conectan directamente a la red eléctrica, sino que necesitan de un equipo auxiliar, que adapta la corriente. En el caso de los LEDs se les denomina DRIVER, y por lo tanto es un circuito electrónico que convierte la energía de entrada en una fuente de corriente, y en el cual esta corriente se mantiene constante a pesar de las fluctuaciones en el voltaje. Un controlador protege los leds de las fluctuaciones, sobretensiones y picos de tensión.





Blanco RGB

Un método para producir luz blanca combinando la luz producida por leds rojos, azules y verdes. Se utilizan leds multichips que incorporan como mínimo un chip rojo, otro verde y otro azul, de forma que la luz resultante de sumar los tres colores sea una luz blanca con diferentes tonalidades. Esta luz no es tan estable en el tiempo, debido a las diferencias de comportamiento de los tres chips.

¿Para qué sirven los controladores?

Dada la versatilidad de los LEDs, por adición de colores, es posible generar diferentes escenas variando los porcentajes de cada uno de ellos desde un CONTROLADOR. Estos dispositivos son los responsables de controlar la salida de color dimerizable, ajustable y accesorios sintonizables de iluminación. Tiene componentes de software para la configuración del diseño de escenas y programas de edición de luz, así como componentes de hardware para envío de datos de control a los accesorios.

DMX

Protocolo de comunicaciones digitales avanzado para el control de aparatos de iluminación y efectos de luz desde una consola. Originalmente desarrollado para el control de iluminación teatral, desde la pasada década ha sido introducido también en la iluminación arquitectónica.

TIPOLOGÍAS DE LEDs

Los LEDs utilizados para iluminación arquitectónica pueden ser de potencias entre 0,1W y 100W. Se pueden clasificar en:

- **LED de baja potencia**
- **LED de alta potencia**
- **Tecnología Dual In-Line Package LED (DIP)**
- **SMD (Surface Mounted Device)**
- **Chips COB (Chip On Board)**
- **MCOP (MULTIPLE Chip On Board)**

Refiriéndonos a eficiencia, cuanto más baja sea la potencia (W), mayor será la eficacia del LED. Los de señalización consumen entre 0,1W y 0,5W; los de alta potencia más comunes son de potencias de 1W (consumirán 2W o 3W cambiando la intensidad nominal de 350mA a 700 mA o 1 A). También existen LEDs de 10W, 20W y hasta 50W o 100W.

Los **LEDs de baja potencia (Low Power LED)** son diodos luminosos cuya potencia se sitúa por lo general en 0,1W, funcionan a corriente baja (~20 mA) y baja tensión (3,2 V). Suelen producir bajo flujo luminoso, y la forma del lente determina el ángulo de salida de la luz. Al tener un flujo luminoso bajo, se utilizan generalmente como luminaria de orientación y señalización. Actualmente se han producido LEDs de baja potencia y montaje superficial (SMD), generalmente dotados de encapsulado plástico debido a la baja potencia disipada. Estos LEDs se utilizan en aplicaciones como las pantallas de televisión o las “tiras de LED” que tanta difusión han tenido en los últimos años, por la versatilidad de formas y las reducidas dimensiones.

Los **LED de alta potencia (High Power LED)** son aquellos que poseen potencias mayores de 1W y funcionan a corriente mucho más alta (350, 700 o 1000 mA). Esta tecnología puede producir más de 120 y 150 L/W lo que los hace altamente eficientes comparados con otras fuentes luminosas. Existen dos tipos de montaje, los del tipo SMD y los de tipo COB. Es muy importante la manera de construcción y montaje ya que se debe obtener una resistencia térmica muy baja entre el chip y el circuito impreso. La disipación del calor se convierte así, en un factor de máxima importancia lo que garantiza la mayor duración y prestaciones de un LED.

La **tecnología Dual In-Line Package (DIP)** son los LEDs que se utilizan desde hace 50 años. Se utilizan aun en aplicaciones como semáforos y señalización en dispositivos electrónicos o electrodomésticos. Son fácilmente reconocibles por su forma y los largos contactos en la parte inferior, son de plástico epoxi y sirve como lente para enfocar la luz procedente del diodo. Su rendimiento está entre los 20 y 100 Lm/W dependiendo del color de emisión, la tensión de funcionamiento suele situarse entre los 2V y 3,5V. La mayoría han sido fabricados para trabajar con corrientes de 20 a 40 mA.

Los chips **SMD (Surface Mounted Device)** están dotados de gran versatilidad. Se utilizan para “lámparas”, tiras de LED o pantallas de teléfonos móviles. Sus reducidas dimensiones de 3 a 5 mm de ancho los hace apropiados para montar en lugares donde se necesitan que sean imperceptibles y se pueden producir diseños más innovadores, como combinación de colores RGB en un solo chip que antes no se podían lograr con los del tipo DIP (monocromáticos). Un chip que incluya diodos rojo, verde y azul (RGB), puede crear una amplia paleta de colores ajustando las salidas individualmente.

Los **chips COB (Chip On Board)** son uno de los últimos desarrollos de la tecnología LED, la innovación está en que permiten simplificar la integración en las luminarias. Los tipos COB y SMD son muy parecidos por el hecho que pueden tener múltiples diodos en el mismo chip, pero son diferentes en casi todo lo demás. La tecnología COB es muy potente y eficaz en aplicaciones de un solo color, pero la diferencia es que generalmente no se usan para crear combinaciones de color. Con la tecnología COP se pueden conseguir flujos luminosos más elevados en una sola fuente luminosa. Trabajan a diferentes tensiones e intensidades, y superan los 100 Lm/W de rendimiento.

Los **MCOB (MULTIPLE Chip On Board)** consisten en una serie de varios chips COB iguales, produciendo elevados flujos luminosos y gracias a esta tecnología están surgiendo productos novedosos.

PARÁMETROS CUANTITATIVOS Y CUALITATIVOS DE LAS LÁMPARAS

Podemos describir una fuente luminosa o lámpara por diversos parámetros, los cuales nos permitirán establecer comparaciones según sea el aspecto relevante para tomar decisiones. Así, podemos establecer parámetros cuantitativos y cualitativos. Los parámetros cuantitativos tienen en común cuestiones técnicas, de funcionamiento y fundamentalmente que son valores medibles que intervienen en los cálculos luminotécnicos. En cambio, en los parámetros cualitativos se agrupan aquellos, que más allá de poseer valores mensurables y números, fundamentalmente nos indican aspectos que están vinculados más con cuestiones subjetivas, como lo relativo a percepción del color, aspecto de los objetos y los lugares, formas de emitir la luz, entre otros.

PARÁMETROS DE COMPARACIÓN DE LÁMPARAS	
ASPECTOS CUANTITATIVOS	ASPECTOS CUALITATIVOS
POTENCIA (W)	TONO DE LUZ (K) COLOR DE LUZ
FLUJO LUMINOSO (Lm)	REPRODUCCIÓN CROMÁTICA (IRC - Ra)
RENDIMIENTO / EFICIENCIA (Lm/W)	DISTRIBUCIÓN INTENSIDAD Curvas Fotométricas (Cd)
VIDA UTIL (horas)	ATENUACIÓN DEL FLUJO LUMINOSO
COSTO (\$)	TIEMPO DE ENCENDIDO (minutos)
TENSIÓN FUNCIONAMIENTO (V)	TAMAÑO - FORMAS TIPO DE CASQUILLO

PARÁMETROS CUANTITATIVOS

POTENCIA

Es la energía eléctrica que la lámpara consume de la red de alimentación. Unidad **Watt (W)**

- Una antigua lámpara de 1000W consumía 1 KW/h
- Una nueva lámpara LED puede consumir entre 1W/h hasta

Es importante aclarar que en lámparas incandescentes la potencia es un producto directo de tensión e intensidad, mientras en otro tipo de lámparas las ondas tienen desfases, existen consumos de equipos auxiliares, y la potencia consumida puede ser distinta a la potencia nominal de una lámpara.

FLUJO LUMINOSO

Es la cantidad de luz emitida por una fuente luminosa. Unidad: **Lumen (Lm)**

- Lámpara incandescente 40W emite 430 Lm
- Lámpara fluorescente 36W emite 2600 Lm
- Lámpara mercurio halogenado 150W emite 11000 Lm
- Lámpara sodio alta presión 150W emite 16000 Lm
- Lámpara LED de 9W emite 950 Lm

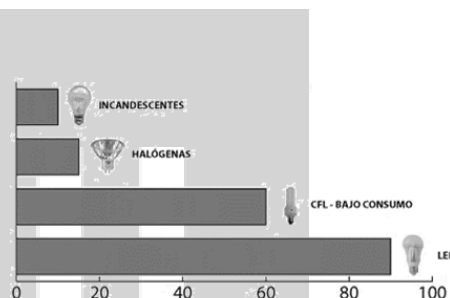
EFICIENCIA LUMINOSA O RENDIMIENTO DE LA LÁMPARA

Expresa la relación entre el flujo luminoso emitido (Lm) y la potencia eléctrica consumida (W).

Unidad: **Lm/W**

- Lámpara incandescente 10 a 20 Lm/W
- Lámpara fluorescente 60 a 96 Lm/W
- Lámpara vapor de sodio Baja Presión 200 Lm/W
- Lámparas LED pueden alcanzar los 160 Lm/W

Este es un parámetro que no siempre define la elección de determinada lámpara, ya que puede ser la más eficiente (Lm/W), pero no ser eficaz para una determinada aplicación donde intervienen parámetros cualitativos más relevantes al momento de tomar una decisión.



VIDA ÚTIL DE LA LÁMPARA

Expresa la cantidad de horas promedio de vida, y en las de descarga se considera el momento cuando el flujo luminoso ha decrecido en un 20%. Se lo considera en **horas**.

- Lámpara incandescente 1000 horas
- Lámpara fluorescente 8000 horas
- Lámpara LED entre 15.000 y 50.000 horas

Existe una diferencia entre la vida útil de las fuentes tradicionales de iluminación y las lámparas LED. Mientras que las de incandescencia dejan de funcionar cuando se corta el filamento, las de descarga gaseosa como las fluorescentes y también los LEDs van decreciendo en la emisión del flujo luminoso. Por ello es que se toma un porcentaje, por ejemplo un decrecimiento del 20%, ya que tanto los fluorescentes como los LEDs pueden seguir emitiendo luz pero en porcentajes muy bajos (10 o 20%) respecto al flujo inicial, y eso atentaría tanto en el nivel de iluminancia alcanzado como también en los costos de funcionamiento y mantenimiento.

COSTO

Este parámetro es el que más nos interesa tanto desde el valor a invertir inicialmente en la compra de la lámpara, pero fundamentalmente se debe tomar en cuenta el rendimiento y la vida útil, ya que incidirán en los costos de reposición y funcionamiento, y en definitiva en los valores a pagar en una factura por energía eléctrica.

TENSIÓN DE FUNCIONAMIENTO

Este parámetro es fundamental para el conexionado a la red, ya que muchas de las lámparas, excepto las antiguas incandescentes no pueden funcionar a la tensión de red de 220V. Así, muchas lámparas funcionan a baja tensión como lo hacían las incandescentes halógenas dicroicas de 12V. En estos casos necesitaban de equipos auxiliares como los transformadores de voltaje. Los fluorescentes necesitan controlar la tensión para su funcionamiento, por lo que se utilizan balastos o reactancias. En la tecnología LED para conectarlos a red, es necesario recurrir a equipos auxiliares para obtener la corriente de servicio adecuada. Estos equipos se denominan fuentes de alimentación (tensión constante) o drivers de alimentación.

PARÁMETROS CUALITATIVOS

TEMPERATURA DE COLOR O TONO DE LUZ

Expresa la tonalidad de emisión de la luz. La temperatura de color indica el desplazamiento del color “blanco” de la luz hacia un extremo u otro. De esta forma, una temperatura de color de 3700 K corresponde a una sensación de blanco medio, en tanto que, por debajo de esa cifra, la luz se va haciendo progresivamente más rojiza, es decir, más cálida. Unidad: **Kelvin (K)**.

- *Temperatura de color 2800 K, apariencia de luz cálida.*
- *Temperatura de color 4000 K, apariencia de luz blanca.*
- *Temperatura de color 6500 K, apariencia de luz fría.*

REPRODUCCIÓN CROMÁTICA O RENDIMIENTO DE COLOR

Expresión general para definir el efecto cromático de una fuente luminosa en la apariencia de color de objetos en comparación conciente o inconsciente con la apariencia de color de los mismos objetos bajo una fuente luminosa de referencia.

Se expresa como **IRC o Ra** y con valores entre 0 y 100. Las lámparas incandescentes tienen un IRC de 100, las lámparas fluorescentes o de descarga no alcanzan, en ningún caso un IRC de 100. Recientemente, desarrollos tecnológicos han producido lámparas fluorescentes con IRC de 98.

DISTRIBUCIÓN DE LA INTENSIDAD LUMINOSA (Curvas fotométricas)

Se hace referencia a los ángulos de apertura del haz luminoso, lo que incide en los efectos que la luz produce en el espacio, desde una luz general, hasta acentuaciones gracias a la concentración de la luz porque los ángulos de apertura son muy pequeños.

Las curvas de distribución de intensidades luminosas que proveen los fabricantes, y realizadas en laboratorios especializados, son de gran utilidad al momento de tomar decisiones precisas en proyectos de iluminación.

ATENUACIÓN DEL FLUJO LUMINOSO

Parámetro cualitativo muy utilizado para crear diferentes escenas con una misma lámpara, ya que regulando la intensidad. El término más difundido es que la lámpara sea “dimmerizable”, o sea que se pueda regular la intensidad. Esto se podía lograr con todas las lámparas incandescentes, solo con algunas fluorescentes (pero lo hacen por escalones de intensidad) y en los LEDs se debe observar con cuidado este aspecto ya que no todos son factibles de dimmerizado.

TIEMPO DE ENCENDIDO

Según la tecnología o principio de funcionamiento el tiempo de encendido varía, siendo instantáneo en las incandescentes y actualmente en las fuentes luminosas LED. En cambio, cuando se trata de una descarga gaseosa, como es el caso de las fluorescentes y otras lámparas como vapor de mercurio o sodio, estos tiempos suelen llevar algunos minutos especialmente en estas últimas lámparas.

Un aspecto asociado a la descarga gaseosa, es que una vez apagada la lámpara se debe esperar que se enfríe para volver a generar el ciclo de la descarga gaseosa y por lo tanto no son muy apropiadas para determinados usos.

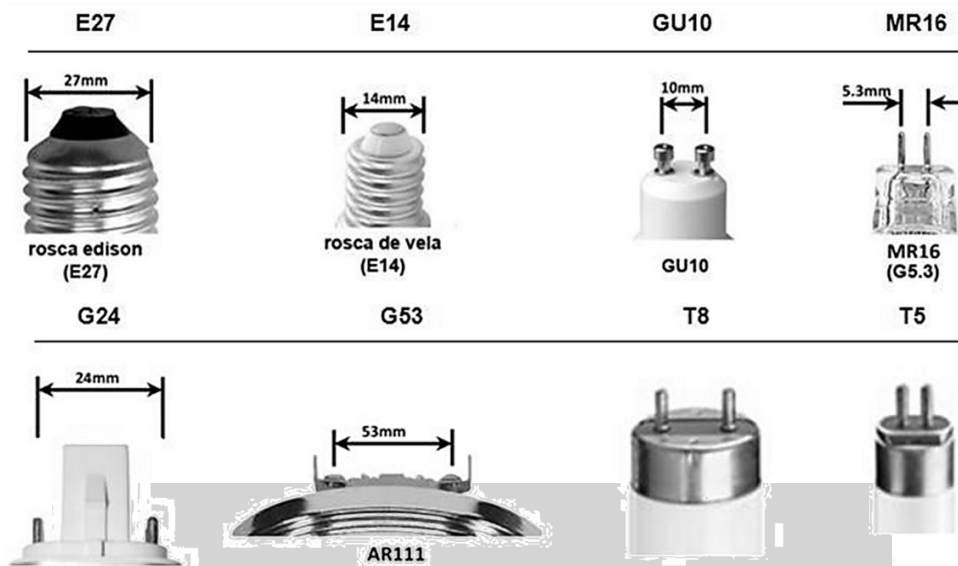
TAMAÑOS-FORMAS-TIPO DE CASQUILLOS

No entraremos en descripciones detalladas, pero si a tamaños nos referimos bien conocido es la innovación que ha producido la tecnología LED en la miniaturización de la fuente luminosa. Anteriormente, las incandescentes halógenas habían posibilitado nuevos usos y el surgimiento de luminarias más reducidas.

En formas, podemos sintetizar en lámparas de forma de bulbo, las reflectoras, las lineales (tubo fluorescente) o las superficiales tipo modulares (paneles LED integrados).

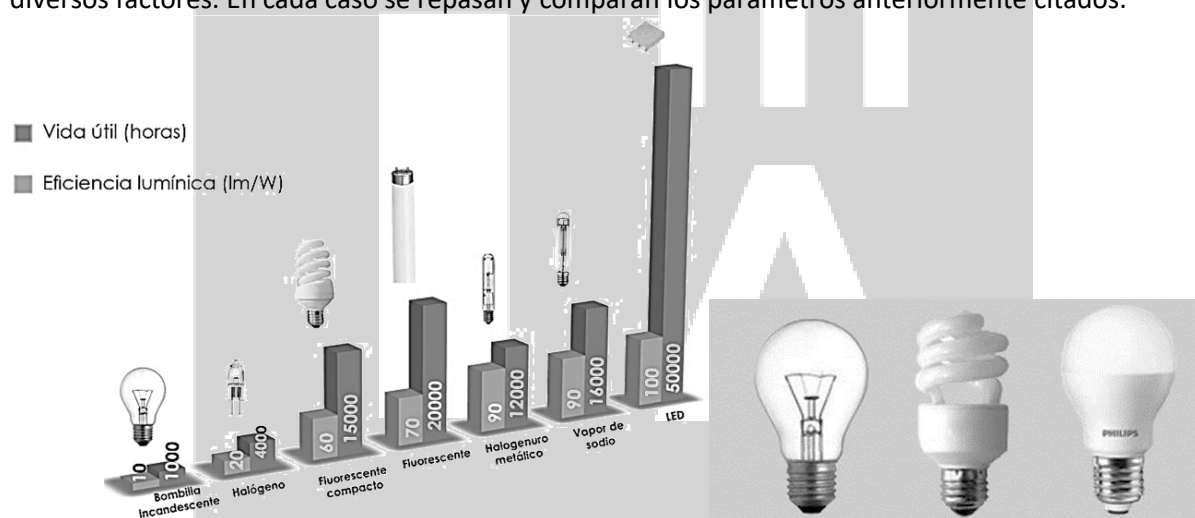
Especial cuidado se debe tener cuando de reemplazos se trata, ya que las lámparas difieren por los tipos de casquillos o formas de conexión al portalámparas. Así, desde la antigua rosca Edison E27 universal, pasando por la E14 (mignon) o la E40 para grandes lámparas de descarga. Otros son pines o bayonetas que entran a presión en las bases, como GU10, G24, G53. Como síntesis se

muestran los casquillos de mayor difusión, que se utilizaban en las antiguas lámparas y que la tecnología LED trata de mantener para que sea más fácil el reemplazo.



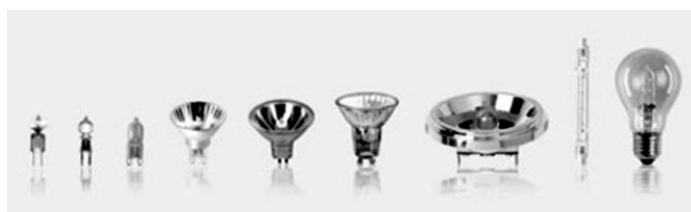
SINTESIS DE LÁMPARAS SEGÚN DIFERENTES PARÁMETROS DE COMPARACIÓN

De manera sintética se describen cada una de las tecnologías y tipos de lámparas que se han utilizado a través del tiempo y que como hemos expresado, muchas de ellas ya han sido dejadas de lado por diversos factores. En cada caso se repasan y comparan los parámetros anteriormente citados.



Lámparas incandescentes comunes (servicio de iluminación general GLS): Es la lámpara más difundida, la que se ha utilizado casi un siglo, hasta que ha sido discontinuada tanto en su fabricación como comercialización por las desventajas que presenta, fundamentalmente en aspectos que inciden en los costos de mantenimiento y cuestiones ambientales. Encendido instantáneo. Variedad de potencias (w). No necesitan equipos auxiliares para su funcionamiento. Pueden funcionar en cualquier posición. Costos de reposición bajos. Vida útil 1000 horas. Rendimiento 10 a 20 lm/W. Ra 100. Temperatura de color 2700K. Es posible atenuar su flujo luminoso.

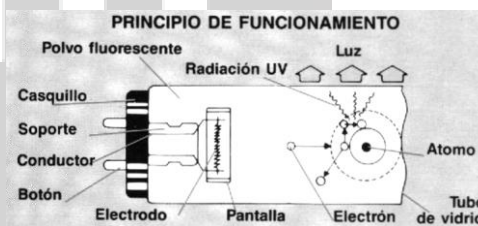
Lámparas incandescentes halógenas: Básicamente son incandescentes convencionales con el agregado de gases halógenos. Tamaños reducidos. Encendido instantáneo. Limitada variedad de potencias de acuerdo al tipo de lámpara.



Necesitan transformador para su funcionamiento, en algunos casos pueden conectarse directamente a la red. Algunas tienen posiciones de funcionamiento limitadas. Costos más elevados que las comunes y además deberá considerarse el equipo auxiliar necesario. Vida útil 2000/3000 horas. Rendimiento 20 a 25 lm/W. Ra 100. Temperatura de color de 2800 a 4000 K. Flujo luminoso constante a lo largo de su vida, debido a que el agregado de gases halógenos en el interior de la ampolla evita la evaporación del filamento y su posterior ennegrecimiento. En algunos modelos como las reflectoras tienen la capacidad de concentrar la luz obteniendo haces de diferentes aperturas. Producen luz brillante que torna radiantes a las superficies y más vibrantes a los colores. También es posible dimmerizar o atenuar su flujo luminoso, pero por debajo de ciertos valores la lámpara se enfría de tal manera que el ciclo halógeno regenerativo del filamento se detiene. A partir de allí, la lámpara se comportará como una incandescente común.

Lámparas mezcladoras: Tienen un tiempo de encendido hasta que alcanzan el flujo luminoso definitivo, debido a que lo primero que se enciende es el filamento y el calentamiento de este producirá una descarga gaseosa en el interior de la ampolla. Para su reencendido necesitan de un período de aproximadamente 3 minutos para volver a encender. No requieren equipos auxiliares para su funcionamiento. Posición de funcionamiento vertical en lámparas de 160 w y cualquier otra en las otras potencias. Vida útil 6000 horas. Rendimiento 10/25 lm/W. Índice de reproducción cromática 0,60 / 0,70 (Ra 60 a 70). Temperatura de color 3600 K. No puede ser dimerizada. Son lámparas que por varias de sus desventajas han dejado de utilizarse, más con las nuevas tecnologías fluorescentes y leds que las superaron ampliamente.

Lámparas fluorescentes normales: Encendido instantáneo según el tipo de balastos utilizados (ver al pie de este párrafo). Necesitan equipos auxiliares para su funcionamiento (balastos o reactancias e ignitores). Funcionan en cualquier posición. Bajo costo de reposición. Vida útil 8000 a 9000 horas (esta disminuye cuando los períodos de encendido por cortos y se enciende varias veces en una jornada). Rendimiento 65 a 90 lm/W. Ra 65 a 95 según el tipo de polvos fluorescentes. Poseen variada gama de temperatura de color (2700 a 6500 K). Posición de funcionamiento cualquiera. Hasta hace pocos años el 70% de la totalidad de la luz artificial del mundo se generaba mediante lámparas fluorescentes, debido a su vida relativamente larga y su buen rendimiento. Son lámparas de descarga ya que una descarga eléctrica se produce entre los dos electrodos en el tubo de vidrio, generando radiación UV, que al traspasar los polvos fluorescentes aplicados al tubo se transforman en radiación visible. Los balastos electrónicos, a pesar de ser más caros ofrecen ventajas importantes con respecto a los balastos inductivos convencionales, tales como: mejoran la eficiencia de la lámpara, no producen efectos de parpadeo o estroboscópicos, brindan un arranque instantáneo sin necesidad de un arrancador separado, incrementan la vida de la lámpara, ofrecen posibilidades de regulación del flujo luminoso de la lámpara, la conexión es más simple, no producen zumbidos ni ruidos, poseen menores espesores y también pueden ser utilizados con corriente continua.

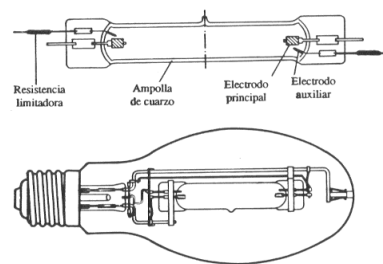


Lámparas fluorescentes compactas: Tamaño reducido que sirven para reemplazar a las incandescentes reduciendo el consumo energético (75%). En algunos casos requieren equipos auxiliares externos, en otros estos vienen incorporados a la lámpara que permiten conectarla directamente a la red, son las lámparas integradas. Posición de funcionamiento cualquiera. Vida útil 8000 horas. Rendimiento 50 a 80 lm/W. Ra 70 a 80. Generan luz de la misma manera que las fluorescentes. La reducción de su tamaño se debe al curvado del tubo de vidrio.

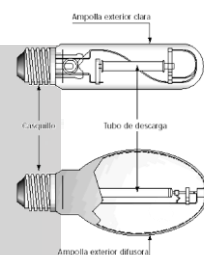


Lámparas de mercurio de alta presión: Requieren un tiempo de encendido de aproximadamente 4 minutos (tres fases: ignición, encendido y estabilización). Requieren equipos auxiliares para su funcionamiento. Funcionan en cualquier posición. Vida útil 12000 a 16000 horas. Rendimiento 45 a 60 lm/W. Ra 30/50 (su uso está limitado a lugares donde la reproducción cromática no sea importante. Temperatura de color de 4000 a 6000 K.

Lámparas de Mercurio Halogenado: Requieren un tiempo de encendido. Costo más elevado que las anteriores. Necesitan equipos auxiliares para su funcionamiento. Vida útil 6000 horas. Rendimiento 70 a 94 lm/w. Ra 70/90. Por su alto rendimiento cromático y buen rendimiento o eficiencia permite utilizarlas en diversos usos. Temperaturas de color 3000 a 5600 K.



Lámparas de Vapor de Sodio de Alta Presión: Emiten luz dentro de las longitudes de onda de los amarillos. Necesita equipo auxiliar para su encendido. Pueden funcionar en cualquier posición. Comparadas con la de **Baja Presión** (luz monocromática amarillo oro) estas poseen la capacidad de reproducir los colores con mejor calidad. Alta eficiencia luminosa (80 a 200 lm/W). Vida útil 24000 horas. Ra 25/60. Temperatura de color 1950 a 2500 K)

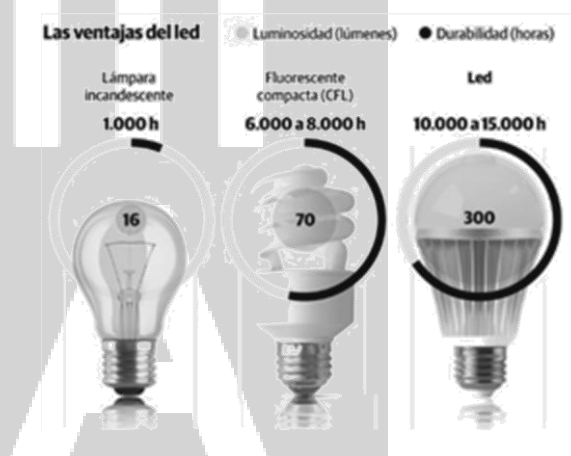


LEDs (Light Emitting Diode)

Lo más actual en iluminación son los LEDs. Presentan una larga vida útil (15.000 a 50.000 horas) lo que redundará en bajos costos de mantenimiento y reduce los reemplazos frecuentes. Bajo consumo de energía, hasta un 80% de ahorro energético respecto a las incandescentes. Elevada eficiencia energética, alcanzando rendimientos mayores a 160 lm/W. Encendido instantáneo, resistente a vibraciones e impactos y también a las bajas temperaturas. Reducidas dimensiones y flexibilidad de usos, libertad de diseños. Eficaces tanto en interiores como en exteriores. Rendimiento de color IRC de hasta el 98%. Preciso control del haz de luz y una infinita gama de colores sin necesidad de filtros, colores intensos y saturados.

Presentan un máximo efecto visual, con la posibilidad de saturar superficies con luz, lo que varía el aspecto de fachadas y ambientes en general. Por ser una fuente de luz monocromática, sin generación de radiación UV ni IR, alcanza una saturación de color y brillo mayor que las opciones actuales y bajo calor en el haz de luz. Por el bajo voltaje se reducen los riesgos eléctricos. No utiliza mercurio, por lo que lo hace más ecológico y sustentable.

Pero también presentan algunas desventajas como el costo inicial (aspecto que va reduciéndose gradualmente a medida que se difunde esta tecnología). Dificultad de encontrar estándares en el mercado, dada la gran variedad de productos y fabricantes, como también dificultad para obtener garantías fiables de los fabricantes. La temperatura del sistema en general influye directamente en el desempeño de flujo luminoso de los LEDs de alta potencia, de esta manera, es esencial el desarrollo de disipación de calor extremadamente eficaz. El alto brillo lo hace muy deslumbrante para algunas aplicaciones. Desde los factores humanos en iluminación, afecta negativamente en la producción de melatonina, especialmente la luz fría, alterando el reloj biológico.



Para comparar dos parámetros fundamentales desde el punto de vista cuantitativo, y que inciden en los costos de mantenimiento y sustentabilidad ambiental, como la vida útil y el rendimiento (lm/W) este cuadro resumen resulta útil para visualizar las diferencias entre las tres tecnologías en iluminación.

PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO	VIDA ÚTIL	RENDIMIENTO
INCANDESCENCIA		
Convencionales	1.000 h	12 – 18 Lm/W
Halógenas	2.000 h	18 – 22 Lm/W
DESCARGA GASEOSA		
Tubos fluorescentes	8.000 - 10.000 h	65 – 90 Lm/W
Fluorescentes compactas BC	8.000 h	60 Lm/W
Vapor de mercurio baja presión	5.000 – 15.000 h	38 – 91 Lm/W
Vapor de mercurio alta presión	8.000 h	40 – 60 Lm/W
Vapor de mercurio halogenado	9.000	60 – 95 Lm/W
Vapor de sodio de baja presión	6.000 – 8.000 h	160 – 180 Lm/W
Vapor de sodio de alta presión	8.000 – 12.000 h	130 Lm/W
DIODOS (SSL)		
LEDs	15.000 – 30.000/50.000 h	> 160 Lm/W

ARTEFACTOS

Los artefactos, también llamados luminarias tienen **tres funciones principales**: **fijar la lámpara** con el correspondiente conexionado, **suministrar la corriente eléctrica** y tensión adecuada para el correcto funcionamiento de la lámpara, y **modificar la luz** emitida por la lámpara para conseguir una iluminación óptima (eficiente) y reducir el deslumbramiento (aspecto no siempre requerido).



Así, podemos ampliar diciendo que son los aparatos u objetos que tienen por objeto *dirigir, distribuir, filtrar y transformar la luz* procedente de una lámpara. Además, deben evitar el deslumbramiento del observador e incluye los elementos para *fijar, proteger y conectarla* a la fuente de energía.

Además de ser estéticamente agradable, una luminaria básicamente debe:

- **Proporcionar una sujeción segura**, según sea de aplicar, embutida, colgante, de apoyar, etc. Esto garantiza la integridad de la luminaria, pero fundamentalmente la seguridad de las personas.
- **Proporcionar conexión eléctrica a la(s) lámpara(s) que lleva adentro**. El cableado eléctrico debe garantizar su seguridad desde el punto de vista eléctrico. Esto requiere un gran cuidado en la elección de los cables a ser utilizados. La conexión a la fuente de alimentación debe ser rápido y seguro.
- **Proteger físicamente la(s) lámpara(s)**. Debe ser de dos clases: protección contra el ingreso de cuerpos externos (por ejemplo: insectos, polvo, suciedad, humedad), y protección contra daños físicos, accidentales o no (ej. Una pelota tirada demasiado fuerte, un palo arrojado por un delincuente). **Se los identifican como IP.**
- **Ser lo suficientemente fuerte como para soportar las condiciones normales de uso**. Conocida como integridad mecánica o robustez del cuerpo de la luminaria, depende de dos factores: los materiales utilizados en su fabricación y la firmeza de la construcción misma. Deben tener cuerpos lo suficientemente rígidos como para soportar las condiciones normales de manipulación e instalación. Se utilizan generalmente para su fabricación: planchas de acero, acero inoxidable, aleaciones de aluminio tanto en chapas como fundidas, plástico, vidrio y cerámica.

- **Ser eficiente en su uso.** La eficiencia de un artefacto se expresa como rendimiento de un artefacto. A este índice se lo define como la proporción de flujo luminoso que sale de la luminaria con respecto al flujo luminoso nominal de la lámpara desnuda.
- **Controlar y distribuir la luz de la(s) lámpara(s).** Los sistemas ópticos de control de la luz van desde aquellos que hacen difusa la luz de la lámpara hasta aquellos que reúnen o enfocan la luz en un haz que se emite en una o más direcciones bien definidas. Dichos sistemas también pueden servir para proteger las lámparas de la vista evitando que deslumbren, darle color a la luz emitida por la luminaria, o ambas. Se utilizan diversos elementos para el control de la luz como reflectores, lentes y refractores, difusores, dispositivos de apantallamiento, filtros de color.

Este último ítem quizás sea uno de los aspectos más relevantes a tener en cuenta para el diseño de iluminación y los efectos que se quieran lograr, ya que una lámpara distribuirá su luz en formas totalmente diferentes según sea el artefacto, con sus formas, materiales y posición de la lámpara. En la actualidad, se están produciendo algunas variaciones respecto a este concepto dado que la tecnología LED incluye los elementos reflectores que direccionan el flujo luminoso, quedando relegada esa función en la luminaria.

SISTEMAS DE ILUMINACIÓN por la forma en que distribuyen el flujo luminoso

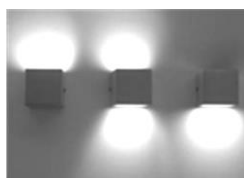
En la sección de Nociones Fundamentales, ya nos referimos a los **DIAGRAMAS DE DISTRIBUCIÓN DE INTENSIDADES LUMINOSAS**, que permitían precisar hacia donde direcciona un artefacto el flujo luminoso proveniente de la lámpara. De esta manera es preciso referirnos ahora a los **sistemas de iluminación por la forma en que distribuyen el flujo luminoso**. Estos sistemas se clasifican en función del flujo que se emite el artefacto, por debajo de su eje horizontal y por arriba del mismo, o sea, por debajo de los 90° y superiores al mismo alcanzando hasta los 180°. Es decir, si ese flujo se emite hacia el plano inferior o hacia el superior del cielorraso.

La distribución del flujo luminoso también variará según el ángulo de apertura, pudiendo ser de tipo difuso, extensivo, intensivo, difuso, simétrico, asimétrico. A esas formas de distribución, respectivamente podemos relacionar ciertos usos de la iluminación como: iluminación general, de acentuación, iluminancias sobre el plano horizontal o vertical.

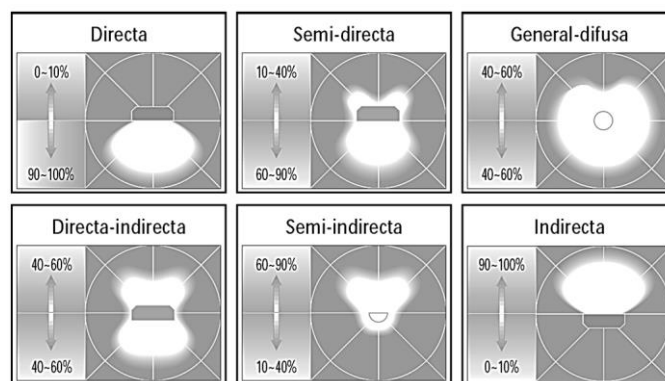


El conocimiento e interpretación de estos sistemas es importante ya que la distribución espacial de la luz debe ser la apropiada según la actividad y características del espacio arquitectónico, y fundamentalmente que responda a las premisas de diseño del proyectista según los efectos o escenas que desea crear. Por ejemplo, una iluminación directa concentrada enfatizará un sector del espacio, o generar ilusiones de ampliación espacial a partir de la iluminación indirecta hacia el plano superior del cielorraso.

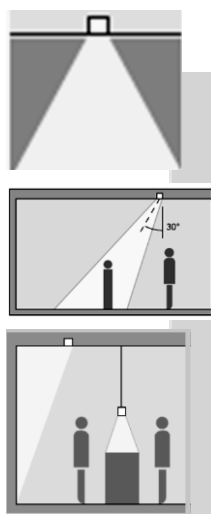
A partir de lo expresado, se pueden identificar seis clases de sistemas de iluminación, a saber:



ILUMINACIÓN DIRECTA
ILUMINACIÓN INDIRECTA
ILUMINACIÓN GENERAL-DIFUSA
ILUMINACIÓN SEMIDIRECTA
ILUMINACIÓN SEMI INDIRECTA



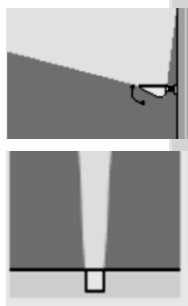
ILUMINACIÓN DIRECTA: Se reconoce porque la mayor parte del flujo luminoso se emite hacia el plano inferior, en consecuencia, es el sistema de iluminación más eficiente y el de mayor rendimiento (se aprovecha del 90 al 100% del flujo luminoso). Como desventaja, según sean las características del artefacto, puede llegar a producir deslumbramiento, aspecto que debe ser considerado para ciertas tareas de precisión visual y de permanencias prolongadas en el lugar.



Las luminarias que responden a este sistema, pueden ser de tipo extensivo o intensivo según el ángulo de apertura del haz luminoso (observar los diagramas de información fotométrica que se presentan en los catálogos comerciales). Hay que destacar que los artefactos que responden a este sistema no siempre distribuyen el flujo luminoso de manera simétrica, sino que lo pueden hacer asimétricamente, y en consecuencia iluminarán el Plano Vertical, creando de esta manera iluminaciones localizadas uniformes.

Así, los extensivos serán apropiados para lograr iluminación de tipo general, donde lo que se busca es la uniformidad de la iluminancia en el plano horizontal o vertical. En cambio, los artefactos que concentran el haz luminoso (intensivos) crearán áreas más pequeñas de mayor iluminancia y en consecuencia producirán contrastes respecto al entorno, como la iluminación de acentuación, especial para destacar objetos o áreas.

ILUMINACIÓN INDIRECTA: Como su nombre lo indica, es el sistema que emite de manera inversa al directo, o sea que el 90 al 100% del flujo luminoso se emite hacia el hemisferio superior (techos, cielorrasos), y en consecuencia es el menos eficiente energéticamente de todos los sistemas dado que la luz que se aprovecha en el plano inferior llegará por reflexiones. La luz resultante será de tipo difusa y la iluminancia alcanzada dependerá de las reflectancias de ese plano superior, según sean claros u oscuros, y dependiendo de la distancia que medie entre el artefacto y el plano iluminado. Si observamos estas características como desventajas desde el punto de vista de eficiencia y otros aspectos cuantitativos, desde lo cualitativo y subjetivo de la iluminación en el espacio, serán muy apropiados para generar situaciones de iluminación similares a la luz natural y así lograr espacios relajantes, con ausencia de sombras, similar a la luz de un día nublado. Se logran uniformidades muy elevadas y



ausencia de deslumbramiento. También dan la sensación que los planos superiores se encuentran a mayor distancia y son útiles para destacar ese plano cuando tiene detalles destacables.

ILUMINACIÓN DIRECTA-INDIRECTA: Los artefactos que responden a este sistema, son aquellos que distribuyen el flujo luminoso hacia los dos hemisferios, es decir que en porcentajes similares dirigen la luz tanto hacia el plano horizontal inferior como el superior (40 al 60% hacia cada hemisferio). Desde el punto de vista energético, son medianamente eficientes, pero contribuyen a equilibrar sombras y mejorar la uniformidad de la iluminación en el plano horizontal inferior. De esta manera, los cielorrasos no aparecerán oscuros creando efectos de caverna con grandes contrastes de luminancias o brillos entre luminaria y cielorraso. A este sistema también pertenecen los artefactos llamados bidireccionales, utilizados en iluminación de efecto en fachadas o planos verticales ya que dibujan con la luz y crean efectos, o bien pueden enfatizar elementos verticales o detalles como capiteles de columnas y pilastras.



ILUMINACIÓN GENERAL-DIFUSA: Comparativamente con el sistema directo-indirecto, comparten que el flujo luminoso se distribuye en proporciones similares hacia los hemisferios inferior y superior, siendo la diferencia en el tipo de luz que emiten y los efectos que producen. Estos artefactos suelen tener materiales translúcidos (vidrios opalinos, papeles, telas, entre otros) que ayudan a difundir la luz y en consecuencia crearán una iluminación uniforme y sin sombras ni contrastes marcados.



Desde el punto de vista de eficiencia energética, hay que considerar que no todo el flujo luminoso proveniente de la lámpara será aprovechable, ya que parte será absorbido por el material translúcido, según sea su transmitancia. Por otro lado, la luz que aprovechamos en los espacios no solo proviene de la luminaria, sino que en parte la

recibimos por reflexión desde las envolventes, por lo tanto, habrá que considerar los colores y materialidades de las pieles interiores del espacio.

ILUMINACIÓN SEMI-DIRECTA: Los artefactos que pertenecen a este sistema son aquellos que gran parte del flujo luminoso (60 al 90%) será emitido hacia el plano horizontal inferior, y el resto (10 al 40%) hacia el plano superior. Así, se equilibrarán las luminancias porque la luz incidente en el plano superior producirá reflexiones que serán aprovechadas en el inferior, reduciendo el deslumbramiento directo. El modelado logrado por contrastes será moderado, reduciendo las sombras duras. Desde el punto de vista de eficiencia energética, se alcanzarán valores aceptables, pero como se ha mencionado se logran mejoras en el aspecto del confort y la calidad de vida en los espacios.

ILUMINACIÓN SEMI-INDIRECTA: Es un caso similar al anterior, solo que se invierten los porcentajes de flujo luminoso hacia cada hemisferio. En este sistema, la mayor parte de ese flujo (60 al 90%) será emitido hacia el plano superior, y el resto hacia el plano inferior. La desventaja respecto al anterior, es que este sistema es menos eficiente energéticamente, dado que la mayor parte del flujo proviene del techo y las paredes, incidiendo en los consumos de energía eléctrica al igual que el sistema indirecto.

Desde el punto de vista cualitativo, crearán ambientes tranquilos, con bajo deslumbramiento y sombras suaves que dan relieve a los objetos.

CLASIFICACIÓN DE LAS LUMINARIAS

TIPOS DE ARTEFACTOS SEGÚN SU LOCALIZACIÓN

- Interiores
- Exteriores

TIPOS DE ARTEFACTOS SEGÚN SU USO

- Residenciales (Generales, Localizados, acentuación)
- Comerciales (Generales, Localizados, acentuación)
- Industriales
- Espectáculo (Proyectores, inteligentes con haz móvil)
- Alumbrado Público
- Proyectores (simétricos, asimétricos)
- Alumbrado de emergencia

TIPOS DE ARTEFACTOS SEGÚN SU UBICACIÓN / MONTAJE

CIELORRASO

- Embutir / Empotrar (fijas o móviles)
- Aplicar (fijas o móviles)
- Colgantes (Fijas o regulables en altura)
- Riel electrificado (spots orientables y móviles)

PARED

- Aplique (fijos u orientables)
- Embutir / Empotrar

MESA

- Apoyar / Lámpara de mesa (funcional u ornamental)
- Fijar (tipo lámpara de tablero)

PISO

- Independientes fijas (Tipo Farolas)
- Independientes móviles (tipo lámpara de pie / jabalinas para jardín)
- Embutir / Empotrar (tipo up-light)

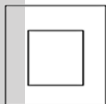
GRADOS DE PROTECCIÓN EN LUMINARIAS

Los grados de Protección IP, IK o Clase Eléctrica son mencionados en los distintos productos eléctricos o de iluminación, pero los usuarios suelen no interpretar su real significado.

GRADO DE PROTECCIÓN CONTRA LOS CHOQUES ELÉCTRICOS

Las luminarias deben clasificarse, según la Normas en función de su tipo de protección contra los choques eléctricos. El aislamiento eléctrico consiste en recubrir un elemento de una instalación eléctrica con un material que no sea conductor de la electricidad y que impida el paso de la corriente al exterior. Las clases de aislamiento que se utilizan para diferenciar entre las condiciones de conexión de protección de las tierras de los dispositivos:

PROTECCIÓN CONTRA LOS CHOQUES ELÉCTRICOS

CLASE DE PROTECCIÓN	DEFINICIÓN	SÍMBOLO
0	Luminarias en las que la protección contra los choques eléctricos recae exclusivamente sobre el aislamiento principal; descansando la protección en caso de fallos de aislamiento principal, sobre el medio circundante	
I	Luminarias en las que la protección contra los choques eléctricos recae exclusivamente sobre el aislamiento principal y un conductor de protección conectado a tierra (Toma de tierra), que debe conectarse al borne marcado ⊕	
II	Luminarias en las que la protección contra los contactos eléctricos no recae exclusivamente sobre el aislamiento principal sino que comprende medidas suplementarias, tales como el doble aislamiento o el aislamiento reforzado. Estas luminarias no incorporan toma a tierra.	
III	Luminarias en las que la protección contra los contactos eléctricos, se realiza alimentando las luminarias a una muy baja tensión de seguridad (MBTS).	

GRADO DE PROTECCIÓN IP (Ingress Protection)

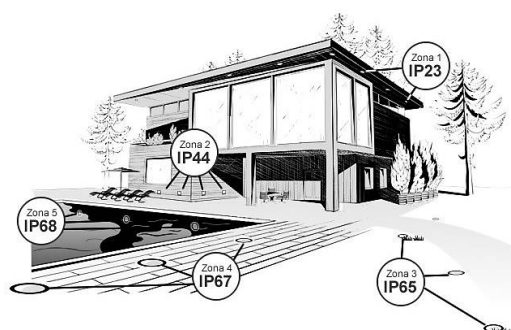
En el diseño y fabricación de las luminarias se deben observar ciertas normas que aseguran que puedan ser utilizadas en determinados espacios, tanto interiores o exteriores, protegiéndolas del ingreso de polvo que al acumularse requiere mantenimiento frecuente, o el ingreso de elementos sólidos como piedras, para ello tendrán máxima protección como es el caso del vandalismo en espacios exteriores. Tanto en interiores como en exteriores, también requieren estar protegidas contra el ingreso de humedad, o agua (como en las zonas húmedas de un local) y hasta deben estar diseñadas para sumergirlas, como en el caso de las piscinas o fuentes.

Las luminarias también se clasifican en función de su grado de protección contra la penetración de cuerpos sólidos, el polvo y la humedad. Se utilizan las siglas IP seguidas de dos cifras:

IP: Letras características del grado de protección

1ª cifra: indica la protección contra la penetración de cuerpos sólidos

2ª cifra: indica la protección contra la penetración de agua



1° CIFRA Protección contra los cuerpos sólidos		2° CIFRA Protección contra el agua	
IP	Descripción abreviada	IP	Descripción abreviada
0	Sin protección	0	Sin protección
1	Protegido contra cuerpos sólidos superiores a 50 mm	1	Protegido contra caídas verticales de gotas de agua
2	Protegido contra cuerpos sólidos superiores a 12 mm	2	Protegido contra caídas de agua hasta 15° de la vertical
3	Protegido contra cuerpos sólidos superiores a 2,5 mm	3	Protegido contra el agua de lluvia hasta 60° de la vertical
4	Protegido contra cuerpos sólidos superiores a 1 mm	4	Protegido contra las proyecciones de agua en todas las direcciones
5	Protegido contra el polvo (sin sedimentos perjudiciales)	5	Protegido contra las proyecciones de agua en todas las direcciones
6	Totalmente protegido contra el polvo	6	Protegido contra el lanzamiento de agua similar a los golpes del mar
		7	Protegido contra la inmersión <1m
		8	Protegido contra los efectos prolongados de inmersión bajo presión >1m

Tal como se expresaba en la introducción a este tema, una vez que sabemos lo que significan estos grados de protección y sus niveles, podemos elegir las luminarias basándonos en el uso que se le vaya a dar al mismo. Esas luminarias dependerán de los usos y localizaciones que tengan, sea en interiores o exterior. Como ejemplo, se presentan los siguientes IP orientativos:

IP20: Luminarias de uso general en interiores.

IP44: Iluminación para exteriores generalmente de demarcación o decorativos. También ideal para uso en baños o zonas húmedas.

IP65: Común para proyectores de área, alumbrado público e iluminación de fachadas.

IP67: Luminarias que pueden ser sumergidas en agua, pero por un tiempo definido por el fabricante.

IP68: Requerido sólo para luminarias que irán sumergidas en agua en su funcionamiento.

Cuando el fabricante utiliza un **X** en vez de un número al especificar el Grado IP, esto significa que no entrega información sobre la protección de ese dígito. Por ejemplo, si especifica un **IP6X**, significa que tiene un alto grado de protección contra sólidos, pero no se tiene información sobre su protección contra líquidos. Generalmente, al tener un alto grado de protección contra líquidos podemos considerar que su protección contra sólidos es suficientemente alta, pero si no está especificado correctamente, es mejor consultar con el fabricante.

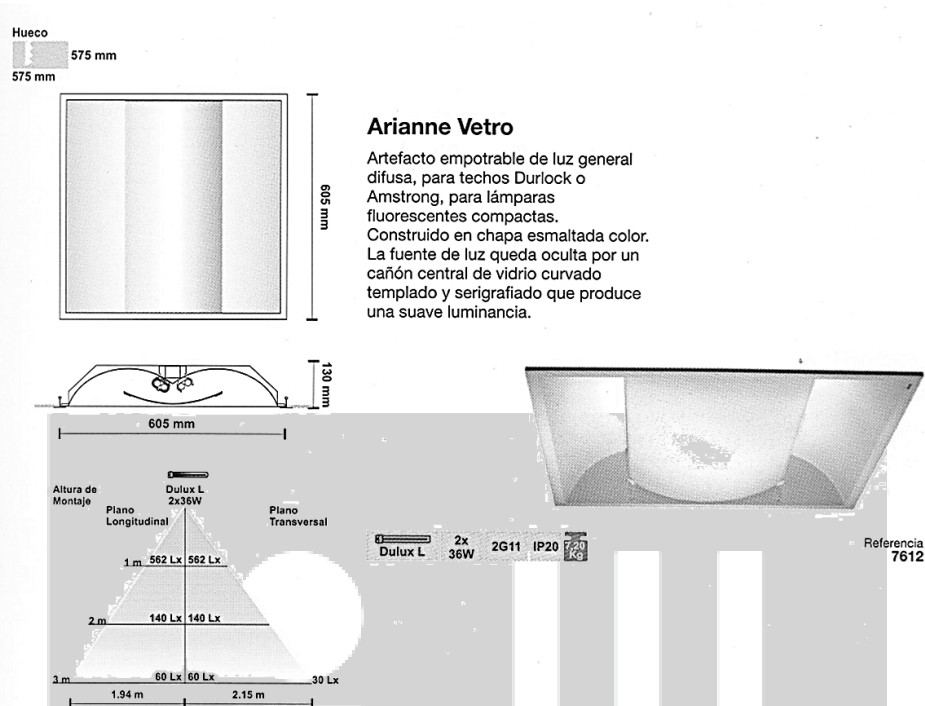
GRADO DE PROTECCIÓN IK

En las características generales y funciones de una Luminaria, expresábamos que debían ser lo suficientemente fuertes como para soportar las condiciones normales de uso, conocida como integridad mecánica o robustez del cuerpo de la luminaria. Utilizado generalmente en luminarias de exterior o industriales debido a que son instalados en zonas de constante exposición a golpes o vandalismo.

Por ello la protección IK es una clasificación numérica que indica el grado de protección de un objeto contra los impactos mecánicos externos. Anteriormente se solía añadir una 3er. cifra al grado de protección IP para indicar esta resistencia a impactos en el objeto.

Por ejemplo, un índice **IK00** significa que el producto no ha sido probado o no tiene protección alguna. Desde **IK01 a IK10** las pruebas se hacen comenzando con impactos de 0.15J (equivalente a dejar caer un objeto de 200g desde una altura de 75mm) hasta impactos de 20J (5Kg desde una altura de 400mm). Para **luminarias de exterior, el índice IK mínimo deseado es IK08**, lo que significa un impacto de 1.7Kg desde una altura de 200mm (energía de impacto de 5 Joules)

Ejemplo de catálogo, donde pueden leerse datos importantes como dimensiones, características constructivas, tipo de lámpara, niveles de iluminancia alcanzados a diferentes distancias, y según sea el tipo de luminaria, los grados de protección IP o IK, y la clase eléctrica:



SISTEMAS DE ILUMINACIÓN / ROLES / DISEÑO

Haremos una breve introducción al diseño de la iluminación, ya que el tema requiere de un mayor desarrollo por la complejidad de variables y factores intervinientes.

Si consideramos a la luz como *“materia intangible o sutil”* de diseño del espacio interior arquitectónico, podemos atribuirle ciertos **roles**, entre otros: posibilita el desarrollo de las tareas, orienta recorridos, condiciona los comportamientos de las personas en el espacio, motiva emociones, produce sensaciones, define y ordena el espacio, crea atracción, crea atmósfera y en definitiva crea espacios lumínicos.

Estos roles, pueden ser agrupados en **roles funcionales y otros de carácter expresivo**. A su vez, existen una variedad de sistemas de iluminación según sean esos roles que se definen como **Sistemas Primarios y Secundarios**, según persigan un propósito funcional o expresivo.

En el diseño de iluminación los sistemas primarios y secundarios se escogen en relación a cada actividad, a las características del espacio y quienes utilizarán dicho espacio.

SISTEMAS PRIMARIOS: Son aquellos que tienen un propósito más funcional; y

SISTEMAS SECUNDARIOS: Aquellos que cumplen una función más expresiva de la iluminación.

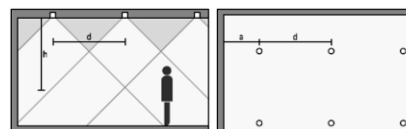
Los principales **SISTEMAS PRIMARIOS DE ILUMINACIÓN** son aquellos que proporcionan:

- **ILUMINACIÓN GENERAL**
- **ILUMINACIÓN LOCALIZADA**
- **ILUMINACIÓN LOCALIZADA + ILUMINACIÓN GENERAL**

ILUMINACIÓN GENERAL

▪ Es la iluminación para el desarrollo de tareas visuales

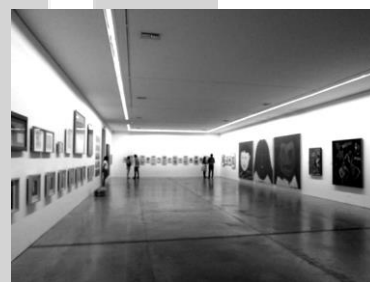
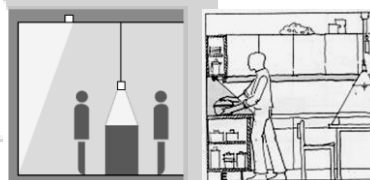
- Determina la visibilidad básica del local con los niveles de iluminación adecuados a la actividad y generalmente garantizando buena uniformidad y eficiencia.
- Permite la realización de tareas con exigencias medias de iluminación por la precisión visual.
- Debe cuidarse el deslumbramiento, por visión directa de las lámparas o la reflexión de ellas sobre las superficies pulidas.
- Garantiza iluminación uniforme sobre el plano horizontal. Se logran excelentes uniformidades entre 0.8 y 1.0.
- Luminarias utilizadas de tipo extensivas – Difusoras
- Regularidad en la distribución de los artefactos.
- Independencia entre luminarias y equipamiento, provee flexibilidad al espacio para diferentes tareas.
- Visión integral del espacio, sin puntos de atracción visual.



ILUMINACIÓN LOCALIZADA

▪ Es la iluminación para tareas visuales de mayores exigencias en sectores del espacio, o para crear paredes “vivas”.

- Se utiliza estratégicamente en determinados sectores, o sobre ciertos equipamientos para reforzar el nivel de iluminancia sobre el plano de trabajo.
- Es la iluminación directa uniforme sobre áreas, planos u objetos, sin crear contrastes teatrales.
- Produce distintos efectos psicológicos en el observador, según las premisas de reforzar o crear atracción sobre determinado plano horizontal o vertical.
- Se produce una irregularidad en la distribución de las luminarias, e independiente de la iluminación general. Tiene una relación directa con el equipamiento.
- Cuidar especialmente el deslumbramiento directo e indirecto.
- Mantener adecuadamente, en términos de limpieza y reemplazo.
- Se utilizan luminarias de ángulo de apertura medio.



ILUMINACIÓN GENERAL – LOCALIZADA

- **Iluminación para la tarea visual integral.**
- Compuesta por la iluminación general uniforme, más el incremento del nivel en determinadas zonas de mayor exigencia con iluminación localizada.
- Uniformidad en sectores o zonas + visión integral del espacio.
- Diversidad de sistemas y distribución.
- Determina zonas según tareas.
- Permite el control personalizado y favorece el ahorro energético.
- Uno de los casos más generalizados es el refuerzo de la iluminación mediante lámparas de mesa que permiten personalizar la luz para ciertas tareas de mayor precisión visual.

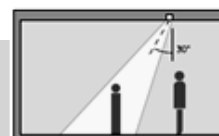


Los **SISTEMAS SECUNDARIOS** de iluminación están conformados por:

- **ILUMINACIÓN DE ACENTUACIÓN**
- **ILUMINACIÓN DE EFECTOS**
- **ILUMINACIÓN ORNAMENTAL o DECORATIVA**
- **ILUMINACIÓN INCORPORADA A LA ARQUITECTURA O AL EQUIPAMIENTO**
- **ILUMINACIÓN DE AMBIENTACIÓN**

ILUMINACIÓN DE ACENTUACIÓN

- **La luz destaca objetos o áreas por contraste de luminancias.**
- Determina zonas de atracción visual por contrastes teatrales y/o dramáticos.
- Diversidad de sistemas y distribución del flujo luminoso, principalmente luminarias tipo spots que concentran el flujo luminoso en un haz intensivo.
- Generalmente se utilizan sistemas flexibles, tipo rieles electrificados con la posibilidad de mover y orientar las luminarias, y recambiar las mismas en función del tipo de objetos que se destacan.
- También puede utilizarse el color como variable de diseño.



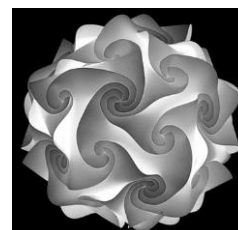
ILUMINACIÓN DE EFECTOS

- **La luz es la protagonista en el espacio.**
- Atrae la atención sobre las envolventes.
- Diversidad de sistemas y distribución, generalmente se usan proyectores o luminarias especiales que juegan con la materialidad (opacos perforados, espejos, etc.).
- Crea envolventes vivas / juega con las sombras
- Puede incluir movimiento, por lo tanto, transforma a los espacios en dinámicos.
- Puede incluir la variable del color como estrategia de diseño.
- En síntesis, es la luz misma la que proporciona el interés en el espacio, y no el objeto, ni una tarea en particular.
- Una técnica muy utilizada consiste en emplear luces directas empotradas en el cielorraso (es decir, spots embutidos cercanos a una pared) para crear distribuciones de luz atractivas sobre una pared adyacente (Wall washer). Otra es la incorporación de gargantas con luces difusas rasantes sobre los muros, que no llegan a iluminar uniformemente todo el muro, sino que lo hacen decreciente o difuminado.



ILUMINACIÓN ORNAMENTAL O DECORATIVA

- **El objeto luminoso es el protagonista en el espacio.**
- Luminarias atractivas por su forma, materialidad y efectos que produce en sí misma.
- Diversidad de sistemas, ya que esas luminarias pueden distribuir el flujo luminoso según diferentes sistemas de iluminación (directo, indirecto, difusa, o los semi directo y semi indirecto).
- Crea un punto de interés, donde se encuentra el objeto luminoso o luminaria,
- Los niveles de iluminancia alcanzados son poco relevantes, ya que lo que se busca es dar protagonismo a la luminaria.
- Los aspectos de eficiencia no son relevantes, ya que se buscan aspectos expresivos.



ILUMINACIÓN INTEGRADA A LAS ENVOLVENTES O AL EQUIPAMIENTO

- **Las envolventes actúan como luminarias.**
- No se utilizan artefactos de iluminación comerciales, sino que se diseñan los detalles en las envolventes para que ellas actúen como artefactos.
- En esas envolventes, las lámparas o fuentes luminosas quedan ocultas en gargantas, cornisas, plafones, planos translúcidos retroiluminados tipo back light, etc.
- Como las lámparas quedan ocultas y la luz visible resulta ser reflejada o transmitida, lo harán siempre de manera difusa.
- Destacan elementos del espacio, o áreas y también se utilizan para reforzar la geometría del espacio ya que toman valor las envolventes verticales y horizontales.



ILUMINACIÓN DE AMBIENTACIÓN

- **La luz crea diferentes escenas o espacios lumínicos.**
- Son los espacios que poseen más de un sistema de iluminación, cuya función es alternar diferentes encendidos para crear espacios lumínicos o escenas diversas.
- Diversidad de sistemas donde cada uno atiende a un rol determinado.
- Crea diferentes atmósferas.
- Son muy utilizados en espacios de usos múltiples o polifuncionales, donde se debe adecuar la iluminación a diferentes requerimientos según las actividades particulares. Por ejemplo, en salas de conferencias se necesita una iluminación general, otra localizada, quizás alguna de efectos o integrada a las envolventes, que alternando los encendidos crean escenas diferentes.
- La variedad de artefactos dependerá de la cantidad de sistemas y requerimientos especiales.
- También suelen lograrse las ambientaciones utilizando esos sistemas y variando la intensidad con reguladores o dimmerizados de la iluminación.
- El color es una variable muy utilizada para lograr ambientaciones en actividades de tipo recreativo o festivo.



BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

- COLLET, Laura y MARISTANY, Arturo (2005) *Luminotecnia. Apunte de cátedra*. FAUD-UNC. Córdoba.
- COLOMBO, Elisa y otros. (2001). *Iluminación: luz, visión, comunicación-tomo 1*. Buenos Aires. AADL ed.
- COLOMBO, Elisa y otros. (2001). *Iluminación: luz, visión, comunicación-tomo 2*. Buenos Aires. AADL ed.
- DE LAS CASAS AYALA y otros. (1991) Curso de iluminación integrada en la arquitectura. Madrid: Servicio de publicaciones del Colegio oficial de arquitectos de Madrid.
- GAGO, Alfonso y Jorge Fraile (2012). *Introducción a la iluminación con tecnología LED*. Madrid. Ed. Paraninfo.
- INNES, Malcolm (2012). *Iluminación en interiorismo*. Barcelona. Ed. Blume.
- Catálogos varios. OSRAM, LUMENAC, SICA, LUCCIOLA, REGGIANI, etc. Disponibles en Internet.
- Página web de ERCO. <http://www.erco.com>
- Página web de la AADL. <http://www.aadl.org.ar>
- Página web de OSRAM. <http://www.osram.com.ar>
- Página web de PHILIPS. <http://www.luz.philips.com/argentina>
- Página web de SYLVANIA. <http://www.sylvania.com.ar>
- Revista LUMINOTECNIA. Asociación Argentina de Luminotecnia. Buenos Aires.
- Revista TECTÓNICA N° 24 (2007). Iluminación artificial (I). Madrid. Ed. ATC.