



Modulo 1

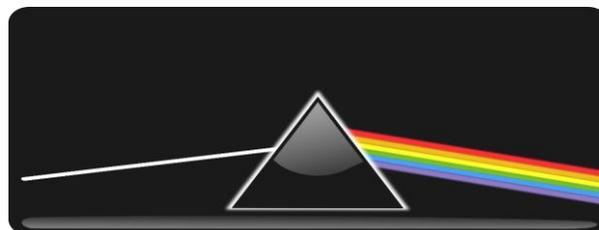
Unidad 1

Conociendo la luz

1.1.1 Principios de la luz

La luz ha sido objeto de estudio tanto de científicos como de filósofos desde tiempos remotos es indiscutible el papel fundamental que juega la luz para el desarrollo de la vida. Como siempre se ha dicho. Sin luz no hay vida, nuestra mente necesita luz para procesar el mundo que nos rodea entonces no es de extrañar que nos: ¿qué es la luz?, y que esto sea una pregunta fundamental. En este módulo y para contestar que es la luz vamos a hacer un pequeño recorrido histórico a lo largo del cual vamos a ir desarrollando y también construyendo juntos algunos conceptos que necesitamos.

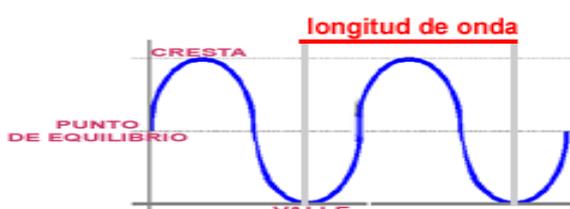
¿Qué es la luz? El primer investigador de la luz, Isaac Newton (1642-1727) consideraba que era un conjunto de partículas que llamó corpúsculos que viajaban en línea recta y a gran velocidad y cuando chocaban contra una superficie transparente podían traspasarla; chocaban contra una superficie opaca rebotaban. Newton fue el padre de la mecánica clásica, y se refería a todo el universo en términos de fuerzas y de las acciones que generan estas fuerzas. Por lo tanto, también explicaba la interacción de la luz con la materia, usando un enfoque mecanicista. Newton descubre el componente de la luz al hacer atravesar un haz de luz por un prisma de cristal y observar cómo se descompone en los 7 colores de su espectro; rojo, naranja, amarillo, verde, azul, índigo y violeta.



Prisma de Newton

Fuente: <https://pixabay.com/es/vectors/refracci%C3%B3n-prisma-%C3%B3ptica-150853/>

Contemporáneo de Newton estaba Christian Huygens (1629-1695), para él la luz no se trataba de una partícula, sino que se trataba de un movimiento ondulatorio de cierto tipo; decía que era una onda que se propagaba a través de un medio material. En una onda no hay transporte neto de materia lo que se está transportando es energía; se propaga un estado de perturbación de la materia. Qué características tiene una onda: las principales son tres es la amplitud, la longitud de onda y la frecuencia. La onda también tiene valores máximos que se llaman crestas y los puntos mínimos se llaman valles. La altura de una cresta o la profundidad de un valle es lo que se denomina amplitud y la distancia que hay entre cresta y cresta o que hay entre valle y valle, o sea entre dos puntos equivalentes de la onda es lo que se llama longitud de onda.



Onda electromagnética

Fuente:

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Longitud_de_onda.png#file

Las ondas están definidas por las características siguientes:

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

1.1.1.1 Ondas electromagnéticas. El espectro visible.

A qué velocidad se propagan las ondas de la luz. Una onda de luz en el vacío se propaga aproximadamente a 300.000 km/segundo.

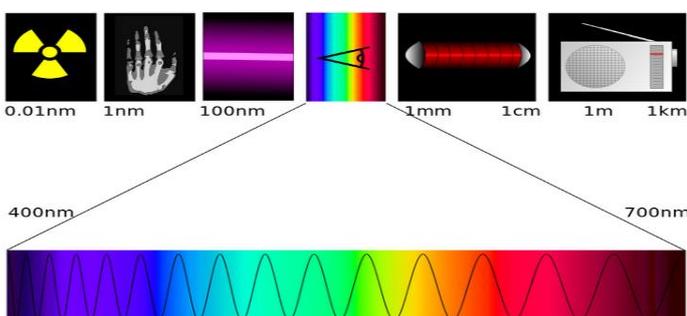
En el siguiente video vemos este concepto de ondas electromagnéticas. Video 1 <https://youtu.be/5RaMCZ4p738>

Christian Huygens también refería que la luz se transmitía en un medio material porque en esa época se creía que las ondas necesitaban de un medio material para propagarse, así como el ejemplo de las ondas en el agua. Pero que pasa a través del vacío donde por ejemplo nos llega luz del sol allí es también donde en dicha época se hablaba de una sustancia que llamaron éter, y que era una sustancia transparente en la que supuestamente estaba inmerso todo el universo. De esta forma podían explicar que la luz no llegaba desde el sol porque se estaba propagando a través de esta de esta sustancia éter que no se podía ver, sino que no se podía medir y no se podía percibir de ninguna manera. Era simplemente un artificio que se utilizó para justificar porque nos llegaba la luz del sol.

Mas tarde Thomas Young (1773 - 1829), también creía en la naturaleza ondulatoria de la luz y realizo un experimento denominado de la doble rendija con el que comprobó que la luz, por momentos se comporta como una partícula y en otros como onda. En el siguiente video vemos este el experimento de la doble rendija de Thomas Young. Video 2 En el siguiente video vemos este concepto de ondas electromagnéticas.

Video 2 <https://youtu.be/5RaMCZ4p738>.

James Clerk Maxwell (1831-1879) desarrolla la teoría del electromagnetismo de la luz afirmando que no se trata de cualquier onda, en realidad es una onda electromagnética y aclara un poco en qué consistían estas ondas luminosas. Estableció que la luz está hecha de campos magnéticos y eléctricos que se propagan tanto en el vacío como en el interior de ciertas sustancias. Las ondas electromagnéticas no necesitan un medio material se pueden propagar también a través de la materia. La teoría de Maxwell llevó a la predicción de que las ondas electromagnéticas en realidad abarcan un espectro súper amplio en longitudes de onda que incluyen ondas de radio, microondas, ondas infrarrojas y ultravioletas. La zona que podemos percibir por medio de la vista en realidad un pequeño intervalo que va más o menos desde los 380 nanómetros hasta los 780 nanómetros



Espectro electromagnético Fuente:

<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Salamandr.PNG>

Resumiendo, entonces ¿qué es la luz?. Por lo visto podríamos decir que es una onda. Albert Einstein (1879 -1955), definió el efecto fotoeléctrico explicando que si uno hace incidir luz sobre una superficie metálica y esta luz tiene una frecuencia suficientemente alta se van a desprender electrones de esta superficie metálica. Einstein concluyó que la luz a veces está comportando como partícula, pero reemplazó los corpúsculos estos de los que hablaba Newton por cuantos de luz, que llamaremos fotones. Los fotones son pequeñas porciones de energía que viajan por el espacio a la velocidad de la Luz. Einstein tomó algo que todos estaban mirando, pero vio algo que nadie había visto y es que la luz tiene un comportamiento dual que se puede comportar tanto como una onda como una partícula, pero cómo interactúa la luz con la materia vamos a ver distintos fenómenos.

1.1.1.2. La luz y los materiales

La luz se propaga por un medio y si encuentra otro en su trayectoria experimenta una serie de alteraciones:

- Cuando choca contra una superficie opaca parte de la luz se refleja y el resto de la luz será absorbida.
- En el caso que el medio que encuentra sea transparente o translúcido la luz se transmitirá a través del mismo.

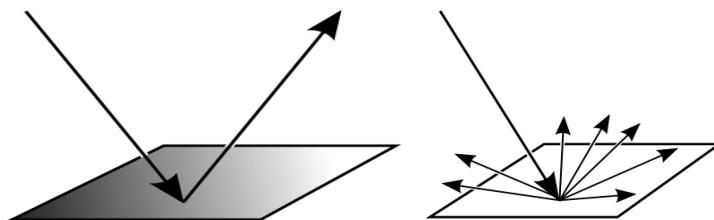
Por lo tanto, la luz puede experimentar los siguientes fenómenos:

- **Reflexión**
- **Trasmisión**
- **Refracción**
- **Absorción**

1.1.1.3. La reflexión es el cambio en la dirección que experimenta un rayo cuando incide sobre una superficie. O sea, cuando la luz rebota sobre su superficie. Existen básicamente dos tipos de reflexión

La reflexión regular o especular. Es aquella donde el rayo incidente y el reflejado son iguales. Se dan más superficies brillantes. por ejemplo, el reflejo sobre un espejo. De allí el nombre de este tipo de transmisión (especular). También en una superficie de agua tranquila uno puede a modo de espejo también ver el reflejo del paisaje.

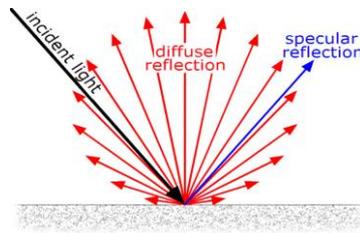
La reflexión difusa se produce cuando la luz incide también en una superficie opaca, pero no brillante sino rústica con textura propia y presenta una serie de irregularidades que hacen que la luz se refleje en distintas direcciones. Es lo que denominamos reflexión difusa.



Reflexión especular y difusa

Fuentes : https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Light_matter_reflection.svg
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Light_matter_scattering.svg

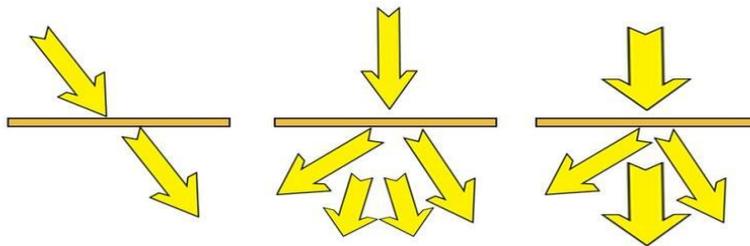
Por último tenemos la reflexión mixta que es aquella que tiene componentes de las dos anteriores, los rayos inciden sobre una superficie con parte regular o especular y parte difusa, como resultado se produce una reflexión irregular.



Reflexión mixta

Fuente: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Lambert2.gif>

1.1.1.4. La Trasmisión se da cuando los haces de luz traspasan el material. El hecho de traspasar otro material según sus características transparentes o translúcidas también nos da tres tipos de transmisión:



Trasmisión regular, difusa y mixta

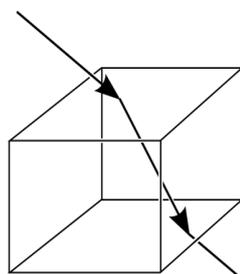
Fuente: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Trasmision_de_la_luz.jpg

Transmisión regular: Se da cuando el haz incide sobre una superficie transparente y al atravesar, sale al siguiente medio con las mismas propiedades. Por ejemplo, la luz atravesando un vidrio transparente.

Transmisión difusa: Se da cuando el haz incide sobre una superficie translúcida y se difunde por el medio saliendo en distintas direcciones. Es el caso de los vidrios translúcidos.

Transmisión mixta: Se da por combinación de las dos anteriores. Es el caso de los vitraux armados con vidrios transparentes y difusos.

1.1.1.5. La refracción. Este fenómeno nos refiere a la luz atravesando otro medio con otra densidad. Por ejemplo, atravesando el agua, más densa que el aire. Allí el rayo incidente cambia de dirección o sea tiene una desviación, pero siempre en el mismo plano.



Refracción de la luz.

Fuentes: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:A_pencil_in_water.jpg

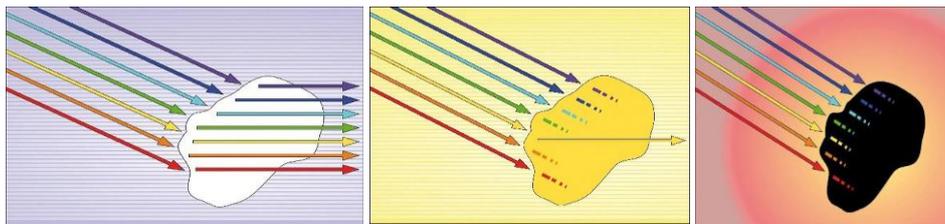
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Light_matter_refraction.svg

Esto es porque la velocidad de propagación de la luz disminuye a medida que aumenta el índice de refracción. La refracción se define con las Leyes de Snell:

- El rayo incidente, el rayo reflejado y el rayo refractado están en el mismo plano.
- El ángulo de incidencia y el ángulo de refracción se relacionan mediante una constante denominada índice de refracción que varía según la temperatura y la longitud de onda de la luz.

En este video vamos a ver el principio de la refracción. Video 3 <https://youtu.be/d6tgWThdySY>

1.1.1.6 La absorción de la luz en relación a los materiales donde impacte. Este fenómeno está directamente relacionado por lo tanto con la reflexión de los materiales y de los componentes de color de los mismos. Según nuestra percepción de los objetos, vamos a recibir una respuesta de color que no es más que la devolución de ondas del espectro que esos materiales reflejen. ¿Cómo tenemos conocimiento de cuanto absorben de luz los materiales?. Ello además de los colores también está referido a la calidad de dichos materiales más lisos o rústicos, por ejemplo. Para ello hay tablas de niveles de reflexión de los materiales según sus características.



Absorción de los objetos.

Fuentes: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Absorci%C3%B3n-blanco_-_!%C3%B1aki_Otsoa._CC._By_ShA_!no-.jpg
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Absorci%C3%B3n-negro_-_!%C3%B1aki_Otsoa_Etxeberria._CC._By_ShA_!no-.jpg
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Absorci%C3%B3n-amarillo_-_!%C3%B1aki_Otsoa._CC._By_ShA_!no-.jpg

Como vemos en las imágenes un objeto que absorbe todas las ondas del espectro visible lo veremos blanco, uno que absorbe solo alguna como el amarillo lo veremos amarillo y los que no absorben ninguna onda los veremos negro.

En este video vemos la interacción de la reflexión con la absorción. Video 4

Modulo 1

Unidad 2

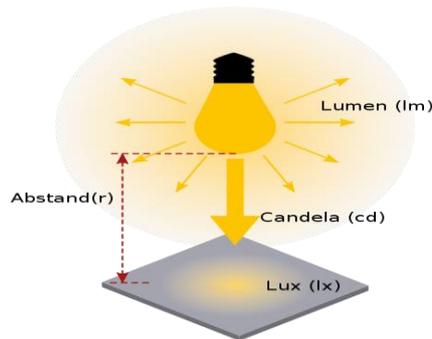
FUNDAMENTOS DE LA LUZ

Unidades de la luz

En una fuente luminosa, ni toda la energía se convierte en luz visible, ni toda la luz emitida llega al ojo y produce sensación luminosa. Existen para el estudio y valoración de las fuentes de luz, unidades de medida o magnitudes de la luz

Las unidades de la luz son 4:

- Flujo luminoso / Intensidad luminosa / Iluminancia / Luminancia.

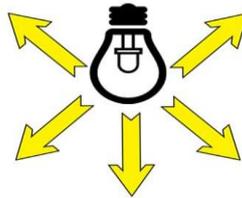


Magnitudes de la luz

Fuente: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Lichtmessung.svg#:~:text=https%3A//commons.wikimedia.org/wiki/File%3ALichtmessung.svg>

1.2.1.1. Flujo Luminoso (lm ϕ)

El flujo luminoso o potencia luminosa es el flujo total lumínico emitido o radiado en todas direcciones por una fuente de luz durante una unidad de tiempo. En el siguiente video verán una síntesis de esta magnitud Video 1 https://youtu.be/oT_BM-Ax8a0. La unidad del flujo luminoso en el Sistema Internacional es lumen. [lm], que tiene por símbolo ϕ .

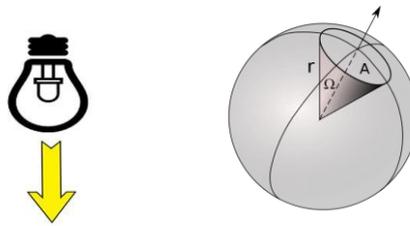


Flujo Luminoso

Fuente: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Flujo_Luminoso.jpg

1.2.1.2. Intensidad Luminosa (I) La intensidad luminosa es el flujo luminoso emitido por una fuente de luz en una dirección determinada y dentro un ángulo sólido (llamado estereorradián), que sería equivalente a un cono infinitamente pequeño tomado dentro de una esfera. Por lo tanto, ángulo sólido en estereorradianes, se define por el volumen formado por la superficie lateral de un cono cuyo vértice coincide con el centro de una esfera. Donde A es la superficie esférica y r es el radio de la esfera. La unidad de medida de la intensidad luminosa es la candela [cd]. En el siguiente video verán una síntesis de esta magnitud

Video 2 <https://youtu.be/olc88xfNVw0>



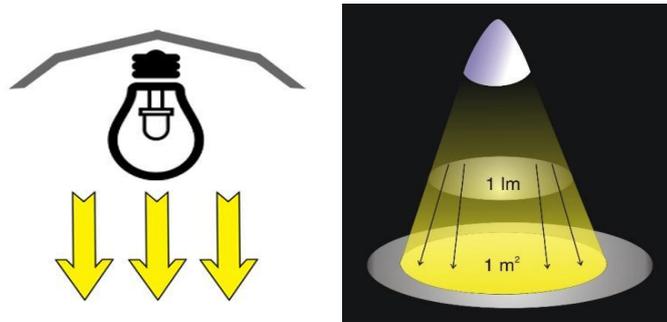
Intensidad Luminosa y ángulo estereorradián

Fuentes: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Intensidad_Luminosa.jpg

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Angle_solide_coordonnees.svg

1.2.1.3 Iluminancia (E)

La Iluminancia es el flujo luminoso que incide en una superficie por la unidad de área iluminada. Es lo mismo de cuánta luz está llegando a una superficie desde una fuente luminosa. Cuanto mayor distancia hay de la fuente luminosa a la superficie menor es la iluminación. La unidad de la iluminancia es el lux (lx). La relación con otras unidades fotométricas es la siguiente: un lux es igual a un candela sobre metro cuadrado y un lux es igual a un lumen sobre metro cuadrado.



Iluminancia

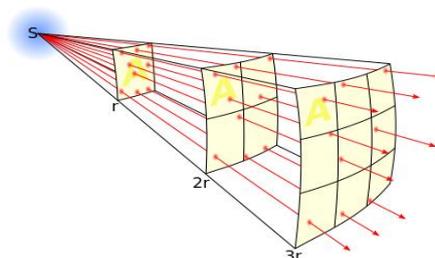
Fuentes: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Iluminancia.jpg>

[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Lux\(lx\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Lux(lx).jpg)

Es muy importante conocer el nivel de iluminación adecuado (iluminancia), para realizar una determinada tarea visual. A tal efecto existen normas particulares de cada país e internacionales que establecen los niveles de iluminación en función de la actividad desarrollada. La más difundida en Latinoamérica es la emanada de la Comisión Europea que es la UNE 12464.1

El flujo emitido por una fuente luminosa proporciona una iluminación (iluminancia) sobre una superficie, cuyos valores se miden en Lux. Estos valores proyectados sobre un mismo plano y unidos aquellos del mismo valor por medio de líneas que dan como resultado las curvas isolux de niveles de iluminancia

La Iluminancia (E) se rige por la ley inversa del cuadrado, en la que se relaciona la Intensidad luminosa (I) y la distancia de la fuente luminosa al plano iluminado.

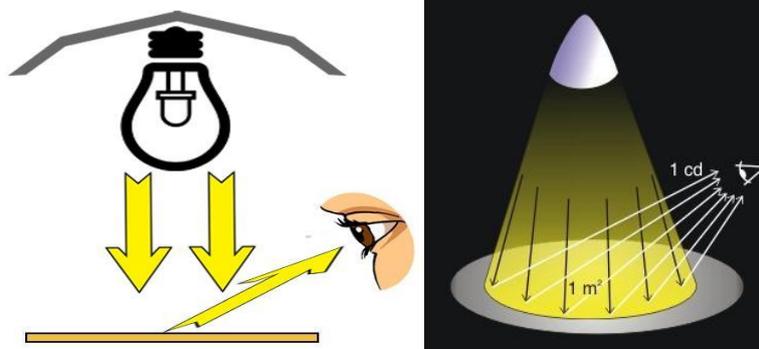


Ley Inversa del cuadrado

Fuente: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Inverse_square_law.svg

1.2.1.4 Luminancia (L)

La luminancia es la cantidad de luz que percibe el ojo tras incidir en una superficie determinada. Por lo tanto, la luminancia mide el brillo de una fuente de luz, después de incidir, reflejar o atravesar diferentes superficies. La unidad de la luminancia es la candela x m² y su símbolo es cd/m².



Luminancia

Fuentes: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Luminancia.jpg>
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Cd-m2_luminancia.jpg

A mayor luminancia mayor percepción de claridad. Es un tema a controlar porque una luminancia muy elevada puede producir un deslumbramiento indeseado.

En el siguiente video verán un comparativo entre Iluminancia y Luminancia. Video 3 <https://youtu.be/SHhb8U0t5U8>

Existen además una serie de magnitudes que se utilizan para establecer criterios de calidad en la iluminación. Son características fundamentalmente de consideración por parte de los proyectistas, más que por su determinación con alguna unidad de medida específica.

1.2.1.5 Contraste

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



Contraste de iluminación

Fuente: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sombras_e_luzes_da_Igreja_de_S%C3%A3o_Francisco_de_Assis.jpg

1.2.1.6 Uniformidad

La uniformidad de la luz hace referencia a la uniformidad de la iluminación en un entorno. Según cada caso puede ser una magnitud importante para el confort visual. Si existe desigual luminancia e iluminancia puede llevar a la mala visualización de zonas en las cuales hay un contraste inadecuado, y por lo tanto nuestros ojos tienen que adaptarse y readaptarse muy a menudo, nos cansamos más.

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

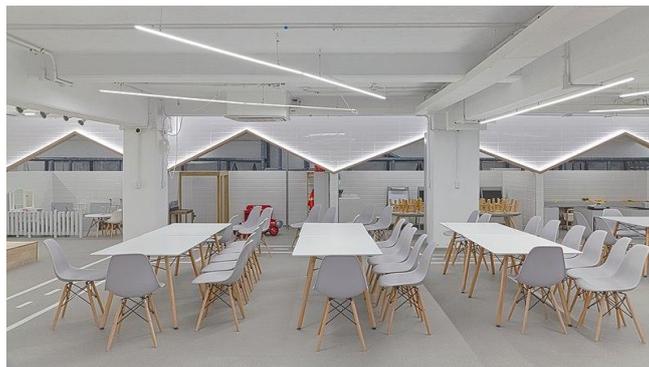


Uniformidad de iluminación

Fuente: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Interior_Sede_Banca_March_Madrid.jpg

1.2.1.7. Deslumbramiento.

El deslumbramiento es, desde el punto de vista físico, una pérdida o disminución de la capacidad visual debido al exceso de luminancia del objeto que se observa o incide sobre el ojo. El deslumbramiento se produce cuando la elevada intensidad de la luz penetra en el ojo y las células de la retina no son capaces de generarse, a la velocidad suficiente como para producir los pigmentos necesarios. Esto implica que no se haya paso de impulso al nervio óptico por lo que no se transmite nada al cerebro.



Ejemplo de deslumbramiento molesto

Fuente: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ludoteca_BOK_-_State_of_Light.jpg

Existen dos tipos de deslumbramiento:

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

En cuanto a la forma de producirse, el deslumbramiento directo es el producido por una fuente lumínica demasiado brillante o sin un apantallamiento suficiente dentro del campo visual. El deslumbramiento reflejado es producido por una fuente lumínica que es reflejada por una superficie brillante, que contribuye a un esfuerzo visual y produce fatiga



Deslumbramiento mixto: directo (luminarias de fondo), y reflejado (piso con brillo)

Fuente: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Glare_from_mirrors_at_the_Memorial_Garden,_Omagh_-_geograph.org.uk_-_3839623.jpg

1.2.1.8 Confort visual

El confort visual es una condición subjetiva en donde sentimos una sensación de bienestar cuando observamos o realizamos alguna tarea y esto es principalmente porque tenemos una buena calidad y cantidad de iluminación. Sin embargo, el confort visual como tal es cuestión de percepción de la luz a través del sentido de la vista ya que el confort visual refiere más a aspectos físicos fisiológicos y psicológicos y su relación más con la luz. El confort lumínico es más de aspectos psicológicos relacionados con la percepción espacial de lo que nos rodea como usuarios.

Es importante conocer qué características tiene el usuario también manejar algunos términos como la calidad de la luz con la que contamos y considerar si tenemos algún aspecto o situación que perturbe la visibilidad o tarea a desarrollar en el espacio a iluminar para poder contemplar o evitar y así poder tener un confort adecuado. Considerar los niveles de iluminancia y luminancia en los espacios para lograr un nivel óptimo donde poder percibir y realizar las diversas actividades.

Es muy importante considerar el valor de la luz natural en la arquitectura. Ello cobra un sentido muy importante porque comparando luz natural con luz artificial, su aporte beneficia mucho a los espacios, son más comfortable a la vista para el usuario por lo que el equilibrio entre natural y artificial siempre beneficiara el logro de un confort visual apropiado, considerando obviamente tener en cuenta que cada espacio es diferente con diferentes necesidades tanto por el tipo de actividad como por el tipo de usuario.



Confort visual en espacios de museos. Equilibrio entre luz natural y artificial.

Fuente: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:MBA-Contemporaneo.jpg>

Para obtener un confort visual eficiente en un proyecto de iluminación se requiere de un exhaustivo análisis de las diferentes características técnicas de las luminarias a colocar: las propiedades de las lámparas, datos fotométricos, así como datos de planificación para la tarea de iluminación concreta. O sea, es imprescindible considerar luminarias con características de diseño contemplando cualidades antideslumbrantes en sus diseños entre otras cosas.

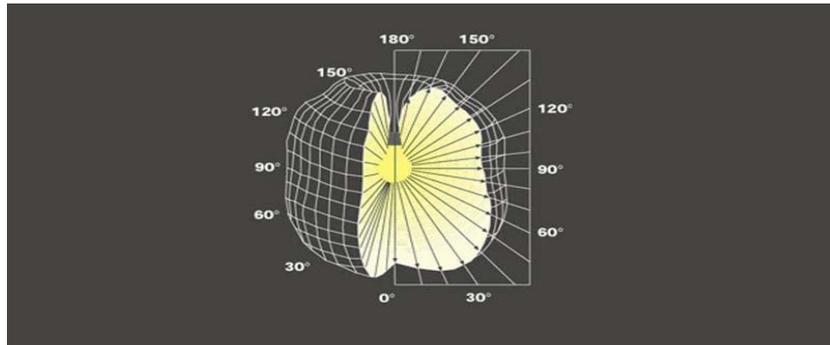
Tres aspectos claves determinan la eficiencia de la iluminación: desde el punto de vista cuantitativo, la eficiencia luminosa de la fuente de luz, el rendimiento de la luminaria, y el grado de efectividad con el que una luminaria desempeña su tarea de iluminación.

1.2.2. Interacción de las magnitudes

La interacción de las unidades de la luz está contemplada en los estudios que al respecto de la prestación de las fuentes de luz o de las luminarias son sometidas en los laboratorios específicos. Allí juegan un rol fundamental estas magnitudes para los resultados logrando la obtención de las denominados perfiles fotométricos o fotometrías; fundamentales para la valoración de las fuentes de luz o luminarias.

1.2.2.1. Fotometrías:

Que es la fotometría, de manera simple la definimos como la ciencia encargada de medir la intensidad de la luz dentro del rango visible que tenemos los seres humanos que ya dijimos esta entre los 450 nm a los 750 nm. Mide dicha intensidad y todas sus características. Ello se realiza en laboratorios de luminotecnia a través de aparatología que mide los patrones de una fuente de luz o de una luminaria. Da como resultado todas las propiedades fotométricas de esa luz visibles ante el ojo humano referidas en un volumen tridimensional, el sólido fotométrico.



Sólido fotométrico de una lámpara.

Fuente: <https://www.iluminet.com/press/wp-content/uploads/2017/08/curvas-fotometricas-1.jpg>

Lo primero que arrojan los estudios de una fuente de luz o luminaria es un diagrama polar de las intensidades luminosas transversales del objeto estudiado, donde quedan plasmadas los vectores I (intensidad luminosa), totales de la luz de dicho objeto según sus características de diseño. Del diagrama polar se obtienen diferentes curvas fotométricas.

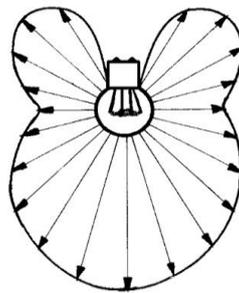
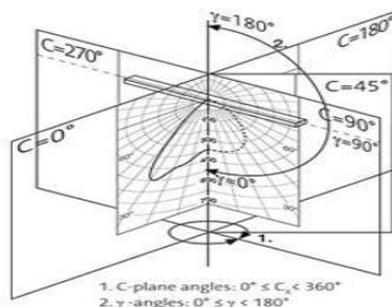


Diagrama polar de una lámpara.

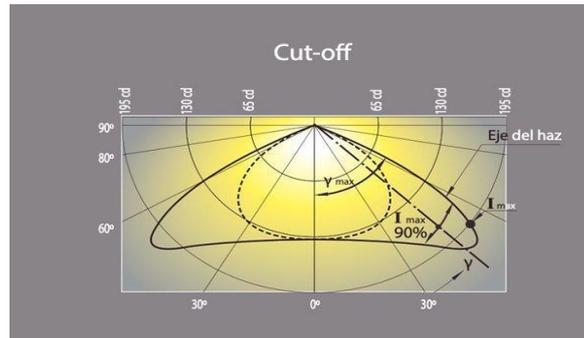
Fuente: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Indicatrice.png>

Muestran cómo se comporta la luz representada mediante una gráfica bidimensional, en base a un corte transversal del diagrama polar referido. Por cada diagrama polar y según los diseños de las luminarias se podrán obtener varias curvas fotométricas para conocer bien la prestación de la luminaria. Generalmente se consideran 2 cortes planos del sólido fotométrico. Los denominados como: $C = 0-180$ y su perpendicular $C - 90 - 270$.



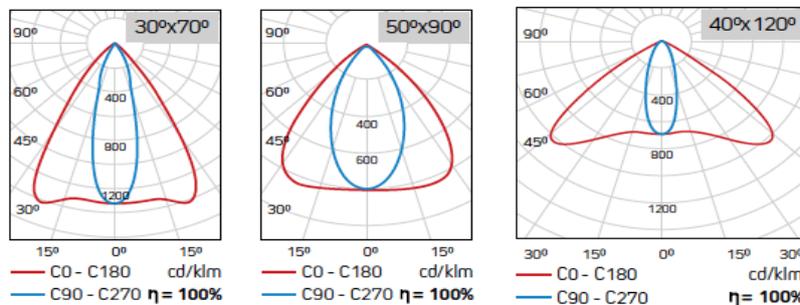
Planos fotométricos

Fuente: <https://www.iluminet.com/press/wp-content/uploads/2017/08/solido-fotometrico.jpg>



Visualización de un corte o curva fotométrica según sus máximas intensidades luminosas

https://www.iluminet.com/press/wp-content/uploads/2021/09/curva_formula_cutoff.jpg



Ejemplos de curvas fotométricas.

Fuente: https://www.celerlight.com/wp-content/uploads/2021/05/celer_fotometria-highbaylineal.png.webp

Las curvas fotométricas están disponibles a través de los catálogos de los diferentes proveedores de iluminación, quienes someten sus productos a dichos estudios fotométricos para saber las prestaciones de los mismos, y poder ser considerados en diversas aplicaciones. Estos resultados además se vuelcan en un archivo interactivo con formato IES, con el cual podemos acceder a su utilización en los cálculos de iluminación realizados a través de softwares de cálculo. No todas las empresas arrojan sus curvas fotométricas de sus productos que fabrican.

Por otra parte, tenemos las denominadas Curvas Isolux. Estas son un diagrama plano que señala el flujo luminoso en una superficie, eso quiere decir que representa que según como estén ubicadas las luminarias, donde cae la mayor parte de la luz que ilumina dicha superficie. Las curvas isolux tienen escalas de iluminancia (lux) por puntos.

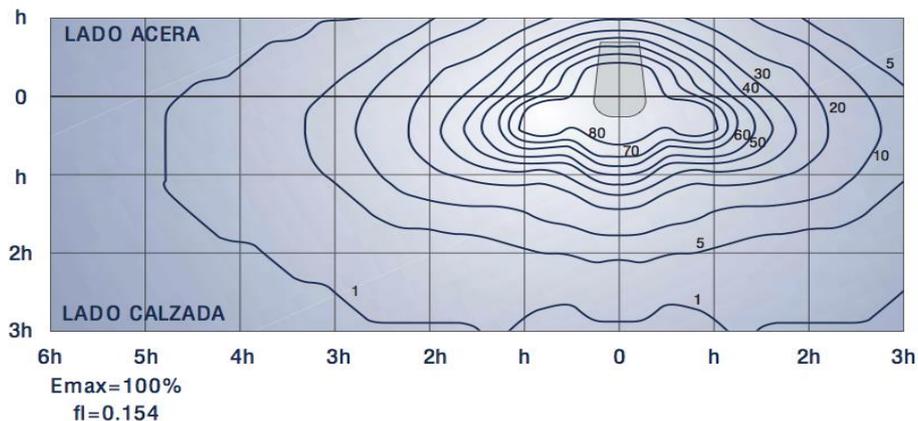


Diagrama o curva Isolux de una luminaria vial

<https://grlum.dpe.upc.edu/manual/imagenes/diagramalsolux.png>

Modulo 2

Unidad 1

La luz artificial

2.1.1 Cualidades de las fuentes de luz

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

2.1.1.1. Temperatura de color

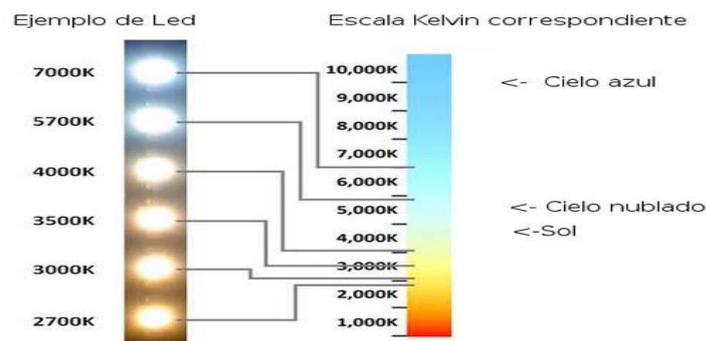
La temperatura de color es el color de la luz. El concepto de temperatura de color se comenzó a utilizar cuando la iluminación dependía en mayor medida de las primeras lámparas que tenían el principio de incandescencia. Es decir, funcionaban a través de un filamento mineral que soportaba muy altas temperaturas.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



Cuadro de temperaturas de color

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

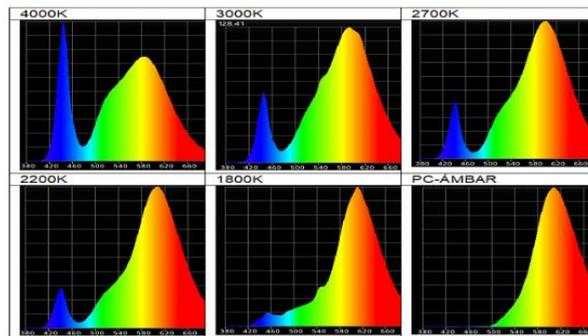
Por ejemplo, la luz del día normal está sobre los 5500 grados kelvin y un día nublado por los 7500 grados kelvin y un cielo azul diáfano por los 10.000 grados Kelvin. La tecnología de iluminación permite hoy obtener fuentes de luz, particularmente los leds, y luminarias de una amplia gama de temperatura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



Escala de Kelvin y su comparativo con fuentes led.

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

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



Registro del comportamiento espectral de algunas fuentes de luz

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

2.1.1.2. Medición del color de las fuentes de luz.

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

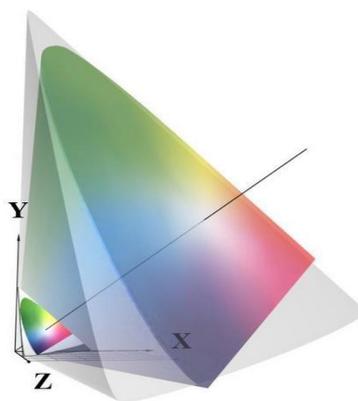


Diagrama C.I.E tridimensional

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

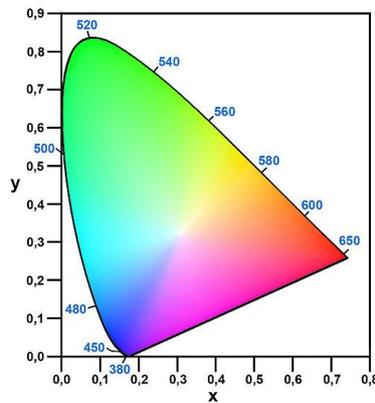
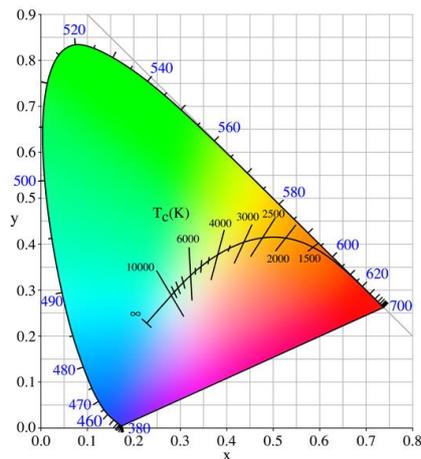


Diagrama C.I.E bidimensional

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:CIE_1931_Chromaticity_Diagram.jpg

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



Temperaturas de color en diagrama C.I.E.

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:CIE_1931_Chromaticity_Diagram.jpg



Temperaturas de color de las fuentes de luz

Fuente: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:LED_strip_lighting_Correlated_Color_Temperatures_CCTs.png

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

El índice de reproducción cromática es la capacidad que tienen las fuentes de luz de reproducir los colores en mayor o menor calidad. Esta capacidad deviene de la característica de los componentes con que se producen dichas fuentes de luz.

Generalmente las fuentes de luz; tanto las más tradicionales, como las de última tecnología combinan en sus procesos de producción diversos minerales que en el funcionamiento de las mismas generan una colorimetría que refieren a su índice de reproducción cromática.

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

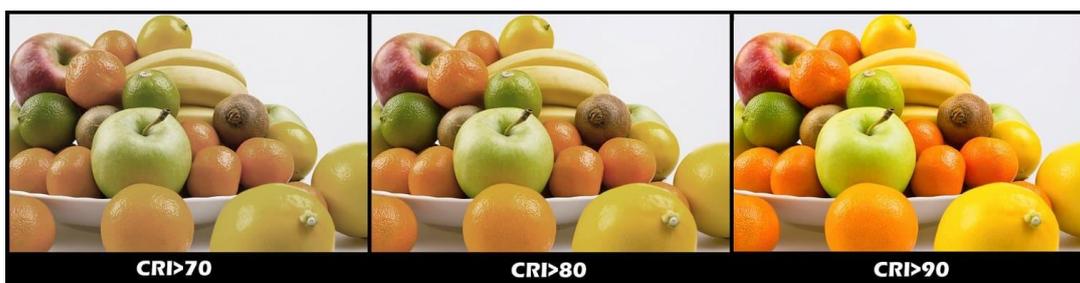
Grado	Índice (IRC)	Nivel de reproducción
1A	90 a 100	Excelente
1B	80 a 89	Muy bueno
2A	70 a 79	Bueno
2B	60 a 69	Moderado
3	40 a 59	Regular
4	Inferior a 40	Bajo

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

Fuente https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Indice_de_reproduccion_cromatica.png

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

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



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

Fuente: Prggin revista https://premium.prggin.hr/sites/default/files/uploads/inline-images/CRI_faktor01.jpg

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

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

Modulo 2

Unidad 2

2.2.1. Nuevas Fuentes de luz

Denominamos nuevas fuentes de luz a las que se han desarrollado en los últimos tiempos fundamentalmente debido a investigaciones y avances tecnológicos desarrollados a inicios de este milenio. La combinación de insumos y tecnología apuntando a una de producción sustentable, brinda alternativas de productos diversos donde sin duda la gran apuesta está en los leds.

2.2.1.1. La fibra óptica.

La fibra óptica es un material realizado con hebras de vidrio o silicio fundido. Su composición está dada por medio de un conjunto de estas hebras que denominamos cable de fibra óptica. Estos cables se utilizan normalmente en instalaciones donde se deben transportar datos de telefonía o internet. También por sus excelentes cualidades de transmitancia que da el material del que están construidas sus hebras se utiliza para transportar luz. A través de estas pequeñas fibras de un octavo de milímetro de diámetro se transmiten impulsos moderados de luz. La gran ventaja de la fibra es que con solo una sola fuente de luz podemos realizar una iluminación más amplia ya que se colocan varias hebras o cables que se alimentan de una sola fuente, y se distribuye según el espacio o destino final de la luz. Por lo tanto, ahorra en el consumo de energía. Al mismo es más segura la instalación porque se reducen en gran medida las posibilidades de desperfectos debido a que las fibras no funcionan con electricidad. Para cumplir el objetivo de trasportar luz debe formar parte de un sistema lumínico que estaría conformado por el alimentador, los cables o hebras de fibra óptica y los terminales o iluminadores. Por su delgadez, la fibra óptica puede pasar por lugares muy estrechos y complicados; al mismo tiempo que se esconde la fuente lumínica. La forma en que la fibra transmite la luz permite que lo haga a grandes distancias. Dependiendo de la longitud de onda será la cantidad de atenuación, dispersión y por lo tanto de pérdida que tendrá la luz a través de la distancia. A mayor longitud de onda de la fuente de luz que alimenta la fibra óptica, menor pérdida de flujo transportado.

En este video podrán ver el principio de funcionamiento de la fibra óptica como transportador de luz Video 1

<https://youtu.be/661doW954HU>



Equipo de Fibra óptica para iluminación

Fuente_ https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Equipo_de_fibra_optica.png



Iluminación con fibra óptica

Fuente Iluminet: <https://www.iluminet.com/press/wp-content/uploads/2015/04/fibra-optica11.jpg>

2.2.1.2. Los leds.

LED significa diodo emisor de luz. Su principio constituye un tipo especial de semiconductor cuya característica principal es convertir la energía en luz. El científico ruso Oleg Vladímirovich (1903 – 1942), vio por primera vez en 1927, que ciertos semiconductores como el *carburo de silicio* emitían luz. Así, confirmó que, en efecto, había semiconductores que emitían luz al ser atravesados por una corriente eléctrica. Recién en 1962 el estadounidense Nick Holonyak (1928 – 2022), inventó el primer led basado en semiconductores. Estos primeros leds solo servían para indicar secuencias de encendido y apagado en ciertos electrodomésticos ya que generaban poca emisión de luz de colores de colores rojo y verde por sus componentes. En 1993 el japonés Shuji Nakamura desarrolló el primer led totalmente azul que permitió la creación de luz blanca dando inicio a su utilización masiva en iluminación. Existen muchos tipos de leds y actualmente se utilizan en diferentes áreas desde domesticas hasta administrativas, comerciales, medicas e industriales. Las fuentes led han desplazado a otras tecnologías por su ahorro energético y se desarrolló en la obtención del mayor flujo lumínico posible.

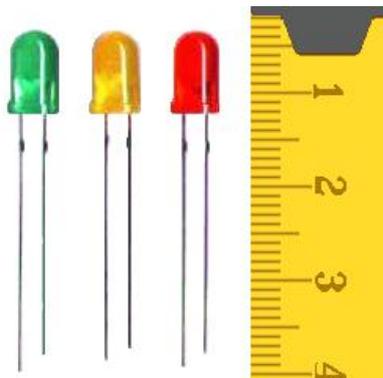


Imagen de los primeros leds

Fuente: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/0d/Diodos_LED_foto.png

Como Funcionan los leds.

Como hemos visto el principio del led es una combinación de semiconductores de estado sólido. Led proviene del acrónimo de light emitting diode, la estructura básica de un led se basa en la combinación de dos tipos de estos semiconductores. Unos de polo

positivo (P) llamados lagunas y otros de polo negativo (N) llamado electrones. La combinación de estos dos tipos de semiconductores se denomina diodo. Cuando una corriente eléctrica atraviesa el diodo, los polos son forzados a unirse en sentido contrario y esa fusión genera un fotón. O sea que al equilibrarse las dos cargas positivas y negativas. la parte remanente de energía es un fotón que se libera en forma de luz.

El gran avance en la tecnología de los leds ha sido conseguir materiales que emitan luz azul de forma eficiente. La emisión controlada la luz roja y verde era posible con anterioridad, pero con menor eficiencia. Actualmente la mayoría de los leds utilizados en la iluminación se basan en un led azul recubierto con una sustancia fosforescente que absorbe parte de la luz azul y la remite con longitudes de onda mayor.

En este video podrán ver el proceso de fabricación de los chips led Video 2 <https://youtu.be/HWvSxxNjdmA>

Disipación del calor de los leds.

Los avances tecnológicos en el desarrollo de los leds como fuentes de luz y sus procesos de producción están dando como resultado la oferta de diversos tipos de leds, básicamente producidos como chips, pero resueltos con características particulares según cada caso. El gran desafío en esa producción es alcanzar los máximos estándares en relación al consumo y rendimiento lumínico (flujo), lo que trae aparejado el resolver las condiciones óptimas de funcionamiento de esos chips para lograr ese objetivo ya que la temperatura a la que funcionan los dispositivos del LED, reduce considerablemente la vida de los mismos y es por ello que en su fabricación se debe contemplar cómo resolver ello y con qué tipo de disipación. Hoy, en busca del mayor rendimiento lumínico del led, se están utilizando los denominados leds de alta intensidad o alta potencia. Estos dependen en buena medida de la gestión térmica. O sea, como está resuelta la disipación del calor que generan estos leds. Ello ha generado en los fabricantes investigar al respecto pues es un aspecto fundamental para la calidad y prestación de las lámparas y luminarias led. No todos los fabricantes demuestran esa preocupación, por lo que es importante saber acerca de las cualidades y testeos al respecto de los productos que decidamos instalar en nuestros proyectos. Optimizando poder lograr el mejor resultado a lo largo de la vida útil promedio de las luminarias o lámparas. Una alta temperatura de los componentes del LED reduce considerablemente la vida de los mismos.



Medición de la radiación de calor de una luminaria led

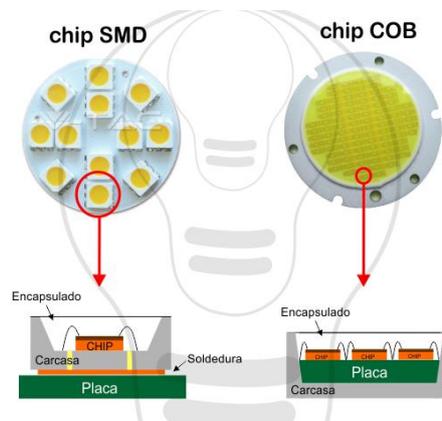
Fuente: <http://www.atpiluminacion.com/files/paginas/la-gestion-termica-clave-para-aumentar-la-vida-util-del-led.jpg>

2.2.1.3. Tipos de leds

Como dijimos anteriormente la producción de leds se basa fundamentalmente en obtener el mayor rendimiento de Lúmenes x watts. Según sus procesos componentes minerales y procesos de producción, existen leds de baja y alta potencia o alto rendimiento. Los mas comunes a los que podemos acceder hoy están dentro de estas dos calificaciones generales:

Led SMD (*Surface Mounted Device*) es un LED encapsulado en una resina. Mayormente armado en circuitos impresos que forman módulos de LED. De forma cuadrada o rectangular con emisión de luz blanca está determinada por una tecnología que incorpora fosforo de color amarillo para mejorar la calidad de reproducción cromática. Son los más utilizados para iluminar y aun se hallan en investigación para lograr su mayor cualidad de prestación en relación a lúmenes x watts.

Led COB (*Chip On Board*). En este tipo de led está conformado por varios chips recubiertos por silicona con fosforo de color amarillo. Son adheridos a un sustrato o base para conformar un módulo único. Aquí es donde se diferencian de los SMD. Los leds COB funcionan como un circuito integrado que alimentan los chips que lo conforman, por lo que solo se puede obtener una temperatura de color limitada. Las placas COB disipan el calor eficientemente, reducen el uso de insumos y soportan mayor periodo de encendido



Características de leds SMD montados sobre placa, y los COB armados en un único modulo dentro de una carcasa

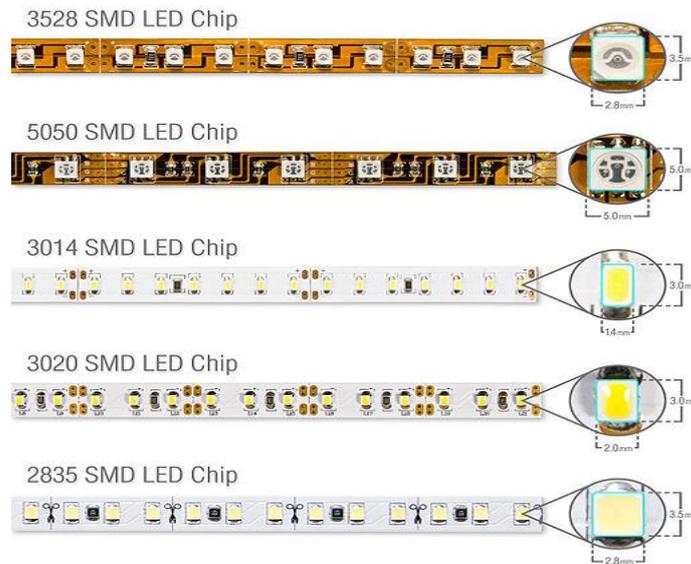
Fuente: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Chip-led-SMD-COB.png>

Los leds SMD son los utilizados, entre otras aplicaciones para confeccionar las denominadas cintas o tiras de led. Los leds que integran esas cintas se clasifican según su rendimiento de flujo luminoso en:

- F5 leds: Pequeños y de poca potencia. Están agrupados en gran cantidad y con poco flujo lumínico.
- 3528: También de relativa poca potencia. Se agrupan por lo general en doble fila paralela en las tiras logrando con ello más intensidad a pesar del poco flujo de cada led.
- 5050: Es de los más usados. Equivale a 3 leds 3528. Además de cintas led, usado también en muchas lámparas, módulos o regletas led.
- 2835: Tiene mayor aprovechamiento del chip con la misma luminosidad que la SMD 5050 pero con un consumo menor. Debido a su tamaño, es una de las de mejor prestación.

- 5630: Este led es más nuevo, más potente que el 5050 y de menor tamaño.

En este video podrán ver el proceso de fabricación de las cintas o tiras led Video 3 <https://youtu.be/qAYZLsjaCBY>



Diferentes leds montados en tiras o cintas led

Fuente: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:SMD-LED-comparison-5050-2835-3528-3014-Flexfireleds.jpg>



Tubo led armado con tiras led SMD

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/0/03/Fluo-45W_LED-17W.jpg/271px-Fluo-45W_LED-17W.jpg

Las luminarias led COB entregan más lúmenes/watio con la misma potencia que un SMD con las siguientes ventajas:

- Costo de fabricación de un 20% inferior al SMD
- Brindan una emisión de luz multidireccional sin producir deslumbramiento.
- Al producir mayor flujo lumínico no es necesario concentrar tanto el haz de luz.
- Ofrece un índice de reproducción cromática (IRC) mucho mayor que el SMD.

Entre las principales luminarias fabricadas con chips COB están las destinadas a alumbrado vial e industrial entre otras.



Luminaria del tipo industrial montada con leds COB

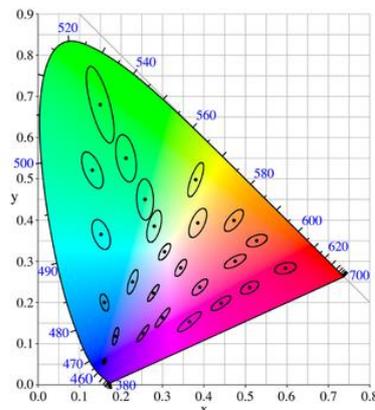
Fuente: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Dialight_LED_DuroSite_LED_HighBay_industrieller_Hallenstrahler.jpeg

2.2.1.4. La selección de los leds

Como hemos visto los leds se producen bajo dos procesos el AlInGap y el InGaN, de estos salen con sus características de color en las diferentes opciones que hemos visto en párrafo anterior. Si bien en estos procesos se definen sus cualidades colorimétricas existen diferencias en el color que reproducen más allá que hayan sido fabricados dentro del mismo proceso y sobre un mismo sustrato. Las diferencias de color pueden ser mínimas o acusar una distorsión considerable del color original.

Ya sabemos de la existencia del diagrama C.I.E para la cualificación de las fuentes de luz. En el caso de los leds se planteó el problema de ser otro tipo de fuente de luz, con principios diferentes a las anteriores, la selección que ofrece el diagrama de la CIE era como demasiado amplio para las variadas tonalidades de un mismo color que ofrecen los leds, más allá de pertenecer a una misma partida, y considerando lo casi imperceptible de dichas diferencias. Por lo tanto y en función precisamente lo perceptual del ojo humano ante estas diferencias se llega a instalar una interpretación del rango colorimétrico del diagrama C.I.E. a través de la llamada elipse de Mc Adam.

La elipse de Mc Adam marca el nivel en el cual un color se vuelve diferente a otro de manera perceptible y está determinado por una desviación en la uniformidad de color. Las elipses se ubican dentro del esquema de color del diagrama C.I.E. de 1931. Se acomodan en la gráfica de color y representan una zona (la forma de elipse) en la cual nuestros ojos no notan de manera significativa una diferencia entre un color y otro.



Elipses de Mc Adam trazadas sobre el diagrama de cromaticidad C.I.E de 1931

Fuente: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/f/f4/CIExy1931_MacAdam.png/325px-CIExy1931_MacAdam.png

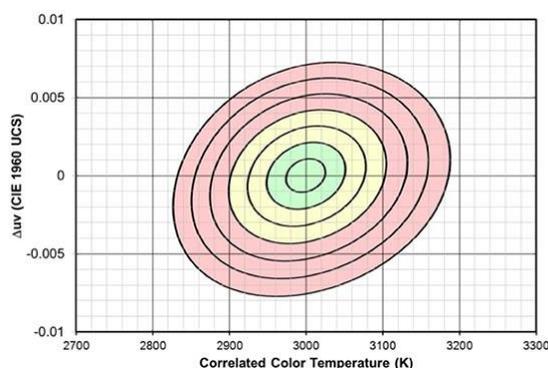
La ANSI (American National Standards Institute), ha generado una referencia de consistencia en los colores de los Leds. creó un modelo a base de esta referencia que se considera lo mínimo aceptable para poder certificar que cumple con este requisito. Así, cualquier fabricante que quiera que su producto sea considerado de la mínima calidad aceptable tendría que al menos ajustarse a estos parámetros y utilizar leds con un bin consistente. Es un elemento indispensable para hacer correcciones en los leds, considerando que un producto puede tener muchas variables de color o flujo luminoso que generarán en el público una sensación de mala calidad y una falta de confort visual.

La elipse de Mc Adam plantea para esta discriminación de inconsistencia sobre una temperatura de color específica, una categorización de 7 pasos donde la percepción de esa temperatura de color será imperceptible o casi para el ojo humano. Por ello se las denomina step y se considera un rango de 7 steps Mc Adam en esa categorización SDCM.

1 SDCM: No existen diferencias de color.

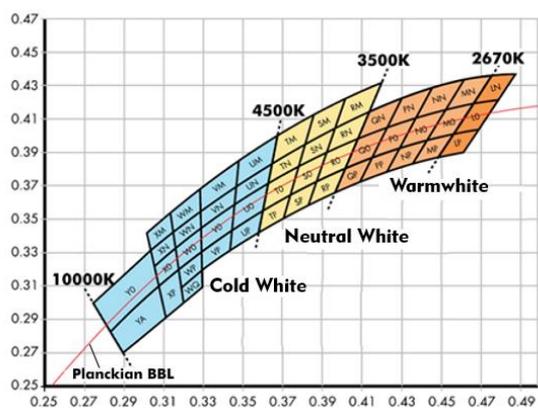
2-4 SDCM: Apenas existe una diferencia visible.

5 o más SDCM: Es fácilmente perceptible.



Esquema 7 pasos Mc Adam sobre rango de temperatura de color 3000º K

Fuente: https://www.cameraandlightmag.com/img/img_not/FOTO%2028.jpg



Esquema de pasos Mc Adam en rangos de distintas temperaturas de color en ºK

https://www.itwissen.info/lex-images/Luxeon-White-Binning-Einteilung-Diagramm-futurelightingsolutions-com_en.png

2.2.1.5. El Binning en los leds.

Cuando se fabrica iluminación LED, el agrupamiento de LED es esencial. Este proceso determina la calidad y el rendimiento de las luces led. El agrupamiento es un método utilizado para garantizar la uniformidad y clasificación del led de iluminación. Implica examinar los chips individuales para determinar su brillo, temperatura y otros factores. Y así organizarlos en grupos con características similares. La selección por binning puede ser por color o por flujo.

El agrupamiento por colores es el proceso de clasificar los leds por sus características de color. Asegura que todos los leds en un lote tengan la misma intensidad y salida de color. Esta selección ofrece los mejores chips en calidad de color llegando su calidad a los estándares de 85 a 90, dentro del mejor rango de reproducción cromática para fuentes led. El agrupamiento por flujo clasifica los LED en diferentes contenedores en función de su salida de luz agrupándolos según el brillo de los mismos. A más brillo más flujo.

Este proceso no siempre se realiza, y depende del fabricante y de la calidad que pretende el mismo de sus productos. En lo específico de la selección por color, primero se verifica el estado de todos los chips producidos bajo un mismo sustrato y condición. Gran parte de los defectos colorimétricos de producción se verifican mediante microscopios electrónicos que analizan ello a escalas manométricas. Allí se seleccionan los que cumplen con las especificaciones requeridas como optimas pudiendo ser calificados de 1 a 3 pasos Mc Adam y considerarse de 1ra calidad. Los chips con defectos del primer proceso se apartan para ser analizados más en profundidad. Podrán adecuarse a un rango de entre 4 a 7 pasos Mc Adam para poder estar dentro de un rango de 2da calidad. En caso de que no cumplan se les podrá descartar y o vender sin certificar una denominación Mc Adam.

Modulo 3

Unidad 1 La luz artificial

3.1.1. Rendimiento de las luminarias.

Hasta aquí hemos desarrollado lo que has sido nuestras fuentes de luz y lo que son en la actualidad fundamentalmente desde el avance de la tecnología led en el desarrollo de una fuente luz en sí misma como así también como parte funcional de las luminarias que los integran. También dijimos que los leds, en sí mismo y por sus procesos de producción se los puede considerar ya un objeto de luz. Pues bien, las cualidades de las fuentes de luz que nos convocan en esta unidad están basadas en las prestaciones que las mismas brindan y en ello dichas cualidades intrínsecamente están ligadas al funcionamiento de las fuentes led que contienen.

Estas cualidades se pueden definir según:

- Calidad de las fuentes led.
- Tipo de conexión eléctrica
- Temperatura de color.
- I.R.C.
- Grado de deslumbramiento.
- Valor del índice de protección.
- Factor de Mantenimiento.

Las nuevas tecnologías buscan cada vez más logros en función de una prestación sustentable y para ello el logro de mayores rendimientos en relación a flujo lumínico, consumo y duración de las fuentes led. Para ello es importante referir las diferencias entre la eficiencia y eficacia de las luminarias led.

- Eficiencia: Es realizar un trabajo con resultados positivos.
- Eficaz: Es realizar un trabajo con resultados positivos, con la utilización y optimización de la menor cantidad de recursos posibles.

Basados en esto definiremos que para que una luminaria sea eficaz deberá cumplir con eficiencia energética, visual y económica.



Lampara led eficaz

Fuente: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/4/43/Lampara_led_eficiente.jpg/682px-Lampara_led_eficiente.jpg?20230624162255

Eficiencia energética: Contemplada en el diseño de la luminaria con la tecnología aplicada. Considerar la utilización de luminarias con Mayor Grado de Protección, regulando su prestación y más seguras para su mantenimiento futuro con un correcto sistema de alimentación eléctrica.

Eficiencia Visual: La calidad de la luz y su aplicación. Se deben a cada proyecto, a las características del área a iluminar, evitando deslumbramientos y contaminación lumínica. Proveer la iluminación adecuada y acorde a cada espacio y función. Sobredimensionar el protagonismo de la luz genera proyectos con baja eficiencia visual.

Eficiencia económica: En la medida que se elijan luminarias de nuevas tecnologías, de muy bajo mantenimiento, con equipos auxiliares de alta confiabilidad, y menor trabajo en su mantenimiento, conseguiremos una iluminación eficaz, con un alto rendimiento y bajo costo operativo.

3.1.1.1. Calidad de las fuentes de luz.

Aquí hacemos relación a lo referido en el Módulo 2 acerca de la fabricación de las fuentes led. En ello radica la primer y más importante consideración acerca de su eficacia. Es importante considerar sus procesos de selección donde se discriminan sus cualidades de blancos y brillo para determinar sus flujos. También el poder acceder a la certificación de productos sometidos a selección por agrupamientos de Binning, con determinación de pasos Mc Adam; nos garantiza con gran fidelidad la prestación de esa fuente led que estamos considerando.

3.1.1.2. Tipo de conexión eléctrica:

Sabemos que un led es una lámpara sólida en sí misma. Este tipo de iluminación funciona de manera diferente basado en características no solo de fabricación y montaje de los chips leds, sino también el motor externo de su funcionamiento que es el driver para comprender bien el papel que desempeña.

Un driver es un dispositivo que convierte la corriente alterna que llega desde la red eléctrica en una corriente continua con un voltaje adecuado para que las algunas lámparas o luminarias led funcionen de forma correcta. Este dispositivo regula la alimentación de uno o varios LED. Lo que hace especial a los drivers LED en relación a una fuente de alimentación convencional, es que son capaces de adaptarse a las necesidades cambiantes de estos mediante un suministro constante de energía.

Para ello es imprescindible considerar un flujo de corriente eléctrica estable desde el suministro de corriente por parte del distribuidor de este servicio en la ciudad o sitio donde se instale esta tecnología. Ello no siempre es así, sobre todo en ciudades o sitios donde se adolece de las denominadas subas y bajas de tensión en la red eléctrica. De no prever ello con instalaciones adicionales de equipos estabilizadores de tensión, la vida útil de los leds no solo baja considerablemente, sino que puede malograrse abruptamente sin posibilidad de recupero de la instalación o luminarias en particular.



Tipos de drivers para fuentes led

Fuente: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/1/19/Drivers_led.jpg/746px-Drivers_led.jpg?20230702120146

3.1.1.3. Temperatura de color e I.R.C.

Estas dos cualidades las hemos desarrollado en el módulo 2. Solo reforzar el concepto de que hoy es importante tener en cuenta los sistemas de selección con respecto a las prestaciones de los chips led. En ello la clasificación por rangos de pasos de la elipse de Mc Adam con agrupación por binning, nos aseguran un producto de calidad en relación a estos dos puntos.

3.1.1.4. Deslumbramiento

El Índice de deslumbramiento UGR (Unified Glare Rating), es un valor que expresa el deslumbramiento al que puede ser sometido al ojo humano y provocado por una fuente de luz. La C.I.E (Comisión Internacional de la Iluminación), estableció una tabulación con el propósito de unificar los diferentes métodos de evaluación del deslumbramiento que existían en las diferentes regiones. Define en una escala de 10 a 30. Donde el deslumbramiento puede ser nulo cuando su valor equivale a 10 y proporcionalmente mayor cuando este aumenta. De hecho, todo lo que se encuentre por encima de este valor comienza a generar incomodidad.

Criterio de deslumbramiento	
- 10	Imperceptible
13	Apenas perceptible
16	Perceptible (adecuado para la tarea precisa con los ojos)
19	Apenas aceptable (adecuado para tareas visuales promedio)
22	Inaceptable (adecuado para tareas visuales moderadas)
25	Apenas incómodo (adecuado para tareas visuales simples)
28 +	Incómodo

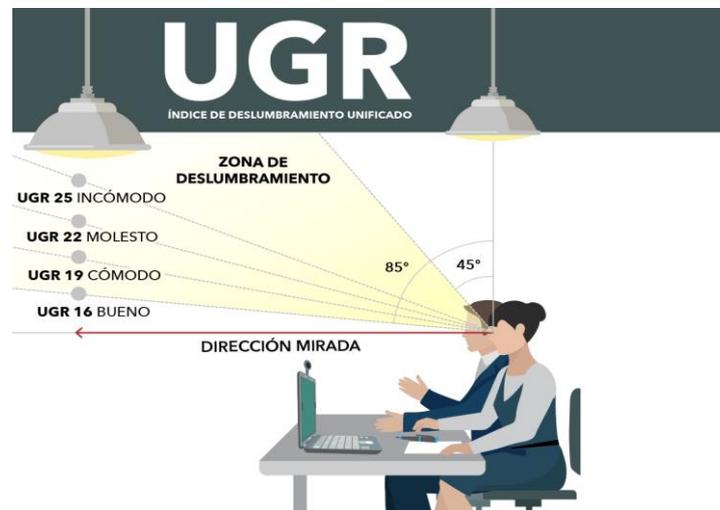
Tabla Índices de deslumbramiento UGR

Fuente: <https://iluminet.com/newpress/wp-content/uploads/2018/11/ugr-01-250x300.jpg>

Los efectos que originan el ser de tipo perturbador, el cual cuantificable, mientras que el molesto, suele ser más subjetivo impide la visión de los objetos. encuentran:

- Las características de las luminarias.
- El nivel de reflexión de espacio (piso, paredes, techo,
- La incorrecta ubicación de las luminarias al no considerar su altura y su posición respecto al observador. Cuanto más lejos se encuentre la fuente de la línea de visión, será menor el deslumbramiento.
- Un contraste excesivo entre la luminancia de la fuente de luz y la de sus alrededores dentro del espacio.

Cabe señalar que el valor UGR no es realmente una propiedad de las luminarias, aunque en ocasiones se puede encontrar la referencia UGR en las hojas de datos de algunos fabricantes que someten a sus productos a los estudios donde se corrobora esta propiedad de la luminaria



deslumbramiento pueden es fácilmente deslumbramiento y no necesariamente Entre sus causas se técnicas y constructivas ciertos materiales del etc.).

Definición de la zona de deslumbramiento según como se ubica la luminaria en relación a una tarea visual determinada.

Fuente: <https://www.barcelonaed.com/blog/wp-content/uploads/2019/01/Captura-de-pantalla-2019-01-14-a-las-12.54.28-1.png>

Respecto a la característica antideslumbrante en la tecnología led, se obtiene en varios casos anexando a los chips led las denominadas lentes u ópticas concentradoras o dispersoras de la luz. Estos accesorios ya pueden venir integrados a los chips desde su proceso de producción; en otros casos las luminarias resuelven en su diseño las características de antideslumbramiento.

En el siguiente video veremos algo más respecto a esto. Video1 <https://youtu.be/ldM9hMbWVW0>

Algunos tipos de lentes ópticas para fuentes led

Fuente: <https://img.interempresas.net/fotos/1765934.jpeg>

3.1.1.5. Índice de Protección.

Existen diversos tipos de luminarias destinadas a diversos usos. El diseño de una iluminación conlleva entre otras cosas el considerar las condiciones desfavorables a las que pueda estar expuesta la instalación de luminarias. Desde su cualidad de hermeticidad para evitar el ingreso de materiales sólidos como el polvo o cualidad de estanqueidad para evitar ingreso de líquidos que la dañen, y hasta su resistencia ante altas vibraciones o golpes. En este caso también la Comisión Internacional de la Iluminación (CIE), fue la encargada de establecer la norma internacional IEC 60529, en la que se hace referencia al grado de protección IP. Es una forma de clasificar la resistencia de una luminaria ante la condición de instalaciones adversas que puedan generarle algún daño. Se puede saber hasta dónde se puede someter a ciertas condiciones un sistema lumínico sin afectarlo o representar un riesgo de seguridad.

El índice de Protección (IP) es el que clasifica el valor de protección asignado. Esta valoración es reconocida en casi todos los países.



Se interpreta de la siguiente manera: se colocan primeramente las siglas IP, seguidas de dos dígitos, el primero menciona la resistencia ante sólidos y va de una escala del 0 al 6 y el segundo expresa la resistencia ante la entrada de líquidos y va del 0 al 8 y En ambos casos, el número más alto expresa una mayor protección.

IP- [] []

International Protection

Símbolo 1: Nivel de protección contra el ingreso de objetos sólidos.
 Símbolo 2: Nivel de protección contra el ingreso de agua.



1ª Cifra	Protección de impurezas	2ª Cifra	Protección del agua
0	Sin protección	0	Sin protección
1	Protección contra la penetración de elementos de >50 mm. de diámetro.	1	Protección contra el goteo vertical del agua.
2	Protección contra la penetración de elementos de >12,5 mm. de diámetro.	2	Protección contra el goteo inclinado del agua, máximo 15°.
3	Protección contra la penetración de elementos de >2,5 mm. de diámetro.	3	Protección contra el agua proyectada de cualquier dirección, agua rociada, máximo 60°.
4	Protección contra la penetración de elementos de >1 mm. de diámetro.	4	Protección contra salpicaduras de agua en cualquier dirección.
5	La penetración de polvo no se impide por completo pero la cantidad que logra penetrar permite el correcto funcionamiento.	5	Protección contra chorros de agua.
6	Estando al polvo	6	Protección contra fuertes chorros de agua.
		7	Protección contra la inmersión eventual.
		8	Protección contra la inmersión prolongada.

Valores de IP Índice de Protección de las luminarias

Fuente: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/8/87/Indice_de_proteccion.png/800px-Indice_de_proteccion.png?20230702000046

3.1.1.7. Factor de Mantenimiento.

El factor de mantenimiento define la cantidad de flujo luminoso emitido por una luminaria o sistema de iluminación desde su instalación inicial y manteniendo las mismas condiciones de funcionamiento a través de un periodo de tiempo. Este valor se considera al diseñar y calcular un proyecto lumínico. Depende básicamente de su mantenimiento programado según el tiempo que esta luminaria este funcionando, dentro de que espacio y en qué condiciones. Este factor es muy importante y quizás el menos considerado. Hoy con lo estimado en rendimiento y duración de una fuente led, paralelamente el mantenerlas en optimo estado pareciera no se considera en la mayoría de las instalaciones lumínicas de ciertos espacios públicos y urbanos de ciertas ciudades. Una instalación de iluminación debe prever un factor de mantenimiento, el cual tendrá en cuenta la disminución del flujo luminoso de dicha instalación. El plan de mantenimiento indica la periodicidad de la limpieza de las luminarias, del local, y su reemplazo o recambio de lámparas. Por lo tanto, el valor de mantenimiento de la iluminancia optima necesaria depende de las luminarias, lámparas y de las condiciones del local.

Para los cálculos de iluminación una de las variables que se considera es el factor de mantenimiento donde su valor no puede ser más alto que 1,0. Normalmente se toma un valor promedio de 0,8 para iluminación interior con buen nivel de mantenimiento y de 0,6 para iluminación interior con nivel medio de mantenimiento y también para zonas exteriores. Cuanto más alto el valor, menor es el mantenimiento necesario. Por ejemplo y solo a modo referencial al aplicar un factor de mantenimiento de 0,8, significa que la instalación de iluminación debe ser un 25 por ciento más grande para que el flujo luminoso necesario de las luminarias quede garantizado dentro de un período determinado. Para las instalaciones industriales se deben tener en cuenta otros criterios específicos debido a las exigencias y condiciones de funcionamiento que puedan afectar las luminarias.

CARACTERISTICAS DE LA LUMINARIA	POLUCION DEL AMBIENTE	COEFICIENTE DE MANTENIMIENTO
Cerrada	Reducida	90%
	Moderada	80%
	Importante	70%
Abierta	Reducida	80%
	Moderada	70%
	Importante	60%

Factor de mantenimiento según el tipo y ubicación de la luminaria interior

Fuente: <https://www.artelum.com.ar/img/datosutiles-tabla1.jpg>

CARACTERISTICAS DE LA LUMINARIA	POLUCION DE LA ATMOSFERA	COEFICIENTE DE MANTENIMIENTO
Hermética	Reducida	80%
	Moderada	70%
	Importante	60%
No hermética	Reducida	70%
	Moderada	60%
	Importante	50%

Factor de mantenimiento según el tipo y ubicación de la luminaria exterior

Fuente: <https://www.artelum.com.ar/img/datosutiles-tabla2.jpg>