

FISICA DE LA LUZ

La luz es una forma de radiación electromagnética, llamada «energía radiante», capaz de excitar la retina del ojo humano y producir, en consecuencia, una sensación visual.

El concepto de luz tiene absoluta relación con quien la percibe y que es a través de ella que el hombre se conecta visualmente con el mundo que lo rodea.

La energía radiante fluye en forma de ondas en cualquier medio con una dirección determinada (propagación rectilínea) y sólo es perceptible cuando interactúa con la materia, que permite su absorción o su reflejo.

Hay entonces un cuerpo emisor de la energía radiante y otro que la recibe. Esta interacción o transferencia de energía de un cuerpo a otro se denomina «radiación».

Físicamente, se puede interpretar la luz de dos maneras, asociadas entre sí:

- como una onda electromagnética
- como un corpúsculo o partícula

Características de la luz

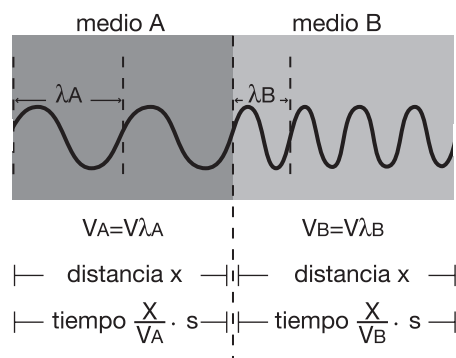
–Amplitud (altura de la onda).

–Longitud de onda (comportamiento espacial): λ [nm].

–Velocidad: c [km/seg] es la distancia que recorre la onda en 1 segundo.

–Frecuencia (comportamiento temporal): ν [hz], definida por el número de ondas que pasan en un segundo por un punto fijo. Tiene relación con la longitud de onda, ya que depende de su tamaño. Se estima en la longitud de onda multiplicada por 10^{14} ciclos por segundo.

La luz se transmite en el vacío a la velocidad que denominamos «velocidad de la luz» (299.792,458 km/seg, según la teoría de la relatividad de Einstein), comprendiendo diferentes longitudes de onda y frecuencias. Cuando cambia de medio (aire, agua, vidrio, etc.) se modifican su velocidad y su longitud de onda, pero su frecuencia permanece constante.



Espectro electromagnético y espectro visible

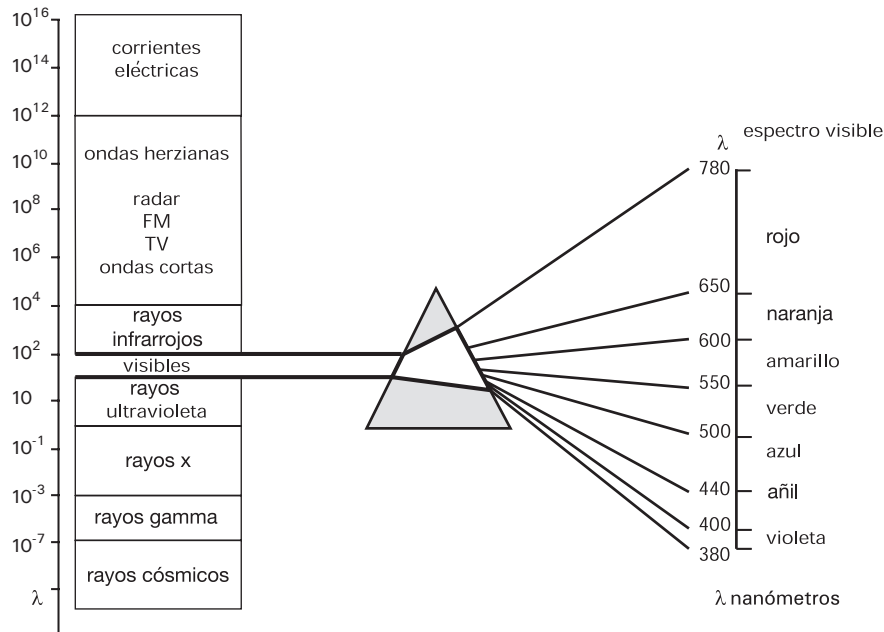
Se denomina «espectro electromagnético» al ordenamiento de la energía radiante según la longitud de onda o la frecuencia. Se extiende desde longitudes de onda de 10^{-16} hasta 105 metros.

En el extremo de las frecuencias más altas (onda corta) de mayor energía están los rayos cósmicos (emitidos durante reacciones nucleares).

En el otro polo se encuentran las ondas largas, utilizadas para comunicaciones de radio, que van de unos milímetros a kilómetros de longitud de onda.

Entre estos extremos están los rayos X, los ultravioletas (UV), los visibles y los infrarrojos (IR). Los últimos tres son las regiones de mayor importancia en el campo de la iluminación.

Para medir el espectro visible, la unidad de medida más usada es el nanómetro (nm), que equivale a 10^{-9} metros.



En el espectro de ondas electromagnéticas se puede ver la ínfima porción que corresponde al espectro visible al ojo humano. Medida en nanómetros.

El espectro visible es la porción del espectro electromagnético percibida por el ojo humano. Comprende las emisiones radiantes de longitud de onda desde los 380 nm hasta los 780 nm (puede variar según la bibliografía consultada).

La luz blanca percibida es una mezcla de todas las longitudes de onda visibles.

El espectro visible se puede descomponer en sus diferentes longitudes de onda mediante un prisma de cuarzo, que refracta selectivamente las distintas longitudes de onda.

El ojo humano discrimina entre las distintas longitudes y frecuencias de onda presentes en este rango por la sensación de color.

Así, los azules y violetas corresponden a longitudes de onda cortas, el rojo y el naranja a longitud de ondas largas, y en el medio encontramos el verde y el amarillo.

Una radiación luminosa monocromática correspondería, en teoría, a una sola longitud de onda, algo que empíricamente no se da. Las fuentes de luz que más se asemejan a este tipo de emisión, por cubrir una banda mínima de longitudes de onda, son el láser y la lámpara de sodio baja presión.

Los rayos UV y los IR no se detectan visualmente, pero pueden detectarse fisiológicamente. Si son lo bastante intensos, provocan una sensación de calor o una cierta coloratura sobre la piel (bronceado).

Puede considerarse que la radiación UV va desde los 350 nm hasta los 10 nm. Los IR, que incluyen la energía calorífica radiante, abarcan las longitudes de onda situadas aproximadamente entre los 750nm y 1mm.

La radiación solar que llega a la tierra cubre un espectro de ondas electromagnéticas con longitudes de onda que van desde los 290 nm (UV) a los 1700 nm.

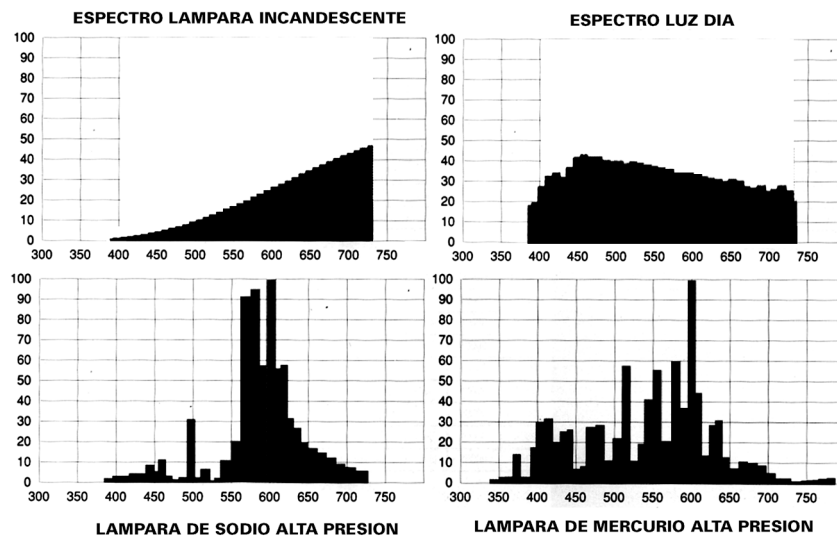
Las radiaciones electromagnéticas de menor longitud de onda son absorbidas por la capa de ozono y las de mayores son modificadas y absorbidas por el dióxido de carbono y el vapor de agua.

Cada fuente de luz tiene un modelo espectral que la representa y que grafica la cantidad porcentual de emisión lumínica que brinda para cada longitud de onda. En el eje vertical indica porcentajes de energía y en el horizontal, cada una de las longitudes de onda visibles.

Pueden diferenciarse así distintos modelos de espectros:

–Espectros continuos, como el que se obtiene al descomponer la luz solar y el de las emisiones lumínicas producidas por cuerpos sólidos (incandescencia).

–Espectros de líneas, como el que se obtiene de lámparas con emisiones lumínicas producidas a través de la descarga de gases o cuerpos gaseosos en general.



Fenómenos asociados a la propagación de la luz

En el siglo XVII, Pierre de Fermat (1607–1665) escribió que «La dirección tomada por la luz es la del trayecto que demanda menos tiempo», es decir, el más corto. De esta hipótesis se han deducido tres leyes fundamentales para el estudio del comportamiento de la luz, considerando distintas trayectorias posibles de la luz para ir de un punto a otro: por propagación directa, por reflexión y por refracción.

Una de las consecuencias de estas leyes es el principio de reciprocidad de los caminos ópticos, que permitió diseñar dispositivos ópticos para concentrar la luz de una fuente.

De este principio se predice que la velocidad de la luz en un medio más denso debe ser menor que en el menos denso.

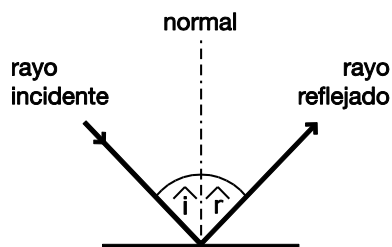
Cuando un haz de luz atraviesa un medio material, se redirecciona de acuerdo a las características particulares del medio; en la mayoría de los casos, diversificándose en haces secundarios y en otras emisiones energéticas, tales como el calor.

Las operaciones más comunes son las de reflexión, refracción, dispersión, absorción, difusión, polarización, difracción e interferencia.

Reflexión y reflexión especular

La reflexión de la luz ocurre cuando las ondas electromagnéticas se topan con una superficie que no absorbe la energía radiante. La onda, llamada «rayo incidente» se refleja produciendo un haz de luz, denominado «rayo reflejado».

Si una superficie límite es lisa y totalmente no absorbente, se dice que ocurre una «reflexión especular».



Leyes fundamentales de la reflexión

$$\hat{i} = \hat{r}$$

\hat{i} = ángulo de incidencia

\hat{r} = ángulo de reflexión

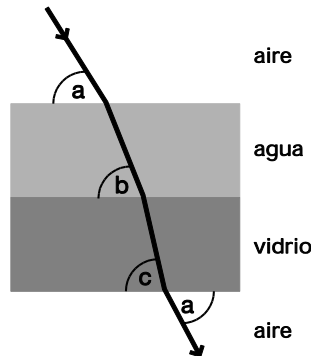
En la reflexión especular un solo rayo incidente produce un único rayo reflejado.

En el punto de incidencia el rayo incidente, el rayo reflejado y la perpendicular a la superficie límite se encuentran en el mismo plano.

El rayo incidente y el rayo reflejado, además, poseen iguales ángulos en relación con la perpendicular y se encuentran sobre sus lados opuestos.

Refracción

Cuando la luz pasa de un medio transparente a otro de diferente densidad, se produce un cambio en su dirección debido a la distinta velocidad de propagación que tiene la luz en los diferentes medios materiales. A este fenómeno se le llama «refracción».



Rayo refractado que atraviesa tres medios diferentes

La relación entre la velocidad de la luz en el vacío y la velocidad de propagación de una longitud de onda determinada en una sustancia se conoce como «índice de refracción» de la sustancia para dicha longitud de onda.

El índice de refracción del aire es 1,00029 y apenas varía con la longitud de onda.

Por eso, a la velocidad de la luz en el aire se la considera directamente igual al vacío (valor = 1).

En caso de que la luz pase de aire (medio 1) hacia agua (medio 2), el índice de refracción relativo es 1,33.

Esto quiere decir que la luz es 1,33 veces más rápida en el aire que en el agua.

Si pasa del aire al cuarzo, el índice es 1,47; del aire al vidrio común, 1,53.

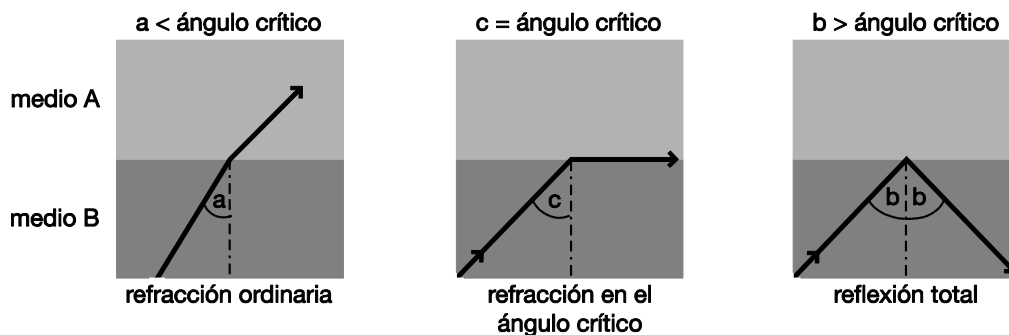
Inversamente, para el caso en que la luz pase del agua (medio 1) hacia el aire (medio 2), el índice de refracción relativo es 0,752, del cuarzo hacia el aire 0,68 y del vidrio hacia el aire 0,654.

Por lo general, cuando la luz llega a la superficie de separación entre los dos medios se producen simultáneamente la reflexión y la refracción.

–Si la luz pasa de un medio más rápido a otro más lento (por ejemplo, del aire al vidrio), el ángulo de refracción es menor que el de incidencia.

–Si pasa de un medio de mayor índice de refracción a otro con menor índice de refracción (por ejemplo, del vidrio al aire), el ángulo de refracción es mayor que el de incidencia.

–Si pasa de un medio de mayor índice de refracción a otro con menor índice de refracción y el ángulo de incidencia es mayor que el ángulo límite, no se produce refracción sino lo que se denomina «reflexión total».



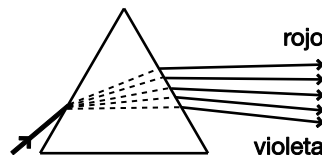
El fenómeno de la reflexión total permite que podamos canalizar la luz a través de pequeños tubos de diferentes sustancias, llamados «fibra óptica», donde esta es conducida a través de barras transparentes o fibras que pueden curvarse. Las fibras ópticas, además de tener una aplicación lumínica específica, se utilizan en muchos campos de la ciencia y la tecnología. Por ejemplo, permiten ver los órganos del cuerpo sin intervenciones quirúrgicas complejas y, sobre todo, han provocado una auténtica revolución en el mundo de las telecomunicaciones, desplazando a los cables de cobre para la transmisión de grandes cantidades de información, sea en forma de canales telefónicos, de televisión o de datos de informática.

Dispersión

La velocidad de una onda electromagnética es el producto de su frecuencia y su longitud de onda. En el vacío, la velocidad es la misma para todas las longitudes de onda del espectro visible. Pero, cuando atraviesa sustancias materiales, se reduce y varía para cada una de las distintas longitudes de onda del espectro. Este efecto se denomina «dispersión».

La causa de la dispersión es que el índice de refracción de una sustancia varía según la longitud de onda: disminuye en las longitudes de onda más largas (rojo), que se desvían menos que las cortas (azulvioleta). Cuando la luz atraviesa un prisma, el rayo de salida ya no es paralelo al rayo incidente y, gracias a la dispersión, puede separar las diferentes longitudes de onda contenidas en un haz incidente y formar un espectro.

Los efectos de dispersión se aplican en instrumentos ópticos, como el espectrómetro, que es utilizado para estudiar el espectro de las lámparas.



Refracción de la luz en un prisma.

Absorción

Llamamos «absorción» a la conversión de luz en otra forma de energía, generalmente en energía calórica, en energía eléctrica (como en las células fotoeléctricas) o en energía química (como la fotosíntesis realizada por las plantas).

También puede ocurrir que cambie a una radiación de diferente longitud de onda (fluorescencia).

Un rayo de luz que atraviesa el vacío no sufre pérdida de energía, aun cuando se disperse.

Sin embargo, en su pasaje por medios materiales tiene comúnmente pérdida de energía debido a efectos de absorción y difusión.

La pérdida de energía está directamente relacionada con el tipo de material y con su transparencia u opacidad: cada material tiene un coeficiente de absorción, que varía para cada longitud de onda.

Este coeficiente es muy bajo para materiales de alta transparencia, mientras que en los de gran opacidad es tan grande que la intensidad final, medida en distancias muy cortas, es prácticamente cero.

En algunos materiales el coeficiente de absorción es considerablemente diferente para las distintas longitudes de onda del espectro visible.

Estos cambian la distribución espectral de la luz que los atraviesa y son la base utilizada para los filtros de colores. Las superficies coloreadas funcionan como películas de absorción selectiva de determinadas longitudes de onda del espectro visible y reflejan otras.

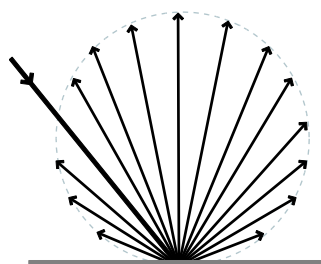
El color negro, por ejemplo, absorbe todas las longitudes de onda visibles.

Este proceso de absorción trae aparejado un calentamiento de la superficie por su transformación en energía calórica. Los filtros de color y los difusores se ven también sometidos a este proceso de calentamiento, que resulta más alto cuanto mayor es su absorción.

Difusión

Cuando un rayo luminoso incide sobre una superficie que posee obstáculos materiales o irregularidades cuyo tamaño es mayor a la longitud de onda que lo atraviesa, ya no existe un solo rayo reflejado o refractado, sino que la energía luminosa se distribuye en todas las direcciones desde el punto de incidencia.

Este efecto, denominado «difusión», se produce por múltiples reflexiones y refracciones de la luz en numerosas superficies, orientadas aleatoriamente, cuando la luz atraviesa medios no homogéneos.



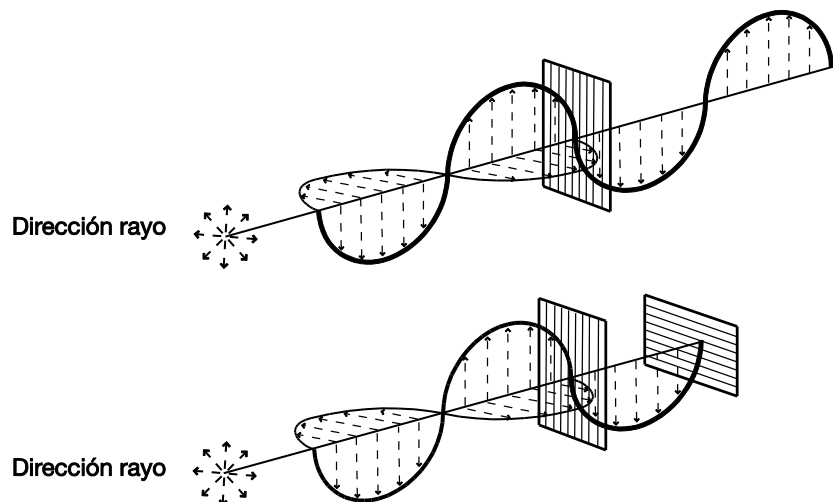
La niebla y las nubes son ejemplos de este fenómeno en el aire, debido a la presencia de pequeñas gotas de agua suspendidas. La mayor parte de la luz que entra en un medio difusor puede ser dispersada por absorción hacia afuera de este sin gran pérdida. Así, los rayos solares atraviesan las nubes y reparten su intensidad en una luz general más plana.

Además, la difusión debida a partículas tan pequeñas como las moléculas es mayor para las longitudes de onda corta de luz; por eso el cielo se percibe dentro de las tonalidades del azul.

La luz que retorna al medio del cual emergió el rayo incidente se dice que está «reflejada difusamente» y aquella que atraviesa un segundo medio se dice que está «transmitida difusamente».

Polarización

Las ondas electromagnéticas que forman el haz luminoso poseen campos eléctricos (E) y magnéticos (H) perpendiculares a la dirección de propagación. Para cada onda existe un plano que contiene la dirección del campo y la de propagación, al que se conoce como «plano de polarización de la onda».



La mayoría de las fuentes luminosas emiten ondas que poseen planos de polarización orientados aleatoriamente.

Ciertos cristales transparentes poseen el efecto de transmitir sólo aquellas ondas cuyos planos de polarización estén orientados en una dirección particular. Se dice entonces que la luz resultante está «polarizada en un plano».

La polarización se puede usar para reducir el deslumbramiento causado por la luz reflejada en superficies brillantes. Los filtros polarizadores se usan habitualmente en anteojos para sol.

Si cruzamos dos cristales de igual polarización transversalmente, logramos impedir por completo el paso de la luz.

Difracción e interferencia

La interferencia surge cuando una pantalla es iluminada por dos fuentes luminosas separadas que irradian luz en la misma longitud de onda y poseen una relación constante de fases.

El resultado de combinar ambas fuentes es que en algunos lugares las ondas están en fase y se suman todas, mientras que en otros están fuera de fase y se anulan entre sí.

La interferencia se ve como un patrón de bandas luminosas y oscuras sobre la pantalla.

Uno de los mejores ejemplos de interferencia es la luz reflejada en aceite flotando sobre agua o en la superficie de una burbuja de jabón, que refleja un espectro de colores cuando se la ilumina con luz blanca.

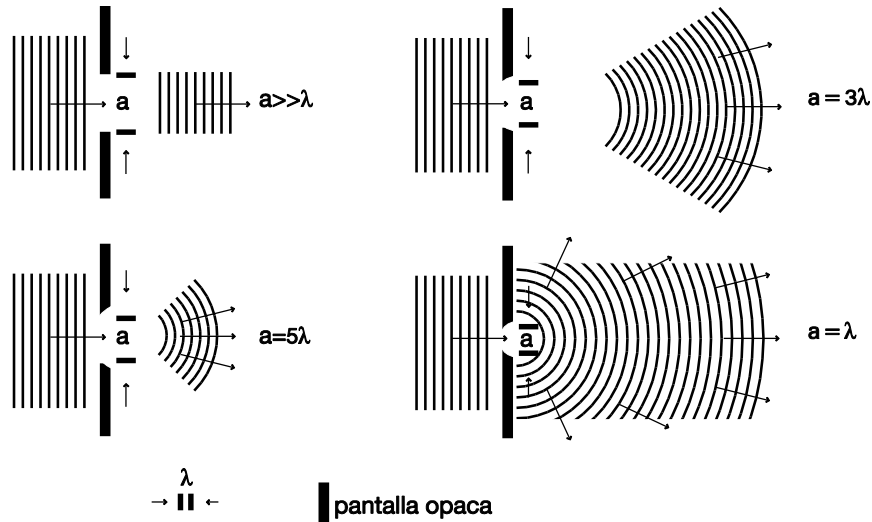
Una aplicación práctica de la interferencia en la iluminación se ve en los filtros dicróicos, utilizados para reflejar o transmitir ciertas partes elegidas del espectro lumínico.

La difracción, por su parte, es producto de una interferencia ocasionada por las ondas secundarias producidas cuando un haz de luz pasa por un hueco de dimensiones similares a las longitudes de onda.

En el contacto de la onda luminosa con el borde del hueco se produce el «curvado» de rayos luminosos, y se proyectan circunferencias concéntricas y alternadas de luz y sombra.

Los efectos de difracción suelen ser muy pequeños para detectarlos con el ojo, pero son de considerable importancia en instrumentos ópticos, tales como los microscopios y los telescopios con altos aumentos.

Dependiendo de las circunstancias que dan lugar al fenómeno, la difracción puede ser percibida de varios modos. Los científicos han usado la de los neutrones y los rayos X para estudiar el ordenamiento de los átomos en cristales, moléculas y proteínas, ya que ninguna lente puede enfocar rayos X y neutrones en una imagen, pero sí se puede reconstruir a través de modelos de difracción recurriendo a las matemáticas. La difracción de electrones es a menudo empleada por los científicos para examinar, por ejemplo, sistemas subcelulares y virus, y es la base del funcionamiento del microscopio electrónico.



Conceptos básicos de óptica

Una lente es un dispositivo que aprovecha los fenómenos de la refracción (propiedad de los cuerpos de desviar la trayectoria de la luz) para concentrar o dispersar los rayos luminosos. El modelo clásico de lente está compuesto por dos superficies capaces de refractar la luz (refringentes) que reciben el nombre de «dioptrías».

Al menos una de las superficies debe ser esférica, ya sea cóncava o convexa. Una lente cóncava es más delgada en el centro que en los bordes y es divergente, mientras que la convexa es más ancha en el centro que en los bordes y es convergente.

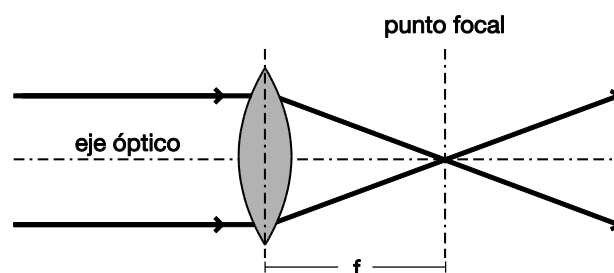
El eje óptico es una línea de referencia que constituye un eje de simetría y pasa por los centros de curvatura de todas las superficies reflectantes (espejos esféricos) o refringentes (lentes) de un sistema centrado.

El punto focal es aquel donde convergen los haces reflejados o refractados.

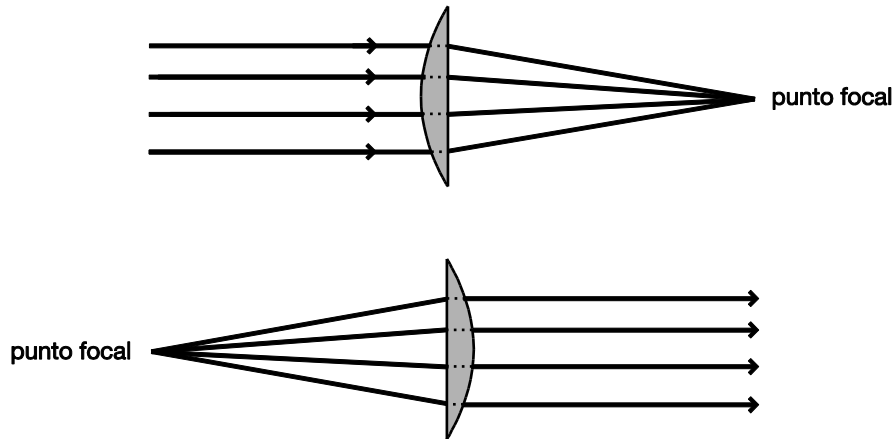
Si un haz de rayos estrechos que se propaga en la dirección del eje óptico incide sobre la superficie esférica de un espejo o de una lente delgada,

los rayos se reflejan o refractan de forma que se cortan, o parecen cortarse, en un punto situado sobre el eje óptico. La distancia entre ese punto (foco) y el espejo o lente se denomina «distancia focal» (f).

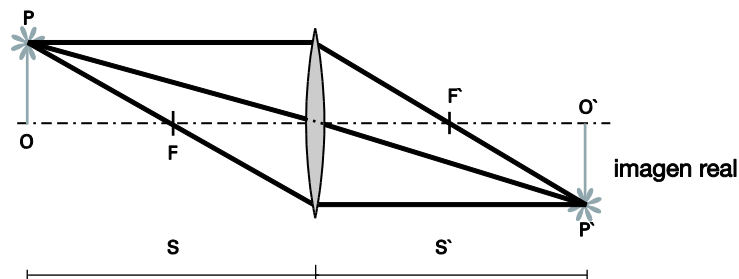
Si las dos superficies de una lente no son iguales, es decir tienen dos radios de curvaturas diferentes, puede haber dos distancias focales, según la superficie sobre la que incida la luz.



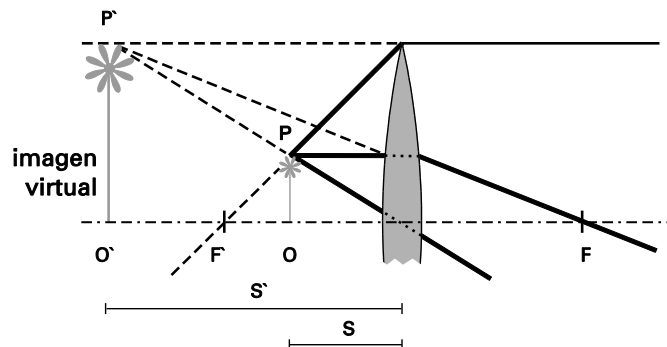
Es importante aclarar que el camino óptico es reversible. Es decir, podemos tomar la explicación inversa del punto focal (la convergencia de los haces paralelos en un punto al atravesar o reflejarse en una superficie esférica) y expresar que cuando un objeto emisor de rayos lumínicos está situado en el punto focal de una superficie esférica, los rayos que salen de él serán paralelos al eje óptico después de ser reflejados o refractados. Este es el principio de funcionamiento de la distribución lumínica producida por las luminarias.



Si una lente o espejo hace converger los rayos de forma que se corten delante de dicha lente o espejo, la imagen que se obtiene es invertida y se denomina «imagen real».



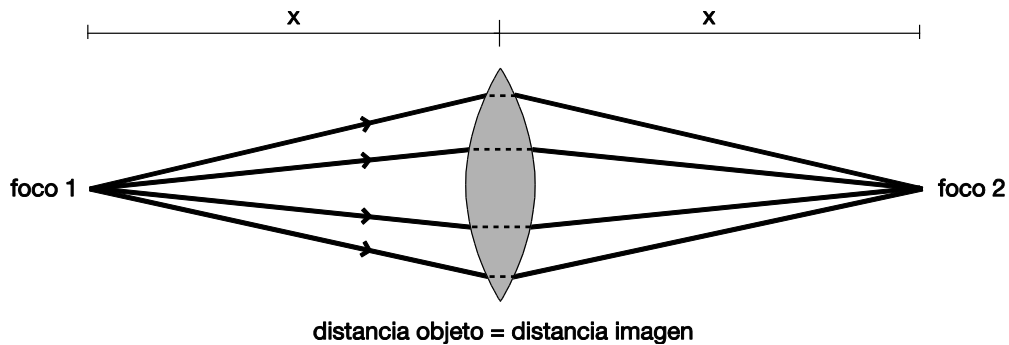
Si los rayos divergen después de la reflexión o refracción de modo que parecen venir de un punto por el que en realidad no han pasado, la imagen no está invertida y se denomina «imagen virtual».



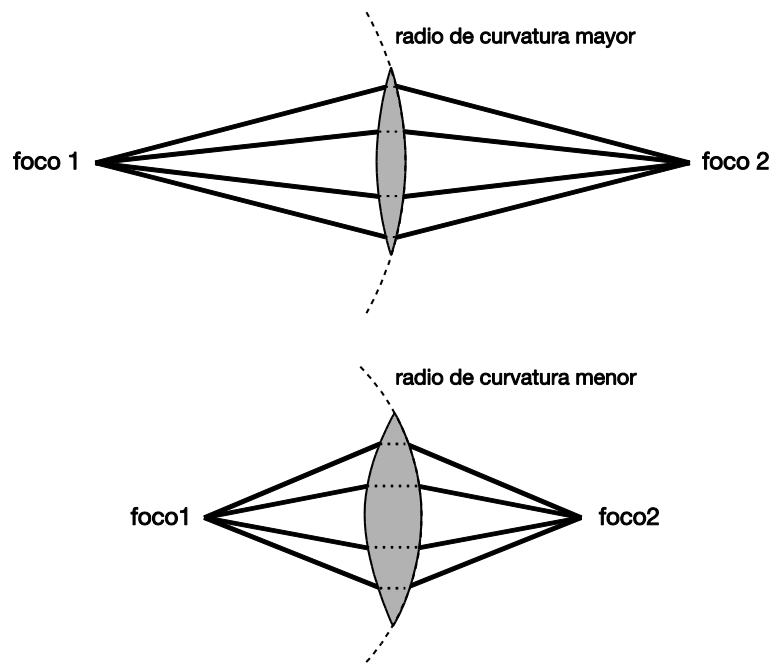
La relación entre la altura de la imagen y la altura del objeto se denomina «aumento lateral».

Consideraciones sobre las imágenes y su tamaño

Una lente con dos superficies convexas siempre refractará los rayos paralelos al eje óptico de forma que converjan en un foco situado en el lado de la lente que está opuesto al objeto.



Las lentes con superficies de radios de curvatura pequeños tienen distancias focales cortas.



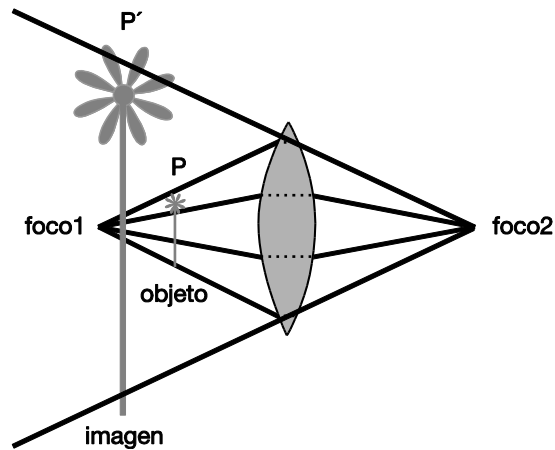
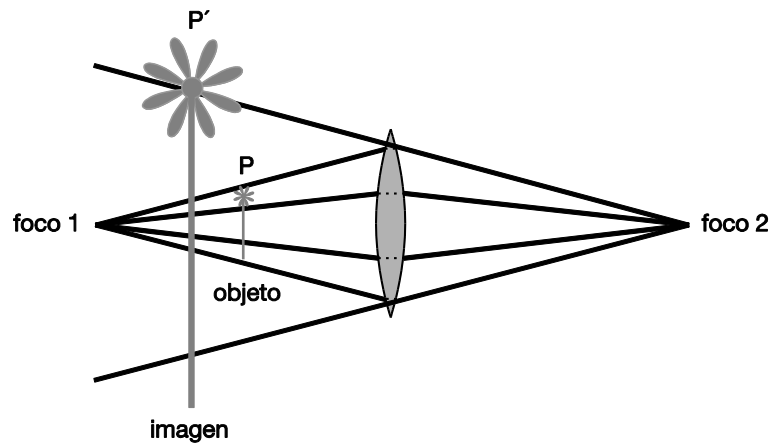
Una lente con una distancia focal más corta (de más espesor en su centro) crea una imagen virtual de mayor tamaño, por lo que su potencia de aumento es mayor.

La potencia de aumento de un sistema óptico indica cuánto parece acercarse el objeto al ojo.

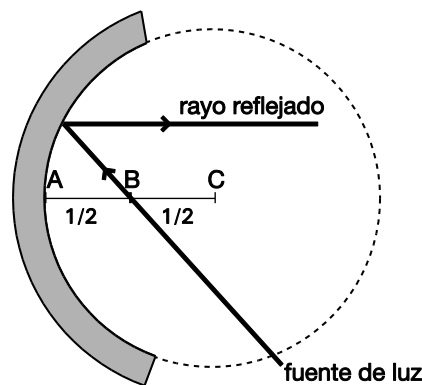
La cantidad de luz que puede admitir una lente aumenta con su diámetro. Como la superficie que ocupa una imagen es proporcional al cuadrado de la distancia focal de la lente, la intensidad luminosa de la superficie de la imagen es directamente proporcional al diámetro de la lente e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia focal.

La relación entre la distancia focal y el diámetro efectivo de una lente es su relación focal, llamada también «número f».

Su inversa se conoce como «apertura relativa». Dos lentes con la misma apertura relativa tienen la misma luminosidad, al margen de sus diámetros y de sus distancias focales.



En un espejo cóncavo de tipo esférico la distancia focal es igual a la mitad de su radio de curvatura.



B foco principal
C centro de curvatura del espejo

Reflexión en un espejo cóncavo

Como se ve en la figura, los rayos que se desplazan en un haz estrecho en la dirección del eje óptico e inciden sobre un espejo cóncavo cuyo centro de curvatura está situado en C se reflejan de modo que se cortan en B, a media distancia entre A y C.

Si la distancia del objeto es mayor que la distancia AC, la imagen es real, reducida e invertida.

Si el objeto se encuentra entre el centro de curvatura y el foco, la imagen es real, aumentada e invertida.

Si el objeto está situado entre la superficie del espejo y su foco, la imagen es virtual, aumentada y no invertida.

MAGNITUDES DE LA LUZ

En lo que sigue, enumeraremos y definiremos de manera sintética las magnitudes y unidades de medida fundamentales empleadas para valorar y comparar las cualidades y los efectos de las fuentes de luz.

Flujo luminoso

Es la cantidad de luz emitida por una fuente en todas las direcciones.

También podemos decir que es la energía radiante de una fuente de luz que produce una sensación luminosa.

Símbolo: F o Φ (Phi)

Unidad de medida: Lumen (Lm)

Rendimiento o eficacia luminosa

Es la relación existente entre el flujo luminoso y la potencia absorbida. Símbolo: η (eta)

Unidad de medida: Lm/W

La fórmula que lo expresa es: $\eta = \frac{\Phi \text{ (Lm)}}{W \text{ (W)}}$

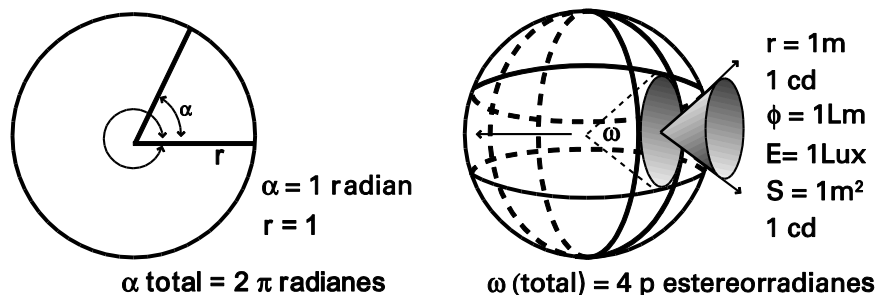
Intensidad luminosa

Es la intensidad del flujo luminoso proyectado en una dirección determinada y contenida en un ángulo sólido de 1 estereorradián (ω).

La candela se define como la intensidad luminosa de una fuente puntual que emite un flujo luminoso de un lumen en un ángulo sólido de un estereorradián. Símbolo: I

Unidad de medida: candela (cd)

La fórmula que lo expresa es: $I \text{ (cd)} = \frac{\Phi \text{ (Lm)}}{\omega \text{ (sr)}}$



Iluminancia

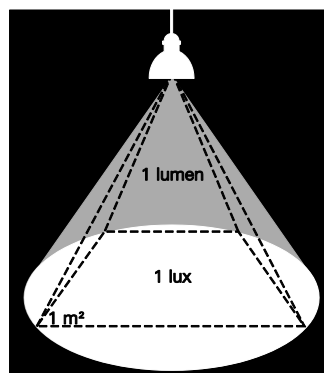
Es el flujo luminoso que recibe una superficie determinada que relaciona ese flujo luminoso con su extensión.

Símbolo: E

Unidad de medida: lux

Un lux es la iluminación de una superficie de 1 m² que recibe un flujo luminoso de un lumen distribuido de manera uniforme.

La fórmula que lo expresa es: $E \text{ (lux)} = \frac{\Phi \text{ (Lm)}}{S \text{ (m}^2\text{)}}$



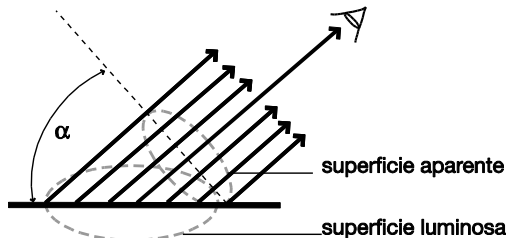
Luminancia

Es la intensidad luminosa emitida en una dirección dada por una superficie luminosa (directa) o iluminada (indirecta). Se relaciona con el efecto de brillo que una superficie produce en el ojo.

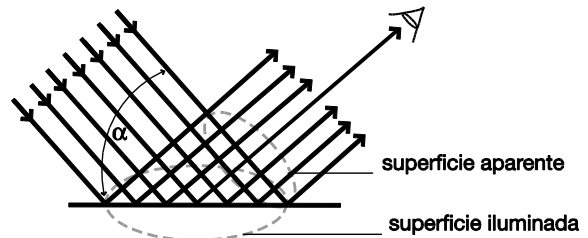
Símbolo: L

Unidad de medida: cd/m²

La fórmula que la expresa es: $L \text{ (cd/m}^2\text{)} = \frac{I \text{ (cd)}}{S \times \cos \alpha \text{ (m}^2\text{)}}$



Luminancia directa de una superficie luminosa



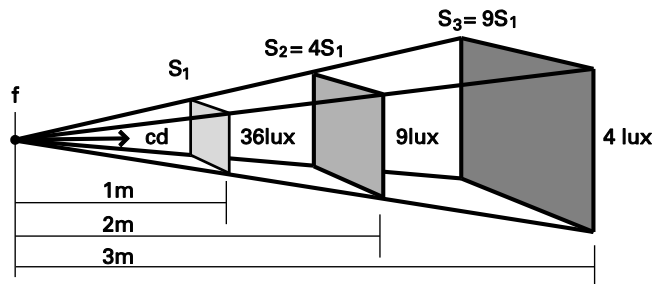
Luminancia indirecta de una superficie iluminada

Leyes fundamentales de la luminotecnia

Ley de la inversa del cuadrado de la distancia

Para una misma fuente luminosa, las iluminancias en diferentes superficies situadas perpendicularmente a la dirección de la radiación son directamente proporcionales a la intensidad luminosa del foco e inversamente proporcionales al cuadrado de la distancia.

Esta ley se expresa con la fórmula: $E \text{ (lux)} = \frac{I \text{ (cd)}}{d^2 \text{ (m}^2\text{)}}$



Aplicación de la ley de la inversa del cuadrado de la distancia.

Ley del coseno

Cuando la fuente luminosa y el plano iluminado no son perpendiculares, la fórmula de la inversa del cuadrado se multiplica por el coseno del ángulo correspondiente.

Esta ley se expresa con la fórmula: $E \text{ (lux)} = \frac{I \cdot \cos \alpha \text{ (cd)}}{d^2 \text{ (m}^2\text{)}}$

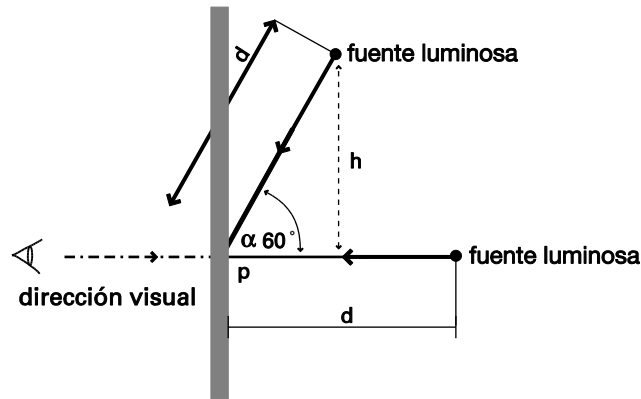
Si desconocemos el valor d:

(Para superficies horizontales)

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

(Para superficies verticales)

$$E \text{ (lux)} = \frac{I \text{ (cd)}}{h^2 \cdot \cos^2 \alpha \cdot \sin \alpha \text{ (m}^2\text{)}}$$



Iluminancia en un punto desde dos fuentes luminosas con diferente ángulo de incidencia.

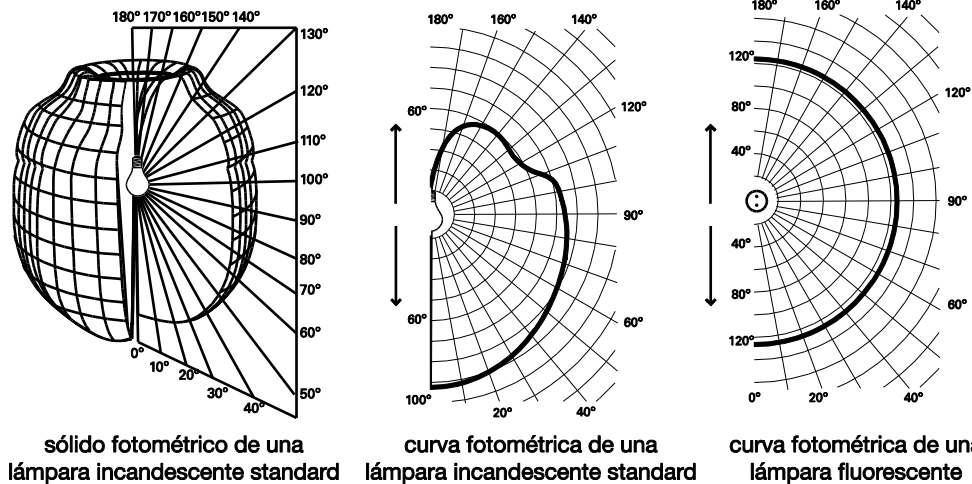
Distribución luminosa - curva fotométrica

La curva de distribución luminosa se obtiene midiendo la intensidad luminosa en todas las direcciones del espacio alrededor de una luminaria y transcribiéndola en forma gráfica vinculando puntos de igual intensidad.

Su representación puede ser tridimensional, como es el caso del sólido fotométrico, o bidimensional, generalmente representando las coordenadas polares en dos de sus planos verticales, el transversal y el longitudinal (0o y 90o).

La distancia de cualquier punto de la curva al centro indica la intensidad luminosa de la fuente en esa dirección.

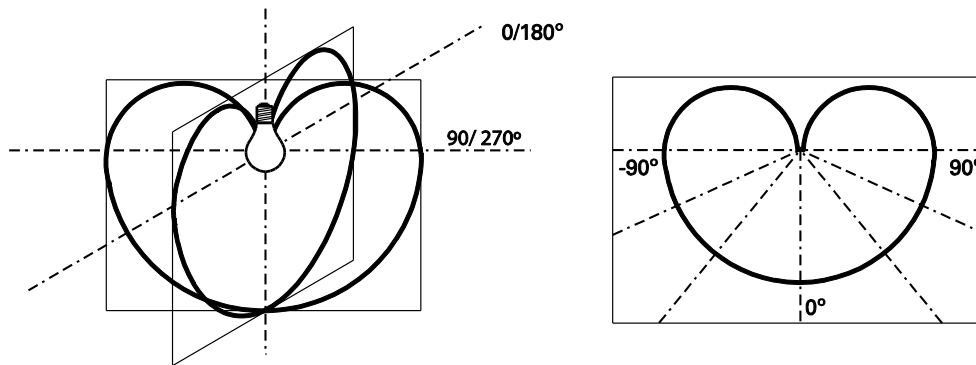
En la curva de distribución luminosa, los radios representan el ángulo y las circunferencias concéntricas el valor de la intensidad en candelas.



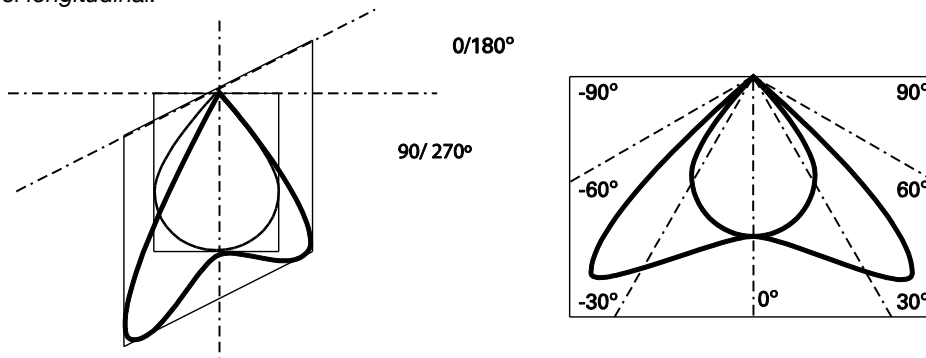
Superficie de distribución de intensidad luminosa de una fuente de luz con radiación de rotación simétrica. Un corte de distribución de intensidad luminosa por esta superficie produce una curva de distribución luminosa igual en el eje transversal y en el longitudinal.

Cuando la distribución luminosa de una luminaria es simétrica en relación a su eje vertical, la curva polar se representa mediante un solo trazo de color rojo o en negro de línea continua.

En general, o si además la curva responde a una luminaria que puede utilizarse con varias lámparas diferentes, su información fotométrica se grafica para un flujo luminoso de 1000 Lm (expresa cd/klm). Cuando la distribución luminosa de una luminaria es distinta en sentido transversal y longitudinal, se grafican ambas superpuestas.



Superficie de distribución de intensidad luminosa de una fuente de luz con radiación de rotación simétrica. Un corte de distribución de intensidad luminosa por esta superficie produce una curva de distribución luminosa igual en el eje transversal y en el longitudinal.

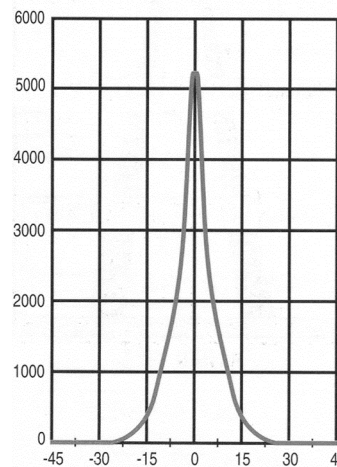
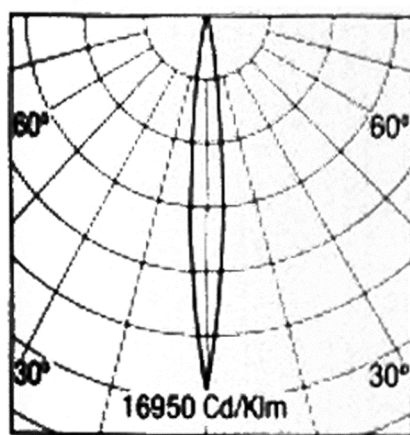


Superficie y curva de distribución de intensidad luminosa (nivel C 0/180° y C 90/270°) de una luminaria con radiación simétrica de eje. En el plano transversal y en el longitudinal encontramos curvas distintas.

Además de las curvas presentadas en coordenadas polares, otro sistema de representación de la intensidad luminosa es a través de coordenadas cartesianas. Consiste en indicar la distribución espacial de la luz en un plano cartesiano que mide variables de distancia angular e intensidad luminosa a partir de un eje central.

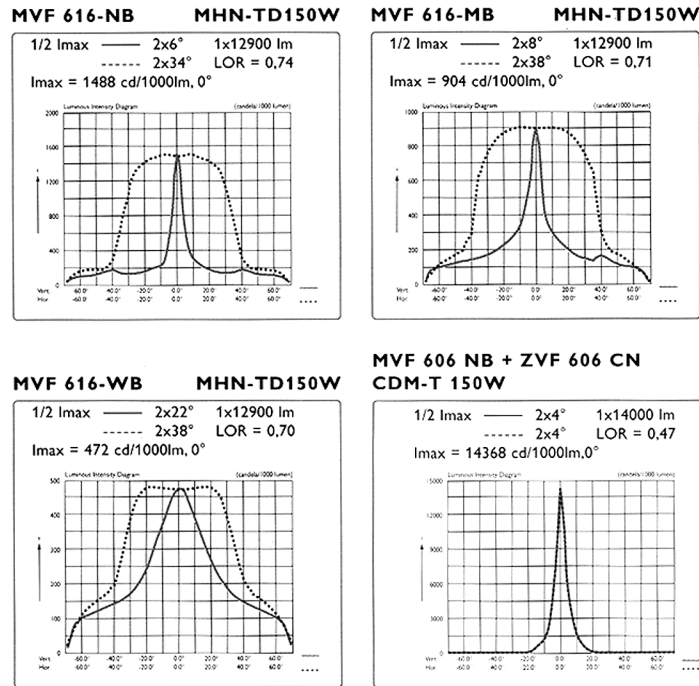
Las coordenadas cartesianas explican claramente cómo se distribuye la intensidad en una superficie reflejante y permiten ver la textura y el formato de los bordes, es decir, qué forma tienen el haz principal y el haz secundario.

Este tipo de curvas se utiliza fundamentalmente en las emisiones de luz, focalizadas o intensivas.



Curva de distribución de intensidad luminosa normalizada en 1000 lm presentada en coordenadas polares (izq.) y cartesianas (der.). El intervalo angular, donde disminuye la máxima intensidad luminosa I' en $I'/2$, caracteriza el ángulo de irradiación.

Si se trata de una emisión de luz focalizada, se podrá aplicar la ley de la inversa de los cuadrados y calcular su iluminancia a través de la fórmula, cuando su dirección y cálculo es en el eje vertical, o tomando de la curva la intensidad luminosa en el ángulo correspondiente a la dirección de enfoque aplicando la ley del coseno. Convencionalmente tanto en la graficación de curvas cartesianas como en la de curvas polares, cuando la representación es en color, el plano transversal se representa en color rojo y con línea continua y el longitudinal en azul y con trazo punteado.



Curvas de distribución luminosa en coordenadas cartesianas de equipos decoflood de Philips. Se evidencia a través de sus gráficos las luminarias de distribución simétrica y asimétrica, y sus diferentes ángulos de emisión.

Parámetros para medir la duración de una fuente de luz

–La vida individual es el tiempo transcurrido en horas hasta que una lámpara se estropea, trabajando en condiciones determinadas.

–La vida promedio es el tiempo transcurrido hasta que se produce el fallo de la mitad de las lámparas de un lote representativo de una instalación, trabajando en condiciones determinadas.

–La vida útil es el tiempo estimado en horas tras el cual es preferible sustituir un conjunto de lámparas de una instalación para con servar su flujo luminoso. Esto se hace por motivos económicos y para evitar una disminución excesiva en los niveles de iluminación en la instalación debido a la depreciación que sufre el flujo luminoso con el tiempo. Este valor sirve para establecer los períodos de reposición de las lámparas de una instalación.

–La vida media es el tiempo medio que resulta tras el análisis y ensayo de un lote de lámparas trabajando en determinadas condiciones.