

Fotometría

Mientras que la Radiometría se encarga de la medida de la luz en términos de potencia absoluta, la Fotometría es una parte de la óptica que trata de las leyes relativas a la intensidad de la luz y de los métodos para medirla en relación con la visión humana. Es decir, estudia la capacidad que tiene la radiación electromagnética de estimular el sistema visual.

Cuando hablamos de 25 W o 60 W nos referimos sólo a la potencia consumida por la bombilla de la cual solo una parte se convierte en luz visible, es el llamado flujo luminoso. El resto se pierde en radiaciones no visibles al ojo humano, como la radiación IR y la UV, y en otras formas de energía como el calor que produce la bombilla, que es más notorio en las lámparas incandescentes. Podríamos medirlo en watts (W), pero habría que establecer el porcentaje o la fracción de energía que se transforma en luz para cada bombilla.

Si bien la energía se mide en joules (J) en el Sistema Internacional y la luz es una forma de energía, el fotometría sólo interesa la cantidad de energía que sirve para iluminar un ambiente o una superficie de trabajo. La iluminación efectiva que se obtiene depende de varios factores: la cantidad de luz que emite la lámpara, el tipo de luz que emite, la forma en que se distribuye a causa del diseño de la luminaria, el tipo de material de la superficie iluminada, la cantidad de luz extra del ambiente, etc.

Todo esto se ha de evaluar de alguna manera y para ello definiremos nuevas magnitudes: el flujo luminoso, la intensidad luminosa, la iluminancia, la luminancia, el rendimiento o eficiencia luminosa y la cantidad de luz.

Magnitudes ópticas subjetivas

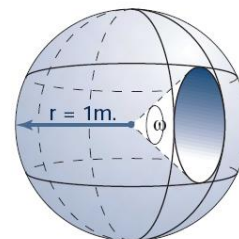
En radiometría, el **flujo radiante** es la medida de la potencia de una radiación electromagnética (incluyendo los infrarrojos, ultravioletas y la luz visible). Es la energía que transportan las ondas por unidad de tiempo. Esta potencia puede ser la total emitida por una fuente o la total que llega a una superficie determinada. La unidad del Sistema Internacional de Unidades (SI) para el flujo radiante es el **Watt (W)**, que indica la energía por unidad de tiempo o, utilizando unidades del SI, los julios por segundo.

El **flujo luminoso (Φ)** es la medida de la potencia luminosa percibida. Difiere del flujo radiante, la me-

didada de la potencia total emitida, en que el flujo luminoso sólo toma en cuenta la radiación del espectro visible. Su unidad de medida en el Sistema Internacional de Unidades es el **lumen (lm)**. Nos da una idea de la cantidad de luz que emite una fuente de luz, por ejemplo una bombilla, en todas las direcciones del espacio. **El flujo luminoso depende exclusivamente de la fuente lumínica.**

Tipo de lámpara	Valores
incandescente de 100W	1380 lm
fluorescente de 36W	3250 lm
mercurio alta presión de 400 W	22000 lm
de luz mezcla 250W	5600 lm
de sodio a baja presión de 35 W	4800 lm
de sodio a alta presión de 400W	47000 lm
halogenuro metálico de 250W	17000 lm

En fotometría, la **intensidad luminosa (I)** se define como la cantidad de flujo luminoso que emite una fuente por unidad de ángulo sólido (ω) (ver figura), esto es sólo un sector de la esfera luminosa emitida. Su unidad de medida en el Sistema Internacional de Unidades es la **candela (cd)**.



$$\text{intensidad luminosa (I)} = \frac{\text{flujo luminoso } (\Phi)}{\text{ángulo sólido } (\omega)}$$

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

Tipo de lámpara	Valores
de faro de bicicleta sin reflector	1 cd
reflectora	250 cd
PAR-64	200000 cd
Faro marítimo	2000000 cd

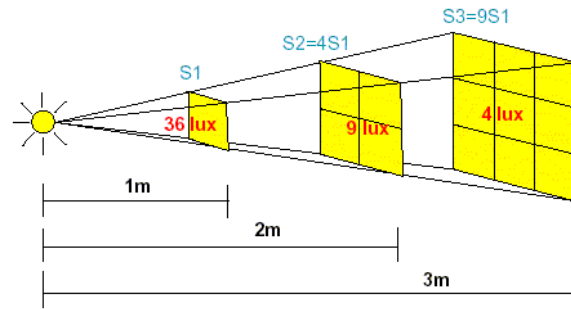
Se define **Iluminación (E)** como el flujo luminoso recibido por unidad de superficie. Su unidad el **Lux (lx)** que es 1 lm/m². Dado que esta es la cantidad de luz que se recibe por unidad de superficie, se trata de la **iluminación media (E½)** que proporciona la fuente.

$$\text{Iluminación (E½)} = \frac{\text{flujo luminoso } (\Phi)}{\text{superficie iluminada}}$$

Ejemplo	Valores
---------	---------

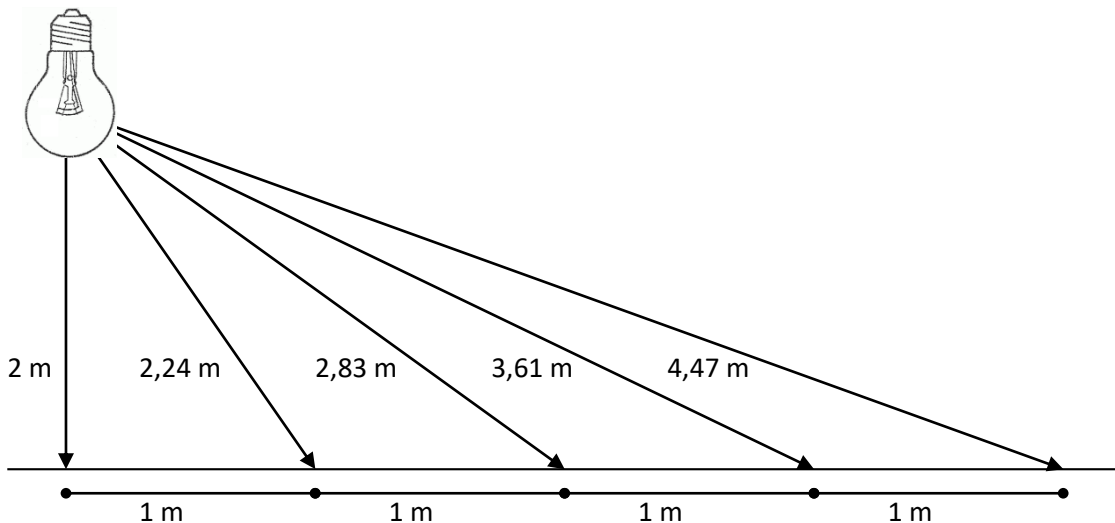
Mediodía de verano al aire libre con cielo despejado	100.000 lx
Mediodía de verano al aire libre con cielo cubierto	20.000 lx
Fabricación de joyas, trabajo con piedras preciosas	1500 lx
Alumbrado público	20-40 lx
Noche de luna llena	0,25 lx

Ilustración de la pérdida de iluminación a causa de la distancia



La iluminación depende de la fuente lumínica, del diseño de la luminaria y también de la distancia a la que se encuentra la superficie que hay que iluminar. Cuanto mayor sea la distancia, menor será la iluminación. Ésta pérdida de iluminación es proporcional al cuadrado de la distancia entre la fuente y la superficie.

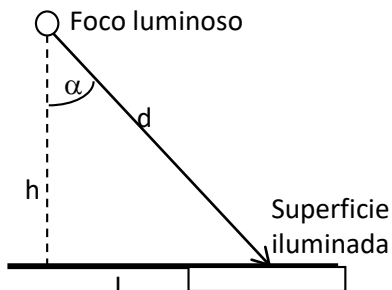
Esta proporción se conoce como **Ley de los cuadrados o Ley de los cuadrados inversos**. Sin embargo, esta consideración también es válida a medida que nos alejamos de la fuente por una superficie horizontal.



La iluminación se relaciona con la intensidad de la fuente del siguiente modo:

$$\text{Iluminación (E)} = \frac{\text{Intensidad (I)}}{\text{altura}^2 (h^2)} \cos \alpha$$

Esta será la **iluminación puntual (Ep)** sobre un punto determinado de la superficie que se ilumina.



- h = altura del foco a la superficie
- d = distancia del foco a la superficie iluminada
- α = ángulo formado entre h y d
- L = distancia desde la perpendicular del foco y la superficie iluminada

Pero dado que $\cos \alpha = \frac{h}{d}$, entonces

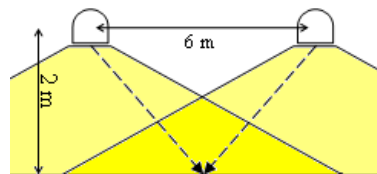
$$E_p = \frac{I}{h^2} * \frac{h}{d} \quad \text{y simplificando queda} \quad E_p = \frac{I}{h * d}$$

Cuando $\alpha = 0^\circ$ queda la ecuación anterior porque la distancia es igual a la altura.

Si un punto está iluminado por más de una lámpara su iluminación total es la suma de las iluminaciones recibidas.

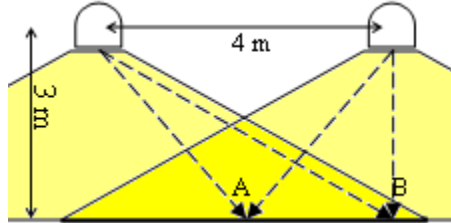
Ejercicios

- 1) Una lámpara suministra un flujo luminoso de 20 lm ¿Cuál es el área iluminada con 0.4 lux?
Rta: 50 m²
- 2) ¿Qué flujo luminoso debería tener una lámpara para que ilumine con 200 lux una mesa circular de 2 m de diámetro?
Rta: 628 lm
- 3) ¿Qué iluminación media recibe una mesa de trabajo de 1,2 m de largo y 70 cm de ancho si se ilumina con una lámpara de 630 lm?
Rta: 750 lux
- 4) Una superficie de 10 m² recibe una iluminación de 10 lux por medio de una fuente plana. ¿Cuál es el flujo luminoso que llega a esa superficie?
Rta: 100 lm
- 5) Calcular la iluminación media de una habitación de 3 m de ancho, 4 m de largo y 2,5 m de alto con una lámpara de 450 lm si la luminaria ilumina
a) sólo al piso
b) la pared más grande
c) el piso y todas las paredes
Rta: a) 37,5 lux b) 45 lux c) 9,57 lux
- 6) ¿Qué flujo luminoso tendrá una lámpara que tiene 561 lux sobre una mesa circular de 1,43 m de diámetro?
Rta: 901 lm
- 7) Una lámpara de 75 w con un rendimiento luminoso de 11,5 lm/w se ubica a 2,5 m de altura en una habitación de 3 m x 4 m. ¿Qué iluminación producirá dicha lámpara si ilumina solamente el piso?
Rta: 71,88 lux
- 8) Si se requiere iluminar una superficie de 2,5 m² entre 600 lux y 800 lux
a) ¿Qué flujo luminoso debería tener la lámpara?
b) se dispone de las siguientes lámparas: una lámpara incandescente de 75 w y 17 lm/w, una lámpara halógena de 50 w y 75 lm/w y una lámpara LED de 9 w y 160 lm/w. ¿Cuál o cuáles se podrían usar?
Rta: a) entre 1200 lm y 1600 lm. b) la incandescente y la LED.
- 9) ¿A qué distancia de una pantalla se encuentra una lámpara de 40 cd que ilumina la superficie con una luminancia de 4,5 lux?
Rta: 2,98 m
- 10) Una lámpara situada a 3 m de altura en el centro de una pista circular de 8 m de diámetro produce una iluminación de 36 lux sobre el borde de la pista. a) Calcular la intensidad de la lámpara. b) ¿qué iluminación recibe el centro de la pista?
Rta: a) 540 cd b) 60 lux
- 11) Una lámpara de 500 cd se encuentra a 2 m de altura en el centro de una mesa circular de 120 cm de diámetro. Calcular la iluminación que recibe:
a) El centro de la mesa.
b) Cada uno de los puntos del borde de la misma.
Rta: a) 125 lux b) 120 lux
- 12) Una lámpara de 160 cd está ubicada a 80 cm de altura sobre una mesa circular de 1,2 m de diámetro. Calcular la iluminación máxima y mínima sobre la mesa.
Rta: máxima: 250 lux; mínima: 200 lux
- 13) Una luminaria de 90 cd ilumina una superficie a 1,25 m de altura. Calcular a qué distancia habrá que poner la luminaria para mantener la misma iluminación si la lámpara se reemplaza por otra de
a) 180 cd b) 135 cd c) 45 cd
Rta: a) 1,77 m b) 1,53 m c) 88,5 cm
- 14) Una luminaria de 1,2 m altura con una lámpara de 100 cd se reemplaza por otra de 80,5 cm de altura. ¿Qué intensidad debería tener la lámpara de la nueva luminaria para que se mantenga la misma iluminación?
Rta: 45 cd
- 15) Una lámpara de 10 cd está a 60 cm de altura sobre una mesa. ¿A qué altura habría que colocar un foco luminoso de 30 cd para que la iluminación fuera el doble que la de la lámpara?
Rta: 73,5 cm
- 16) Dos lámparas de 600 cd cada una se hallan a 2 m de altura sobre una mesa y a 6 m de distancia entre sí. Calcular la iluminación que recibe en el punto de la mesa que equidista de las lámparas. (ver esquema a continuación)



Rta: 166 lux

- 17) Dos lámparas de 650 cd cada una, están separadas por 4 m y ubicada a una altura de 3 m sobre la superficie de una mesa. Calcular la iluminación que recibe la mesa en un punto:
- equidistante de ambas lámparas.
 - que queda bajo cada lámpara.

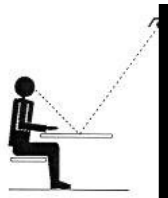


Rta: a) 120 lux b) 116 lux

- 18) Usando la instalación del ejercicio anterior, se cambian las luminarias de modo que la de la derecha es de 900 cd y la de la izquierda es de 1170 cd. Calcular la iluminación que recibe la mesa en un punto:
- equidistante de ambas lámparas.
 - que queda bajo cada lámpara.
- Rta: a) 191 lux (Der: 83,2 lux Izq: 108 lux)
b) 190 lux (Der: 60 lux Izq: 130 lux)

- 19) Una superficie recibe 1000 lux en total al estar iluminada por una lámpara de 20 cd ubicada a 20 cm y otra de mayor intensidad ubicada a 60 cm. ¿Cuál es la intensidad de la segunda lámpara?
- Rta: 180 cd

- 20) El diagrama muestra la iluminación en una superficie de trabajo. La luminaria se encuentra adosada a la pared a 1,7 m de altura y tiene 500 cd. La superficie de trabajo está a 70 cm desde el suelo y a 50 cm desde la pared. Calcular
- la iluminación que recibe la mesa de trabajo y
 - la iluminación que recibe el suelo bajo la luminaria.



Rta: a) 446 lux b) 173 lux

- 21) Un escritorio de 60 cm de largo por 90 cm de ancho está iluminado por una fuente plana de 300 lm y 270 cd. Calcular
- La iluminación del escritorio.
 - La altura deberá que deberá tener la luminaria.

Rta: a) 556 lux b) 0,697 m

- 22) Se desea iluminar una habitación de 3,5 m ancho, 4 m de largo y 2,5 m de altura de manera tal que el flujo luminoso sea de 400 a 410 lm. ¿Cuántas lámparas de 30 cd uniformemente distribuidas en el techo de la habitación serán necesarias?

Rta: 6 lámparas

- 23) Se desea iluminar una mesa redonda de 1 m de diámetro con un mínimo de 390 lm y un máximo de 440 lm con lámparas de 50 cd colocadas uniformemente a 1,9 m de altura.
- ¿Qué iluminación recibirá la mesa?
 - ¿Cuántas lámparas habrá que colocar?

Rta: a) 497 lux y 561 lux b) entre 36 y 40

- 24) Una mesa circular de 1,8 m de diámetro debe recibir un máximo de 750 lux en los bordes desde una luminaria central con lámparas de 130 cd colocada a 1,7 m de altura. ¿Cuántas lámparas deberá tener la luminaria?

Rta: 18 lámparas

- 25) En el comedor de una fábrica de 5 m de ancho, 7 m de largo y 3,2 m de altura se deben instalar luminarias con una distribución uniforme para brindar iluminación entre 500 y 700 lux a nivel de las mesas que tienen 80 cm de altura. Las luminarias cuentan con lámparas de 1800 lm. ¿Cuántas lámparas deben instalarse?

Rta: entre 10 y 13 lámparas