

# Cálculo de alumbrado de INTERIORES

VANESA BLÁZQUEZ SÁNCHEZ\*, OC N° 14.783

Este artículo pretende dar una idea general de qué se debe hacer para seleccionar el alumbrado de interiores, ya que una buena elección de éste, dependiendo de las tareas que se vayan a realizar en el lugar en cuestión, nos ayuda a prevenir problemas visuales posteriores como veremos más adelante.

## INTRODUCCIÓN

Una buena iluminación es importante para facilitar el rendimiento en una tarea visual y crear un entorno visual adecuado, garantizando la seguridad de los individuos y la de los establecimientos, lo cual es tiene su importancia en nuestra sociedad como una forma más de prevención de riesgos laborales.

Para conseguir una buena iluminación del área de trabajo es necesario tener en cuenta una serie de criterios básicos referentes a la disposición de la luz, las condiciones del alumbrado, la superficie a iluminar, etcétera.

Definiremos primero algunos conceptos fundamentales y magnitudes necesarias para la comprensión del tema<sup>1,2</sup>:

■ **Flujo luminoso:** Cantidad de luz emitida por una fuente de luz o recibida por una superficie. Sus unidades son los lúmenes.

Para medirlo utilizamos la esfera integradora de Ulrich.

■ **Rendimiento luminoso** o coeficiente de eficacia luminosa, indica el flujo que emite por unidad de potencia electrónica consumida para su obtención. Se calcula mediante la fórmula

$$\eta = \frac{\phi}{\omega}$$

■ **Intensidad luminosa de una fuente de luz en una determinada dirección:** Es igual a la relación

entre el flujo luminoso contenida en un ángulo sólido cualquiera cuyo eje coincide con la dirección considerada. Su unidad es la candela. La fórmula mediante la cual la calculamos es:

$$I = \frac{\phi}{\omega}$$

Para medirlo podemos utilizar distintos equipos basados en:

- Igualación de iluminancias de dos campos.
- Según la ley de la inversa del cuadrado de la distancia.

■ **Iluminancia(E) de una superficie:** Es la relación entre el flujo luminoso que recibe una superficie y su extensión. Su unidad es el lux.

$$E = \frac{\phi}{S}$$

Para medirlo utilizamos los luxómetros.

■ **Luminancia(L) de una superficie en una dirección determinada:** Es la relación entre la intensidad luminosa en dicha dirección y la superficie aparente.



$$L = \frac{I}{S \cos \alpha}$$

Se puede interpretar como la sensación de claridad.

Se mide mediante el luminancímetro o nitómetro.

Antes de iluminar un lugar sería aconsejable realizar un estudio sobre las necesidades visuales en el mismo, así como de la forma de distribución de la luz más adecuada para desarrollar el trabajo para el cual está destinado el local. Los principales factores que debemos tener en cuenta son:

	Color	Factor de reflexion
Suelo	Claro	0.3
	Oscuro	0.1
Techo	Blanco o muy claro	0.7
	Claro	0.5
	Medio	0.3
Paredes	Claro	0.5
	Medio	0.3
	Oscuro	0.1

Tabla 1

- Dimensiones del local y altura del plano del trabajo que normalmente se considera de 0.85 m.
  - Nivel de iluminancia media.
  - Tipo de lámpara.
  - Sistema de alumbrado que mejor se adapta a nuestras necesidades.
  - Índice del local, más adelante veremos como se calcula y de los factores que depende.
  - Coeficientes de reflexión del techo, paredes y suelo. Depende del tipo de material, superficie, acabado como podemos observar en la **Tabla 1**.
- En ausencia de los datos, tomaremos por defecto 0.5 para el techo, 0.3 para las paredes y 0.1 para el suelo.
- Factor de utilización, determinado a partir del índice del local y de los factores de reflexión. Son valores tabulados, suministrados por los fabricantes.
  - Factor de mantenimiento o conservación de la instalación: Es determinada por la pérdida del

flujo luminoso de las lámparas por el envejecimiento, polvo, pérdidas de transmitancia y reflectancia.

Su valor oscila entre 0.5-0.60 (dependiendo de los autores) y 0.80, mayor cuanto más limpio es el lugar y menos pérdidas se dan.

- Altura de las luminarias.

Las posibles formas de alumbrado que podemos utilizar para iluminar interiores son:

**1. ALUMBRADO GENERAL:** El tipo, la altura y la distribución de la luminaria se hace con fin de obtener una iluminación uniforme de toda la zona a iluminar. Se suelen emplear lámparas fluorescentes y la mejor distribución consiste en filas simétricas.

La ventaja de esta iluminación es que los puestos de trabajo se pueden cambiar cuando y donde se desee pero, por lo contrario, no podemos conseguir unos lugares más iluminados que otros.

Iluminación localizada (lux)	Iluminación general mínima (lux)
250	50
500	75
1.000	100
2.000	150
5.000	200
10.000	300

Tabla 2

Es el más utilizado, al presentar las mejores condiciones de iluminación y dar un aspecto sereno y armonioso.

**2. ALUMBRADO GENERAL LOCALIZADO:** La organización de las luminarias es de tal forma que proporciona una iluminación general uniforme, permitiendo al mismo tiempo aumentar el nivel en las zonas que lo necesiten. Presenta el inconveniente de que al cambiar el orden de los puestos de trabajos deberemos cambiar también la distribución de las luminarias.

**3. ALUMBRADO LOCALIZADO:** Existe un nivel medio de iluminación general y un alumbrado directo donde se necesita.

Para evitar molestias debe existir relación entre la iluminación localizada y la mínima, dicha relación la podemos ver en la **Tabla 2**.

**4. ALUMBRADO DIRECTO:** El 90% del flujo luminoso emitido, alcanza directamente el plano de trabajo.

**5. ALUMBRADO INDIRECTO:** Tan sólo el 10% del flujo luminoso emitido alcanza directamente el plano del trabajo.

La elección de tipo de alumbrado se realiza en base a dos factores relativos a:

- Tipo de actividad a desarrollar.
- Dimensiones y características físicas del local a iluminar.

Conocidos estos factores, determinaremos el tipo de iluminancia y de alumbrado más apropiado para cada necesidad, con lo que podremos calcular la características de la iluminación utilizando básicamente dos métodos, en función del tipo de alumbrado:

- Método del lumen.
- Método del punto por punto.

### A. MÉTODO DEL LUMEN:

Se realiza en los casos que queremos conseguir un alumbrado general. Los factores a estudiar en este caso, son<sup>2,3,4,6</sup>:

#### A.1.El flujo luminoso

$$=(E_m \times S) / (\eta \times f_c)$$

siendo:

$f_c$  : Factor de conservación de la instalación.

$E_m$ : Iluminancia media (lux. Se fija en función de la acción a desarrollar. Existen tablas que indican la necesaria en función de tarea a desarrollar.

$S$  : Superficie a iluminar (m<sup>2</sup>)

$\eta$ : Rendimiento de la iluminación. Depende fundamentalmente de dos factores:



- Rendimiento del local  $\eta_R$
- Rendimiento de la luminancia  $\eta_L$

El primero depende de las dimensiones del ruido de la reflexión en el techo, paredes, suelo y la distancia de la luz y de la luminancia.

La relación que existe entre las dimensiones del local y viene dado por el índice del local (K. Se calcula:

- En el caso de iluminación directa, semidirecta directa-indirecta general difusa:

$$K = (a \times b) / [h \times (a + b)]$$

- En el caso de iluminación indirecta y semi-indirecta:

$$K = (3a \times b) / [2h \times (a + b)]$$

Los valores están comprendidos entre  $1 < K < 10$  si es mayor de 10 se considera igual a 10.

El número mínimo de puntos está en función de esta  $k$ ; así por ejemplo cuando  $K < 1$  lo ideal será poner 4 puntos luminosos; cuando  $1 \leq K < 2$  pondríamos 9 puntos luminosos; si  $2 \leq K < 3$  tendremos 16 puntos luminosos y con  $3 \leq K < 5$  puntos luminosos sería lo adecuado y así sucesivamente.

En función del tipo de iluminancia  $a$  y  $b$  son las dimensiones de la superficie rectangular.

$h$  es la distancia entre el plano de trabajo (0.85 m sobre el suelo) y las luminarias.

#### A.2. Número de puntos luminosos: Se calcula, mediante la fórmula:

$$N = \frac{\Phi_T}{\Phi_L}$$

donde:

$N$  es el número de puntos de luz o luminarias;  $\Phi_T$  es el flujo luminoso total y  $\Phi_L$  es el flujo luminoso nominal de las lámparas contenida en una luminancia.

#### A.3. Factor de uniformidad media (f.u.m.) Para su cálculo utilizaremos:

$$f.u.m. = \frac{E_{med}}{E_{min}}$$

siendo:  $E_{med}$  es la iluminancia media y  $E_{min}$  la mínima.

Con el fin de conseguir uniformidad y un deslumbramiento mínimo las luminancias de distribución a una detenida altura  $h$  y a una distancia  $d$  entre ellas, veamos cuales tienes que ser estos valores.

Tipo de distribución	Aplicación
Difusa	Iluminación general
Extensiva	Iluminación general
Intensiva	Iluminación general a grandes alturas

Tabla 3

**A.4. Distribución de luz:** Dependiendo del tipo de iluminación convendrá más o menos determinados tipos de iluminación. En la **Tabla 3** podemos ver algunos casos:

**A.5. Alturas de las luminarias sobre el plano de trabajo (h):** Como la altura de las estancias, no es estándar, podemos calcular varias alturas:

$$\text{Altura mínima} = 2/3 h' \quad \text{Altura optima } h = 4/5 h'$$

$$\text{Altura aconsejable } h = 3/4 h'$$

En todo caso, una condición fundamental tanto en iluminación indirecta como en semi-indirecta es que el valor de  $K$  no deberá superar el valor correspondiente a la altura óptima.

En el caso de tener que alumbrar un local de planta rectangular las luminancias se distribuirán uniformemente paralelas a los ejes de simetría de acuerdo a las ecuaciones:

$$N_{largo} = N_{ancho} \cdot \left( \frac{largo}{ancho} \right)$$

$$N_{ancho} = \sqrt{\frac{N_{total}}{largo} \cdot ancho}$$

Donde  $N$  es el número de luminarias.

**A.6. Distancia entre luminarias (d)** se establecen diferentes posiciones en función del tipo de luminarias que queramos establecer y la altura a la que estén las luminarias, veámoslo en la **Tabla 4**.

La distancia máxima de separación entre luminarias depende del círculo de apertura del haz de luz y la altura de los mismos sobre el plano del trabajo.

**A.7. Altura del local:** Debemos ver las recomendaciones del tipo de luminarias que debemos instalar según la altura del local.

Tipo de luminarias	Altura (h)	Distancia (d)
Intensiva	$h > 10m$	$d \geq 1.2h$
Semi-extensiva	4-6 m	$d \geq 1.5h$
Extensiva	6-10m	$d \geq 1.5h$
Extensiva	H 4	$d \geq 1.6h$

Tabla 4

Altura del local	Tipo de luminaria
Hasta 4 m	Extensiva
De 4-6 m	Semi-extensiva
De 6- 10m	Semi-intensiva
A partir de 10 m	Intensiva

Tabla 5

Finalizados todos estos cálculos podemos comprobar que los resultados obtenidos son los óptimos, para ello bastará con comprobar que la iluminancia media obtenida es igual o superior a la recomendada por las tablas en las mismas condiciones.

$$E_m = \frac{n\Phi_L \eta_f}{S} \geq E_{tabla}$$

## B. MÉTODO DEL PUNTO POR PUNTO<sup>6,2</sup>

Se utiliza en caso de cálculos de iluminación en instalaciones de alumbrado general local o individual donde la luz no se distribuye uniformemente; ello es debido a que este método nos permite conocer la luminosidad en puntos determinados.

La luminancia en estos puntos viene dada por la suma de dos frentes: una componente directa producido por la luz que llega al plano de trabajo directamente de las luminancias y otra llamada indirecta o reflejada que procede de las reflexiones.

$$E = E_{directa} + E_{indirecta}$$

Antes de aplicar este método debemos conocer, al igual que en el caso anterior, unos cuantos factores como son:

- Características fotométricas de la lámpara.
- Luminarias empleadas.

- Disposición de los mismos sobre la planta del local.
- Altura

## B.1. Cálculo de las componentes:

### B.1.1 Componente indirecta o reflejada en un punto:

E indirecta = E indirecta horizontal =

$$= E \text{ indirecta vertical} = \frac{\Phi}{F_T} \cdot \frac{\rho_m}{1 - \rho_m}$$

Donde:

$F_T$  es la suma de las áreas de todas las superficies del local:

$$\rho_m = \frac{\sum_n \rho_i \cdot F_i}{\sum_n F_i}$$

Siendo  $\rho_i$  la reflectancia de la superficie  $F_i$

B.1.2 Componente directa se calcula de diferentes modos si consideramos un frente puntal que si consideramos a un lineal.

- En el caso de la fuente puntal

$$E_V = \frac{I \cos^2 \alpha \operatorname{sen} \alpha}{h^2} \quad E_H = \frac{I \cos^3 \alpha}{h^2}$$

- En el caso de la fuente lineal

$$E_V = \frac{\pi I}{2h} \operatorname{sen} \alpha \cdot \cos \alpha \quad E_H = \frac{\pi I}{2h} \cos^2 \alpha$$

En este caso la iluminancia en los extremos es la mitad.

$$I = \frac{\Phi}{9.25}$$

B.2.2 Cálculo de las iluminancias horizontales se puede realizar empleando<sup>6</sup>:

- Curvas *isolux* que pueden ser suministrados por el fabricante o trazados a partir de la matriz de intensidades o curvas polares.



- Planta del local distribuye a la misma escala que la curva.

Una vez que tenemos esto situamos sobre el plano las curvas, haciendo que el punto que queremos calcular coincida con el centro de la curva y señalamos la iluminancia y sumamos los valores relativos, para obtener el resultado.

Finalmente los valores reales de las iluminancias en cada punto se calculan a partir de los relativos obtenidos en la curva aplicando la fórmula.

$$E_r = E_c \cdot \frac{\Phi_r}{\Phi_c} \left( \frac{h_c}{h} \right)^2 = E_c \frac{\Phi_r}{h_r^2} \frac{1}{1000}$$

## CONCLUSIONES

Con este artículo hemos querido explicar la importancia de una buena iluminación para conseguir unas óptimas condiciones visuales. Se resalta la posibilidad de conseguir con unos simples cálculos cierta ergonomía visual y prevenir posteriores molestias oculares.

## BIBLIOGRAFÍA

1. North RV. Trabajo y ojo, Ed. Masson, Barcelona 1996, pp. 151-189.
2. Commission Internationale de l'Éclairage 1983. The basis of physical photometry. CIE Publication N° 18.2. Paris: Bureau Central de la CIE.
3. Rea M. Lighting Handbook (Reference & Application), Luminating engineering society of North America, 8th Edition, pp 58-64.
4. Guía sobre alumbrado de OSRAM.
5. Commission Internationale de l'Éclairage 1987. Methods of characterizing illuminance meters and luminance meters: Performs, characteristics and specifications. CIE Publication N° 69. Paris: Bureau Central de la CIE.
6. Guía de alumbrado Edison.

\* Vanesa Blázquez desarrolla su labor profesional en el Instituto de Física Aplicada del CSIC (Madrid).