

CALCULO DE ALUMBRADO

Introducción

Estos apuntes se desarrollarán en dos partes. Una primera, desde el punto de vista formal, versada en fórmulas y conceptos científicos. La segunda será tratada desde los puntos que inciden en la iluminación desde el Código Técnico de la edificación, de ahora en adelante CTE.

CALCULO DE ALUMBRADO. PUNTO DE VISTA FORMAL.

En una instalación de iluminación se tendrán 2 conceptos claves:

- Lámpara (Eficacia luminosa)
- Luminaria (Encauzar el flujo)

La **lámpara** por su tecnología de fabricación tendrá una eficacia luminosa, EL, que cada día las empresas fabricantes la optimizan. Por definición la EL es:

$$EL = \frac{\Phi_l}{P_l} \frac{[\text{Flujo luminoso en lumens lm}]}{[\text{Vatios W}]}$$

La **luminaria** está en función del flujo, Φ_l , por otro lado, las siguientes partes de una luminaria son de crucial importancia, pues actúan sobre ese flujo de manera decisiva, veámoslas:

Difusores: Distribuyen el flujo en casi todas direcciones.
 Reflectores: Reflejan el flujo en determinadas direcciones.
 Proyectoros: Concentran el flujo en una determinada dirección.
 Refractores Modifican la distribución del flujo.

Una vez que sentamos estos dos conceptos vamos a seguir viendo nuevas definiciones que circundan sobre las que acabamos de definir.

Hablaremos de **rendimiento de una luminaria**, η , como el cociente entre el flujo que sale y el flujo que emiten las lámparas. Dicho rendimiento está en función de:

$$\eta = \frac{\Phi_a}{\Phi_l}$$

- Materiales empleados.
- Forma constructiva.
- Condiciones de la instalación.
- Mantenimiento.

Curvas fotométricas: representan en un gráfico polar, la relación entre intensidad lumínica y la dirección de esta. De 0° a 180° y de +90° a -90°.

Clasificación de las luminarias: veremos únicamente las que se ocupan de iluminar interiores. Son de 3 tipos:

- Alumbrado directo.
- Alumbrado semidirecto.
- Alumbrado mixto. (semidirecto e indirecto).

Estas 3 formas genera modos de alumbrar interiores, que son:

- Alumbrado general.
- Alumbrado general localizado.
- Alumbrado localizado.

A partir de ahora vamos a empezar a desarrollar el método de cálculo de una instalación de iluminación de interior. Para llegar finalmente a un ejemplo completo de cálculo.

Para realizar el **cálculo de un alumbrado interior**, hay que tener en cuenta los apartados siguientes:

- a- La actividad que hay que desarrollar en el local a iluminar, (se rige por tablas).
- b- Tipo de lámpara más adecuada.
- c- Tipo de luminaria a emplear.
- d- Dimensiones del local.
- e- Color de las paredes, suelo y techo.
- f- Clase de mantenimiento o conservación de la instalación.

Coeficiente de utilización (Cu)

$$C_u = \frac{\Phi I \text{ (Plano de incidencia)}}{\Phi I \text{ (De todas las lamparas)}}$$

Esta tabulado en función de:

- a- Clase de lámpara
- b- Los factores de reflexión de paredes, suelo y techo.
- c- Índice del local, K.

El **índice del local, K**, se establece según el alumbrado sea directo, semi, o indirecto, esto es:

Índice K cuando el alumbrado es directo y semidirecto:

$$K = \frac{l \cdot a}{h_u \cdot (l + a)}$$

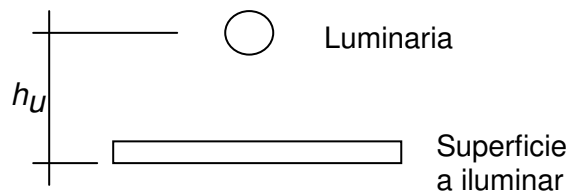
Índice K cuando el alumbrado es indirecto:

$$K = \frac{3 \cdot l \cdot a}{2 \cdot h_u \cdot (l + a)}$$

l = longitud del local [m]

a = anchura del local [m]

h_u = altura útil del local [m]



Coeficiente de depreciación o conservación, Cd.

Puede oscilar entre 0.5 ..0.8 según el grado de conservación del equipo de iluminación del local. También está tabulado.

Flujo luminoso total Φ_t

Φ_t nos permitirá obtener el **Em** prevista. Donde **Em = Nivel medio previsto de iluminación.**

S = Superficie a iluminar.

$$\Phi_t = \frac{E_m \cdot S}{C_u \cdot C_d}$$

Número de puntos de luz (luminarias).

$$N = \frac{\Phi_t}{\Phi_l}$$

Criterio de ingeniería: Un mismo Φ_t puede obtenerse con más lámparas de bajo Φ_l o mediante menos lámparas con un Φ_l elevado. En el primer caso se consigue más uniformidad pero implica un mayor mantenimiento y en el segundo podemos llegar a no conseguir el mínimo de uniformidad.

La **uniformidad** se consigue con una adecuada distribución de luminarias. ¿Qué criterio seguir para la **distribución**?

Está tabulado, no obstante es aconsejable que la separación entre las paredes y las luminarias sea la mitad de las distancias que hay entre luminarias.

CÁLCULO DE ALUMBRADO. PUNTO DE VISTA DEL CTE (CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN).

El CTE incide en el ahorro energético de la instalación por encima de todo, junto con parámetros como la eficacia luminosa, valores de deslumbre, valores de uniformidad, iluminancia mantenida, mantenimiento de la instalación, rendimiento del color, etc... Veámoslos.

Esta nueva legislación afecta a la iluminación de edificios en varios aspectos que se recogen en las siguientes secciones del código:

- SU 4 – Seguridad frente al riesgo derivado de iluminación inadecuada: se limitará el riesgo de daños a las personas como consecuencia de una iluminación inadecuada en zonas de circulación de los edificios, tanto interiores como exteriores, incluso en caso de emergencia o de fallo del alumbrado normal.
- HE 3 – Eficiencia energética en instalaciones de iluminación: los edificios dispondrán de instalaciones de iluminación adecuadas a las necesidades de sus usuarios y a la vez eficaces energéticamente disponiendo de un sistema de control que permita ajustar el encendido a la ocupación real de la zona, así como de un sistema de regulación que optimice el aprovechamiento de la luz natural.

Se consideran las exigencias mínimas a cumplir lo dispuesto en las siguientes normativas:

- UNE 12464-1 de iluminación de los lugares de trabajo en interiores.
- Guía técnica para la evacuación y prevención de riesgos laborales.
- UNE 12193: Iluminación de instalaciones deportivas.
- HE 5 – Aportación fotovoltaica mínima de energía eléctrica: prevé que en aquellos edificios donde no se pueda instalar un sistema de captación de energía solar por procedimientos fotovoltaicos, se debe proveer al edificio de un modo alternativo de ahorro eléctrico equivalente a la potencia fotovoltaica que se debería instalar. Entre los modos indicados en el CTE la gestión del alumbrado se considera como una forma para conseguirlo.

Por tanto siguiendo estos apartados legislativos, aparecen los conceptos de:

$$EL = \frac{\Phi_l}{P_l} \quad \begin{array}{l} \text{[Flujo luminoso en lumens lm]} \\ \text{[Vatios W]} \end{array}$$

UGR (Valores de deslumbre) 10 .. 30

Ra (Índice de rendimiento del color)
 Ra < 60 Pobre
 60 < Ra < 80 Bueno
 80 < Ra < 90 Muy Bueno
 Ra > 90 Excelente

VEEI (Valor de eficiencia energética de una instalación).

$$VEEI = \frac{P \cdot 100}{S \cdot Em}$$

En la **memoria del proyecto** debe incluirse:

- 1- Además de los cálculos justificativos de cada zona, debe incluirse los valores de:

K	Índice del local utilizado en el cálculo.
N	Número de puntos de luz utilizados.
Fm	Factor de mantenimiento previsto.
Em	Iluminancia media mantenida.
UGR	Índice de deslumbramiento unificado.
Ra	Índice del rendimiento del color.
VEEI	Valor de la eficiencia energética de la instalación. (Tabla 2.1 de la página 23 del manual de Philips.
P	Potencia del conjunto (Lámpara + Equipo auxiliar).

Para obtener los valores mínimos correctos de calidad de **Em, UGR, Ra**, se consultará al tabulado de la Norma UNE 12464-1 de iluminación de los lugares de trabajo en interiores.

- 2- Para cada zona el sistema de regulación y control que corresponda.

En zonas de no representación se podrá seguir el siguiente criterio tecnológico: Iluminación general de oficinas con fluorescentes T8 gama 80 trifósforo. En zonas comunes: No abusar de las halógenas y si se usan estas, colocar transformadores electrónicos.

- 3- Mantenimiento y conservación.

CALCULOS (Según B.O.E. Página 27)

Al calcular el VEEI se contrastará con las tablas de HE3. Teniendo claro que la P será la total, es decir, lámpara + equipo auxiliar.

Tablas de valores de Em, UGR, Ra de la Norma UNE 12464-1.

- Uso administrativo.
- Aparcamiento y locales de pública concurrencia.
- Zonas comunes del edificio.

EJEMPLO DE CÁLCULO DE ILUMINACION INTERIOR FORMALMENTE.

Datos del problema:

- El local es una sala de dibujo, las lámparas que se utilizan son tubos fluorescentes de 26mm de diámetro, 36 W, 1200 mm de longitud, flujo 3450 lm y color blanco cálido.
- La luminaria está equipada de cubeta plástica con montaje empotrado, alumbrado directo y contiene 3 lámparas.
- El local mide $l = 28\text{m}$, $a = 16\text{m}$, $h = 3,5\text{m}$. El techo es de color blanco las paredes verdes y los factores de reflexión son 70% y 30 %.
- El mantenimiento de la instalación el bueno.

Solución:

Primero calcularemos el C_u , para ello necesito el K . Como el plano de trabajo está a 1m, la altura útil será:

$H_u = 3,5 - 1 = 2,5\text{m}$ Como el alumbrado es directo usaré la fórmula: $K = \frac{l \cdot a}{h_u \cdot (l + a)}$ con la que obtendré un valor de $K = 4,07$ que aproximaré a $K = 4$

Entonces según tabla 3 del libro de edebé obtengo los valores de: $C_u = 0.55$ $C_d = 0.70$

Segundo calcularemos el flujo total.

$$\Phi_t = \frac{E_m \cdot S}{C_u \cdot C_d} \quad \text{Sustituyendo valores saldrá un valor de: } \Phi_t = 581818 \text{ lm}$$

Tercero calcularemos el número de puntos de luz:

$$N = \frac{\Phi_t}{\Phi_l} \quad ; \quad \Phi_l = 3 \text{ lámparas} \cdot \frac{3450 \text{ lm}}{1 \text{ lámpara}} = 10350 \text{ lm}$$

Por tanto obtenemos un $N = 581818 / 10350 = 57$ luminarias.

Cuarto veremos la distribución de las luminarias: según la tabla 2 del libro de Edebé, por el tipo de luminaria se tiene que:

$$d < 1.2 \cdot h_u < 1,2 \cdot 2,5 < 3\text{m}$$

Ahora seguiré un criterio de ingeniería basado en: si voy a poner 60 luminarias repartidas en 10 columnas y 6 filas, es decir, $10 \cdot 6 = 60$, distanciadas 3 metros. Voy a verificarlo:

$$\frac{16}{6} = 2,65 < 3 \Rightarrow o.k.$$

$$\frac{28}{10} = 2,8 < 3 \Rightarrow o.k.$$

