

LUMINOTECNIA: Cálculo según el método de los lúmenes

Profesores: Castilla Cabanes, Nuria (ncastilla@csa.upv.es)
Blanca Giménez, Vicente (vblanca@csa.upv.es)
Martínez Antón, Alicia (almaran@csa.upv.es)
Pastor Villa, Rosa María (ropasvil@csa.upv.es)

Departamento: Construcciones Arquitectónicas

Centro: E.T.S. Arquitectura

1. RESUMEN

En este artículo vamos a exponer el método de los lúmenes para establecer el número de luminarias necesario en un determinado local que precise una iluminación uniforme. Se debe conocer antes cuáles son las dimensiones del local, así como el tipo de lámpara y luminaria que se utiliza, de manera que no sólo se pueda calcular su número sino también evaluar si ofrecen el nivel de iluminancia adecuado o no.

2. OBJETIVOS

Una vez leas con detenimiento este documento, serás capaz de calcular el flujo luminoso total necesario en un determinado espacio o local que precise una iluminación uniforme; determinar el número de luminarias que necesitas para alcanzar el nivel de iluminancia o iluminación adecuado; establecer su emplazamiento y evaluar si el número de luminarias, que has determinado antes, es el correcto o no. Todo ello mediante la utilización del método de cálculo de iluminación conocido como el **método de los lúmenes**.

3. INTRODUCCIÓN

Una buena iluminación puede llegar a conseguir que los lugares en los que vivimos y trabajamos se conviertan en algo más que un simple lugar de trabajo u ocio. Gracias a un buen diseño lumínico se pueden crear ambientes más que agradables, casi mágicos, sin por ello nunca olvidar que las instalaciones lumínicas sean energéticamente sostenibles.

Los parámetros que definen la calidad de una iluminación dependen de la finalidad de la misma (iglesias, teatros, sala de conciertos, aulas, museos, etc.) pero en todo caso han de responder a ciertas exigencias comunes¹ [...] como las siguientes:

- 1 *Nivel de iluminación:* iluminancias que se necesitan (niveles de flujo luminoso (lux) que inciden en una superficie)
- 2 *Distribución de luminancias en el campo visual.*
- 3 *Limitación del deslumbramiento.*
- 4 *Modelado:* limitación del contraste de luces y sombras creado por el sistema de iluminación.
- 5 *Color:* color de la luz y la reproducción cromática
- 6 *Estética:* selección del tipo de iluminación, de las lámparas y de las luminarias.

Si se siguen todos estos parámetros se conseguirá un buen diseño lumínico, sin olvidar nunca que la elección adecuada de cantidad y calidad de la iluminación va en función del espacio que se va a iluminar y de la actividad que él se realizará.

Comprobar en un determinado espacio si el nivel de iluminación es adecuado o no, se convierte en una tarea fundamental del arquitecto si quiere conseguir espacios grandiosos lumínicamente hablando.

4. DESARROLLO

Después de leer este documento, enseguida comprenderás la transcendencia de conseguir el nivel de iluminación apropiado para un determinado espacio. Es un procedimiento fácil que seguro tendrás que realizar cuando llegues a la vida laboral ya que tendrás que saber si los niveles de iluminación que tienes en los lugares que proyectes son los adecuados.

Una vez vista la importancia de ser capaz de conseguir el nivel de iluminación correcto gracias al número preciso de lámparas y luminarias, es recomendable que recuerdes cuales son los elementos básicos que forman parte de un sistema de iluminación:

- 1 La fente de luz o tipo de lámpara utilizada: incandescente, fluorescente, descarga en gas...
- 2 La luminaria. Controla el flujo luminoso emitido por la fuente y, en su caso, evita o minimiza el deslumbramiento.
- 3 Los sistemas de control y regulación de la luminaria.

Es importante que también refresques tus nociones sobre las magnitudes fundamentales en luminotecnia como son el flujo, la intensidad luminosa, la iluminancia y la luminancia, así como sus diferencias fundamentales. Una vez reconocidos estos elementos, ya puedes comenzar el cálculo con el fin de evaluar si el nivel de iluminación en un espacio es el adecuado o no.

Recuerda que para realizar el proceso de cálculo de iluminación general en instalaciones interiores, puedes utilizar dos métodos:

1. **Método de los Lúmenes, también denominado, Sistema General o Método del Factor de utilización,**
El método de los lúmenes es una forma muy práctica y sencilla de calcular el nivel medio de la iluminancia en una instalación de alumbrado general. Proporciona una iluminancia media con un error de $\pm 5\%$ y nos da una idea muy aproximada de las necesidades de iluminación.
2. **Método del punto por punto (o de iluminancias puntuales):**
Este método se utiliza si lo que deseas es conocer los valores de la iluminancia en puntos concretos.

En este caso, el método al que vas a aplicar es el **Método de los Lúmenes**. Teniendo siempre en cuenta que **se utilizará para obtener una iluminación general y uniforme de un determinado espacio**. Gracias a él también, establecida una zona o local, podrás saber qué cantidad de luminarias necesitas y cómo han de estar situadas en ese espacio.

Cálculo del flujo luminoso total necesario.

La fórmula que vas a emplear es la siguiente²:

¹ Blanca Jiménez, Vicente, Aguilar Rico, Mariano. Iluminación y color. Ed. UPV, Valencia, 1995.

² Blanca Jiménez, Vicente, Aguilar Rico, Mariano. *Iluminación y color*. Ed. UPV, Valencia, 1995. Pág. 332.

$$\Phi_T = \frac{E_m \cdot S}{C_u \cdot C_m}$$

Ecuación 1. Definición del flujo luminoso que un determinado local o zona necesita.

Donde:

E_m = nivel de iluminación medio (en LUX)

Φ_T = flujo luminoso que un determinado local o zona necesita (en LÚMENES)

S = superficie a iluminar (en m²).

Este flujo luminoso se ve afectado por unos coeficientes de utilización (C_u) y de mantenimiento (C_m), que se definen a continuación:

C_u = Coeficiente de utilización. Es la relación entre el flujo luminoso recibido por un cuerpo y el flujo emitido por la fuente luminosa. Lo proporciona el fabricante de la luminaria.

C_m = Coeficiente de mantenimiento. Es el cociente que indica el grado de conservación de una luminaria.

Cálculo del número de luminarias.

$$NL = \frac{\Phi_T}{n \cdot \Phi_L}$$

Ecuación 2. Definición del número de luminarias (El valor de NL se redondea por exceso)

Donde:

NL = número de luminarias

Φ_T = flujo luminoso total necesario en la zona o local

Φ_L = flujo luminoso de una lámpara (se toma del catálogo)

n = número de lámparas que tiene la luminaria

No olvides que la finalidad de este método es calcular el valor medio de la iluminancia en un local iluminado con alumbrado general. Encontrarás que es muy práctico y fácil de usar, y por ello se utiliza mucho en la iluminación de interiores cuando la precisión necesaria no es muy alta como ocurre en la mayoría de los casos.

Para ello, el esquema que vas a seguir es el siguiente:

1º. CALCULAR EL FLUJO LUMINOSO TOTAL NECESARIO (Φ_T). *Ecuación 1.*

1.1. Fijar los datos de entrada:

- Dimensiones del local. (a, b y H)
- Altura del plano de trabajo. (h')
- Nivel de iluminancia media. (E_m)
- Elección del tipo de lámpara.
- Elección del tipo de luminaria (catálogos comerciales) y su altura de suspensión.

1.2. Determinar el coeficiente de utilización (C_u). Según datos del fabricante de la luminaria a partir de coeficientes de reflexión y el índice k del local.

1.3. Determinar el coeficiente de mantenimiento (C_m). Según el tipo de local.

2º. ESTABLECER EL NÚMERO DE LUMINARIAS. *Ecuación 2.*

3º. PRECISAR EL EMPLAZAMIENTO DE LAS LUMINARIAS.

4º. COMPROBACIÓN DE LOS RESULTADOS. (Nivel de iluminación medio superior al de tablas)

Después de tener claro el esquema, te proponemos un ejemplo que tienes que ir haciendo paso a paso. En él se desarrollan con más claridad los puntos anteriores.

Ejemplo de cálculo:

Tienes que iluminar un aula de dimensiones 4 m. de ancho por 6 m. de alto por 2,6 m. de alto con luminarias tipo downlight con dos lámparas fluorescentes. (Los datos del tipo de luminaria y de lámpara los encontrarás adjuntados en el ejemplo).

Los acabados de dicha aula son paredes de yeso blanco, suelo de terrazo gris oscuro y falso techo de placas de cartón-yeso acústicas perforadas.

Determina el número de luminarias que necesitas y cómo has de colocarlas para obtener un nivel adecuado de iluminación uniforme.

Cuando termines con este ejemplo vas a ser capaz de:

- 1º. Calcular el flujo luminoso total necesario en un determinado espacio.
- 2º. Determinar el número de luminarias que precisas para alcanzar el nivel de iluminación adecuado.
- 3º. Establecer el emplazamiento de las luminarias, es decir, la distancia a la que debes instalar las luminarias para iluminarlo uniformemente.
- 4º. Evaluar si el número de luminarias que has determinado antes es el correcta o no, gracias los puntos anteriores.

Ahora que ya sabes lo que vas a ser capaz al final de este ejemplo.

1. Empieza calculando el flujo luminoso total que necesitas en el aula:

Lógicamente, si quieres averiguar en el flujo luminoso que necesitas que aporten las lámparas que vas a colocar, es importante que antes, analices el tipo de aula que tienes. Su forma y sus acabados influyen notoriamente en cómo reflexiona la luz en ese determinado espacio.

Para calcular el flujo luminoso, sigue los siguientes pasos:

1.1. Datos de entrada (del local, lámparas y luminarias):

Examina el local y los elementos que tienes. No olvides apuntar los datos que vayas averiguando:

1.1.1. Analiza las dimensiones del local o zona a iluminar:

a = ancho (en m) = 4m
b = largo (en m) = 6 m
H = alto (en m) = 2,6 m

Apunta estos datos porque los utilizarás más tarde.

1.1.2. Fija la altura del plano de trabajo (h'):

Ahora fíjate en el tipo de actividad que se va a realizar en el aula. En el aula normalmente se dará clase y los alumnos estarán sentados en mesas. Es en esas donde tienes que verificar si se cumplen los niveles adecuados de iluminación.

Es por tanto importante que fijas la altura del plano de trabajo que siempre dependerá del tipo de actividad que se realice en esa zona determinada.

Generalmente, se considera la altura del suelo a la superficie de la mesa de trabajo, normalmente de 0,85 m. En casos como pasillos, vestíbulos, halls, etc. se considera que la altura del plano de trabajo es 0.

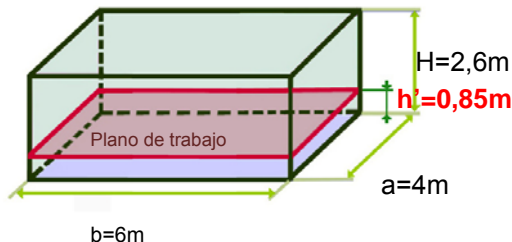


Figura 1. Dimensiones del aula y altura del plano de trabajo

En tu caso, como tienes un aula donde se va a dar clase, considera: $h' = 0,85$ m.

1.1.3. Determina el nivel de iluminancia media (E_m) que ha de tener el aula.

Este valor depende del tipo de actividad que se va a realizar en el local.

Los valores del nivel de iluminancia media los puedes encontrar tabulados en la *Norma Europea UNE-EN 12464-1:2003. Iluminación de los lugares de trabajo. Parte I: Lugares de trabajo en interior*. Esta norma define los parámetros recomendados para los distintos tipos de áreas, tareas y actividades. Sus recomendaciones, en términos de cantidad y calidad del alumbrado, contribuyen a diseñar sistemas de iluminación que cumplen las condiciones de calidad y confort visual, y permiten crear ambientes agradables para los usuarios de las instalaciones.

6.2 Edificios educativos

Nº ref.	Tipo de interior, tarea y actividad	\bar{E}_m lux	UGR _L	R _a	Observaciones
6.2.1	Aulas, aulas de tutoría	300	19	80	La iluminación debería ser controlable
6.2.2	Aulas para clases nocturnas y educación de adultos	500	19	80	La iluminación debería ser controlable
6.2.3	Sala de lectura	500	19	80	La iluminación debería ser controlable

Figura 2. Requisitos de iluminación para (áreas) interiores, tareas y actividades³.

³ Tabla 5.6 Edificios educativos de la Norma Europea UNE-EN 12464-1:2003. Iluminación de los lugares de trabajo. Parte I: Lugares de trabajo en interior, pág. 28.

1.1.4. Identifica el tipo de lámpara que vas a utilizar.

En este caso, la lámpara del ejemplo es una fluorescente. Se ha elegido porque tiene una aceptable reproducción de color y es más eficiente, energéticamente hablando, que las incandescentes.

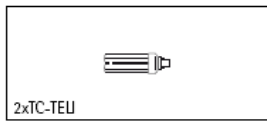


Figura 3. Datos e imagen de la lámpara⁴

Recuerda: En este ejemplo, el tipo de lámpara se te proporciona como dato. Si no es así, tendrías tú que escoger el tipo de **lámpara** (incandescente halógena, fluorescente, halogenuros metálicos,...) más adecuada al tipo de actividad a realizar.

1.1.5. Identifica el tipo de luminaria que vas a utilizar.

No olvides que también tendrías que elegir la luminaria más apropiada a cada caso concreto. Para ello habrías de consultar los catálogos online de los distintos fabricantes de luminarias técnicas.

Toda la información que necesitas la puedes buscar allí. No tienes más remedio que recurrir a ellos ya que cada luminaria, según como esté fabricada, modifica el flujo de la lámpara que lleva dentro. En tu caso, si te fijas en el enunciado del ejemplo, la luminaria se ha establecido de antemano, es un downlight.⁵



Figura 4. Imagen de la luminaria

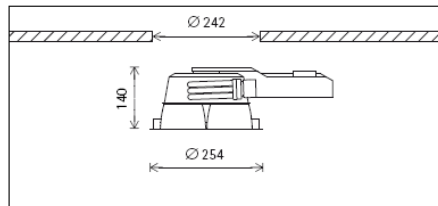


Figura 5. Dimensiones de la luminaria

22264.000 Reflector plateado
2 x TCTELI 32W GX24q3 **2400 lm** RE

→ Tipo de lámpara

Presta atención a los datos extraídos de la información del fabricante de la luminaria. Para saber el flujo que tiene la lámpara, recuerda que el flujo siempre viene expresado en lúmenes (lm), por tanto, busca un valor que acabe en lm.

Fíjate en que la luminaria tiene 2 lámparas cada una de ellas con un flujo de 2.400 lúmenes. En total, el flujo de las lámparas de cada luminaria es de: 2 x 2.400 = 4.800 lúmenes

1.1.6. Determina la altura de suspensión a la que vas a colocar las luminarias.

Generalmente, como es tu caso, la **altura de suspensión de las luminarias para locales de altura normal** será aquella que resulte de colocar las luminarias lo más alto posible:

	Altura de las luminarias
Locales de altura normal (oficinas, viviendas, aulas...)	Lo más altas posibles

Tabla 1. Altura de las luminarias en locales de altura normal⁶

Sin embargo, puedes tener otras situaciones, como pueden ser locales de altura elevada, en ese caso, si quieres determinar esa altura de suspensión puedes utilizar la siguiente tabla:

Locales con iluminación directa, semidirecta y difusa	Mínimo: $h = \frac{2}{3} \cdot (H - h')$	Óptimo: $h = \frac{4}{5} \cdot (H - h')$
Locales con iluminación indirecta	$d' \approx \frac{1}{5} \cdot (H - h')$	$h \approx \frac{3}{4} \cdot (H - h')$

Tabla 2. Altura de suspensión de las luminarias en locales de altura elevada⁷.

⁴http://www.erco.com/products/download/others/downloadaddat_3992/es/es_downloadaddat_dltut_1.php?aktion= startseite&sprache=e s&dir=27_specsheets/10_indoor_specsheet

⁵http://www.erco.com/products/download/others/downloadaddat_3992/es/es_downloadaddat_dltut_1.php?aktion= startseite&sprache=e s&dir=27_specsheets/10_indoor_specsheet

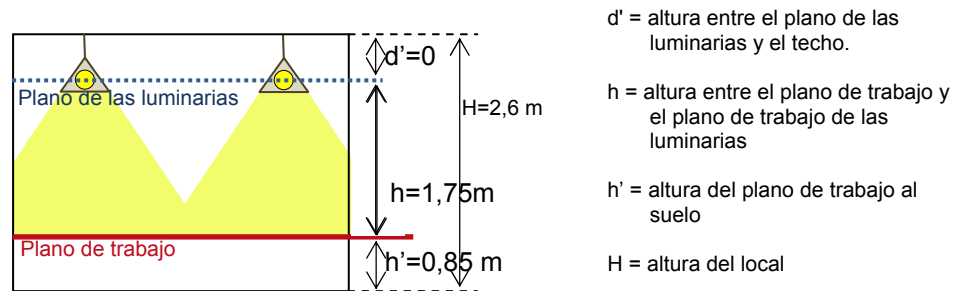
Puedes bajarte el pdf si quieres seguir el ejemplo con más precisión: Luminaria: Downlights CL Luminarias empotrables en el techo→es_1_erco_22264_000.pdf → Downlight CL para lámparas fluorescentes compactas

⁶ <http://edison.upc.edu/curs/llum/indice0.html>

⁷ <http://edison.upc.edu/curs/llum/indice0.html>

En tu caso, tu local es de altura normal por lo tanto intentarás colocar tus luminarias lo más altas posibles tal y como lo indica en la *Tabla 1*. Es más, si observas la *Figura 4*, verás en la imagen que tu luminaria va empotrada en el techo.

Hazte ahora un esquema con las distintas alturas a las que tienes los elementos en el aula. Sería un esquema como el que tienes a continuación en la *Figura 6*.



*Figura 6. Esquema de alturas del local*⁸

1.2. Calcula el coeficiente de utilización (Cu)

El coeficiente de utilización, nos indica la relación entre el número de lúmenes emitidos por la lámpara y los que llegan efectivamente al plano ideal de trabajo. [...] los fabricantes de luminarias proporcionan para cada modelo unas tablas [...], que son las denominadas tablas del factor de utilización. Este coeficiente será tanto más grande cuanto mayores sean los coeficientes de reflexión, mayores la altura y longitud y menor la altura del plano de trabajo. También, lógicamente, influirá si el alumbrado es directo o no, pues una distribución concentrada dirigirá la luz unitariamente hacia abajo, originando que una menor proporción de luz incida en las paredes y techos, obteniendo así una considerable mejora en el rendimiento de las instalaciones⁹.

El coeficiente de utilización, por tanto, se encuentra tabulado y es un dato que te lo debe facilitar el fabricante (las casas comerciales más importantes habitualmente nos proporcionarán tablas, a través de su página web).

En esas tablas encontrarás, para cada tipo de luminaria, los factores de iluminación en función de los coeficientes de reflexión y el índice del local. Si no se puedes obtener los factores por lectura directa en la tabla será necesario que interpolas. Como para deducir el coeficiente de utilización has de averiguar antes el índice del local y los coeficientes de reflexión de las superficies del aula, tendrás que calcularlos antes:

a. Calcula el índice del local (k)

El índice del local (k) se averigua a partir de la geometría de este. Utiliza los datos que están en el ejemplo sobre las dimensiones del local y que apuntaste en el apartado 1.1.1.

a = ancho; b = largo; h = altura

Sistema de iluminación	Índice del local
Iluminación directa, semidirecta, directa-indirecta y general difusa	$k = \frac{a \cdot b}{h \cdot (a + b)}$
Iluminación indirecta y semiindirecta	$k = \frac{3 \cdot a \cdot b}{2 \cdot (h + h') \cdot (a + b)}$

*Tabla 3. Cálculo del índice del local*¹⁰

En tu caso, si observas la *Figura 4*, por el tipo de luminaria que tienes, puedes advertir que lo que te dará es una iluminación directa (hacia abajo). Elige, pues, la fórmula que hace referencia a una iluminación directa (la que está marcada en rojo) y sustituye en ella los valores de tu local:

$$k = \frac{a \cdot b}{h \cdot (a + b)} = \frac{4 \cdot 6}{1,75 \cdot (4 + 6)} = 1,37$$

⁸ <http://edison.upc.edu/curs/llum/indice0.html>

⁹ <http://www.monografias.com/trabajos24/sistemas-iluminacion/sistemas-iluminacion.shtml>

¹⁰ <http://edison.upc.edu/curs/llum/indice0.html>

b. Cálculo de los coeficientes de reflexión.

Recuerda que la reflexión de la luz depende el tipo de material o superficie en el que incide, por tanto, no es lo mismo que los acabados de tu local sean de un material u otro en cuanto a la luz se refiere. Los coeficientes de reflexión de techo, paredes y suelo se encuentran normalmente tabulados para los diferentes tipos de materiales, superficies y acabado.

Si no dispones de ellos, puedes utilizar la siguiente tabla:

PINTURA/COLOR	COEF. REFL.	MATERIAL	COEF. REFL.
BLANCO	0.70-0.85	MORTERO CLARO	0.35-0.55
TECHO ACUSTICO BLANCO (según orificios)	0.50-0.65	MORTERO OSCURO	0.20-0.30
GRIS CLARO	0.40-0.50	HORMIGON CLARO	0.30-0.50
GRIS OSCURO	0.10-0.20	HORMIGON OSCURO	0.15-0.25
NEGRO	0.03-0.07	ARENISCA CLARA	0.30-0.40
CREMA, AMARILLO CLARO	0.50-0.75	ARENISCA OSCURA	0.15-0.25
MARRON CLARO	0.30-0.40	LADRILLO CLARO	0.30-0.40
MARRON OSCURO	0.10-0.20	LADRILLO OSCURO	0.15-0.25
ROSA	0.45-0.55	MARMOL BLANCO	0.60-0.70
ROJO CLARO	0.30-0.50	GRANITO	0.15-0.25
ROJO OSCURO	0.10-0.20	MADERA CLARA	0.30-0.50
VERDE CLARO	0.45-0.65	MADERA OSCURA	0.10-0.25
VERDE OSCURO	0.10-0.20	ESPEJO DE VIDRIO PLATEADO	0.80-0.90
AZUL CLARO	0.40-0.55	ALUMINIO MATE	0.55-0.60
AZUL OSCURO	0.05-0.15	ALUMINIO ANODIZADO Y ABRILLANTADO	0.80-0.85
		ACERO PULIDO	0.55-0.65

Tabla 4. Ejemplos de coeficientes de reflexión

Si te falta algún coeficiente, en su defecto puedes tomar: 0.5 para el techo, 0.3 para las paredes y 0.1 para el suelo.

En tu caso, si sustituyes los materiales que tenías en el ejemplo en la *Tabla 4*, los coeficientes de reflexión son:

Techo (acústico blanco)=0.5-0.65
 Paredes (blanco)= 0.7-0.85
 Suelo (gris oscuro)=0.1-0.20

En este momento, ya has establecido el índice del local ($k=1,37$) y los coeficientes de reflexión de las superficies del aula, por tanto, ya puedes averiguar el **coeficiente de utilización (C_u)**. Busca la tabla que te tiene que proporcionar el fabricante en la que estén esos valores:

Tabla de corrección

Techo	0.70	0.70	0.70	0.50	0	
Pared	0.70	0.50	0.20	0.20	0	
Suelo	0.50	0.20	0.20	0.10	0	
k	0.6	77	58	49	48	45
k	1.0	100	77	69	67	63
k	1.5	116	91	84	80	77
k	2.5	129	100	95	90	86
k	3.0	133	103	99	93	89

Tabla 5. Cálculo del coeficiente de utilización¹¹

La lectura directa no es posible, así que has de interpolar: $(100+116+91+77)/4=384/4=96$.

Como este valor es un porcentaje, en realidad, estamos hablando de: $C_u=0,96$

1.3. Determina el coeficiente de mantenimiento (C_m) o conservación de la instalación:

Este coeficiente hace referencia a la influencia que tiene en el flujo que emiten las lámparas el grado de limpieza de la luminaria. Dependerá, por consiguiente, del grado de suciedad ambiental y de la frecuencia de la limpieza del local.

Para determinarlo, suponiendo una limpieza periódica anual, puedes tomar los siguientes valores:

¹¹ http://www.erco.com/products/download/others/downloaddat_3992/es/es_downloaddat_dltut_1.php?aktion=_startseite&sprache=es&dir=27_specsheets/10_indoor_specsheet

Ambiente	Coefficiente de mantenimiento (C _m)
Limpio	0.8
Sucio	0.6

Tabla 6. Cálculo del coeficiente de mantenimiento¹²

En el aula se supone un ambiente limpio por lo que toma: C_m = 0,8

Con todos los datos que has averiguado, ya puedes calcular el **flujo luminoso total necesario**:

Para ello, aplica la fórmula vista anteriormente:

$$\Phi_T = \frac{E_m \cdot S}{C_u \cdot C_m} \quad \text{Ecuación 1. Definición del flujo luminoso que un determinado local o zona necesita.}$$

Sustituye los valores obtenidos:

$$\Phi_T = \frac{300 \cdot 4 \cdot 6}{0,97 \cdot 0,8} = \frac{7200}{0,776} = 9278,35 \text{ lúmenes}$$

El flujo luminoso total que necesitas en el aula es de 9.278,35 lúmenes.

2. Determina el número de luminarias que precisas para alcanzar el nivel de iluminación adecuado.

El número de luminarias, lo has de calcular según la *Ecuación 2*, que has visto anteriormente:

$$NL = \frac{\Phi_T}{n \cdot \Phi_L} \quad (\text{Valor que se redondea por exceso})$$

Ecuación 2. Cálculo del número de luminarias.

Recuerda que en el caso, tienes 2 lámparas por cada luminaria. Vuelve a la *Figura 4* para comprobarlo. De esta forma, si sustituyes en la ecuación anterior:

$$NL = \frac{\Phi_T}{n \cdot \Phi_L} = \frac{9278,35}{2 \cdot 2400} = 1,93 \approx 2$$

Es decir, en el aula tienes que colocar 2 luminarias que tienen 2 lámparas cada una en su interior.

3. Establece el emplazamiento de las luminarias.

Una vez has calculado el número mínimo de luminarias que necesitas tiene que proceder a distribuir las sobre la planta del aula, es decir, tendrás que averiguar la distancia a la que debes instalarlas para iluminarla uniformemente.

En los locales de planta rectangular, como es tu caso, si quieres una iluminación uniforme las luminarias se reparten de forma uniforme en filas paralelas a los ejes de simetría del local según las fórmulas¹³:

$$N_{\text{ancho}} = \sqrt{\frac{N_{\text{total}}}{b} \cdot a}$$

Ecuación 3.
Número de filas de luminarias a lo ancho (a) del local

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

Ecuación 4.
Número de columnas de luminarias a lo largo (b) del local

a = ancho del local (en m)
b = largo del local (en m)

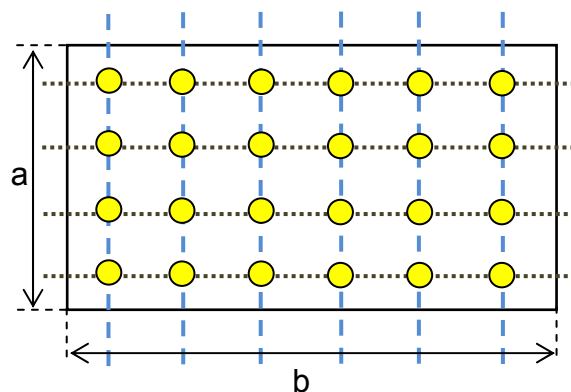


Figura 7. Distribución uniforme de luminarias

¹² <http://edison.upc.edu/curs/llum/indice0.html>

¹³ <http://edison.upc.edu/curs/llum/indice0.html>

$$N_{\text{ancho}} = \sqrt{\frac{1,93 \cdot 4}{6}} = 1,13 \approx 1 \rightarrow \text{número de filas de luminarias que tienes a lo ancho del local}$$

$$N_{\text{largo}} = 1,13 \cdot \left(\frac{6}{4}\right) = 1,70 \approx 2 \rightarrow \text{número de columnas de luminarias que tienes a lo largo del local}$$

Es importante que no olvides que las luminarias próximas a la pared necesitan estar más cerca para iluminarla (normalmente la mitad de la distancia a la que coloques el resto).

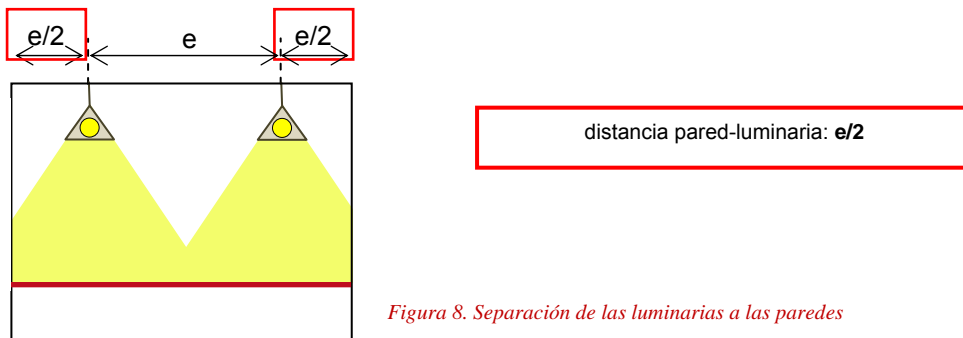


Figura 8. Separación de las luminarias a las paredes

Por lo tanto, el esquema de colocación de las luminarias que tienes en el aula, es el siguiente:

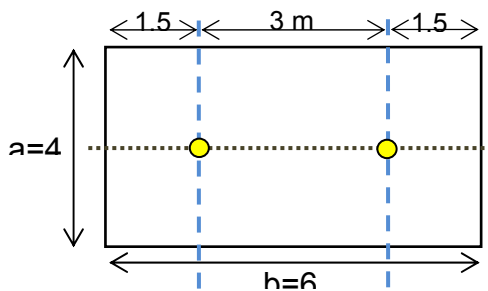


Figura 9. Distribución de luminarias en el aula

Un dato importante que no has de olvidar es que la distancia máxima de separación entre las luminarias dependerá del ángulo de la apertura del haz de luz y de la altura de las luminarias sobre el plano de trabajo¹⁴.

Las conclusiones sobre la separación entre las luminarias se pueden resumir como sigue¹⁵:

Tipo de luminaria	Altura del local	Distancia máxima entre luminarias
intensiva	> 10 m	$e \leq 1.2 h$
extensiva	6 - 10 m	$e \leq 1.5 h$
semiextensiva	4 - 6 m	
extensiva	$\leq 4 m$	$e \leq 1.6 h$

Tabla 7. Relación entre la altura del local y la distancia máxima entre luminarias¹⁶

En tu caso: $h=1,75 m$ y $e=3 m$.

$e \leq 1.6 h$ → Si sustituyes: $3m \approx 2,8m$ → Por lo que lo consideramos aceptable.

Si después de calcular la posición de las luminarias te encuentras que la distancia de separación es mayor que la distancia máxima admitida quiere decir que la distribución luminosa que has obtenido no es del todo uniforme. Esto puede deberse a que la potencia de las lámparas que has elegido al principio es excesiva.

En esos casos, conviene que rehagas los cálculos y pruebes a usar lámparas menos potentes, más luminarias o emplear luminarias con menos lámparas.

¹⁴ <http://edison.upc.edu/curs/llum/indice0.html>

¹⁵ <http://edison.upc.edu/curs/llum/indice0.html>

¹⁶ <http://edison.upc.edu/curs/llum/indice0.html>

4. Evalúa si el número de luminarias que has determinado antes es el correcto o no, gracias los puntos anteriores.

Por último, en este punto tienes que comprobar la validez de los resultados. Vuelve a la *Figura 2*. Recuerda que en ella se fijaba el nivel de iluminancia media que tenía que tener el aula.

Comprobar los resultados significa comparar la iluminancia media que has obtenido en la instalación diseñada *Figura 9* con la recomendada en la *Figura 2* y establecer si es igual o superior.

Sustituye los valores en la *Ecuación 5* y compáralos.

$$E_m = \frac{NL \cdot n \cdot \Phi_L \cdot C_u \cdot C_m}{S} \geq E_{tablas}$$

Ecuación 5. Comprobación del nivel de iluminancia media

$$E_m = \frac{2 \cdot 2 \cdot 2400 \cdot 0,97 \cdot 0,8}{4 \cdot 6} = 310,40 \geq 300 \Rightarrow \text{Cumple}$$

Al cumplir el nivel de iluminancia media significa que el número de luminarias que has instalado es correcto.

5. CIERRE

En este objeto de aprendizaje has utilizado el método de los lúmenes para calcular el número de luminarias necesario en un determinado zona o local que precise una iluminación uniforme, y también has aprendido a cómo distribuirlas. De esta manera, puedes evaluar, al final, si la luminaria y la lámpara que contiene proporcionan el nivel de iluminancia adecuado o no.

Para comprobar si has aprendido a calcular el número de luminarias, te proponemos el siguiente ejercicio:

Con el mismo enunciado, mantén la luminaria¹⁷. Cambia la altura del aula del local a 3,5 m. y el ancho a 10 m. Calcula el número de luminarias y determina si es aceptable o no.

Solución al ejercicio planteado:

$$\Phi_T = 21.844,66 \text{ lm}; NL = 5; N_{ancho} = 3; N_{largo} = 2; E_m = 329,6 \geq 300 \Rightarrow \text{Cumple}$$

6. BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

[A] Blanca Jiménez, Vicente, Aguilar Rico, Mariano. *Iluminación y color*. Ed. UPV, Valencia, 1995.

BIBLIOGRAFÍA RECOMENDADA

- [1] <http://edison.upc.edu/curs/llum/indice0.html>
- [2] De las Casas Ayala, José María; González González, Rafael; Puente García, Raquel: "*Curso de Iluminación integrada en la arquitectura*". Ed. Servicio de publicaciones del Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid. Madrid, 1991
- [3] Re. Vittorio: "*Iluminación externa*". Ed. Marcambo Boixaren. Barcelona, 1979.
- [4] *Manual de Alumbrado* de firmas comerciales como PHILIPS, WHESTIGHOUSE, INDALUX.
- [5] Puppo, Ernesto; Puppo, Giorgio Alberto, *Acondicionamiento natural y arquitectura. Ecología en arquitectura*, Ed. Marcambo Boixaren, Barcelona, 1971.
- [6] Instituto para la diversificación y ahorro de energía. "*Cuadernos de Gestión energética municipal*" Ed. IDAE. Madrid, 1989.
- [7] Asociación Nacional de fabricantes de luminarias. "Código de alumbrado interior" Ed. Anfalum. Madrid, 1981.
- [8] Taboada, J.A.: "*Manual OSRAM*". Ed. OSRAM. Madrid, 1975.

¹⁷ http://www.erco.com/products/download/others/downloaddat_3992/es/es_downloadat_dltut_1.php?aktion=_startseite&sprache=es&dir=27_specsheets/10_indoor_specsheet