

GUÍAS

Eficiencia Energética Iluminación

OFICINAS



www.idae.es



www.ceisp.com



Comité Español
de Iluminación



IDAE

Instituto para la Diversificación
y Ahorro de la Energía

**GUÍA TÉCNICA
EFICIENCIA
ENERGÉTICA
ILUMINACIÓN**

OFICINAS



GUIA IDAE 010: Guía Técnica *Eficiencia Energética en Iluminación. Oficinas*
Madrid, junio de 2019

Esta guía, que es una actualización de la publicada en el año 2001, tiene como objeto establecer una serie de pautas y recomendaciones en la selección de los sistemas de iluminación, luminarias, lámparas, equipos y sistemas de control, así como los criterios básicos de diseño y redacción de las especificaciones técnicas de las instalaciones de iluminación en oficinas.

Esta publicación es fruto del convenio de colaboración firmado entre el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) y el Comité Español de la Iluminación (CEI), para la redacción de 4 publicaciones, al objeto de contribuir a la difusión de técnicas y componentes para la mejora de la eficiencia energética en las instalaciones de iluminación, proponiendo para ello, a nuestro más justo criterio, soluciones avanzadas, de los mercados nacional e internacional, y mostrando aplicaciones relevantes a la actividad a la que cada publicación se dedica.

Esta publicación ha sido editada por el IDAE en formato digital. Se permite la reproducción, parcial o total, de la presente publicación, siempre y cuando se cite la fuente:

IDAE
Instituto para la Diversificación y el Ahorro de la Energía

Autores: IDAE y CEI
Coordinación y revisión: Departamento de Servicios y Agricultura del IDAE
Edita: IDAE
Diseño e Ilustraciones: Departamento de Comunicación del IDAE
Maquetación e impresión: Composiciones RALI S.A.

ÍNDICE

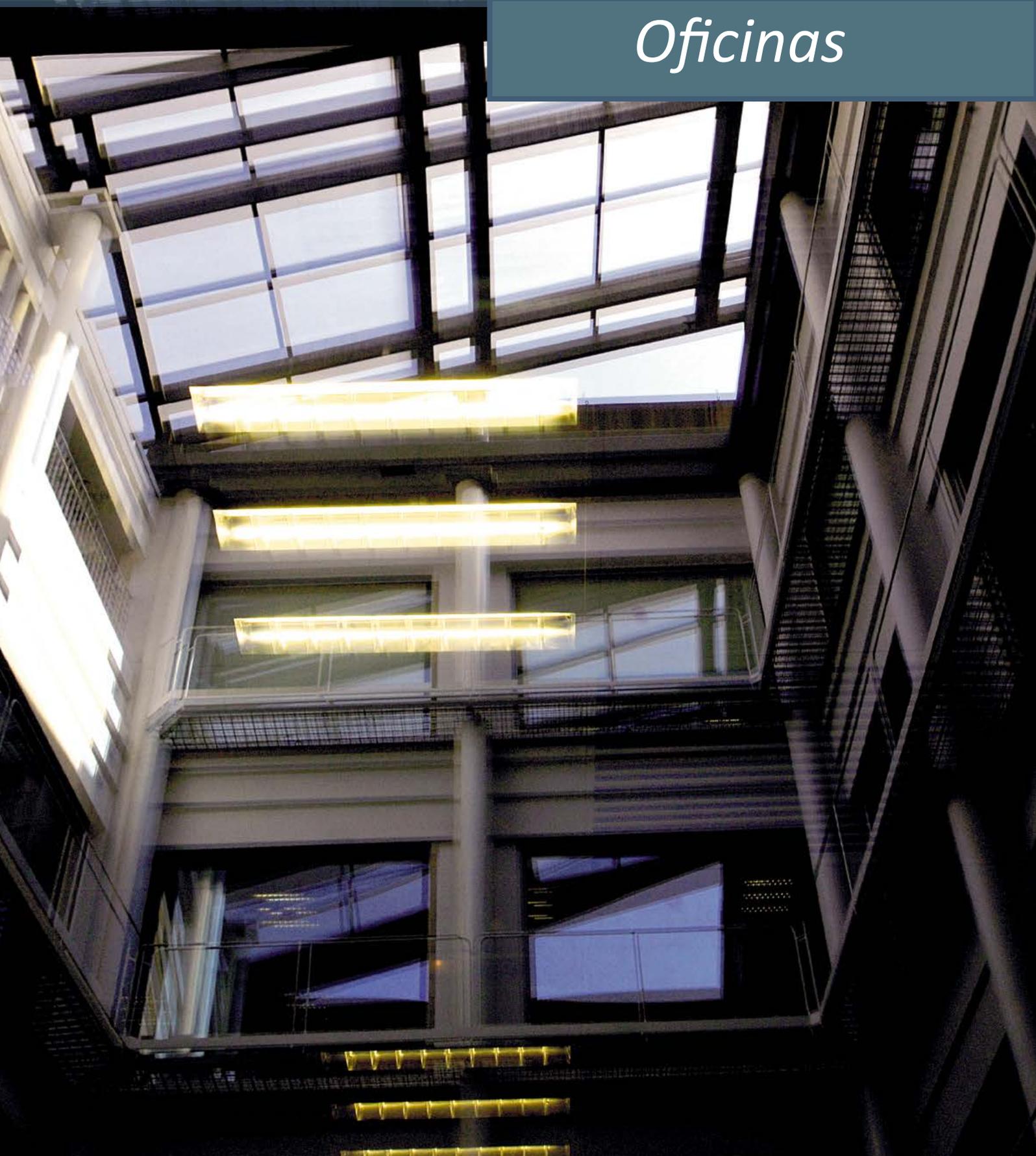
1. Introducción	9
1.1. Desarrollos históricos de la oficina.....	9
1.2. Diseño de la oficina	9
2. Objeto.....	13
3. Campo de aplicación	15
4. Clasificación de actividades: la segmentación de la oficina	17
4.1. Modelo del concepto de oficina	17
4.2. Las funciones de la oficina	18
4.3. Actividades especiales	27
5. Criterios de calidad y diseño	31
5.1. Iluminancia y uniformidad	31
5.2. Control del deslumbramiento	34
5.3. Modelado.....	38
5.4. Color	38
5.5. Ergonomía del puesto de trabajo.....	40
5.6. El alumbrado en relación con el deslumbramiento, seguridad y confort	46
6. Fuentes de luz	49
6.1. Generación de luz artificial.....	50
6.2. Características de las fuentes de luz	52
6.3. Familias de fuentes de luz	56
6.4. Equipos eléctricos auxiliares.....	77
7. Sistemas de iluminación	89
7.1. Alumbrado directo frente al indirecto	89

7.2. Sistemas de alumbrado. Alumbrado normal y de emergencia	91
7.3. Tipos de fuentes luminosas recomendadas	93
7.4. Tipos de equipos auxiliares recomendados.....	96
7.5. Tipos de luminarias recomendadas.....	97
7.6. Tipos de sistemas de regulación y control	103
7.7. Tratamiento de la iluminación decorativa.....	103
8. Parámetros de iluminación recomendados.....	105
8.1. Iluminancia.....	105
8.2. Uniformidad	107
8.3. Propiedades de color	107
8.4. Parámetros de iluminación recomendados para diferentes tipos de oficinas	107
9. Eficiencia de los sistemas de iluminación.....	113
9.1. Eficacia de lámparas recomendada	113
9.2. Rendimiento de luminarias recomendado.....	113
9.3. Consumo propio de equipos recomendado	115
9.4. Factores de reflexión recomendados.....	115
9.5. Coeficiente de utilización mínimo.....	115
10. Criterios de eficiencia energética en la instalación, explotación, mantenimiento, control y gestión energética	117
10.1. Maniobra y selectividad de la instalación	117
10.2. Sistemas de regulación y control	117
10.3. Mantenimiento.....	123
10.4. Gestor energético.....	129
11. Índice de eficiencia energética. CTE HE3.....	131
11.1. Impacto de la iluminación en el consumo energético global	131
11.2. Importancia del ahorro energético en iluminación	132
11.3. Eficiencia energética de una instalación de iluminación.....	135
11.4. Ciclo de vida de una instalación de iluminación	137
11.5. CTE HE3: exigencias energéticas en una instalación de iluminación.....	137
11.6. Caracterización y cuantificación de las exigencias.....	138
11.7. Verificación y justificación del cumplimiento de la exigencia	143
11.8. Cálculos.....	144
11.9. Caso práctico: planta de edificio destinada a oficina	146

12. Procedimiento para la realización de un proyecto energéticamente eficiente	151
13. Casos prácticos de proyectos de iluminación	153
14. Normativa y recomendaciones.....	161
15. Glosario de definiciones técnicas	165
16. Bibliografía y webs de interés.....	173
Bibliografía	173
Webs de interés	173

Eficiencia energética en iluminación

Oficinas



1 Introducción

1.1. Desarrollos históricos de la oficina

En nuestra industrializada sociedad la tendencia hacia más trabajadores de oficina y menos obreros en fábricas es bastante clara. Aunque existe una disparidad en las cifras de personas que trabajan en oficinas, lo cierto es que la inclinación es a aumentar la proporción entre los trabajadores de oficinas y los de la industria. Lighting Europe (antigua CELMA) estima que, de la población mundial ocupada, el porcentaje de personas que trabajan en oficinas duplica al que trabaja en la industria.

La evolución de esta sociedad de oficinas no ha tenido lugar sin la aparición de nuevas ideas, donde lo que predomina es crear un ambiente humano. En su mayor parte estas ideas estaban influenciadas por el impulso económico, como, por ejemplo, la necesidad de incrementar la eficiencia y el desarrollo de una nueva tecnología para oficinas, con sus requisitos inherentes a procesos de información.

1.2. Diseño de la oficina

En los años ochenta la introducción del ordenador en prácticamente todas las áreas profesionales revolucionó el modo de trabajar en la oficina. En la actualidad el tiempo de ocupación de una estación de trabajo en la oficina ha descendido hasta el 5%, lo que se traduce en un claro desaprovechamiento de las instalaciones. La era digital en la que hemos entrado permite contemplar nuevos conceptos de oficinas en términos no ya espaciales, como celular o planta abierta, sino en operacionales, como equipo, combinación o simplificación. Unas instalaciones de oficinas tan flexibles que podrían ahorrar hasta el 50% del espacio y aumentar la productividad en más del 40%.

Casi todos los empleados utilizan ahora un ordenador en actividades como el tratamiento de textos, las bases de datos, las hojas de cálculo o el dibujo. Junto con el ordenador, las impresoras y los plóteres han ido entrando en escena para sustituir progresivamente al papel y al lápiz, del mismo modo, el papel carbón ha sido reemplazado por las fotocopias. Además de usar los servicios de correo y mensajería, también enviamos mensajes por fax y por correo electrónico. En muchas ocasiones ya no es necesario que empleados que trabajan en diferentes ciudades o incluso países se desplacen para reunirse, pudiendo hacerlo mediante vídeo conferencia.

Además de las instalaciones técnicas, las de soporte han visto igualmente aumentar su presencia. Ahora se han generalizado las salas de reunión y debate, a menudo provistas de sofisticados equipos de presentaciones, las dotaciones de archivos y las comodidades de servicios de cafetería. Observando esta evolución sorprende lo poco que ha cambiado el concepto espacial de la oficina.

Incluso ahora el modelo de la oficina celular es el más habitual, y la planta abierta, la alternativa más relevante. La mayor parte del día una inmensa parte del espacio de la oficina permanece desocupada.

La oficina celular

Originalmente la oficina no era más que una sala de trabajo en la que una persona se podía retirar para desarrollar sus actividades escritas y recibir visitas. El carácter de la oficina deriva del entorno doméstico. Radicalmente distinta al entorno de la fábrica, la oficina es una zona de lujo, comparable a un despacho en una casa particular. La posesión de una oficina propia, en principio, se reservaba a los directores o profesionales de alto rango. Una sala particular enseguida adquiere el significado de poder.

La oficina de planta abierta

Es la completa antítesis de la oficina celular. Se trata de una estructura totalmente diáfana con plena libertad de distribución. En 1922, Ludwig Mies van de Rohe la definió de esta manera: «Es un edificio de trabajo, organización, claridad, economía, espacio, luz, múltiples plantas, funcional, sin divisiones, estructurado como el organigrama de la compañía». Si la oficina celular se fundamenta en el confort y la categoría, la de planta abierta está basada en los principios de la eficiencia.

La oficina de equipo

La oficina de equipo es uno de los primeros intentos de crear una síntesis de los modelos celular y de planta abierta. En este tipo de oficinas el interés se centra en las unidades organizativas con sus propios conjuntos de tareas, prestando atención tanto a las relaciones laborales como a los vínculos sociales entre los componentes del equipo.

Los nuevos conceptos de oficinas: combi y simplificada

Hay buenos ejemplos de organizaciones que han tirado por la borda sus modelos fijos de oficinas para aplicar métodos estructurales a sus lugares de trabajo.

En este caso, los propios usuarios han desarrollado conceptos nuevos. Todavía novedoso, el concepto combi establecido en Escandinavia, a diferencia de los conceptos tradicionales, presta más atención a la comunicación y a las instalaciones comunitarias. Una variante del concepto combinado es el concepto simplificado. Más que un concepto de oficina es una filosofía de gestión. El lema es la simplificación. Con ello se quiere indicar que cada empleado tiene una gran responsabilidad individual. De hecho, cada empleado funciona con gran independencia sobre la base de la integración del trabajo más que sobre su distribución. Los empleados hacen lo máximo por sí mismos: las llamadas telefónicas, la administración, comunicación, y la limpieza de sus propios escritorios. En realidad, cada empleado dirige su propia empresa.

En la práctica parece como si la implantación del concepto combi supusiera un cambio de cultura para organizaciones. Una gran sala sigue siendo vista como símbolo de nivel social, como

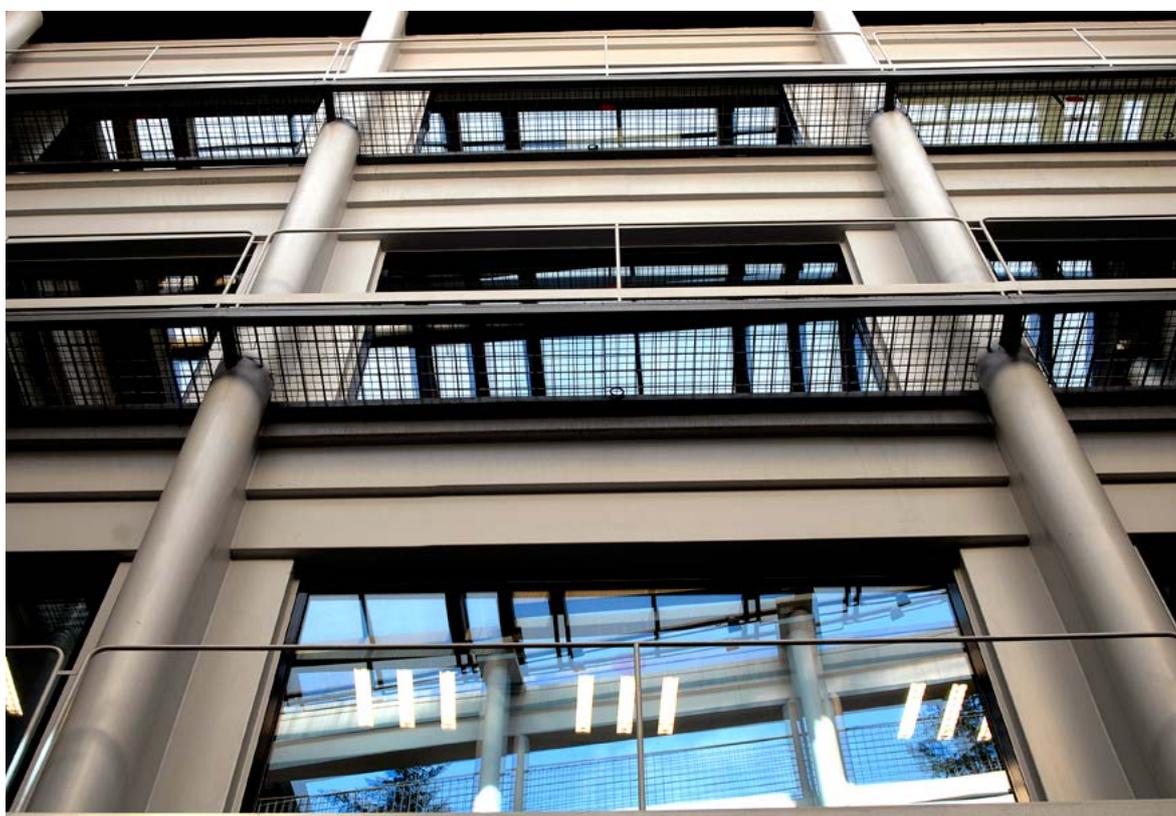
una confirmación de la posición jerárquica del empleado. El concepto de combi no posee estas connotaciones de categoría, y se contempla exclusivamente desde el punto de vista funcional. Básicamente todos los empleados tienen acceso a las mismas instalaciones, y las pueden utilizar siempre que sea necesario. Cada uno de los puestos no es más que una parte de las instalaciones. No sorprende que este concepto se haya desarrollado en los países escandinavos, de sobra conocidos por el carácter democrático de sus relaciones laborales, y se haya extendido a toda Europa.

Desde el punto de vista energético, según los datos publicados por Lighting Europe, el potencial de ahorro energético en alumbrado interior es muy elevado.

Si partimos de la situación del año 1970, en el que el alumbrado interior estaba basado fundamentalmente en luminarias con difusor opal, balasto electromagnético y lámpara fluorescente luz día de 38 mm e incorporando la utilización de nuevas luminarias con sistemas ópticos de elevado rendimiento, lámparas fluorescentes de 16 mm, balastos electrónicos, sistemas de control de presencia y aprovechamiento de la luz natural, el ahorro energético en el alumbrado interior podría alcanzar el 75%.

Centrándonos únicamente en el caso del alumbrado de oficinas, y sin volver nuestra mirada a los años setenta, el potencial de ahorro actual en el alumbrado de oficinas seguirá siendo muy importante. Además, desde el punto de vista medioambiental, supondría una considerable reducción de las emisiones de CO₂ a la atmósfera.

Para conseguirlo es muy importante la utilización de iluminación eficiente, mediante luminarias de alto rendimiento, que incorporen equipos de bajo consumo y lámparas de alta relación lumen/vatio, unidas al uso de sistemas de regulación y control adecuados a las necesidades del local a iluminar, lo que permitirá tener unos buenos niveles de confort sin sacrificar la eficiencia energética.



2 Objeto

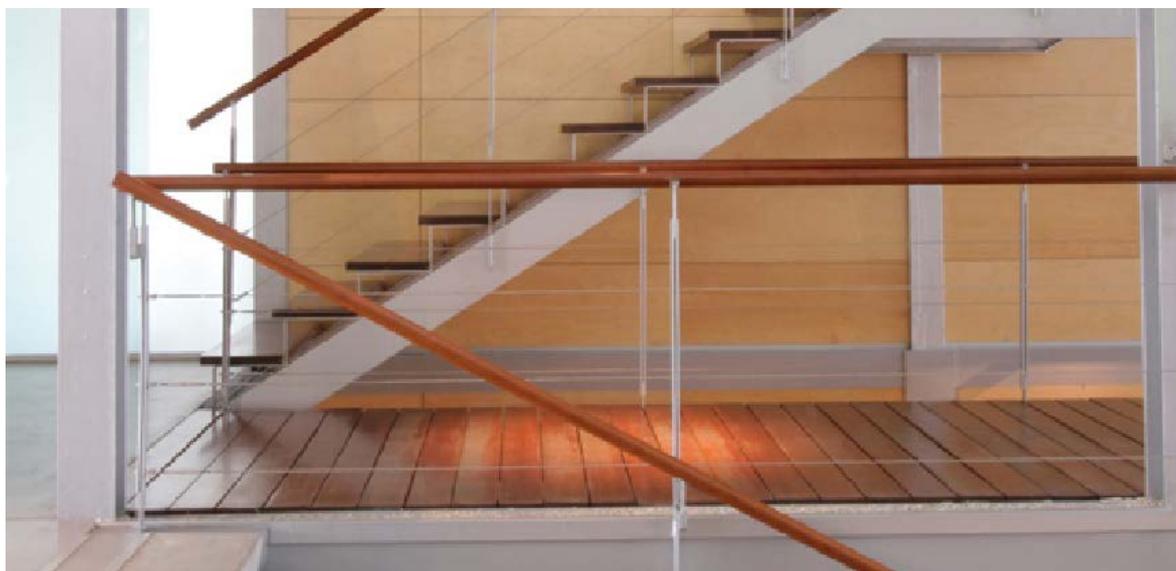
El objeto de esta guía es establecer una serie de pautas y recomendaciones para ayudar a los técnicos responsables de diseñar, proyectar o redactar las especificaciones técnicas de instalaciones de iluminación en oficinas, en su tarea de establecer los criterios de calidad, a satisfacer por las mismas, seleccionando los sistemas de iluminación, luminarias, lámparas, equipos y sistemas de control, así como los criterios básicos de diseño de dichas instalaciones, con la finalidad de:

- ✓ Cumplir con las recomendaciones de calidad y confort visual.
- ✓ Crear ambientes agradables y confortables para los usuarios de las instalaciones.
- ✓ Racionalizar el uso de la energía con instalaciones de la mayor eficiencia energética posible.

Para ello se pretende establecer un procedimiento a seguir por el técnico, en las fases de diseño, cálculo, selección de equipos y estudio energético y económico de alternativas, así como para los aspectos de mantenimiento y explotación de la instalación, desde el punto de vista de la eficiencia y ahorro energético.

Esta guía facilita una visión de los principios básicos del alumbrado y de las exigencias en la iluminación de oficinas.

Un buen alumbrado de un edificio de oficinas será aquel que proporcione la luz adecuada, durante el tiempo adecuado y en el lugar adecuado. Esto hará que los trabajadores que se encuentran en él puedan realizar su trabajo eficientemente y sin grandes esfuerzos o fatigas visuales. Además, un buen alumbrado puede realzar un ambiente agradable y contribuir a la creación de atmósferas diferentes, adecuadas a las múltiples tareas que hoy día se llevan a cabo en las oficinas.



3 Campo de aplicación

El ámbito de esta guía técnica lo constituyen todos aquellos edificios, o conjunto de los mismos, en los que se desarrollen trabajos de oficina, y comprende desde pequeñas oficinas privadas o despachos de profesionales hasta las grandes superficies de las multinacionales o Administración.

Locales destinados a oficinas los encontraremos tanto en edificios de la administración pública como de las empresas privadas, algunos de los cuales se detallan a continuación:

- ✓ Administración general, autonómica y local.
- ✓ Universidades y escuelas.
- ✓ Bancos y sucursales bancarias.
- ✓ Organizaciones de servicios.
- ✓ Organizaciones de transportes.
- ✓ Oficinas de pedido.
- ✓ Oficinas de atención al cliente.
- ✓ Agencias publicitarias.
- ✓ Despachos de arquitectos.
- ✓ Consultorías.
- ✓ Ingenierías.
- ✓ Editoriales de noticias tanto de TV como de periódicos.
- ✓ Servicios jurídicos y financieros.

Dentro de estos edificios se encuentran locales, que, por la finalidad de las empresas, se adecuarán a diferentes modelos de trabajo, a saber:

▶ Oficinas tipo colmena	
Actividades visuales altas	Salas de CAD/revisión de planos Editoriales
Actividades visuales medias	Administración Gerencia Contabilidad En general, tareas de escritura y lectura

▶ Oficinas celulares	
Actividad visual alta	
Actividad visual media	

▶ Oficinas tipo club	
Actividad visual alta	
Actividad visual media	
Actividad visual baja	

▶ Lobby	
Actividad visual media	Biblioteca
Actividad visual baja	Pasillos Hall Ascensores Cafeterías Comedores Aparcamientos

Tabla 1. Modelos de trabajo.

4 Clasificación de actividades: la segmentación de la oficina

Según un modelo de concepto de oficina, las áreas de trabajo se clasificarían en cinco grupos funcionales. El modelo constituye después la base para definir, en términos sencillos, los sistemas y equipos de iluminación precisos para satisfacer todas las necesidades de la organización en cuestión.

Este mismo modelo simplifica la identificación de tendencias en el mundo de las oficinas, y puede servir de guía para especificar los componentes físicos. A continuación, se ilustran las consecuencias que tienen estas tendencias en los sistemas y niveles de iluminación.

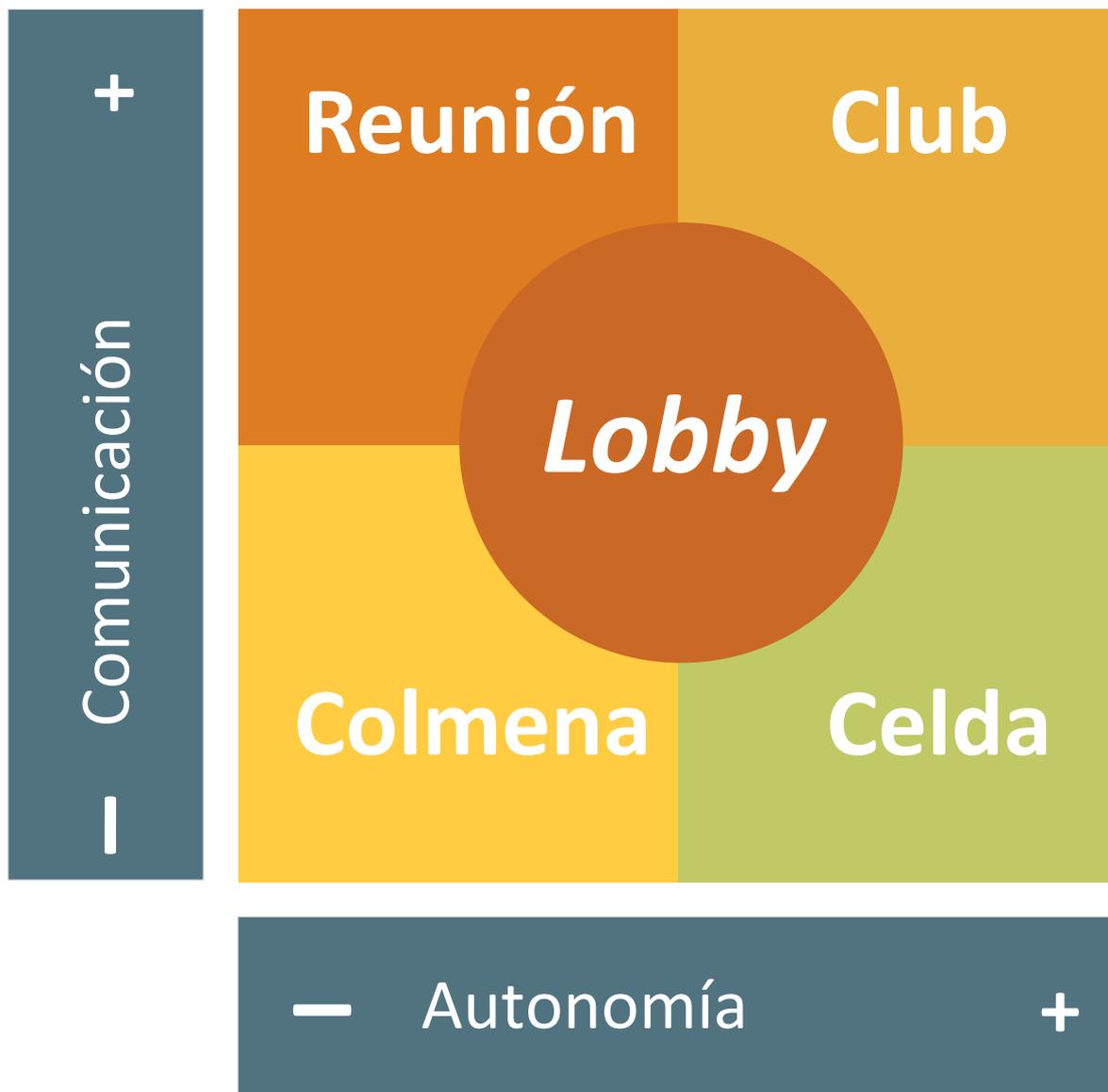
La velocidad de adaptación y el dinamismo son factores clave de las organizaciones modernas, al mismo tiempo afectan a los conceptos de oficina, también en continua evolución. Es importante que la iluminación empleada en una oficina soporte el concepto implantado, o, en otras palabras, los conceptos de oficina y las tendencias implicadas han de ser perfectamente entendidos por los proveedores del sistema de iluminación. En cualquier caso, se trata de un proceso bidireccional, y no es menos importante que los encargados de definir el concepto estén informados de las necesidades de iluminación de los trabajadores que la ocupan.

4.1. Modelo del concepto de oficina

Las oficinas⁽¹⁾ se pueden organizar, estructurar y amueblar de muy diversas maneras. El concepto que se adopte en una oficina concreta dependerá en gran medida de la organización en cuestión, de la autonomía de los empleados (trabajo en solitario o en equipo), la autonomía del departamento, y la importancia y el impacto requerido de las comunicaciones internas y externas.

En el estudio llevado a cabo por BRE (Building Research Establishment) se han comparado numerosos conceptos de oficina diferentes de todo el mundo, e identificado una serie de patrones. En consecuencia se propone un modelo conceptual en el que se definen cinco funciones de oficinas básicamente distintas: colmena, celular, reunión, club y *lobby*.

⁽¹⁾ En la presente revisión de esta publicación, se ha decidido mantener las definiciones establecidas para la clasificación de los diferentes tipos de oficinas que, con base en la función desarrollada en ellas, se definieron en la anterior edición (año 2001).



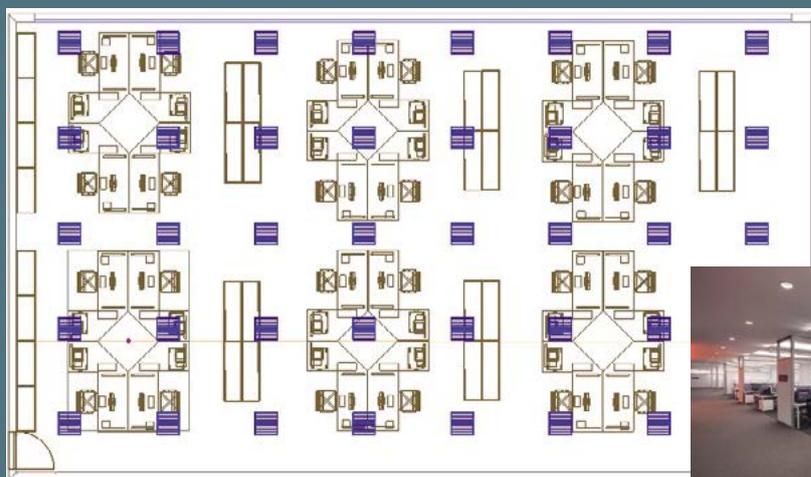
Identificación de las 5 funciones básicas en el concepto de oficinas.

4.2. Las funciones de la oficina

4.2.1. Colmena

La función colmena se caracteriza por el trabajo individual, de procesos sistemáticos, y por el carácter repetitivo de los mismos. En general los empleados disponen de una autonomía limitada, confirmada por la estructura jerárquica de la organización. La comunicación entre los individuos no es en absoluto esencial, ya que todos tienen su responsabilidad limitada y sus tareas claramente definidas. Ejemplos típicos son las oficinas de administración, las de atención o información al público y las salas de operaciones de los bancos. Las distribuciones arquetípicas son la planta abierta y la planta abierta con cabinas. La infraestructura de este tipo de oficina se orienta a la creación de puestos de trabajo con el mínimo gasto posible.

Oficina tipo colmena



Distribuciones arquetípicas: planta abierta y planta abierta con cabinas.

La infraestructura se orienta a la creación de puestos de trabajo con el mínimo gasto posible.

Ejemplos típicos: oficinas de administración, atención al público, salas de operaciones de los bancos.

► Actividad visual y espacio

Debido a las dimensiones que tienen este tipo de oficinas, los niveles de iluminación que se recomiendan serán más elevados que los correspondientes a oficinas de dimensiones más pequeñas y procurando que los planos verticales de las paredes no queden oscuros, evitando que si durante las horas en las que contamos con aporte de luz natural, las paredes próximas a lados acristalados tendrán este nivel asegurado, no ocurra lo mismo con los lados opuestos a las ventanas, debido a las grandes dimensiones de la sala.

Dentro de este tipo de oficinas podremos distinguir entre aquellas que tengan:

Necesidades visuales altas:

- ✓ Salas de delineación/comprobación y revisión de planos.
- ✓ Editoriales.
- ✓ Trabajos con papeles satinados.
- ✓ Tareas de escritura y lectura tradicional.

En ellas deberemos tener especial precaución en alcanzar los niveles de iluminación requeridos para la realización de la tarea sin grandes esfuerzos visuales. Evidentemente no solo dependerá de la instalación de alumbrado, sino de los acabados en paredes, mobiliarios y demás componentes del local.

Las grandes dimensiones del local hacen que se deba prestar especial atención a la selección de las luminarias en lo que respecta a los posibles deslumbramientos, tanto directos como por reflexiones.

En este sentido la distribución de los puestos de trabajo respecto a las luminarias y las ventanas, debe ser tenida en cuenta en el diseño de la oficina.

Necesidades visuales medias:

- ✓ Trabajo de lectura y escritura en ordenador.

En este tipo de oficina se ha de tener precaución especial en que no se produzcan deslumbramientos molestos en las pantallas de los ordenadores (iluminación de puestos de trabajo con equipo de pantalla de visualización-EPV). Sin embargo, los niveles de iluminación se recomiendan algo menores que en la escritura y lectura sobre papel, ya que esta reducción ayudará al ojo a una mejor adaptación a la pantalla.

Se ha de considerar si realmente se realizan o no tareas de escritura y lectura sobre papel, ya que muchas veces, para llegar a plasmar en un ordenador las ideas o dibujos, se trabaja primero sobre material impreso. Se ha de procurar entonces la instalación de luminarias locales que puedan ser encendidas en aquellos momentos en que un mayor nivel de iluminación sea requerido.

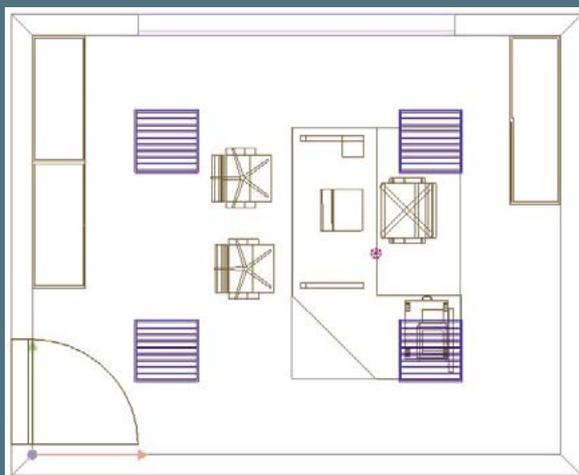
El aporte de luz natural, usado convenientemente, proporcionará a la oficina un ambiente agradable, pero se tendrá que asegurar la ausencia de brillos molestos, mediante la incorporación de persianas o cortinas. Con un buen diseño del edificio se puede llegar a utilizar, durante gran parte del día, la iluminación natural que, junto con un adecuado sistema de control del alumbrado artificial, dará como resultado grandes ahorros energéticos.

4.2.2. Celular

La oficina de tipo celular acoge empleados que desarrollan un trabajo individual que requiere un grado relativamente alto de concentración. La necesidad de comunicación entre compañeros no es demasiado importante. Las oficinas celulares están, por lo tanto, orientadas a favorecer la concentración de la gente en el trabajo. La inversión en infraestructura es considerablemente más alta que en el concepto colmena.

Las oficinas comerciales y de seguros, las organizaciones de servicios y, por supuesto, los directivos hacen uso de este tipo de oficinas. Cuanto más alto es el grado de autonomía del oficinista mayores son las posibilidades de que la función celular se combine con otras (especialmente con la función reunión). Las dimensiones de las celdas normalmente se ajustan a las de uno o dos módulos prefabricados característicos.

Oficina tipo celular o celda



Orientadas a favorecer la concentración de los empleados.

Inversión en infraestructura considerablemente más alta que en el concepto colmena.

Ejemplos típicos: oficinas comerciales y de seguros, organizaciones de servicios y los directivos.

► Actividad visual y espacio

Dentro de este tipo de oficinas podremos distinguir entre aquellas que tengan:

Necesidades visuales altas:

- ✓ Salas de delineación/comprobación y revisión de planos.
- ✓ Editoriales.
- ✓ Trabajos con papeles satinados.
- ✓ Tareas de escritura y lectura tradicional.

En ellas deberemos tener especial precaución en alcanzar los niveles de iluminación requeridos para la realización de la tarea sin grandes esfuerzos visuales. Al contrario que en las oficinas tipo colmena, el tamaño normalmente reducido de las oficinas celulares hace que no aparezcan brillos molestos directos en el campo de visión de los trabajadores. Respecto a los brillos reflejados por trabajos en superficies satinadas, se ha de procurar conocer los planos de trabajo antes de realizar el diseño de la iluminación, de cara a una adecuada selección y colocación de las luminarias.

Necesidades visuales menores:

- ✓ Trabajo de lectura y escritura en ordenador.

Se ha de tener precaución especial a que no se produzcan deslumbramientos molestos en las pantallas de los ordenadores, sin embargo, dado el tamaño relativamente reducido de estas salas es probable que dichas molestias no se produzcan.

El aporte de luz natural, usado convenientemente, proporcionará a la oficina un ambiente agradable, pero se tendrá que asegurar la ausencia de brillos molestos mediante la incorporación de persianas o cortinas. La orientación y el diseño arquitectónico del edificio pueden colaborar al aprovechamiento de la iluminación natural durante gran parte de la jornada laboral, que, junto con un adecuado sistema de control del alumbrado artificial, dará como resultado grandes ahorros energéticos.

En cualquier caso, el apagado total de las luminarias puede producir un efecto desagradable como el que se percibe en la imagen adjunta, en la que puede verse el brillo causado por la luz natural que procede de las ventanas cuando las luminarias están apagadas. Este efecto disminuirá en la medida en que se cierren las cortinas o lamas exteriores, perdiendo en este caso el gran aporte de luz natural, o bien en la medida en que mediante iluminación regulable proporcionemos suficiente cantidad de luz procedente del plano superior.

Brillo de luz natural

El brillo causado por la luz natural, cuando las luminarias están totalmente apagadas, puede producir un efecto desagradable.

Disminución de este efecto:

Mediante iluminación regulable podremos proporcionar suficiente cantidad de luz procedente del plano superior.

Con el cierre de cortinas o lamas exteriores se pierde gran aporte de luz natural.



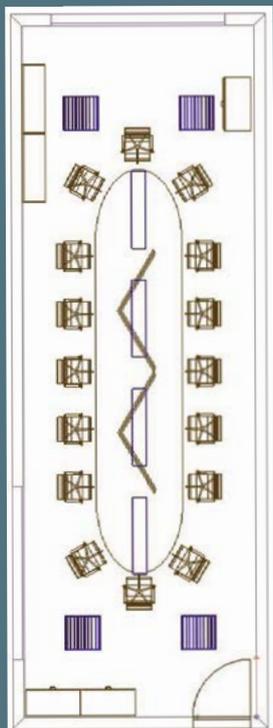
4.2.3. Reunión

Casi todas las organizaciones de oficinas cuentan con áreas expresamente dedicadas a la función de reunión.

En estas zonas lo esencial es la comunicación interna de los equipos (en ocasiones constituidos con carácter temporal). El carácter puede considerarse como exclusivo y la autonomía de la reunión y

los participantes como variables. La infraestructura está optimizada para la tarea de comunicación. Esta función no se limita únicamente a las salas de reuniones especiales: las mesas de recepción, las salas de conferencias (incluidas las de videoconferencias) y la mesa de conferencias de unas instalaciones más pequeñas también forman parte de la función reunión de las oficinas.

Oficina tipo reunión



Infraestructura optimizada para la tarea de comunicación interna de los equipos.

Con carácter exclusivo, autonomía de la reunión y número de participantes variables.

Esta función no se limita únicamente a las salas de reuniones especiales: mesas de recepción, salas de conferencias y videoconferencias, y la mesa de conferencias de unas instalaciones más pequeña, también forman parte de la función de reunión de las oficinas.

► Actividad visual y espacio

Lo esencial en lo que se refiere a la actividad visual en las salas de reuniones es la posibilidad de una comunicación clara, es decir, que los rostros de los asistentes a las reuniones se vean con el suficiente modelado para apreciar sus gestos. Una iluminación demasiado difusa (p. ej: solo luz indirecta) o una iluminación demasiado dramática (p. ej: proporcionada por lámparas dicroicas) pueden imposibilitar una buena comunicación al impedirnos distinguir los gestos con claridad.

Por otro lado, se ha de proporcionar al espacio la suficiente flexibilidad en el alumbrado para que las tareas que se llevarán a cabo en la sala se realicen según el grado de la actividad visual:

- ✓ Conversación.
- ✓ Proyección de diapositivas.
- ✓ Proyección de vídeo.
- ✓ Lectura de documentos.

También se deberá tener en cuenta la iluminación de los paramentos verticales en los que, normalmente, se encontrarán sobre ellos cuadros, fotos o incluso noticias de interés.

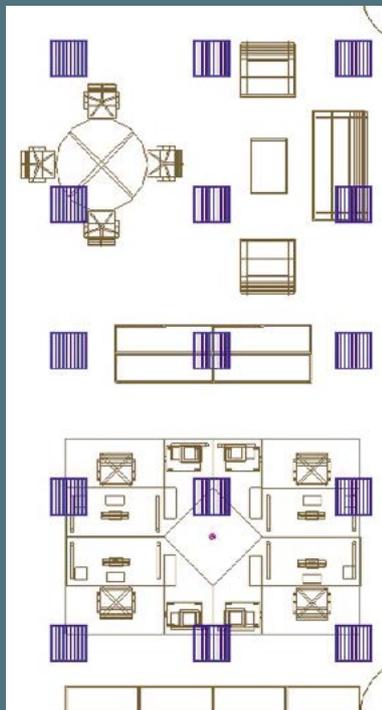
Sin duda, las pizarras, presentes en prácticamente todas las salas de reuniones, se han de tratar con especial atención, dado que el plano a iluminar es vertical y en muchas ocasiones con un alto índice de reflexión, lo que puede hacer irrealizable la tarea de leer lo escrito sobre él si no se tienen en cuenta la posición y el tipo de luminaria utilizada para su iluminación.

En este tipo de oficina el sistema de control del alumbrado no está solo destinado a un posible uso energéticamente eficaz del mismo, sino a la posibilidad de sacar el mayor beneficio posible a las salas de reunión. Esto implica un estudio detallado de las necesidades en cada proyecto.

4.2.4. Club

El concepto de función club se ha introducido recientemente en las organizaciones de oficinas. Una de sus características es la integración de las tareas de comunicación y trabajo concentrado. Este modelo se suele caracterizar por la responsabilidad compartida de los trabajadores en el rendimiento de su departamento. Como nunca hasta ahora había sucedido, los equipos se reúnen físicamente (en ocasiones temporalmente) para trabajar en proyectos multidisciplinarios. Aunque la comunicación es esencial, también juega como factor importante la capacidad del individuo para concentrarse, razón por la cual la infraestructura del modelo club presenta «escritorios de concentración» en ambientes tranquilos. El concepto club está orientado a dinamizar el trabajo y la comunicación en un ambiente optimizado. La distribución típica de las oficinas tipo club es la de la planta abierta de escala media con integración de las de reunión y concentración, también conocidas como oficinas tipo «CoCon» (comunicación/concentración).

Oficina tipo club



El concepto club está orientado a dinamizar el trabajo y la comunicación en un ambiente optimizado.

Distribución típica: planta abierta de escala media con integración de las oficinas tipo «CoCon» (integración de las de comunicación «reunión»/concentración).

Las actividades realizadas en este tipo de oficinas son una combinación de las realizadas en las tipo colmena y tipo salas de reunión.



► Actividad y espacio visual

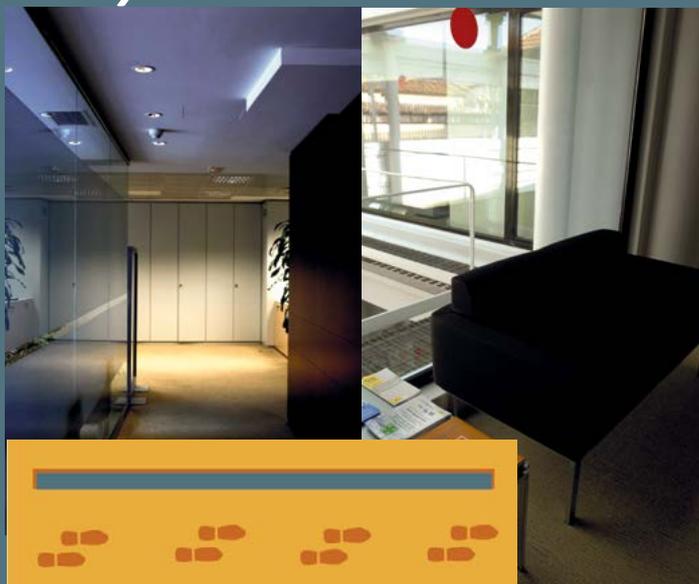
En lo referente a las actividades que se realizan en este tipo de oficinas vemos que es una combinación de lo expresado en la oficina tipo colmena y las salas de reunión. En lo que se refiere a la flexibilidad, ver lo expresado en la sala de reunión, en lo referido a los posibles problemas de deslumbramiento directo y posibles brillos reflejados en las pantallas, se ha de tratar como en las oficinas tipo colmena.

Evidentemente, debido a la diversidad de las tareas a realizar en las salas y teniendo en cuenta que muchas de estas organizaciones tratarán con los clientes en este espacio, se procurará un alumbrado decorativo y atractivo, que asegure por un lado la realización de las tareas, así como la confortabilidad de sus usuarios. Los sistemas de control se utilizarán tanto para la adaptación del local a las diferentes tareas como para asegurar un ahorro energético. Se han de tener en cuenta los diversos espacios e iluminarlos de forma independiente.

4.2.5. Lobby

La función *lobby* está presente en todos los edificios de oficinas. En este caso la importancia de la comunicación es escasa. El área sirve de canal de transporte entre varias salas y departamentos. El *lobby* es un espacio compartido por todos los empleados y, en ocasiones, tiene una función representativa. Además, los pasillos, ascensores y escaleras, la recepción, el vestíbulo, la biblioteca y, en ocasiones, la zona de descanso y la cafetería también pueden formar parte del *lobby* de un edificio de oficinas.

Lobby



La función *lobby* está presente en todos los edificios de oficinas.

En este caso la importancia de la comunicación es escasa.

La zona sirve de canal de transporte entre varias salas y departamentos.

Espacio compartido por todos los empleados y con función representativa.

Pasillos, ascensores y escaleras, la recepción, el vestíbulo, la biblioteca y, en ocasiones, la zona de descanso y la cafetería también pueden formar parte del *lobby* de un edificio de oficinas.

► Actividad y espacio visual

Por definición, dentro del tipo *lobby* encontramos lugares de actividad visual baja:

- ✓ Pasillos.
- ✓ *Hall*.
- ✓ Comedores.
- ✓ Cafeterías.
- ✓ Zonas de espera y paso.
- ✓ Aseos.
- ✓ Archivos.

En lo referido a vestíbulos, pasillos y escaleras, se debe tener en cuenta que para muchas oficinas son como las tarjetas de visita, pues es una de las zonas que más clientes visitan y de las que se llevan una grata o desagradable impresión de la empresa. La iluminación debe ser, por tanto, acorde a la imagen que se quiera dar de la oficina, prestando especial atención a elementos decorativos que se deseen destacar.

Por otro lado, los pasillos anexos a las zonas de trabajo, aun cuando podríamos iluminarlos con niveles bajos, deberemos incrementarlos para que los contrastes entre dichas zonas no sean excesivos.

En las escaleras lo más importante es evitar accidentes por tropiezo en los escalones. Si los tramos de escaleras son muy largos se puede usar la propia barandilla para iluminar desde esta los peldaños que forman la escalera en caso de tramos pequeños, se iluminarán desde los descansillos, evitando por un lado el deslumbramiento e intentando realizar una iluminación que proporcione un cierto modelado para distinguir el escalón con claridad.

En los aseos hay dos puntos fundamentales:

Los espejos, en los que la iluminación debe ser capaz de modelar el rostro de la persona, y las fuentes de luz a utilizar, que deben proporcionar una buena reproducción del color.

La instalación en los aseos de detectores de presencia o temporizadores permitirá obtener un ahorro energético importante.

Dentro de la zona tipo *lobby* también podremos encontrar unas mayores necesidades visuales, como en el caso de:

- ✓ Biblioteca o salas de lectura.

La biblioteca puede abarcar desde una simple sala de lectura con estanterías en algunas de sus paredes hasta las más complejas instalaciones de documentación y consulta.

El área de lectura requerirá un nivel adecuado para ello, manteniendo la uniformidad en el espacio destinado a la tarea. La iluminación de las estanterías ha de tener en cuenta que lo importante en este caso es la iluminación del plano vertical que nos permita distinguir con claridad el libro o la documentación que se está buscando.

En espacios de bibliotecas muy grandes, se puede gestionar el alumbrado de los pasillos mediante detección de presencia. Teniendo en cuenta que si la zona de lectura es adyacente a dichos pasillos, tendremos que asegurar que el contraste entre la zona de tarea y el fondo no sea mayor que 1:10, de modo que lo que se propondría en este caso es la regulación a un mínimo establecido en función del área y que se incrementaría automáticamente al máximo en el momento en que se detecte la presencia de alguien que busca un libro.

4.3. Actividades especiales

Podemos definir como oficinas especiales aquellas en las que se realiza una actividad con exigencias de iluminación distintas a las habituales. Entre estas podemos resaltar aquellas en las que trabajan personas discapacitadas o en las que encontramos pantallas colocadas con ángulos de inclinación superiores a los 30°.

Algunas oficinas pueden ser específicamente diseñadas para personal discapacitado. En estos casos será necesario un nivel de luminancia inferior o superior al normal, motivado por los problemas de visión de los empleados.

Las personas con dificultades en la audición a menudo dependen de la comprensión de los gestos o de la lectura de los labios, por lo que es necesario que las caras aparezcan perfectamente iluminadas. La iluminación debe proveer del modelado suficiente para que el movimiento de los labios sea percibido sin dificultad.

En el caso de personas con graves problemas de visión es fundamental, más que incrementar el nivel de iluminación en sí, asegurar una uniformidad muy elevada en los niveles de iluminación para que no tengan problemas de sombras y no sufran mareos. En estos edificios es muy importante tratar las áreas de paso, como pasillos y escaleras, con niveles superiores a los referidos en esta guía.

En el caso de oficinas con gran presencia de pantallas, como puede ser una central monitorizada, es esencial realizar un estudio detallado de las posiciones de las luminarias respecto a los monitores, para que la visión de los mismos por los usuarios no sea perturbada por reflexiones.

4.4. Valoración del tiempo anual de la actividad

A la hora de valorar el tiempo de uso de las instalaciones, tendremos que tener en cuenta el tipo de organización a la que pertenecen las oficinas que se estudian.

Cuanto mayor sea el tiempo de ocupación, más posibilidades tenemos de conseguir un ahorro energético al implantar un sistema eficiente de iluminación y una adecuada gestión del mismo.

Para una actividad normal, las horas de trabajo anuales en una oficina pueden estimarse en 2.580, quedando reducidas a 1.550 horas anuales si se utilizan sistemas de control y regulación (CIE 97 de 2005).

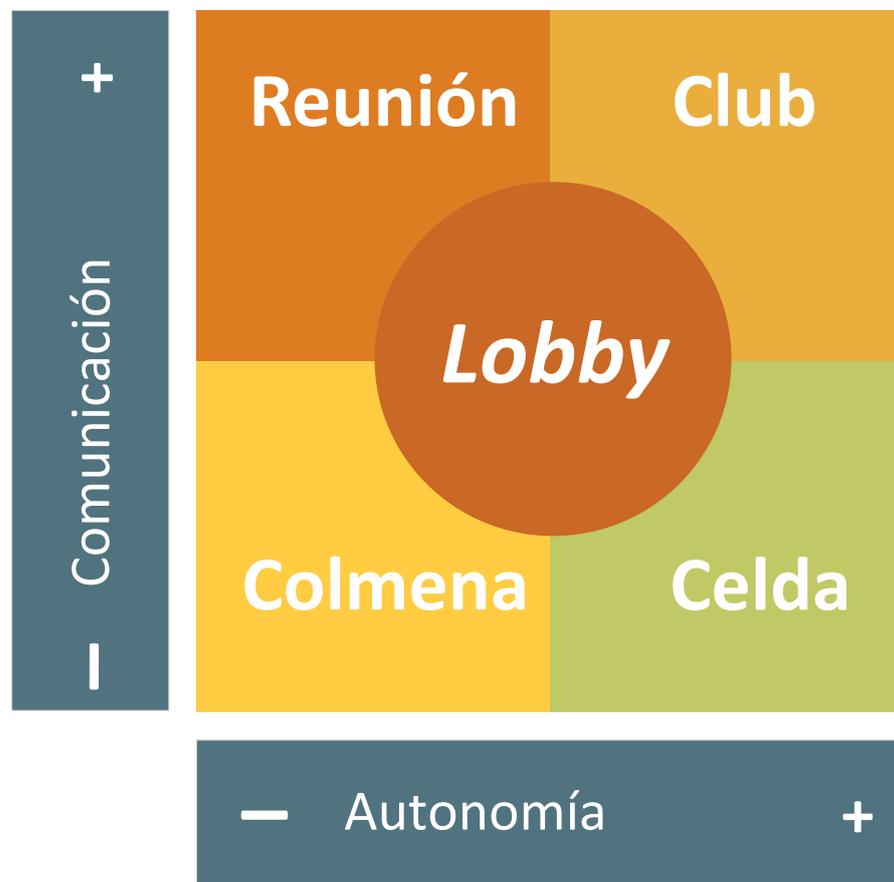
Evidentemente a estas horas laborables se ha de añadir el tiempo de limpieza y mantenimiento del edificio, para el cual se necesita tener la luz encendida, si bien puede no ser necesaria en su totalidad. Se podría realizar la limpieza por áreas, manteniendo el resto del edificio apagado, o bien con un nivel de iluminación regulado en función de la tarea de limpieza o mantenimiento que se realice.

La mayoría de las zonas comunes se pueden gestionar mediante detectores de presencia o pulsadores temporizados, ya que su uso es esporádico durante toda la jornada laboral, por lo que se podrán conseguir importantes ahorros.

4.5. Tendencia en los conceptos de oficina

En las dinámicas organizaciones de hoy en día observamos un claro alejamiento de la estructura funcional de proceso hacia una configuración integrada. Esta idea implica que los departamentos individuales tradicionales de orientación «profesional», tales como administración, compras, logística o soporte técnico, se integran ahora en el núcleo de la organización del negocio. También advertimos una tendencia hacia los lugares de trabajo dentro de una oficina, compartidos por varios empleados (menos puestos de trabajo que empleados: «la oficina flexible»). Todo esto exige nuevas formas de trabajo y, en consecuencia, una infraestructura de oficina diferente en lo que se refiere a ocupación, tipos de puestos de trabajo y asignación de lugares por individuos.

Como consecuencia de todos estos cambios observamos un desplazamiento del concepto de oficina colmena (y en un menor grado, también del tipo celular) hacia los conceptos de club y reunión. En la práctica se traduce en el abandono de los conceptos en que primaba la máxima reducción de gastos, a favor de aquellos en los que los costes se contemplan con vistas a crear las mejores condiciones de trabajo para optimizar el rendimiento laboral. La renovada importancia de los diferentes conceptos de oficinas se ilustra en la figura siguiente.



Tendencias en el modelo de oficinas.

Una de las primeras organizaciones en asumir el modelo de oficina tipo club fueron los bancos. Sus espacios públicos abiertos pueden, de hecho, considerarse como el arquetipo de oficina tipo club: el mostrador abierto se utiliza para las transacciones sencillas, una mesa a la vista para los contratos de pólizas y una zona aislada para tratar cuestiones personales o financieras. El empleado del banco puede elegir el tipo de puesto que mejor se adapte a cada una de las operaciones en cada momento. Este ejemplo demuestra que la imagen suele tener una importancia capital en el concepto tipo club.

En este moderno concepto la infraestructura está optimizada para múltiples tareas. El intercambio de información de carácter general puede realizarse en un entorno acogedor, las reuniones formales en las salas concebidas para ello y las tareas cotidianas de despacho e informática, en mesas expresamente destinados para el efecto. Como la comunicación es esencial, la moderna oficina tipo club exhibe un carácter abierto, y parte de la planta está diseñada para dicha actividad.



5 Criterios de calidad y diseño

5.1. Iluminancia y uniformidad

Se entiende por iluminancia o nivel de iluminación a la cantidad de flujo luminoso (lúmenes) que, emitido por una fuente de luz, llega vertical u horizontalmente a una superficie, dividido por dicha superficie, siendo su unidad de medida el lux.

Unidad: lux = lm/m².

Símbolo: E.

► Nivel de iluminancia

El nivel de iluminancia debe fijarse en función de:

- ✓ El tipo de tarea a realizar (necesidades de agudeza visual).
- ✓ Las condiciones ambientales.
- ✓ Duración de la actividad.

Según el tipo de actividad las iluminancias a considerar serán:

- ✓ Horizontales.
- ✓ Verticales.
- ✓ Cilíndricas medias.

La iluminancia media (E_m) estará definida por el valor medio del sumatorio de puntos de la rejilla de cálculo que nos permitan verificar los valores del área de trabajo, área circundante inmediata y área de fondo.

Para establecer los valores de la iluminancia media en un plano (en el caso de oficinas, uno de los planos sobre los que se estudia este nivel medio es el plano de trabajo de las mesas), se adaptará un plano horizontal paralelo al suelo y a una altura de 0,8 m.

El número mínimo de puntos a considerar estará en función de las dimensiones del local, generando una rejilla de celdas cuadradas con una relación longitud/anchura comprendida entre 0,5 y 2.

Los valores típicos de espaciado son (UNE-EN 12464-1):

Longitud del área (m)	Distancia máxima entre los puntos de rejilla (m)	Número mínimo de puntos de rejilla
0,4	0,15	3
0,6	0,2	3
1	0,2	5
2	0,3	6
5	0,6	8
10	1	10
25	2	12
50	3	17
100	5	20

Tabla 2. Valores de espaciado.

En otros planos de tarea, como pueden ser un plano inclinado de una mesa de trabajo, un cuadro o una pizarra en un plano vertical, los puntos donde establecer la media aritmética se tomarán en función del tamaño de la tarea y de la distancia de la o las luminarias a la misma.

Resulta obvio indicar que el grado de rendimiento visual y, con él, la sensación de bienestar (o satisfacción visual) experimentado por un trabajador de oficina dependen directamente de la calidad y el nivel de alumbrado existente.

► Uniformidad de iluminancias

Las uniformidades horizontales y verticales serán función de los valores de iluminancia media, mínima y máxima, obtenidas de cada matriz de puntos definidos en el plano horizontal o vertical.

La relación de uniformidades a utilizar para valorar cada plano de cálculo es:

Uniformidad media (U_o) = Iluminancia mínima ($E_{mín}$) / Iluminancia media (E_m);

$U_o = E_{mín} / E_m$.

► Iluminancia cilíndrica media

Para una buena comunicación visual y el reconocimiento facial en un espacio en el que se mueven o trabajan personas, es necesario que el volumen del citado espacio esté iluminado. Esto se satisface proporcionando una iluminancia cilíndrica media mantenida (iluminancia del plano vertical media E_z) que no debe ser menor de 50 lux, con una $U_o \geq 0,10$ en un plano horizontal a una altura

determinada (por ejemplo, 1,2 m para personas sentadas y 1,6 m para personas de pie sobre el suelo).

En la iluminación de oficinas, el valor de E_z no debe ser menor de 150 lux, con una $U_o \geq 0,10$.

Tipo de interior, tarea y actividad	E_m (lux)	UGRL	U_o	R_a	Requisitos específicos
Archivo, copias, etc.	300	19	0,4	80	
Escritura, escritura a máquina, lectura, tratamiento de datos	500	19	0,6	3	Trabajos en EPV ⁽²⁾
Dibujo técnico	750	16	0,7	5	
Puestos de trabajo de CAD	500	19	0,6	6	Trabajos en EPV
Salas de conferencias y reuniones	500	19	0,6	8	La iluminación debería ser controlable
Mostrador de recepción	300	22	0,6	10	
Archivos	200	2	0,4	12	

Tabla 3. Parámetros de iluminación de alumbrado de oficina recogidos en la UNE-EN 12464-1.

► Relaciones de luminancia

En principio, la cantidad de luz en el sentido de adaptación del ojo a la tarea debería especificarse en términos de luminancia. La luminancia de una superficie mate es proporcional a la iluminación o nivel de iluminación sobre dicha superficie.

Cuando el ojo explora una tarea se adapta a la luminancia de la misma. Si el ojo abandona la tarea y mira a un área de diferente luminancia, deberá adaptarse a esta, y si retrocede a la tarea original, ha de volver a adaptarse. A fin de ser capaz de ver los detalles de la tarea visual con rapidez y exactitud bajo circunstancias prácticas, las diferencias de luminancia dentro del campo de visión no deberán ser excesivamente elevadas.

Al mismo tiempo, el entorno visual total en una oficina deberá ser tal que permita a los músculos del ojo el margen completo de enfoque y apertura. Por esta razón, y para evitar la creación de un entorno monótono, debe existir una variación en las luminancias del campo de visión del trabajador.

El confort visual queda afectado negativamente por un exceso de grandes diferencias de la luminancia en las zonas del campo de visión.

La necesidad de evitar un exceso de grandes diferencias de luminancia significa, en primer lugar, evitar el deslumbramiento directo e indirecto de las luminarias, ventanas, etc.

⁽²⁾ EPV = equipo con pantalla de visualización.

5.2. Control del deslumbramiento

En general el deslumbramiento es un efecto no deseado en el diseño y práctica de la iluminación.

El deslumbramiento se puede producir de forma directa por lámparas, luminarias y ventanas o por reflexión producida por superficies de alta reflectancia (brillantes) que puedan estar en el campo de visión del observador.

El grado de deslumbramiento directo admisible en el campo visual del observador está en función del tipo de actividad que se realiza en el local.

Para validar la idoneidad de las luminarias para la actividad a desarrollar, se utiliza el criterio C.I.E. en su publicación 117 UGR (índice de deslumbramiento unificado), que sirve para la valoración y limitación del deslumbramiento directo en locales interiores proveniente de luminarias.

Los sistemas de valoración anteriores analizaban la luminaria, con el UGR se analiza el deslumbramiento en una instalación para cada posición concreta del observador.

Para obtener un valor exacto se aplica la fórmula:

$$UGR = 8 \log_{10} ((0,25 / L_b) * S (L^2 * \omega / p^2))$$

donde:

L_b = luminancia de fondo (cd/m²);

L = luminancia de las partes luminosas de cada luminaria en la dirección del ojo del observador (cd/m²);

ω = ángulo sólido trazado por las partes luminosas de cada luminaria en el ojo del observador (estereorradián);

p = índice de posición para cada luminaria, que se relaciona con el desplazamiento de la zona de visión para cada luminaria).

El valor resultante está comprendido entre 10 y 30. Cuanto más bajo, menor será el deslumbramiento.

Se puede obtener un valor de UGR no tan exacto utilizando las tablas de deslumbramiento UGR estándar. Estas tablas proporcionan el valor UGR calculado para diferentes situaciones estándar de la luminaria seleccionada.

UGR (Unified Glare Rating): índice de deslumbramiento unificado



El deslumbramiento se puede producir de forma directa por lámparas, luminarias y ventanas o por reflexión producida por superficies de alta reflectancia (brillantes) que puedan estar en el campo de visión del observador.

El grado de deslumbramiento directo admisible en el campo visual del observador está en función del tipo de actividad que se realiza en el local.

Con el UGR se analiza el deslumbramiento en una instalación para posición concreta del observador.

El control de deslumbramiento se puede lograr mediante la distribución idónea de puestos de trabajo y utilización de sistemas de apantallamiento con regulación en ventanas y claraboyas.

UGR.

La norma UNE-EN 12464-1 establece el valor de referencia UGR para un local en función de su tipo de actividad. Los programas de planificación luminotécnica permiten un cálculo exacto del índice UGR para una posición definida del observador dentro de un local. Los valores de UGR para las distintas zonas de una oficina están recogidos en la tabla 9.

El deslumbramiento debido a la luz natural (ventanas) no tiene que ser un inconveniente para intentar su máximo aprovechamiento, tanto por el ahorro energético que se puede obtener como por el beneficio psicológico que aporta el contacto con el entorno.

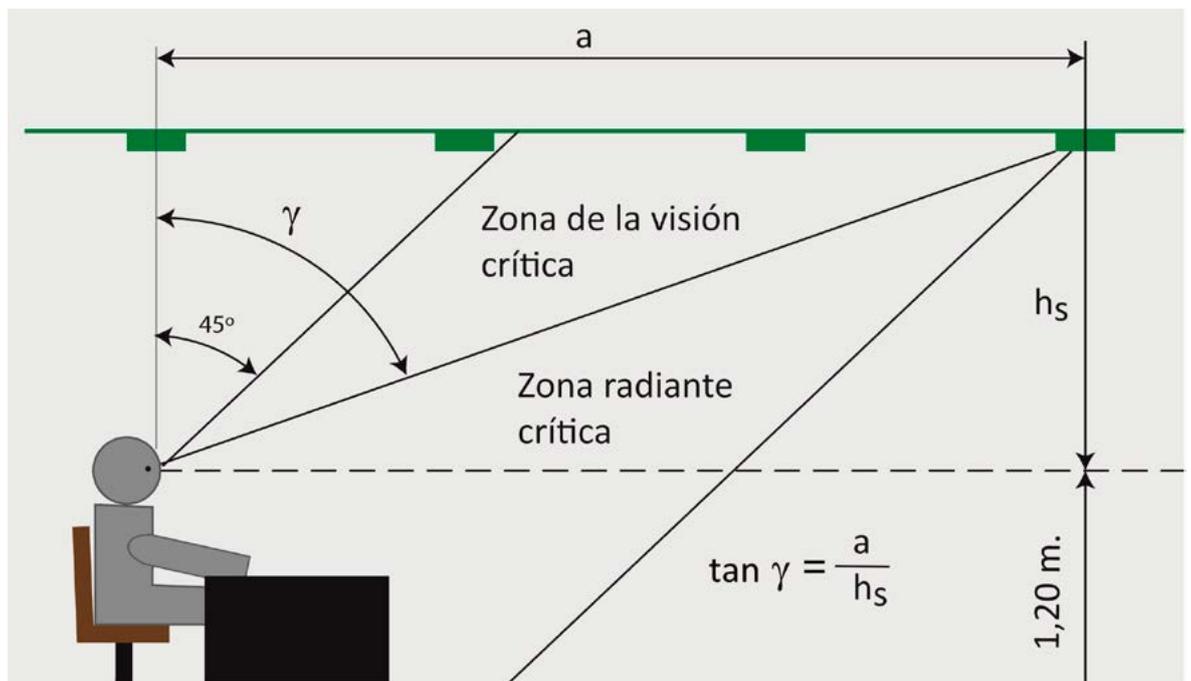
El control de este deslumbramiento se puede lograr mediante la distribución idónea de puestos de trabajo, etc., y utilización de sistemas de apantallamiento con regulación en ventanas y claraboyas (lamas, persianas, cortinas, etc.).



Apantallamientos.

En la imagen siguiente se define la zona angular medida a partir de un eje vertical desde la luminaria hacia abajo, dentro del cual es más probable que se produzca deslumbramiento.

Para condiciones normales de visión, los ángulos críticos abarcan la gama de 45° a 85° (excepto en el caso de que las dimensiones del local sean tales que la luminaria más lejana sea solo visible bajo un ángulo más pequeño).



Zona en la que las luminarias tienen que cumplir lo establecido, en cuanto al límite de luminancia, para la reducción del deslumbramiento molesto.

► Deslumbramiento reflejado y reflexiones de velo

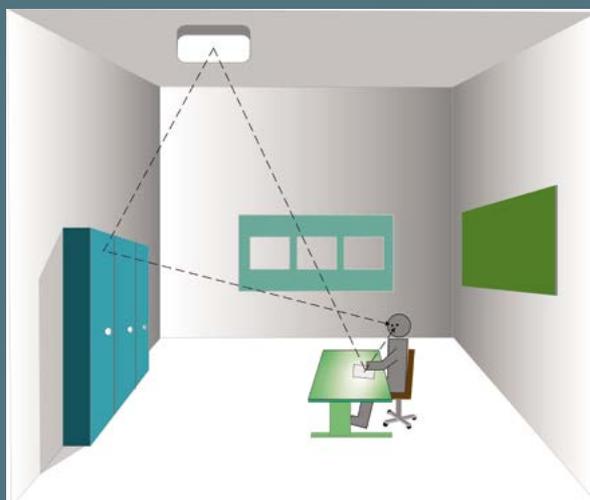
La luz de una fuente luminosa reflejada hacia los ojos de un observador, desde la tarea que contenga una superficie satinada o semimate (como, por ejemplo, escritura a mano con lápiz), puede disminuir la visibilidad de la tarea y producir una sensación de incomodidad. Esto es debido a que el deslumbramiento reflejado así creado ensombrece la tarea y reduce el contraste en la misma.

El deslumbramiento reflejado está influido, en gran medida, por el color y acabado de las superficies que aparecen en el campo de visión del trabajador, por lo que es recomendable que todas las superficies (del local y mobiliario) dispongan de un acabado mate que evite los reflejos molestos.

Deslumbramiento reflejado y reflexiones de velo

El deslumbramiento reflejado está influido, en gran medida, por el color y acabado de las superficies que aparecen en el campo de visión del trabajador.

Es recomendable que todas las superficies (del local y mobiliario) dispongan de un acabado mate que evite los reflejos molestos.



5.3. Modelado

Es la capacidad del alumbrado para revelar forma y textura de un modo claro y agradable. Procurar un buen modelado es especialmente importante con tareas de oficina que impliquen comunicación entre personas.



Capacidad del alumbrado para revelar forma y textura de un modo claro y agradable

Luz incidente sobre un objeto demasiado difusa → Modelado ligero y sensación de falta de relieve

Componente direccional muy fuerte → Modelado duro y las sombras deformarán los rasgos

Obtenemos un modelado aceptable cuando la relación entre iluminancia vertical y horizontal es superior a 0,25 en las principales direcciones visuales del observador.

Modelado.

Cuando la luz incidente sobre un objeto es demasiado difusa, el modelado es ligero y tendremos la sensación de falta de relieve. Por otro lado, si la componente direccional es muy fuerte, el modelado es duro y las sombras deformarán los rasgos característicos de las personas.

Obtenemos un modelado aceptable, cuando la relación entre iluminancia vertical y horizontal es superior a 0,25 en las principales direcciones visuales del observador.

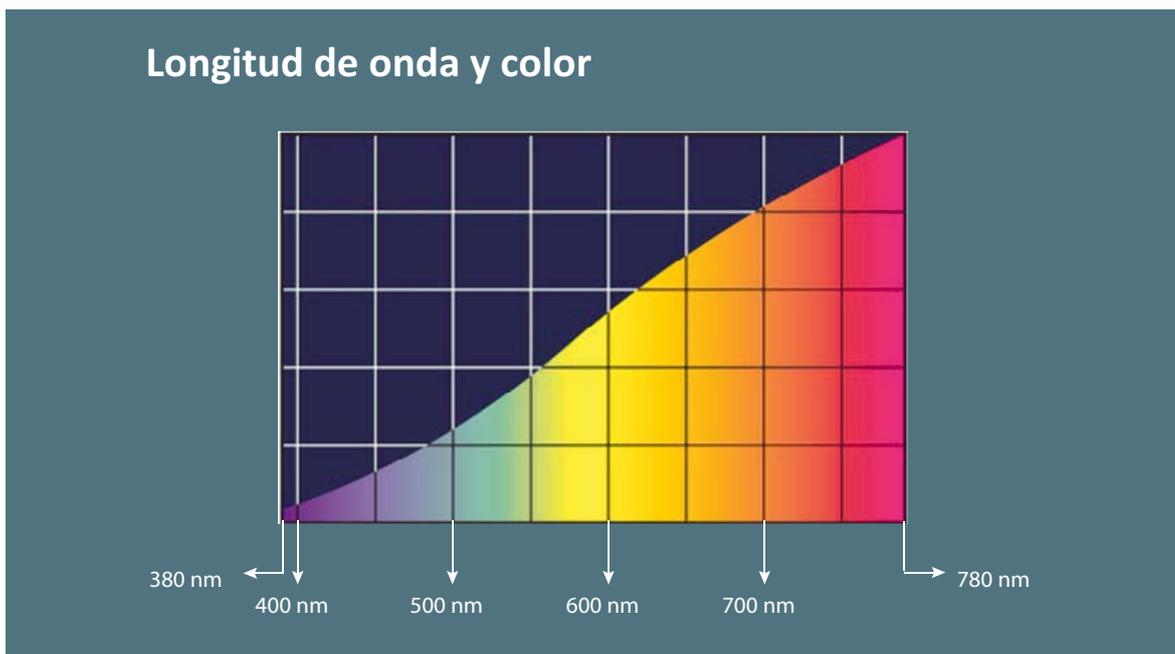
5.4. Color

El color de un espacio o local iluminado artificialmente dependerá de la lámpara seleccionada y concretamente de dos parámetros de las fuentes luminosas:

- ✓ Índice de reproducción cromática (Ra).
- ✓ Temperatura de color (K).

El índice de reproducción cromática (Ra) de una fuente de luz indica su capacidad para reproducir con fidelidad los colores de los objetos que ilumina.

La temperatura de color (K) es la impresión de color recibida cuando miramos a la propia fuente de luz.



Longitud de onda y color.

Tanto la apariencia de color como el rendimiento en color de una fuente de luz son completamente dependientes de la distribución espectral de la luz emitida. Una indicación de la apariencia de color puede obtenerse a partir de su temperatura de color. Cuanto más baja sea la temperatura de color, más «cálida» será la luz, y cuanto más alta sea, más azulada o «fría» será la luz que nos proporciona esa fuente.

Aunque la percepción y las preferencias del color varían con el clima, la zona geográfica, la edad o la personalidad, hay un acuerdo universal en llamar «colores cálidos» a los amarillos, rojos y púrpuras, y «colores fríos» a los verdes y azules, denominando «colores neutros» a los grises.

Para seleccionar una fuente de luz según los criterios de reproducción cromática recomendados para un espacio o local, se utilizará la siguiente tabla:

Tono de luz, temperatura de color	Tipo de actividad o de iluminación
Tonos cálidos < 3.300 K	Entornos decorados con tonos claros Áreas de descanso Salas de espera Zonas con usuarios de avanzada edad Áreas de esparcimiento Bajos niveles de iluminación
Tonos neutros 3.300 – 5.300 K	Lugares con importante aportación de luz natural Tarea visual de requisitos medios
Tonos fríos > 5.300 K	Entornos decorados con tonos fríos Altos niveles de iluminación Para enfatizar la impresión técnica Tareas visuales de alta concentración

Tabla 4. Tc versus actividad

En aquellas oficinas en las que los trabajadores permanecen expuestos a un determinado ambiente durante largos periodos, el color de este puede influir en su rendimiento y es seguro que tiene algún efecto sobre el grado de satisfacción visual experimentado.



Temperatura de color *versus* tipo de luz.

El esquema de color de una oficina, es decir, los colores de los muebles y pinturas de techos y paredes, está influenciado en gran medida por las características del color de las fuentes de luz utilizadas.

La elección final del grupo de temperatura de color depende del nivel de iluminancia, la presencia o ausencia de luz natural, condiciones climáticas y, sin lugar a dudas, de la preferencia personal.

Para crear un efecto psicológico positivo se puede jugar con los colores de la luz y de las superficies y crear un ambiente cálido o frío, dependiendo de las necesidades.

5.5. Ergonomía del puesto de trabajo

Desde el punto de vista ergonómico, la instalación de alumbrado debe satisfacer una serie de aspectos que hagan de la actividad a desarrollar por el observador una tarea cómoda, es decir:

1. No debe crear problemas de adaptación visual.
2. Debe proveer la agudeza visual adecuada.
3. No debe obstruir la tarea visual y ha de permitir posturas cómodas.
4. Debe limitar la producción de ruido.
5. Debe eliminar el efecto estroboscópico.
6. Debe generar al recinto iluminado poca carga térmica.

► Adaptación visual

La adaptación visual requerida se consigue mediante adecuadas relaciones de luminancia entre la tarea visual y el fondo contra el que se enfoca de modo ocasional.

Las características de las superficies pueden variar desde especulares (como espejos y escaparates, donde el brillo cambia con la dirección de observación, el tamaño, la posición y la intensidad de la fuente de luz y el grado de especularidad de la superficie vista) a totalmente difusas, cuyo brillo es totalmente uniforme desde cualquier dirección de observación e independiente de la dirección de la iluminación.

Si han de seleccionarse varios tipos de superficies, se elegirán aquellas que tenga entre sí la menor diferencia de brillo posible. En la siguiente tabla se exponen los límites máximos recomendados de relaciones de valores de luminancias entre diferentes partes de una estancia.

Relación recomendada	
Tarea y alrededores inmediatos	5 a 1
Tarea y fondo general	10 a 1
Luminaria y entorno	20 a 1
Dos puntos cualesquiera	40 a 1

Tabla 5. Relación de luminancias.

Cuando las reflectancias de las superficies, no pueden ser seleccionadas, el control se debe realizar optimizando la orientación, posición y luminancia de las luminarias, y la iluminancia sobre las distintas superficies.

La reflexión de fuentes de luz en superficies transparentes o especulares, como ventanas y mostradores, puede causar deslumbramiento y la disminución de la visibilidad.

Adaptación visual



La adaptación visual requerida se consigue mediante adecuadas relaciones de luminancia entre la tarea visual y el fondo contra el que se enfoca de modo ocasional.

- Las superficies pueden variar desde especulares a totalmente difusas.
- Si han de seleccionarse varios tipos de superficies, se elegirán aquellas que tengan entre sí la menor diferencia de brillo posible.
- Cuando las reflectancias de las superficies no pueden ser seleccionadas, el control se debe realizar optimizando la orientación, posición y luminancia de las luminarias, y la iluminancia sobre las distintas superficies.

Selección de superficies.

► Agudeza visual

La agudeza visual está íntimamente ligada al nivel de iluminación media, y estos niveles deberán cumplir con las recomendaciones referidas más adelante.

► Tarea visual

La adecuada implantación de las luminarias y la selección de las mismas para cada tipo de recinto deben garantizar la ausencia de deslumbramiento directo y reflejado. Cabe destacar las necesidades luminosas en las zonas con pantallas de ordenador o televisión. En algunos casos, en los que las pantallas estén en posición horizontal, se precisa de iluminación indirecta para evitar estos reflejos, aun cuando se incremente el consumo energético.

La norma UNE-EN-ISO 9421-307 proporciona los requisitos para las calidades visuales de las pantallas relativas a los reflejos no deseados.

► Producción de ruido, efecto estroboscópico y temperatura

Para garantizar que no se producirá ruido por vibración, efecto estroboscópico (parpadeo de la luz), así como un incremento mínimo de temperatura en el local, es recomendable utilizar balastos electrónicos de alta frecuencia.

Es posible integrar el sistema de refrigeración con el sistema de iluminación realizando la extracción de aire a través de las luminarias, con lo que se reduce la radiación térmica emitida por las luminarias, se incrementa la eficacia de las fuentes de luz fluorescentes, se alarga la vida de las fuentes de luz y, según la configuración de la luminaria, se contribuye a la limpieza de la misma y, por tanto, a su mayor eficacia, incrementando así de forma global la eficiencia de todo el sistema de iluminación.

Desde el punto de vista de la adaptación visual no debemos olvidar:

La dificultad de la tarea se incrementa cuando decrece el contraste entre el detalle y el fondo.

Una tarea puede exigir más visión que otra, dependiendo de la velocidad o precisión requeridas para su ejecución. El ojo asimila detalles uno a uno, es decir, el ojo enfoca un detalle, lo asimila y se mueve hacia el siguiente detalle. Si la visibilidad es escasa, debido al reducido tamaño del detalle o por su bajo contraste de luminancia, disminuye la velocidad de asimilación y la tarea requerirá más tiempo de ejecución.

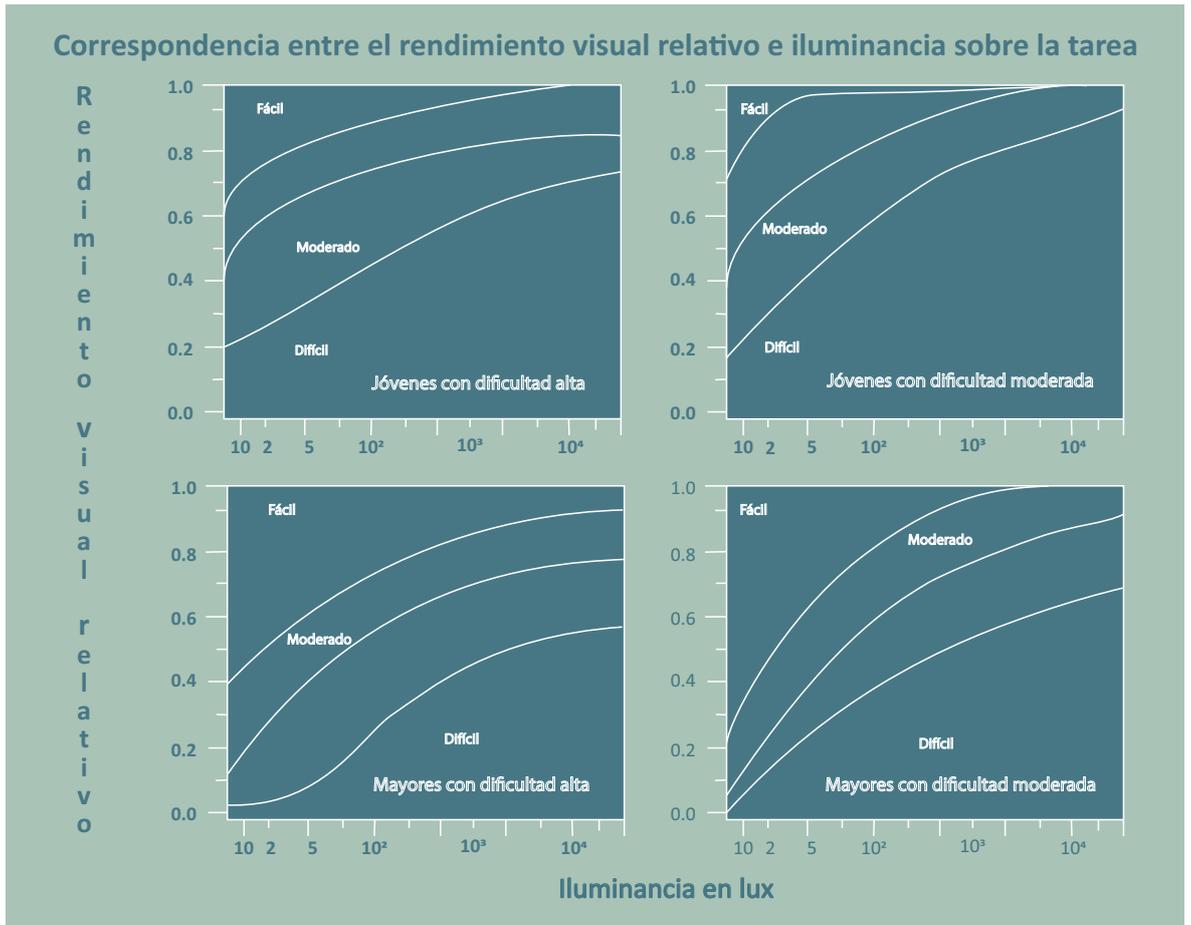
Cuanto más pequeño sea el detalle, mayor nivel de iluminación se necesita.

La precisión o exactitud es más importante en unas tareas que en otras; por ejemplo, en la lectura, no es necesario asimilar cada letra por separado para comprender el significado de la palabra, mientras que cuando trabajamos con números, confundir un 3 con un 8 puede ser crucial.

La vista de la persona que realiza la tarea.

La visión de una persona tiende a empeorar conforme pasan los años, por ello su visibilidad para una tarea determinada decrecerá.

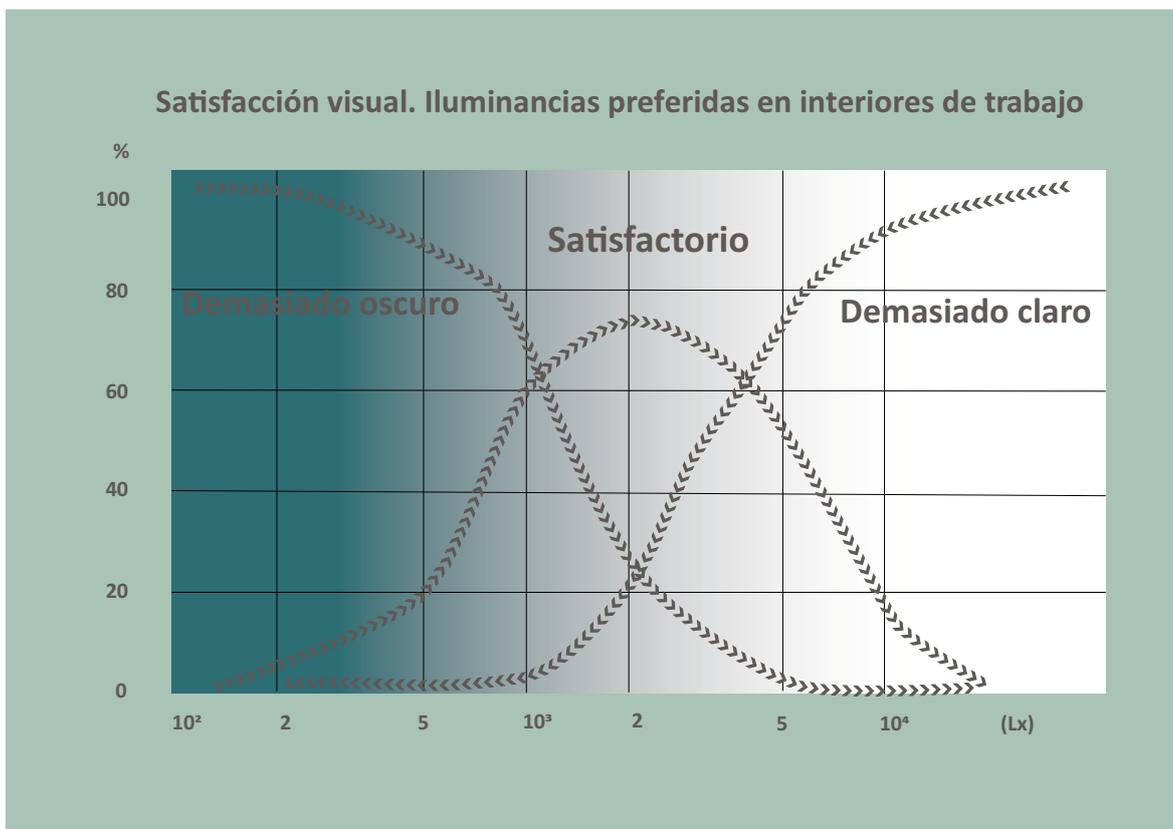
En general, se deduce que cuanto más difícil sea una tarea visual, mayores serán la velocidad y precisión requeridas para realizarla, y cuanto más edad tenga el trabajador, mayor deberá ser la iluminancia de la tarea.



Correspondencia entre el rendimiento visual relativo e iluminancia sobre la tarea, con parámetros de dificultad de la tarea para grupos de varias edades y dificultad diversa. (Jóvenes con dificultad alta; Jóvenes con dificultad moderada; Mayores con dificultad alta; Mayores con dificultad moderada).

► **Satisfacción visual**

Se han realizado muchas investigaciones con el objeto de determinar una gama de iluminancias horizontales adecuadas para su aplicación en lugares de trabajo de interiores. De los resultados obtenidos en las realizadas en Europa, efectuadas bajo condiciones de alumbrado con ausencia de deslumbramiento, se ha obtenido una curva promedio que indica el porcentaje de observadores que consideran «satisfactoria» una determinada iluminancia. Dicha curva se muestra en las siguientes imágenes, junto con las de las estimaciones «demasiado oscura» y «demasiado brillante».



Iluminancias preferidas en interiores de trabajo: combinación de contestaciones, demasiada oscuridad, satisfactorio, demasiado brillante. En el eje vertical, tanto por ciento de respuesta.

Como puede deducirse de la imagen, no existe ninguna iluminancia que satisfaga a todos; incluso en el punto de satisfacción óptima estarán los que preferirían un incremento de iluminancia y aquellos que desearían reducir su valor.

La experiencia práctica ha demostrado que, en la iluminación de oficinas, una iluminancia para el alumbrado general de unos 1.000 lux es la que probablemente originará menos quejas, siempre y cuando se preste cuidadosa atención a la ausencia de deslumbramiento y a la obtención de un adecuado equilibrio de luminancias para la superficie del local.

Cuando las reflectancias de las superficies no pueden ser seleccionadas, el control se debe realizar optimizando la orientación, posición y luminancia de las luminarias y la iluminancia sobre las distintas superficies.

La luminancia del techo debe ser lo bastante elevada como para conseguir una impresión global confortable de la oficina y con el fin de reducir el contraste entre dicha luminancia y la de las luminarias. Para prevenir que el techo por sí mismo cause deslumbramiento su luminancia no debe superar las 500 cd/m² (aunque desde el punto de vista de satisfacción visual deben preferirse valores comprendidos entre 100 y 300 cd/m²).

Para la mayoría de las instalaciones de alumbrado de oficinas, las recomendaciones dadas más arriba respecto a la relación de luminancia pueden transformarse en una recomendación de reflectancias para las superficies del local y muebles, según la siguiente tabla.

Recomendación de reflectancias	
Superficie	Valores reflectancia
Techos	0,7
Paredes	0,5-0,7
Mamparas	0,5-0,7
Suelos	0,2-0,4
Muebles	0,4-0,6
Cortinas/persianas	0,5-0,6

Tabla 6. Recomendaciones de reflectancia para las superficies del local y muebles.

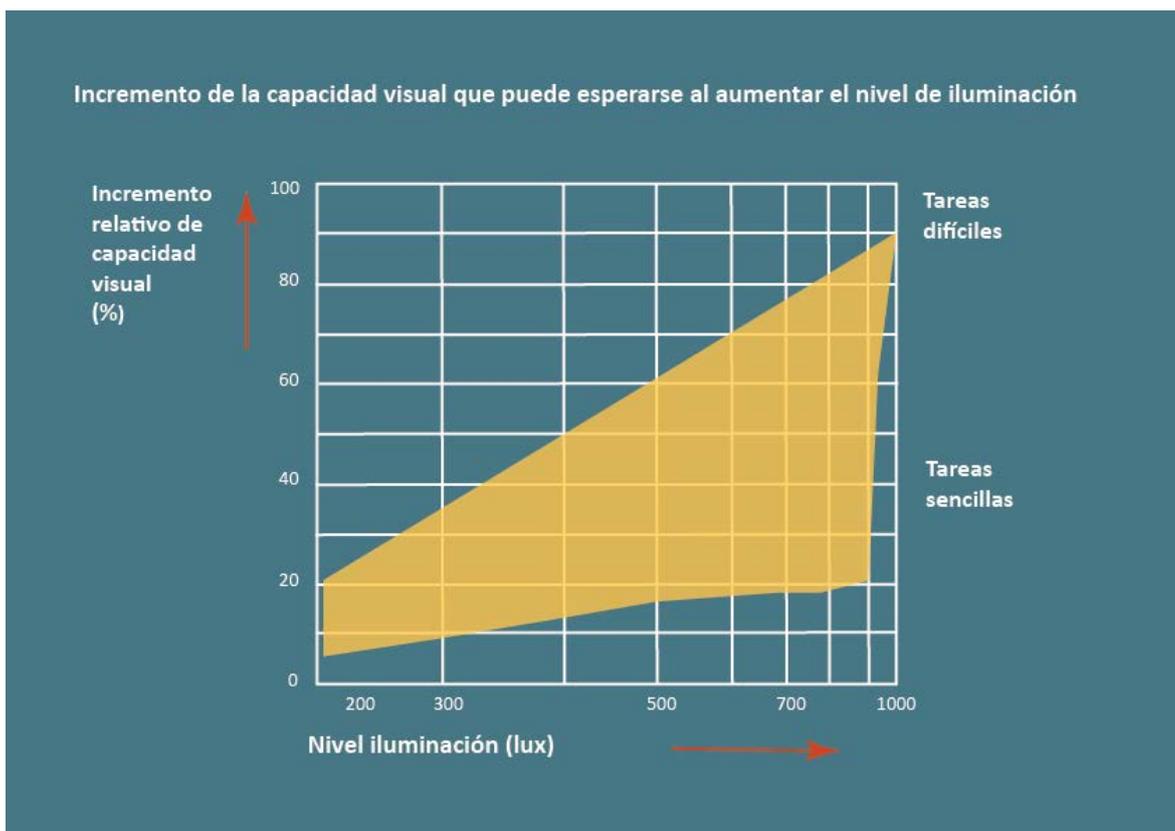
5.6. El alumbrado en relación con el deslumbramiento, seguridad y confort

Se han llevado a cabo muchas investigaciones respecto a los beneficios que pueden esperarse de un alumbrado de oficinas de buena calidad. Aunque el nivel de iluminancia se ha tomado normalmente como unidad de medida de la calidad, debe ponerse de relieve que en dichas investigaciones otros aspectos cualitativos, tales como la limitación del deslumbramiento, el color, las relaciones de luminancias, etc., fueron también de calidad apropiada.

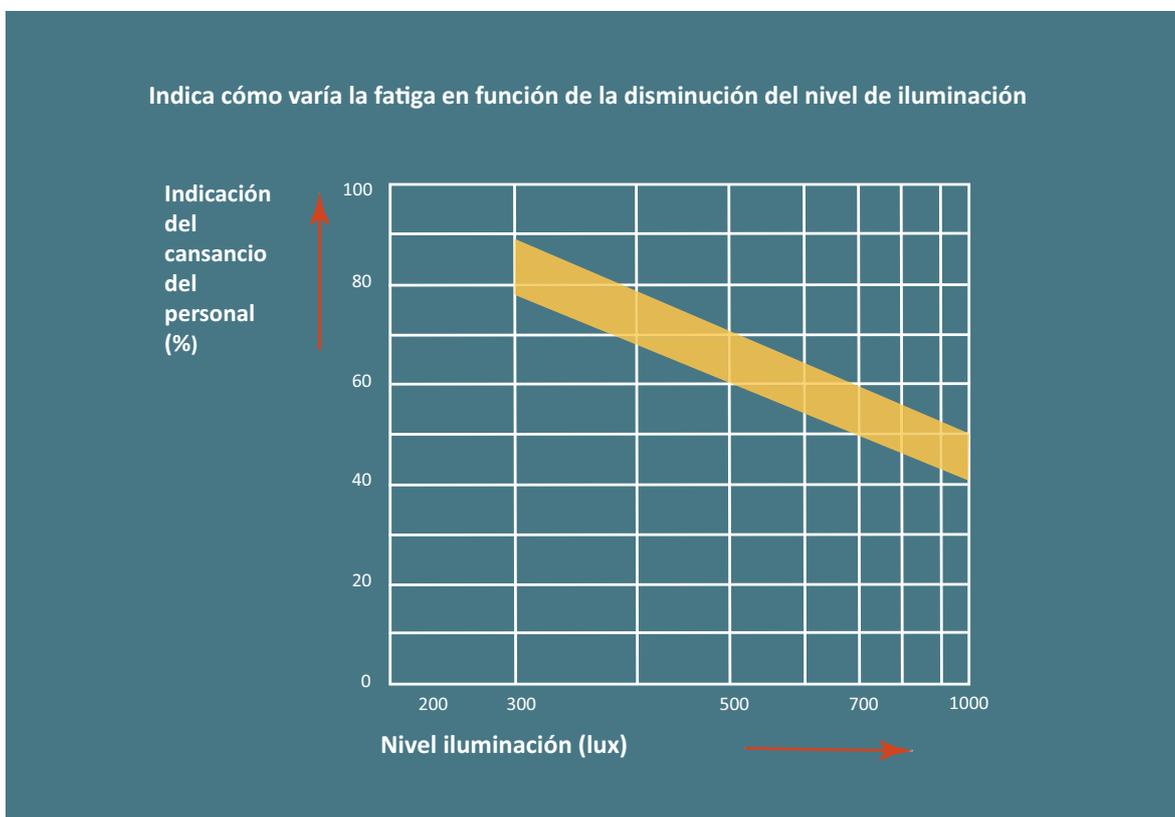
La mayoría de los beneficios registrados en dichas investigaciones se enumeran a continuación:

- ✓ Productividad.
- ✓ Menos errores.
- ✓ Menor fatiga.
- ✓ Aumento de la calidad en la estabilidad.
- ✓ Absentismo reducido.
- ✓ Reducción de la tensión ocular.
- ✓ Bienestar mejorado.

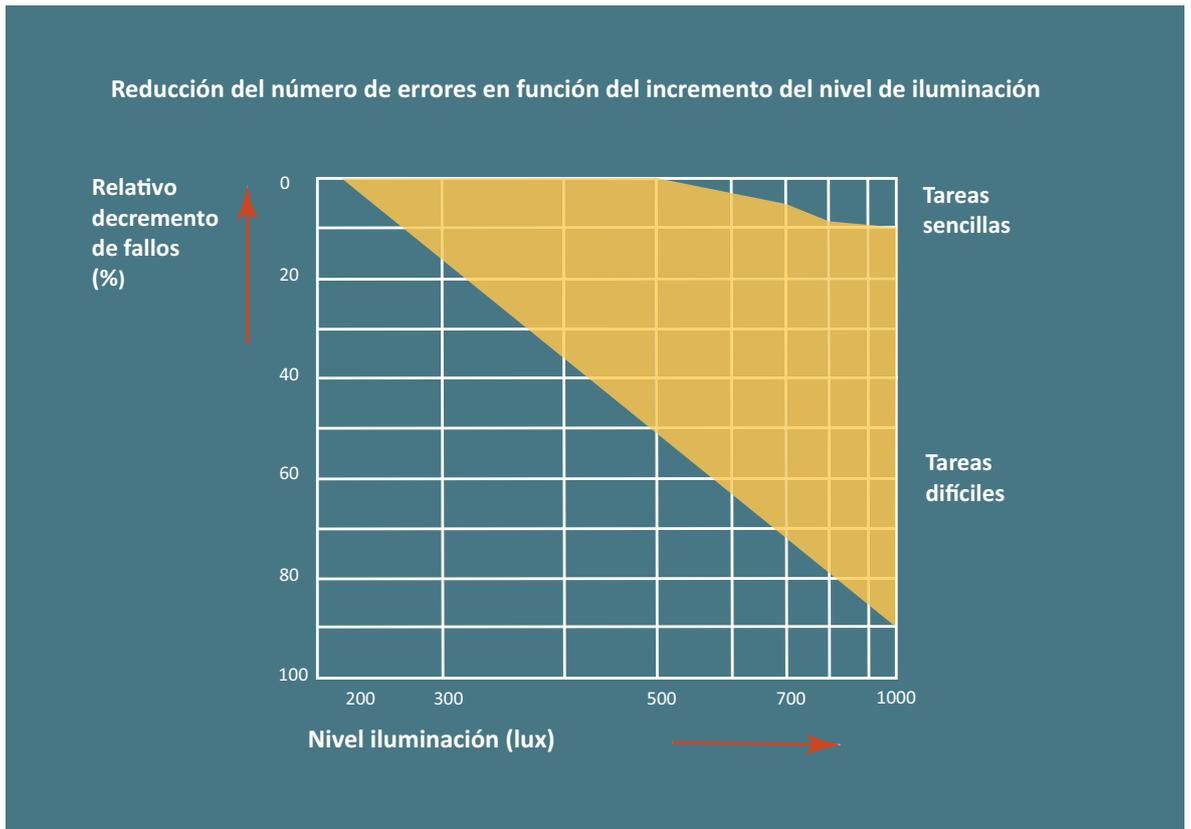
Las imágenes siguientes indican las tendencias generales en función de la iluminancia para algunos de estos beneficios.



Incremento de la capacidad visual que puede esperarse al aumentar el nivel de iluminación.



Indica cómo varía la fatiga en función de la disminución del nivel de iluminación.

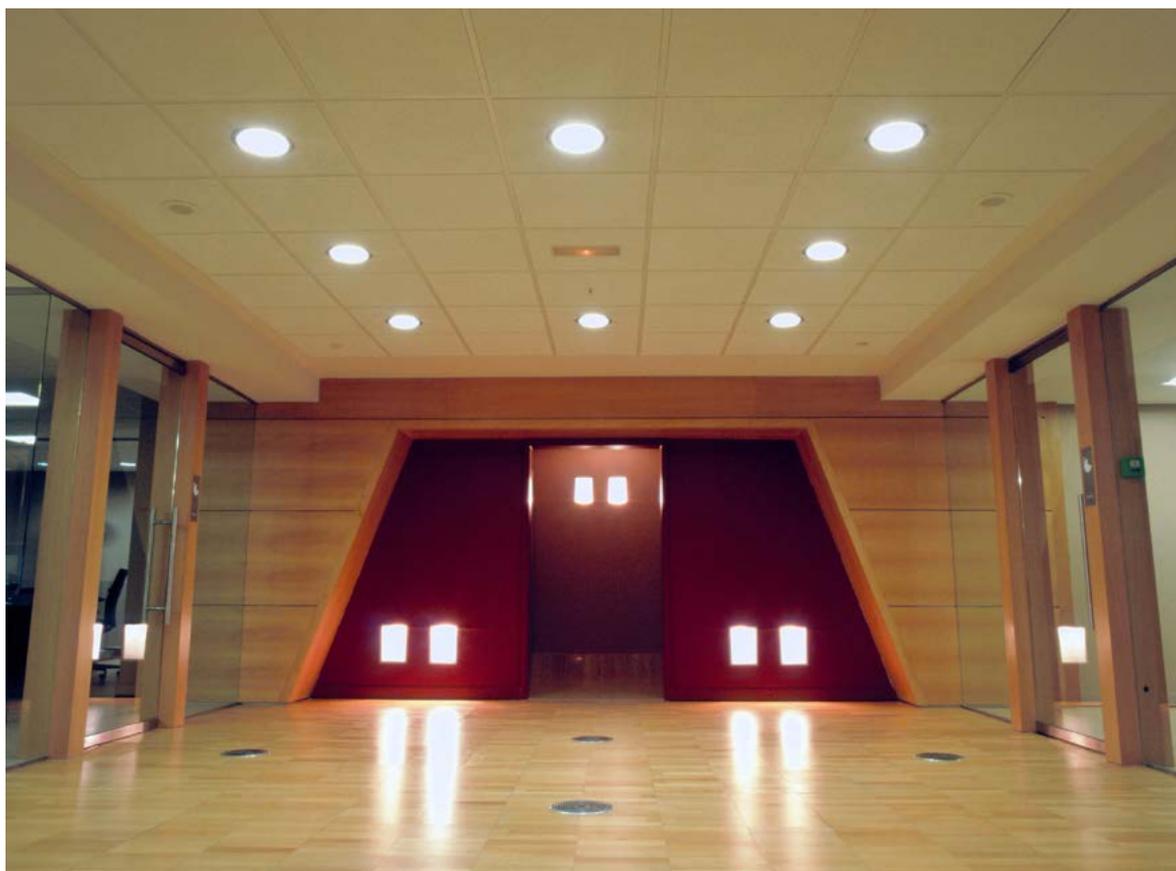


Reducción del número de errores en función del incremento del nivel de iluminación.

6 Fuentes de luz

La luz es un elemento esencial en la vida humana y como tal los elementos generadores de esa energía luminosa han tenido, y tienen, una gran importancia en el desarrollo y en el bienestar de la humanidad.

La generación de la luz artificial que hoy en día nos parece un acto sencillo, como es pulsar un interruptor que active una de tantas fuentes de luz existentes a nuestro alcance, ha pasado por varias etapas: desde el control de la llama hasta la emisión de luz, usando un diodo de material inorgánico u orgánico, con fases intermedias, utilizando como combustible el aceite, el gas, y tras el descubrimiento de la electricidad, su aplicación a las lámparas incandescentes y de descarga, cuyo desarrollo sigue activo en la actualidad, culminando con la revolución que supone la generación de luz mediante dispositivos en estado sólido.



6.1. Generación de luz artificial

Las distintas tecnologías de generación de luz artificial utilizando la energía eléctrica las clasificamos en: incandescencia, descarga y dispositivos en estado sólido emisores de luz.

Generación térmica o incandescencia

Cuando un cuerpo se somete a calentamiento, comienza a emitir energía de forma continua en función de la temperatura a la que se encuentre en cada momento. La energía emitida en longitudes de onda comprendidas entre los 380 nm⁽³⁾ y los 780 nm (denominado espectro visible) es la parte del espectro electromagnético capaz de activar la retina del ojo humano y enviar información de la visión al cerebro.

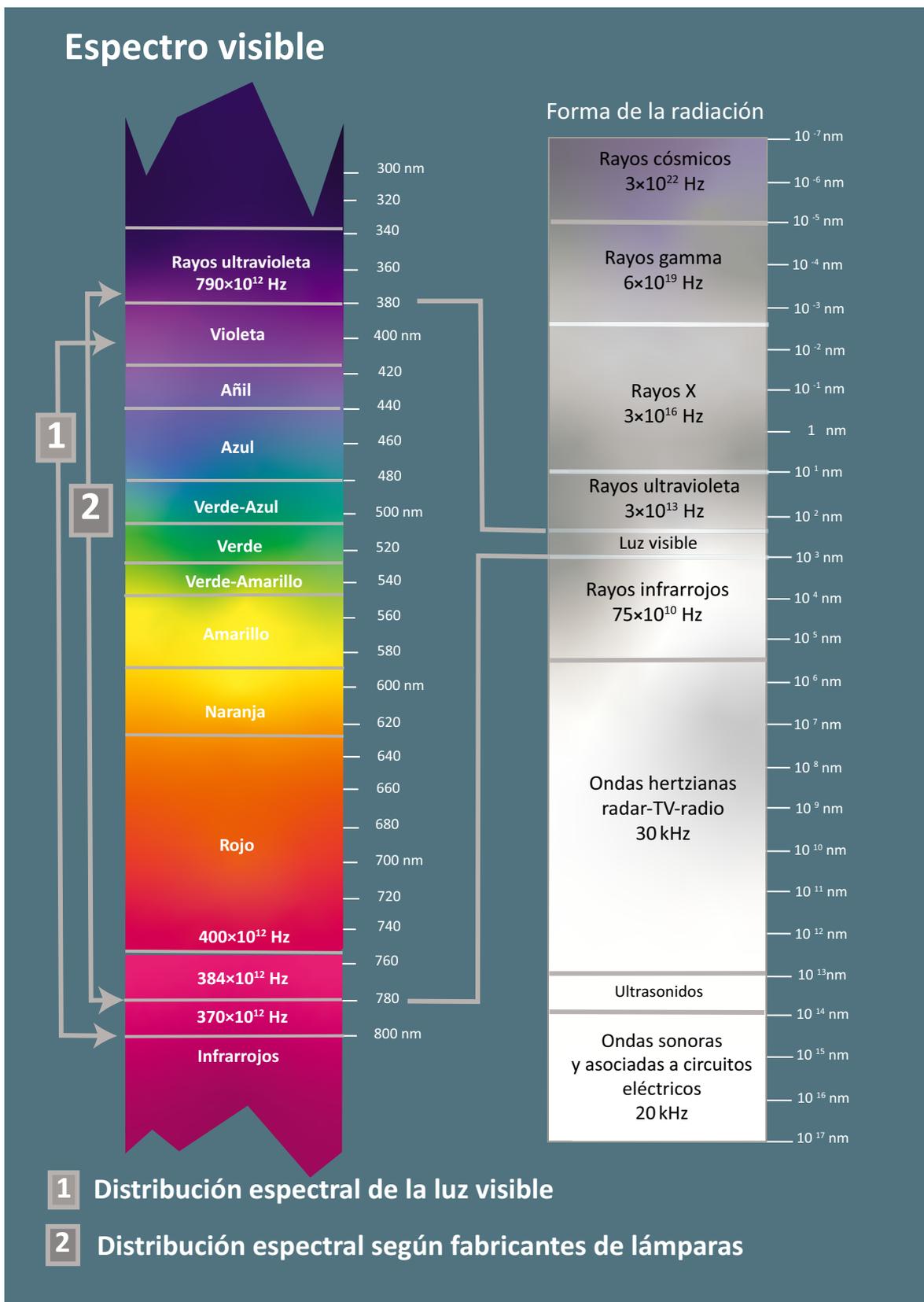
La energía luminosa emitida en longitudes de onda de 380 nm, correspondiente al color azul, y la emitida a 780 nm, correspondiente al color rojo.

Existe una relación entre la temperatura que adquiere un cuerpo y la longitud de onda donde se emite la mayor energía. Cuanto más elevada es la temperatura del cuerpo emisor, más se desplaza la longitud de onda máxima a colores más fríos (ley de desplazamiento de Wien).

La energía luminosa en una lámpara incandescente o halógena se produce por este tipo de emisión de energía. El calentamiento de un filamento de tungsteno por el que se hace pasar una corriente eléctrica genera calor y emisión luminosa. En función de la temperatura que alcance el filamento, el color de la luz emitida pasa de un amarillo rojizo a un blanco dorado. A mayor temperatura, más cantidad de luz, por lo tanto, la eficacia será mejor y la luz, más blanca. Pero para conseguir una adecuada vida útil (más elevada en las halógenas por el ciclo regenerativo del halógeno), la temperatura de funcionamiento está limitada en 2.800 K⁽⁴⁾ para las lámparas incandescentes y entre 3.000/3.100 K para las halógenas.

⁽³⁾ 1 nm = 0,000000001 m.

⁽⁴⁾ K = Kelvin - cero absoluto, equivalente a -273,16 °C.



Espectro visible.

Generación mediante descarga en gas

La generación de energía luminosa por descarga en gas se produce mediante la excitación de los electrones de los átomos de un gas contenido en un tubo de descarga. Normalmente el gas suele ser mercurio o sodio. En ocasiones al mercurio se le añaden otro tipo de sales, como es el caso de los halogenuros metálicos.

Al aplicar una diferencia de potencial entre los extremos del tubo de descarga en el que está contenido el gas, se establece una corriente eléctrica y alguno de los electrones de esta, al chocar con los átomos del gas, puede ocasionar movimientos de electrones entre las distintas bandas energéticas del átomo. Si un electrón de un átomo del gas ha subido a una banda energética superior, tendrá que volver a su banda para restablecer el equilibrio energético del átomo, y en este retorno perderá parte de la energía adquirida en el choque. Estos saltos energéticos difieren en cada tipo de lámpara y, en función del tipo de gas y de la presión en que se encuentren en el tubo de descarga, emitirán energía en distintas longitudes de onda, lo que determinará la distribución espectral de la luz emitida.

Dispositivos en estado sólido como emisores de energía luminosa

Cuando la excitación electrónica y los saltos energéticos relatados en el apartado anterior tienen lugar en el seno de un elemento sólido, excitando un semiconductor, se genera emisión de luz.

En función de los materiales que forman el semiconductor, se dividen en LED (Lighting Emitting Diode - diodo emisor de luz) y OLED (Organic Light Emitting Diode - diodo orgánico emisor de luz).

Un LED es un diodo que, al ser atravesado por una corriente eléctrica en unas determinadas condiciones, emite luz. La composición química del material semiconductor utilizado para su fabricación definirá la longitud de onda emitida, y por lo tanto, su color.

Un OLED es un diodo orgánico que se basa en una capa electroluminiscente formada por una película de componentes orgánicos que generan luz al aplicarles una estimulación eléctrica.

6.2. Características de las fuentes de luz

Independientemente del tipo de generación luminosa, existe una serie de características básicas comunes a todas las fuentes de luz destinadas al alumbrado.

Apariencia de color

Esta característica de las fuentes de luz hace referencia al color de la luz emitida. Así, la luz blanca emitida por una fuente de luz puede variar desde tonalidades cálidas (anaranjadas) a frías (azuladas).

En las lámparas incandescentes, tal como se ha mencionado en el apartado 1.1, el color de la luz emitida está estrechamente relacionado con la temperatura del filamento medida en Kelvin (K).

Al variar la temperatura del filamento, varía la apariencia de la luz emitida, siendo más cálida o dorada cuanto más baja es la temperatura del filamento y más fría o azulada cuando aumentamos la temperatura del mismo.

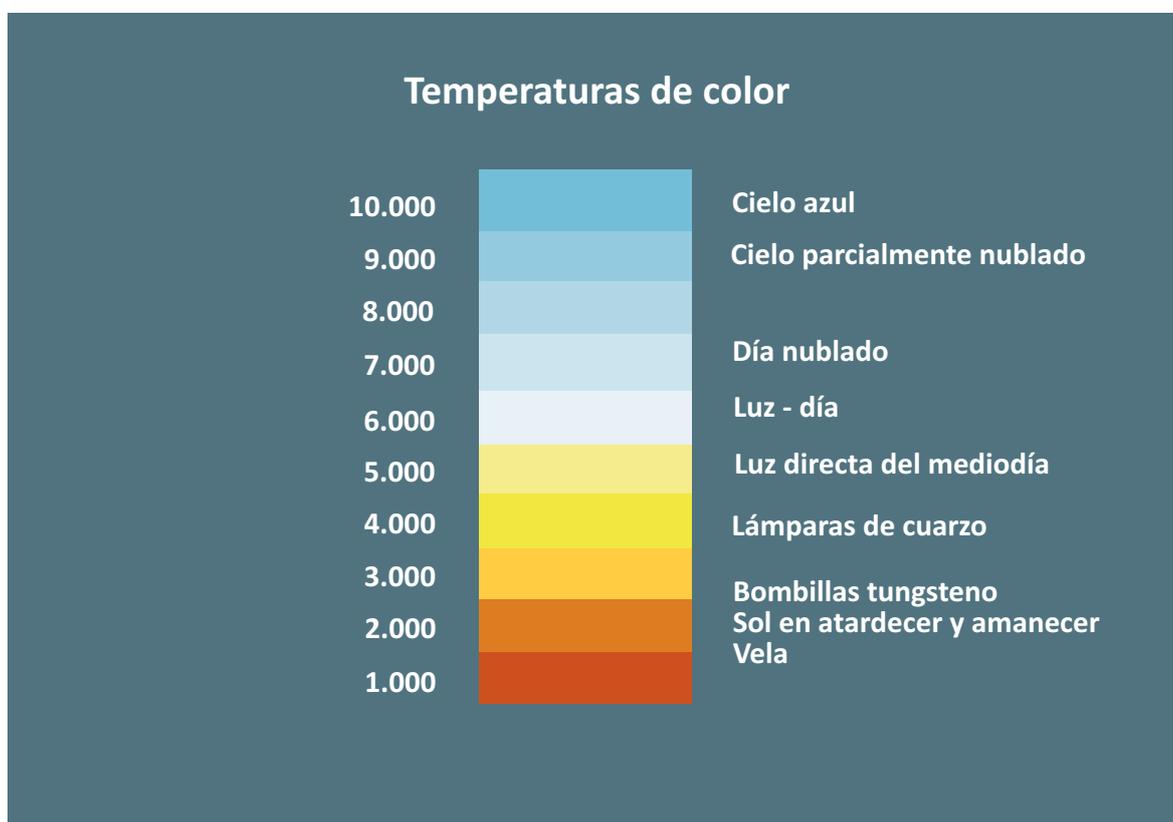
En otros tipos de fuentes luminosas, la temperatura de color de la luz emitida viene establecida por la temperatura de color correlacionada, que se obtiene por comparación con la emitida por una fuente de luz incandescente que tenga la misma apariencia de color que la analizada.

Según su temperatura de color, las fuentes de luz blanca utilizadas en el alumbrado se dividen en:

Blanco cálido ($T_c < 3.300 \text{ K}$).

Blanco neutro ($3300\text{K} < T_c < 5.000 \text{ K}$).

Blanco frío ($T_c > 5.000 \text{ K}$).



Temperaturas de color.

Índice de reproducción de color (Ra)

Se conoce como tal al efecto que una fuente luminosa produce sobre el aspecto cromático de los objetos que ilumina, en comparación con el aspecto de dichos objetos iluminados con una fuente de luz de referencia. Dicho de otro modo, la capacidad que tiene una fuente de luz de devolver los colores que ilumina, tomando como referencia el color obtenido con una fuente de luz patrón.

Se establece la siguiente tabla para la valoración del Ra de las fuentes luminosas.

- Ra < 60, pobre.
- 60 < Ra < 80, bueno.
- 80 < Ra < 90, muy bueno.
- 90 < Ra < 100, excelente.

Índice de reproducción cromática (Ra)



Ra=100



Ra=80~90



Ra < 60

Ra < 60	Pobre
60 < Ra < 80	Bueno
80 < Ra < 90	Muy bueno
90 < Ra < 100	Excelente

Índice de reproducción cromática (Ra).

Tanto en las lámparas fluorescentes como en las de descarga, ambas características (Tc y Ra) vienen indicadas por el código de tres dígitos que figura tras la potencia de la lámpara.

Por ejemplo: 840 significa un Ra superior a 80 y una Tc de 4.000 K y 930 significa un Ra superior a 90 y una Tc de 3.000 K.

Vida de las fuentes de luz

► Vida media

Se define como el tiempo transcurrido hasta que falla el 50% de las lámparas de un lote representativo trabajando en unas condiciones especificadas (ciclos de conmutación de 3 horas, con 2 h y 45 minutos encendidas y 15 minutos apagadas para fluorescentes y ciclos de 12 horas, con 11 h encendidas y 1 h apagadas para descarga).

► Vida útil

Periodo de tiempo transcurrido hasta que el flujo luminoso de la lámpara alcance un 70% del inicial.

Flujo luminoso

Expresa la cantidad de energía emitida por segundo por una fuente de luz, ponderada respecto a la sensibilidad espectral del ojo humano.

Intensidad luminosa

Se define como el flujo luminoso emitido por unidad de ángulo sólido en una dirección determinada. La intensidad luminosa se expresa en candelas (cd).

Eficacia luminosa

Determina la capacidad de una fuente de luz en convertir la energía eléctrica utilizada en energía luminosa emitida en el intervalo de longitudes de onda del espectro visible (308-780 nm).

El vocabulario internacional de la Comisión Electrotécnica Internacional (CIE) define la eficacia luminosa de una fuente de luz como el cociente entre el flujo luminoso emitido y la potencia eléctrica consumida por dicha fuente de luz.

Se expresa en lúmenes por vatio (lm/W).

Etiquetado energético de las fuentes de luz

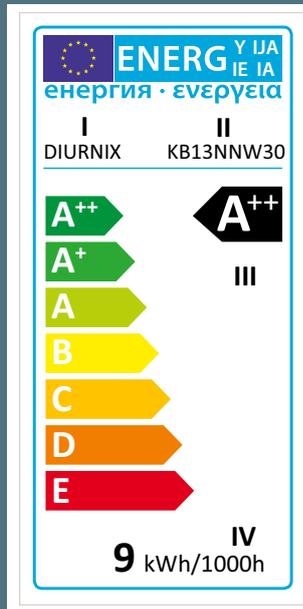
El Reglamento Delegado de la UE n.º 874/2012 establece requisitos relativos al etiquetado y a la información suplementaria que acompañará a las lámparas eléctricas, como:

- a. Lámparas de filamento.
- b. Lámparas fluorescentes.
- c. Lámparas de descarga de alta intensidad.
- d. Lámparas LED y módulos LED.

Esta información queda reflejada en la etiqueta energética, la cual muestra una clasificación de siete categorías de eficiencia energética, desde la A a la G, siendo la A la de mayor rango y la G la de menor rango.

Quedan excluidas de esta clasificación las lámparas con flujo inferior a 30 lúmenes, las que funcionan con pilas y todas aquellas cuyo fin principal no es la generación de luz para alumbrado.

Etiquetado energético de fuentes de luz



- I → Nombre/Marca comercial/Proveedor.
- II → Modelo de la lámpara (código alfanumérico del proveedor).
- III → Clase de eficiencia energética (colocada a la altura de la categoría correspondiente).
- IV → Consumo (en kW por 1.000 horas) ponderado y redondeado al consumo entero más próximo.

Etiquetado energético de fuentes de luz.

6.3. Familias de fuentes de luz

Tal como se ha indicado en la introducción de este capítulo, la tecnología aplicada en la generación de la luz da lugar a tres grandes familias: incandescencia, descarga y dispositivos en estado sólido emisores de luz.



Familias de fuentes de luz.

Fuentes de luz incandescentes

En este tipo de lámparas, el principio físico de la generación de la luz es el de generación térmica o incandescencia.

► Lámpara incandescente estándar

En estas lámparas una corriente eléctrica pasa por un filamento fino de alta resistencia, calentándolo hasta la incandescencia. Para evitar que el filamento, generalmente de tungsteno, se oxide, se le encapsula en una ampolla de cristal que contiene un gas inerte o se genera el vacío en su interior.

La utilización de la lámpara hace que el filamento se vuelva más fino por la evaporación de los átomos del tungsteno, hasta que rompe por uno de los puntos del mismo, marcando el final de la vida de la lámpara.

Lámparas incandescentes estándar

Estándar	Par	Reflectora	Tubular
			

La eficacia luminosa actual de estas lámparas es de 14 lm/W, aproximadamente, motivo por el que, desde 2012, han dejado de fabricarse y distribuirse en el mercado en aplicación de la Directiva Ecodesing 2009/125/CE del Parlamento Europeo.

Lámparas incandescentes estándar.

Características de estas lámparas

Cuando trabajan en condiciones nominales, la temperatura de color (T_c) puede oscilar entre los 2.700 y los 2.800 K. Son regulables mediante el control de la intensidad de corriente que pasa a través de su filamento, variando su T_c y el flujo luminoso en función de dicha intensidad. A menor emisión de luz, menor T_c .

Espectro continuo, con $R_a = 100$.

Tanto el flujo luminoso como la eficacia luminosa y la vida de la lámpara están muy influenciados por las variaciones de tensión de la red a la que están conectadas.

La vida media se estima en unas 1.000 horas, si bien existen en el mercado lámparas incandescentes de mayor y menor duración, en función de la aplicación a la que van destinadas.

La eficacia luminosa actual de estas lámparas es de 14 lm/W aproximadamente, motivo por el que, desde 2012, han dejado de fabricarse y distribuirse en el mercado, en aplicación de la Directiva Ecodesing 2009/125/CE del Parlamento Europeo.

► Lámpara incandescente halógena

Es una lámpara incandescente en la que el filamento luminoso se encuentra dentro de una ampolla que contiene un gas inerte con una proporción de halógenos. Técnicamente se deben nombrar como «lámpara incandescente con halógenos».

El ciclo regenerativo del halógeno que se produce en el interior de la ampolla permite aumentar la temperatura del filamento hasta unos 3.000 K sin acortar la vida del mismo, proporcionando una emisión luminosa y de Tc algo más elevada que la generada por una incandescente estándar («luz más blanca»). Asimismo, se incrementa, sensiblemente la vida y la eficacia respecto a dicha lámpara, con el inconveniente de una mayor emisión infrarroja (calor). La elevada temperatura del filamento exige la utilización de envoltorio de cristal de cuarzo.

En el mercado existen lámparas de este tipo que pueden trabajar en conexión directa a la red de 230 V o a través de un transformador de salida 12/24 V.

Lámparas incandescentes halógenas

Par	Elipsoidal	Dicroica	Bipin
			
			
QR 111	Lineal		

Según la Directiva ErP (EC) 244/2009, a partir del 1 de septiembre de 2018 ya no se podrán fabricar ni vender lámparas halógenas que hayan sido fabricadas después del 31 de agosto de este año.

Lámparas incandescentes halógenas.

Según la Directiva ErP (EC) 244/2009, a partir del 1 de septiembre de 2018 ya no se podrán fabricar ni vender lámparas halógenas que hayan sido fabricadas después del 31 de agosto.

Aunque la prohibición de las bombillas halógenas entró en vigor a partir de 1 de septiembre de 2018, se espera que su eliminación sea gradual. Por su parte, la Unión Europea no obliga a que los ciudadanos se deshagan de bombillas si estas están en funcionamiento, pero sí se espera que las personas que disponen de estas luces las reemplacen tan pronto como se estropeen.

► **Lámpara halógena con tecnología IRC (Infrared Reflecting Coating)**

Se trata de una lámpara incandescente halógena que incorpora un recubrimiento interno al cristal de cuarzo de la lámpara que tiene como característica reflejar las longitudes de onda infrarrojas a la vez que deja pasar la luz visible.

Gracias a esta tecnología, que permite alcanzar la temperatura del filamento con menor consumo energético, se consiguen ahorros próximos al 40% para proporcionar la misma cantidad de luz y una muy importante disminución de calor emitido.

Fuentes de luz de descarga en gas. Parte I (sodio, mercurio y halogenuros metálicos)

A continuación se describen los tipos de lámparas que utilizan la descarga en un gas para la producción de energía luminosa.

Lámparas de vapor de sodio



Lámpara de SBP
Sodio baja presión



Lámpara de SAP
Sodio alta presión



Elipsoidal



Tubular

Lámparas de vapor de sodio «confort»

Lámparas de vapor de sodio.

► Lámpara de vapor de sodio de baja presión

En este tipo de lámpara la radiación visible es producida por la descarga eléctrica en el interior de un tubo de descarga que contiene una mezcla de gases y vapor de sodio a baja presión. En estas condiciones se genera emisión de energía luminosa en longitudes de onda próximas a los 589 nm (luz amarilla anaranjada).

La eficacia de este tipo de lámparas oscila entre los 100 y los 198 lm/W, en función de la potencia de las mismas.

Aunque técnicamente no es correcto debido a su posición cromática, se definen como lámparas con una Tc de unos 1.800 K.

La vida útil puede superar las 12.000 horas siempre que se mantengan las especificaciones de funcionamiento facilitadas por el fabricante.

Necesitan un equipo auxiliar para su funcionamiento; el tiempo de encendido hasta alcanzar el régimen de funcionamiento nominal es de unos 12 minutos y no se puede regular la emisión de luz.

Dado el color de la luz emitida por estas lámparas, su uso queda reducido a aquellas aplicaciones en las que no es importante la reproducción cromática de los objetos iluminados.

► Lámpara de vapor de sodio de alta presión

El tubo de descarga que incorpora este tipo de lámparas está relleno de xenón y una amalgama de sodio y mercurio a alta presión. La emisión de energía luminosa es mayoritaria en longitudes de onda entre los 550 y 650 nm, pero varía en función del tipo y potencia.

La eficacia de este tipo de lámparas oscila entre los 68 y los 150 lm/W, en función de la potencia de las mismas.

La apariencia de color es variable en función del tipo, alcanzando o superando levemente una Tc de unos 2.000 K. El rendimiento de color es pobre (Ra=25).

La vida útil varía entre las 10.000 y las 22.000 horas siempre que se mantengan las especificaciones de funcionamiento facilitadas por el fabricante.

Necesitan un equipo auxiliar para su funcionamiento; el tiempo de encendido hasta alcanzar el régimen de funcionamiento nominal puede oscilar entre los 5 y 10 minutos y se puede regular la emisión de luz utilizando para ello un sistema adecuado a tal fin.

Dada la elevada vida útil de esta lámpara es idónea para su utilización en aquellas instalaciones con periodos de encendido diario de varias horas (iluminación pública e industrial) y donde la reproducción cromática no sea esencial.

► Lámpara de vapor de sodio «confort»

Se trata de una lámpara de sodio de alta presión en la que se consigue un rendimiento de color más elevado, alcanzando valores de $Ra = 60$.

Permiten la regulación del flujo luminoso emitido pero perdiendo sus características de color.

► Lámpara de sodio blanco

Es la que proporciona el mayor índice de reproducción cromática posible en lámparas de sodio. Gracias a la tecnología utilizada en esta lámpara se consigue una luz blanca dorada, con temperatura de color de 2500 K y un índice de reproducción de color superior a 80 ($Ra > 80$). Todo ello a costa de perder mucha eficacia, alcanzando difícilmente los 50 lm/W.

No es recomendable su regulación porque tanto la Tc como el Ra se ven reducidos de forma muy notable.

► Lámpara de vapor de mercurio de alta presión

Estas lámparas disponen de un tubo de descarga en el interior del cual existen mercurio y un gas de relleno inerte, normalmente argón. Como en todas las lámparas mencionadas hasta el momento, el citado tubo de descarga o quemador queda encapsulado en una ampolla de vidrio.

La eficacia de este tipo de lámparas oscila entre los 36 y los 59 lm/W, en función de la potencia de las mismas.

La apariencia de color es blanco azulada, con una temperatura de color correlacionada de 6000 K. El rendimiento de color es pobre ($Ra = 15$), existiendo una variante denominada «vapor de mercurio con color corregido con recubrimientos especiales» que alcanza un $Ra = 52$ y una $Tc = 3.300$ K.

La vida útil varía entre las 12.000 y las 24.000 horas siempre que se mantengan las especificaciones de funcionamiento facilitadas por el fabricante.

Necesitan un equipo auxiliar para su funcionamiento; el tiempo de encendido hasta alcanzar el régimen de funcionamiento nominal es de aproximadamente 4 minutos y no es recomendable su regulación.

El RD 1890/2008 de 14 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Exterior, prohíbe la utilización, en estas instalaciones, de lámparas con eficacias inferiores a 65 lm/W; por lo tanto, queda excluida este tipo de lámpara para tales aplicaciones.

► Lámpara de mezcla

También conocida como «lámpara de luz mezcla» por disponer en la misma ampolla de vidrio una lámpara de vapor de mercurio y una lámpara de filamento incandescente conectadas en serie.

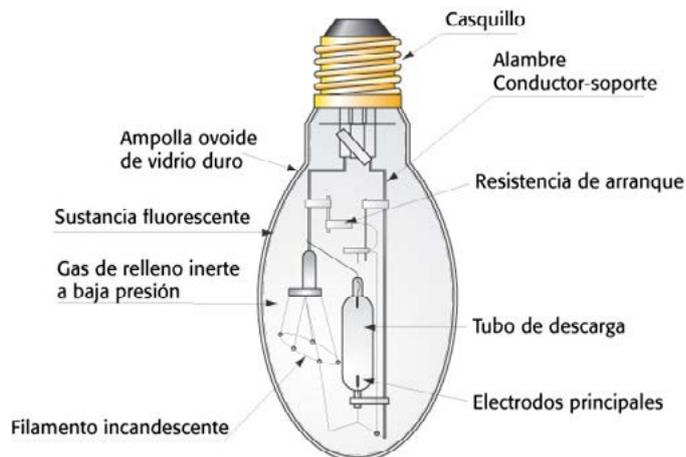
En el encendido, inmediato en la lámpara de incandescencia, es el filamento el que emite la luz, pero cuando la lámpara se estabiliza, al cabo de unos 3 minutos, el flujo luminoso procedente del tubo de descarga es aproximadamente el doble del que produce el filamento.

La denominación de esta lámpara es debida a que ambos tipos de luz se combinan o mezclan, dando lugar a unas características de lámpara completamente distintas a las de incandescencia o vapor de mercurio.

La Tc de estas lámparas varía de 3.400 K a 3.700 K, y los índices de reproducción cromática, de 50 a 65 ($50 < Ra < 65$).

Las eficacias son bastante pobres, con valores entre los 19 y los 26 lm/W.

La vida útil es muy variable, ya que estas lámparas son muy sensibles a las vibraciones y a las sobretensiones. Al igual que la de vapor de mercurio, también queda excluida en su aplicación para alumbrado público.



Lámpara de mezcla.

► Lámpara de halogenuros metálicos con tubo de descarga de cuarzo

Anteriormente se ha citado la posibilidad de mejorar el rendimiento en color de la lámpara de vapor de mercurio de alta presión mediante el uso de diferentes polvos fluorescentes adheridos en el interior de la ampolla de vidrio, pero ha sido la adición a la descarga de otros metales distintos al mercurio la que ha permitido la mejora del índice de reproducción de color de la luz emitida.

Con base en los elementos incorporados, las lámparas de este apartado se dividen en tres grupos:

- ✓ Radiadores de tres bandas que emplean ioduros de sodio, talio e indio.
- ✓ Radiadores multilínea, que emplean ioduros de tierras raras y metales asociados, tales como escandio, disprosio, tulio y holmio.
- ✓ Radiadores moleculares, que emplean ioduro de estaño y cloruro de estaño.

Las distintas tecnologías empleadas en la fabricación de estas lámparas hacen muy difícil conseguir dos lámparas exactamente iguales con respecto a las características de temperatura de color, índice

de reproducción cromática, eficacia y vida útil, con variaciones importantes en los citados parámetros. Incluso los equipos auxiliares necesarios para el correcto funcionamiento de las lámparas pueden ser incompatibles, por lo que antes de su aplicación se debe consultar a los fabricantes.

La depreciación del flujo luminoso de estas lámparas suele ser muy importante, debido principalmente a la migración de los componentes a través del tubo de descarga.

Ninguna de las lámparas de los tres grupos citados puede regularse manteniendo sus características de color y vida razonables, con el riesgo añadido de la extinción del arco y el consiguiente apagado de la lámpara.



Lámpara de HM con tubo de descarga de cuarzo.

► Lámpara de halogenuros metálicos con tubo de descarga cerámico

Este tipo de lámpara es el último desarrollo en lámparas de descarga en gas.

La utilización de la mezcla de ioduro metálico mezclado con tierras raras en un tubo de descarga cerámico permite la fabricación de lámparas de características de color superiores a sus equivalentes de halogenuros metálicos en tubo de descarga de cuarzo.

Como ejemplos valgan los siguientes:

La lámpara de cuarzo de $T_c = 3000\text{ K}$ con un $R_a = 70$ pasa a tener un $R_a = 80$ con tecnología de cuarzo y la de cuarzo de $T_c = 4200\text{ K}$ con un $R_a = 80$ pasa a tener un $R_a > 90$ con la tecnología de cuarzo.

Las lámparas de este tipo que inicialmente se conocieron en el mercado no podían ser reguladas sin alterar gravemente sus características de color. Posteriormente han aparecido en el mercado este tipo de lámparas como regulables, admitiendo que al regular la lámpara al 50% de su flujo nominal, esta pase de un $R_a = 90$ a $R_a = 80$.

Es de destacar la aparición de lámparas de halogenuros metálicos con tubo de descarga de cuarzo para su aplicación en el alumbrado público, en sustitución de las lámparas de vapor de sodio de alta presión, consiguiendo importantes ahorros (reducción por punto de luz de 250 W a 150 W) y mejorando la percepción que tienen los ciudadanos con respecto al nivel de iluminación y color, gracias a la luz blanca generada.

Las características fundamentales de la última generación de lámparas de halogenuros metálicos con tubo de descarga de cuarzo son:

Temperatura de color $T_c = 2800$ K.

Índice de reproducción cromática entre 65 y 70 ($65 < Ra < 70$).

Eficacias entre 96 y 120 lm/W.

Funcionan solamente con equipo auxiliar electrónico.

Son regulables, con el hándicap ya mencionado anteriormente.



Lámpara de HM con tubo de descarga cerámico.

Fuentes de luz de descarga en gas. Parte II (fluorescencia e inducción)

Técnicamente deberían ser denominadas como «lámparas de descarga de vapor de mercurio a baja presión», pero coloquialmente son más conocidas como lámparas fluorescentes.

Independientemente de cómo se genere esta, el principio tecnológico de funcionamiento de una lámpara fluorescente se basa en la descarga en una atmósfera de vapor de mercurio a baja presión, contenida en un tubo, o ampolla de vidrio, cubierto interiormente por una mezcla de polvos fluorescentes, cuya función es convertir la radiación ultravioleta generada en la descarga, en otras longitudes de onda comprendidas dentro del intervalo visible (380/780 nm) del espectro electromagnético.

Se dispone para este fin de una gran variedad de polvos fluorescentes (fósforos estándar, trifósforos, pentafósforos), que permiten producir luz de distintas temperaturas de color (T_c) y con las características de rendimiento de color (R_a) que se desee.

► Lámparas fluorescentes tubulares

Son sin duda la familia más extendida en el mercado y se denominan en función de su diámetro exterior del tubo expresado en octavos de pulgada.

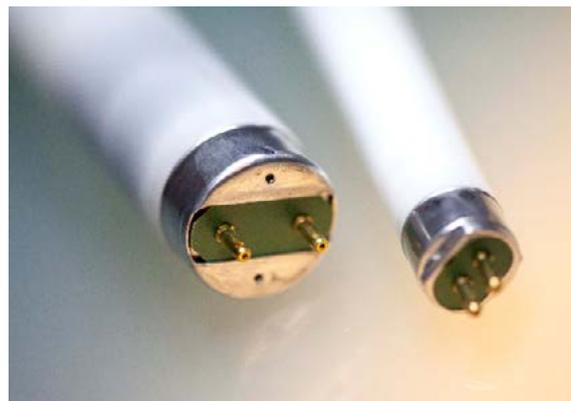
T12, con un diámetro de 38/40 mm, corresponde a 12/8 de pulgada.

T8, con un diámetro de 26 mm, corresponde a 8/8 de pulgada.

T5, con un diámetro de 16 mm, corresponde a 5/8 de pulgada.

T2, con un diámetro de 6 mm, corresponde a 2/8 de pulgada.

T1, con un diámetro de 2,8 mm, corresponde a 1/8 de pulgada.



Lámparas fluorescentes tubulares.

Las primeras fluorescentes en aparecer en el mercado fueron las T12, hoy en día prácticamente en extinción, salvo en algunas aplicaciones especiales.

En la actualidad las más utilizadas son las T8, de las que existe una amplísima variedad en función de su potencia, flujo luminoso emitido, temperatura de color, rendimiento de color, ahorradoras, de larga vida, ambientes especiales, de colores, etc.

Pueden funcionar con equipo auxiliar electromagnético y electrónico.

Las T5 son de más reciente aparición en el mercado y están diseñadas para trabajar con equipo auxiliar electrónico. Tienen dimensiones y casquillos distintos a las T8, por lo que no son intercambiables con las anteriores. También existe una gran variedad en función de los parámetros ya indicados para las T8.

La vida media/útil, el flujo luminoso emitido, la Tc y el Ra de las lámparas fluorescentes varían en función del tamaño, la potencia, los polvos fluorescentes utilizados, el equipo auxiliar, la temperatura ambiente, etc., por lo que es necesario consultar al fabricante sobre las características más adecuadas para cada aplicación.

La temperatura ambiente óptima para el correcto funcionamiento de las lámparas fluorescentes T12 y T8 es de 25 °C, mientras que las T5 están optimizadas para una temperatura ambiente de 35 °C. En ambos casos, a temperaturas inferiores o superiores a las indicadas existen importantes pérdidas de flujo.

► Lámparas fluorescentes circulares

Son una versión especial de las lámparas fluorescentes, desarrolladas fundamentalmente para aplicaciones de carácter más decorativo que las tubulares lineales. Existen en diámetros de tubo T12, T8 y T5.

Dada su forma, tienen una vida y una eficacia menor que las versiones lineales.

► Lámparas fluorescentes compactas no integradas

Con el objeto de conseguir una lámpara de menor tamaño que las tubulares lineales o circulares, los fabricantes han variado la forma de las mismas, bien doblando el tubo en forma de U o reduciendo su longitud uniendo dos mitades en paralelo. Esta modificación del tubo de vidrio tiene como consecuencia la disminución de la eficacia de la lámpara y el acortamiento de su vida.

Los distintos tipos de casquillos utilizados en estas lámparas, de 2 o 4 patillas, hacen necesaria la utilización de equipos auxiliares electrónicos o electromagnéticos, respectivamente.

La gran mayoría de las lámparas compactas no integradas existentes en el mercado utilizan los trifósforos para el recubrimiento interior del tubo, lo que implica valores de rendimiento de color muy elevados ($R_a = 85$).

En función del equipo y del tipo de lámpara, la eficacia de estas lámparas oscila entre los 58 y los 88 lm/W y se pueden alcanzar vidas útiles entre las 6.500 y las 15.000 horas, existiendo modelos especiales que pueden alcanzar las 25.000 horas de vida útil.



Lámparas fluorescentes compactas no integradas.

► Lámparas fluorescentes compactas integradas

La diferencia fundamental con respecto a las anteriores es que llevan integrado el equipo de encendido (generalmente electrónico) y su acabado es en casquillo convencional, E14 o E27, lo que las hace directamente intercambiables con las lámparas incandescentes estándar.

En el mercado existe una gran variedad en forma, tamaño y potencia de estas lámparas, por lo que es difícil establecer un criterio común de vida y eficacia, debiendo analizar las especificaciones dadas por el fabricante. En general, estas lámparas se fabrican en temperaturas de color cálidas, pero también las hay de temperatura de color fría.

Si se utilizan en sustitución de las incandescentes estándar se deberán tener en cuenta los siguientes criterios:

La Tc deberá oscilar entre los 2.700 K y 3.000 K.

El número de encendidos afecta de modo muy importante a la vida de la lámpara.

Como criterio general puede usarse la norma de dividir por 5 la potencia de la lámpara incandescente estándar que se desea sustituir.

Aunque el encendido es instantáneo, se necesitan varios segundos para alcanzar el flujo nominal.



Lámparas fluorescentes compactas integradas.

► Lámparas de inducción

El principio de generación de luz de estas lámparas es idéntico al referido para las lámparas fluorescentes analizadas en los apartados anteriores de este capítulo.

En dichas lámparas el flujo de electrones necesario para su funcionamiento precisaba de la existencia de unos cátodos en los extremos del tubo. En la lámpara de inducción, la excitación eléctrica de los átomos de mercurio del gas tiene lugar por la acción de un campo electromagnético producido por un generador de alta frecuencia que transmite una corriente mediante una antena u otro sistema, en función del modelo de lámpara.

Al no existir electrodos, la vida de la lámpara es muy superior a la de una lámpara fluorescente de las nombradas anteriormente, pudiendo alcanzar las 60.000 horas de vida útil, con eficacias entre los 65 y 85 lm/W.

La tecnología de esta lámpara tiene sus orígenes en los trabajos de Nikola Tesla en la década de 1890, quien posteriormente patentó un sistema de luz basado en los principios de transferencia de la energía a las lámparas incandescentes y fluorescentes sin electrodos. Estas lámparas se comenzaron a comercializar un siglo más tarde, en 1990. En la actualidad, por su limitada eficacia, bajo factor de utilización (utilancia) en instalación y elevado coste, estas lámparas han desaparecido de los catálogos de los principales fabricantes.



Lámparas de inducción.

Dispositivos en estado sólido emisores de luz (LED y OLED)

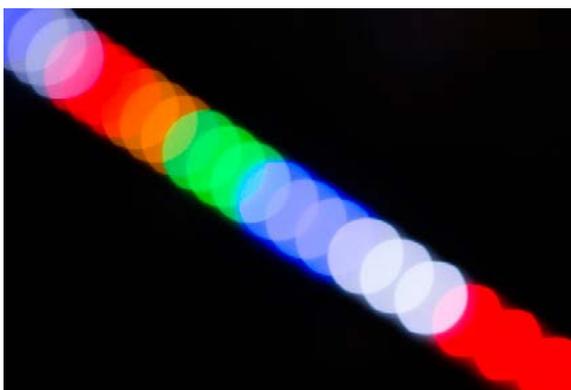
El principio físico de generación de energía luminosa en el que están basados estos dispositivos difiere de los analizados para las otras familias de fuentes de luz analizadas anteriormente, al no existir ni un filamento metálico incandescente ni una descarga eléctrica en el seno de un determinado gas.

Como dispositivos en estado sólido emisores de luz analizaremos los LED y los OLED.

► Los LED

El acrónimo LED proviene de las siglas en idioma inglés Lighting Emitting Diode (diodo emisor de luz). Un LED es un diodo (componente electrónico semiconductor) que, al ser atravesado por una corriente eléctrica en unas determinadas condiciones, emite luz.

La energía luminosa emitida, en forma de fotones, puede ser visible, infrarroja o muy próxima al espectro ultravioleta. Su longitud de onda y, por tanto, su color dependen básicamente de la composición química del material semiconductor utilizado. Los utilizados en alumbrado se denominan genéricamente como LED de alta potencia.

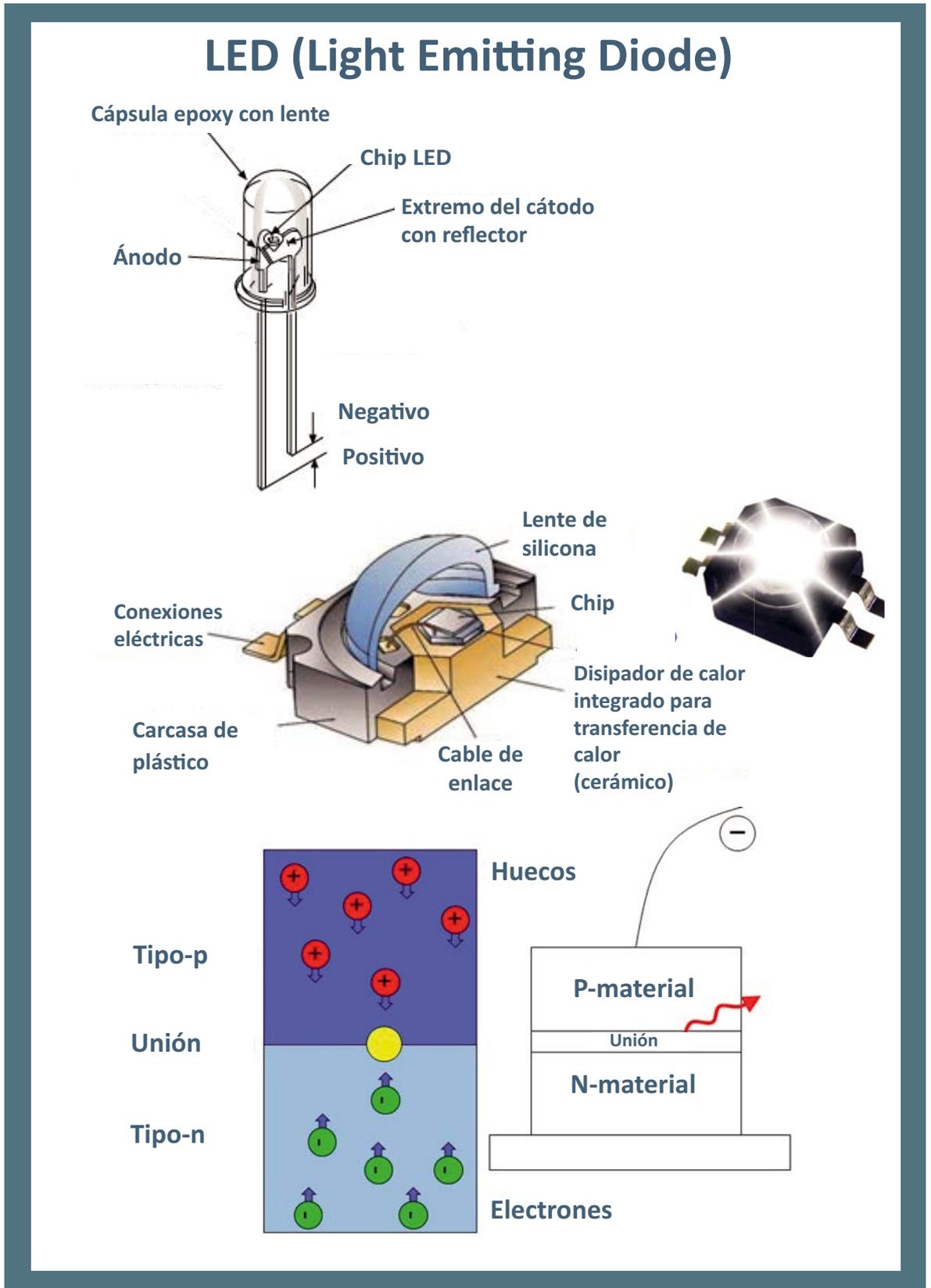


LED.

El LED, desde el punto de vista de emisión de energía luminosa, solamente funciona cuando es alimentado con una polarización correcta en sus bornes. No puede conectarse directamente a tensión de red, necesitando para su correcto funcionamiento la utilización de una fuente de alimentación, denominada comúnmente «driver».



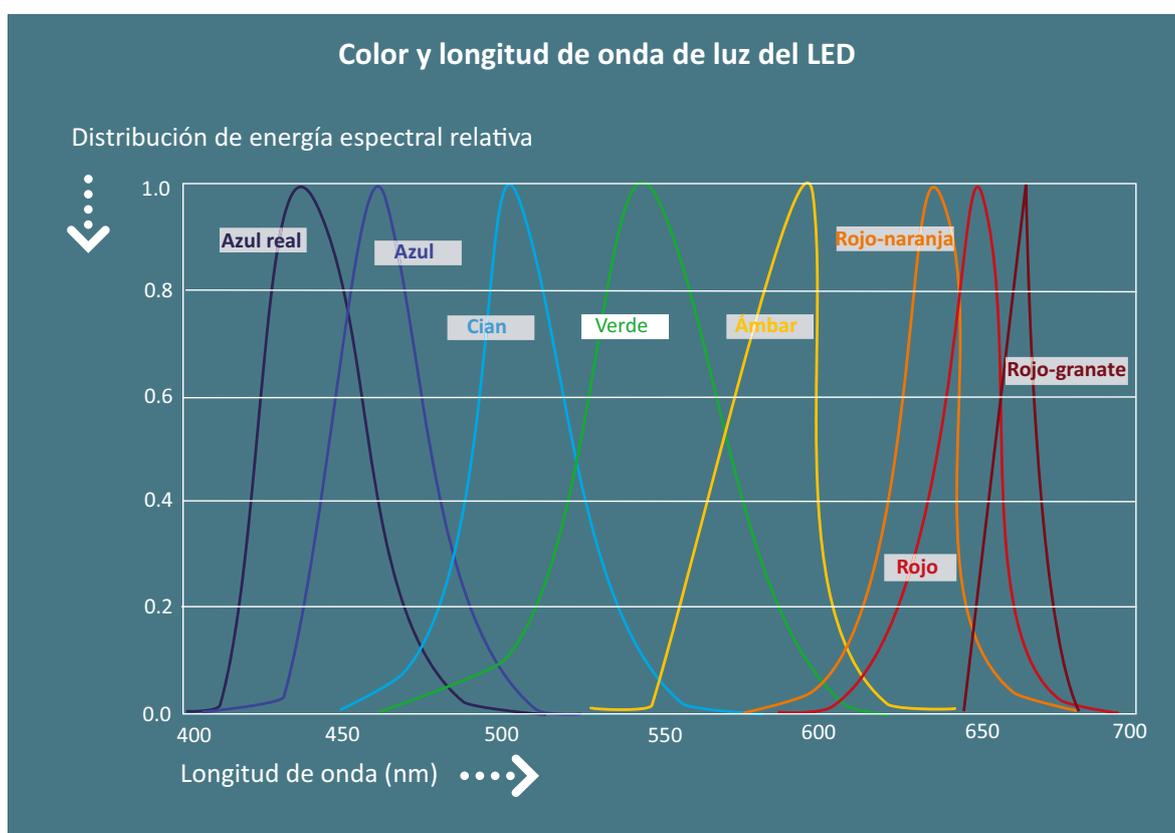
Detalle de instalación de lámparas de LED en techo de oficina. Imagen cedida por LEDS C4.



En términos generales, la luz generada por los LED es monocromática, y los distintos colores son producto del material semiconductor utilizado en su fabricación.

Color	Longitud de onda (nm)
Azul Royal	440 (pico)
Azul	470
Cian	505
Verde	530
Ambar	590
Rojo	625

Tabla 7. Relación color / longitud de onda.



Color y longitud de onda luz del LED.

LED emisores de luz blanca

Como aplicación del denominado LED de alta potencia como iluminante, es la generación de luz blanca y buena reproducción de color la que despierta el mayor interés. Esto se puede conseguir mediante dos métodos:

- ✓ Mediante la mezcla de luz emitida por tres chips monocromáticos: azul, verde y rojo.
- ✓ Mediante la combinación de un chip azul y capas de fósforo.

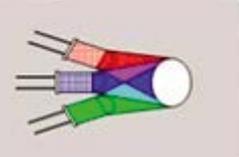
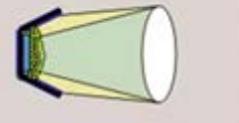
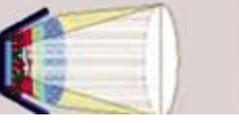
El primer método raramente se utiliza para producir un LED «blanco», aunque sí se utiliza para realizar juegos de colores, regulando independientemente la intensidad de corriente que circula por cada chip.

Mediante el segundo método se puede obtener luz blanca cálida o fría en función de los fósforos que se utilicen. Si se utilizan fósforos amarillos se tendrá un LED blanco frío y de un Ra en torno a 60. Si se utilizan fósforos rojos y verdes se puede obtener un LED blanco cálido de mejor reproducción cromática ($Ra < 80$) pero con algo menos de flujo luminoso.

A fecha de hoy, la tecnología utilizada en la fabricación de los LED no ha conseguido la unificación de las propiedades, incluso entre los LED obtenidos de la misma oblea. Con el objeto de obtener un cierto grado de homogeneidad para una aplicación determinada, se recurre al denominado *binning*, que involucra la caracterización de los LED mediante sus características fundamentales: flujo, color y voltaje

Este segundo método tiene una variante denominada de «fósforos remotos», consistente en montar una placa con varios LED azules en el interior de una cámara de alto grado de reflexión, denominada cámara de mezcla, donde las eventuales diferencias en color y flujo de los chips empleados se mezclan, dando lugar a una luz azul uniforme. La capa de fósforos y el difusor transforman esta luz azul en luz blanca de gran uniformidad.

LED emisores de luz blanca

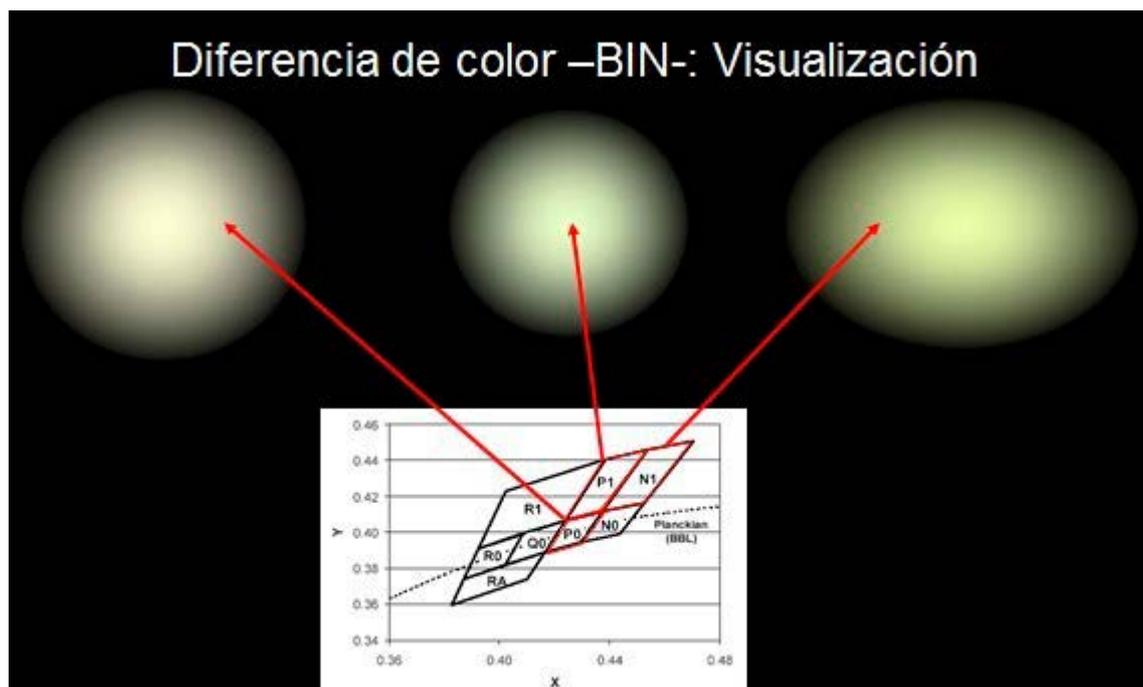
	Técnica
	Mezcla de rojo-verde-azul (RGB)
	LED azul con un fósforo blanco/amarillo
	LED azul con un fósforo RGB







Fósforo amarillo
Diodo azul



Mezcla de colores.

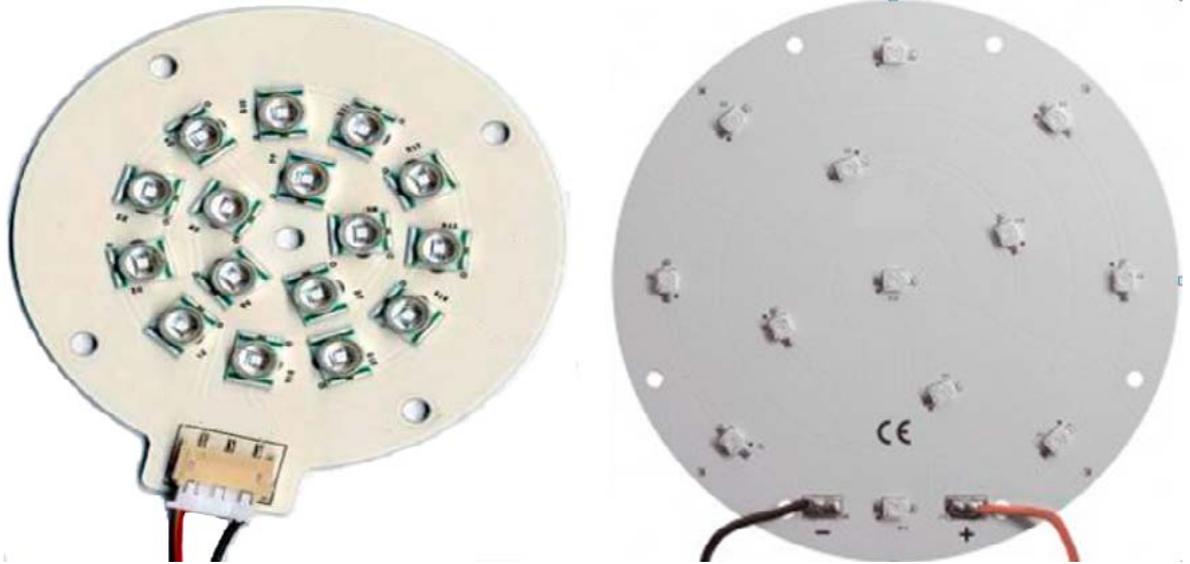
Con esta variante es posible incrementar la eficiencia del sistema en un 40%, asegurando la estabilidad del color. Al igual que el resto de las fuentes de luz anteriormente citadas, los LED empleados en el alumbrado deberán cumplir lo establecido en la norma UNE-EN 62471 («Seguridad fotobiológica de las lámparas»), y sus correspondientes revisiones, en la que se hace referencia al posible daño para la retina al mirar directamente a dichas fuentes de luz.

La utilización de los LED en un alumbrado general, ya sea de interior o de exterior, al igual que sucede con las otras fuentes de luz descritas en este capítulo, están clasificadas como exentas de riesgo o de riesgo muy bajo por la citada norma, siempre que sean utilizadas en las condiciones indicadas por los fabricantes.

Conjuntos multi-LED-PCB (Printed Circuit Board)

Dado que el flujo luminoso unitario de los LED de alta potencia es aún relativamente bajo comparado con el de otras fuentes de luz anteriormente mencionadas, para su aplicación como iluminante se utilizan varios de ellos fijados a un circuito impreso, con dos funciones principales:

1. Establecer las conexiones eléctricas entre los LED y el «driver». Pueden ser fabricadas en fibra de vidrio o con un núcleo de metal (generalmente aluminio) con una ligera capa de fibra de vidrio, en cuyo caso se denominan MCPCB (Metal Core Printed Circuit Board).
2. Transferir el calor generado por los LED al disipador térmico.



PCB.

Características del LED

Frente a las otras fuentes de luz citadas en este capítulo, el LED aporta importantes ventajas para su utilización en el alumbrado, tanto interior como exterior. Estas son las siguientes:

Emisión de luz monocromática, ideal para iluminaciones arquitecturales y decorativas.

Pequeñas dimensiones, que permiten gran flexibilidad y simplicidad de diseño de luminarias.

Elevada eficacia lm/W en función de la intensidad de corriente con la que sea alimentado.

Con la elevación de la corriente que circula por el LED (750 mA, 1 A) se incrementa el flujo emitido al mismo tiempo que la potencia consumida. Habitualmente con intensidades de corriente de 350 mA se consigue la mayor eficacia, alcanzando a día de hoy los 100 o 120 lm/W cuando varios LED trabajan en forma conjunta en una luminaria.

Gran vida útil, de hasta 50.000 horas, dependiendo de la temperatura ambiente en la que trabaje el LED, de la corriente de alimentación y de la disipación térmica de la solución empleada.

Sin radiación ultravioleta ni infrarroja.

Emisión luminosa fácilmente direccionable mediante lentes o reflectores, pudiendo alcanzar utilancias mayores con luminarias que incorporen LED que las obtenidas en luminarias dotadas de otras fuentes de luz convencionales.

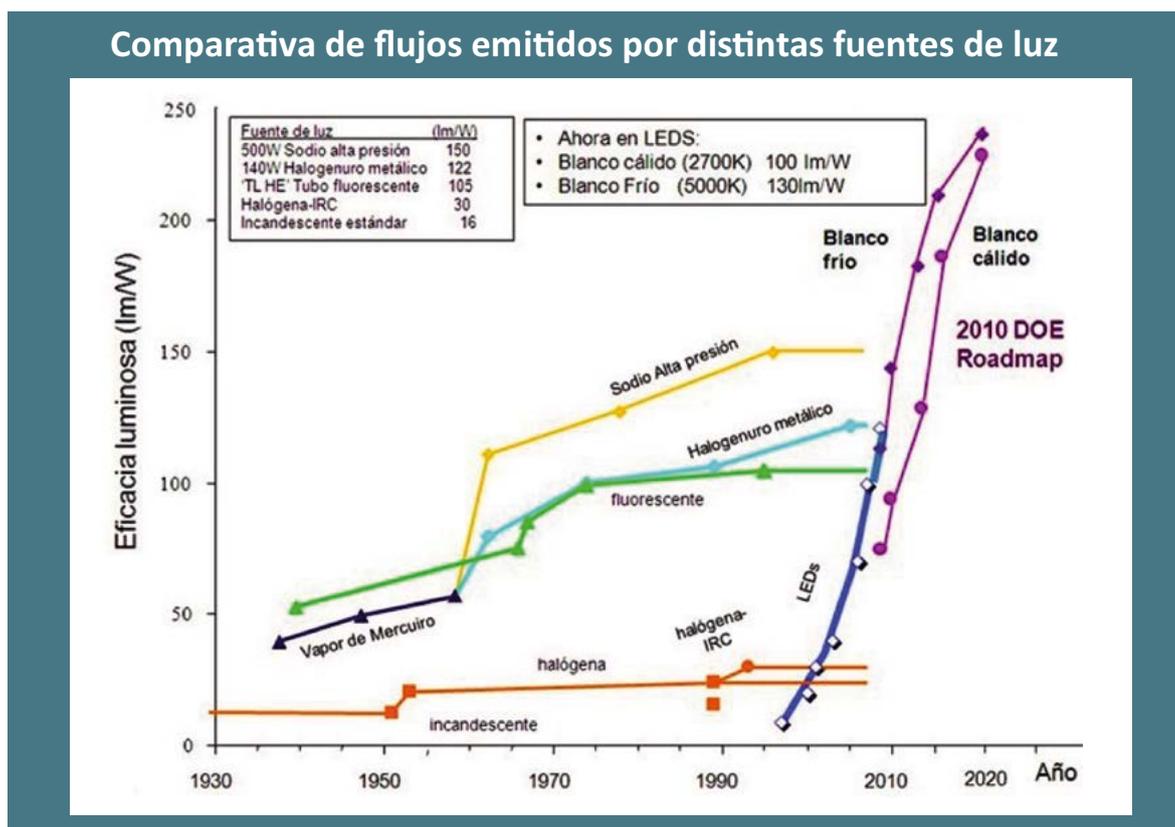
Mayor resistencia a golpes y vibraciones que el resto de las fuentes de luz habitualmente utilizadas.

Encendido instantáneo y fácilmente regulable.

Comparativa de fuente de luz LED con incandescencia, fluorescencia y descarga

El rápido desarrollo de la tecnología LED ha disparado las expectativas de crecimiento en el flujo de luz emitida por estos elementos, si bien la citada emisión puede quedar limitada por la posibilidad o no de la disipación térmica necesaria para su correcto funcionamiento, al incorporarlos en lámparas y/o luminarias.

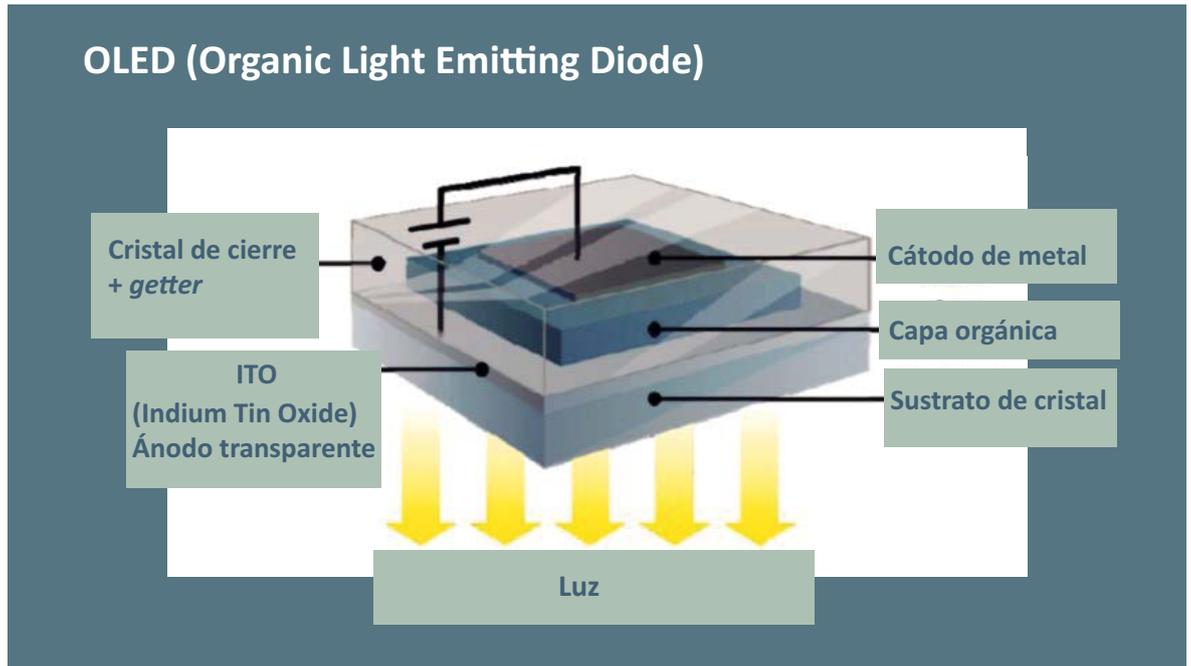
En el gráfico siguiente se indica una comparativa de los flujos emitidos por las distintas tecnologías de fuentes de luz.



Comparativa de flujos emitidos por distintas fuentes de luz.

Lámparas LED con conexión directa a red

En este tipo de lámparas, la fuente de alimentación va incluida en el formato de las mismas, por lo que se hace necesaria la existencia de disipadores térmicos que permitan el correcto funcionamiento de dicha fuente.

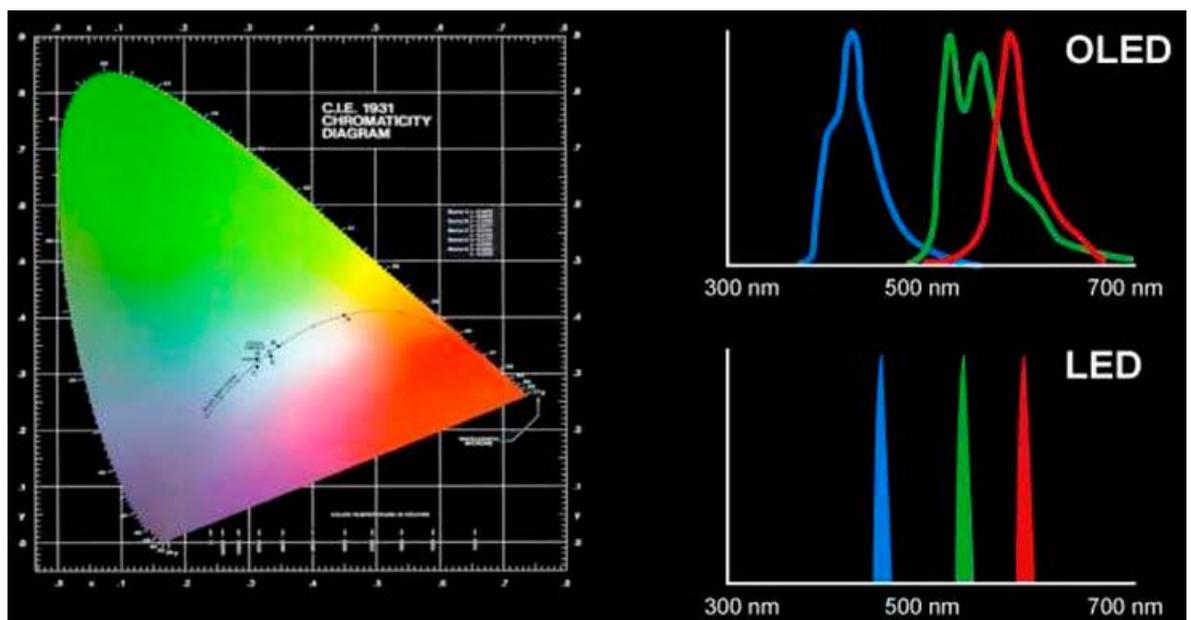


Lámparas LED de conexión directa a red o «retrofit».

Los OLED (Organic Light Emitting Diode)

Es un diodo orgánico de emisión de luz formado por dos finas capas orgánicas denominadas capa de emisión y capa de conducción, que se encuentran comprendidas a su vez entre dos finas películas que hacen de ánodo y cátodo, que, al aplicarles una estimulación eléctrica, reaccionan generando luz.

Los materiales utilizados y la estructura de las capas determinan las características de color de la luz emitida, vida útil y eficacia.



OLED.

Actualmente se pueden encontrar dos tipos de OLED, en función de la tecnología empleada para la generación de energía luminosa: generación mediante moléculas, denominadas SM-OLED (Small Molecule - OLED), y generación mediante polímeros, denominados PLED (Polymer Light Emitting Diodes).

Características del OLED

Para su aplicación al alumbrado destacan:

Ligero y de muy poco espesor, permitiendo aplicaciones en las que el peso y volumen sean determinantes.

Elevada reproducción cromática de la luz emitida ($R_a > 80$).

Larga vida útil (> 1.000 horas).

Fuente de luz difusa.

Bajo voltaje de funcionamiento.

Sin sustancias peligrosas en su composición.

A día de hoy la utilización del OLED como fuente de luz se encuentra en su fase inicial de desarrollo, esperándose que a medio plazo se consigan eficacias superiores a 100 lm/W (actualmente unos 20 lm/W) y elevada vida útil a un costo competitivo para su utilización, especialmente en el alumbrado interior.

Del mismo modo, si la tecnología permite la fabricación del OLED totalmente transparente, tendrá una gran aplicación como elemento de construcción.

6.4. Equipos eléctricos auxiliares

La mayor parte de las fuentes de luz referidas en este capítulo necesitan de un equipo auxiliar para ser conexas a la red de alimentación eléctrica. Tanto las lámparas fluorescentes como el resto de las de descarga en gas y los dispositivos en estado sólido emisores de luz necesitan del citado equipo auxiliar para su correcto funcionamiento.

Asimismo, algunas lámparas incandescentes halógenas de bajo voltaje necesitan de la presencia de un transformador en su circuito de conexión a la red eléctrica.

Tanto unos como otros pueden aparecer en sus versiones electrónicas o electromagnéticas.

Equipos asociados a fuentes de luz incandescente halógena de bajo voltaje

En el caso de las lámparas incandescentes halógenas de bajo voltaje (12/24 V), es necesaria la existencia de un transformador de tensión entre la lámpara y la red de alimentación (230 V).

Estos transformadores pueden ser electrónicos o electromagnéticos.

Algunas de las principales ventajas de los primeros son:

Más ligeros y compactos; menores pérdidas por efecto Joule; más silenciosos; elevado factor de potencia; protección contra sobrecargas y cortocircuitos, y posibilidad de regulación según tipos.



Equipos para halógenas de bajo voltaje.

Equipos auxiliares para lámparas de descarga

Como ya se ha comentado anteriormente, las lámparas de descarga requieren la presencia de un equipo auxiliar entre dichas lámparas y la red de alimentación. Estos equipos existen en versión electromagnética y electrónica.

► Equipos auxiliares electromagnéticos para lámparas de descarga

Son equipos formados por varios elementos: arrancador, balasto o reactancia y condensador.

Arrancador

El arrancador es el componente que proporciona en el momento del encendido, bien por sí mismo o en combinación con el balasto, la tensión requerida para el cebado de la lámpara. El arrancador puede ser eléctrico, electrónico o electromecánico.

En casi todas sus versiones, la lámpara de descarga necesita de un arrancador auxiliar para comenzar la descarga, venciendo la diferencia de potencial existente entre sus electrodos. Es un componente del equipo auxiliar cuyas características eléctricas tienen una importancia fundamental en la vida de la lámpara. La tensión de pico, la corriente máxima (independiente / en serie), posición de fase, tensión de conexión e interrupción tienen que ser las idóneas para lo requerido por tipo y potencia.

Los más comúnmente empleados son: arrancadores semiparalelos, arrancadores serie o de superposición y los arrancadores de montaje paralelo, existiendo versiones denominadas temporizados, que tras un determinado periodo de tiempo sin que la lámpara arranque se desconectan automáticamente.

También existe la versión de reencendido en caliente, especialmente utilizadas en altas potencias de lámpara utilizadas generalmente en iluminación deportiva.

En el caso de las lámparas fluorescentes este dispositivo (arrancador) se denomina cebador.



Arrancadores y cebadores.

Balasto

Una característica común a todas las lámparas de descarga es que ofrecen una impedancia al paso de la corriente eléctrica, que disminuye a medida que esta aumenta, motivo por el que no pueden ser conectadas directamente a la red de alimentación sin un dispositivo, denominado **balasto o reactancia**, que controle la intensidad de corriente que circula por ellas.

Los más comúnmente utilizados son los de choque, que pueden considerarse puramente inductivos. Para su utilización con lámparas de descarga en alta presión, también los hay autotransformadores y autorreguladores.

Especialmente destinados a las lámparas de sodio de alta presión, existen en el mercado equipos electromagnéticos denominados de doble nivel, cuyo balasto dispone de dos bobinados en serie, capaces de alimentar a la lámpara con dos intensidades y modificando por tanto el flujo luminoso emitido por ella. En estos equipos, la conmutación entre los dos niveles de impedancia del balasto se realiza a través de un relé temporizado o mediante un hilo de mando.



Balastos electromagnéticos.

El balasto electromagnético en funcionamiento con la lámpara posee un factor de potencia en torno a 0,5, lo que provoca un consumo de energía reactiva penalizado por las compañías eléctricas aplicando recargos en las facturas. Para corregir este problema se utiliza la carga capacitiva que genera el **condensador** intercalado en el circuito.

► Equipos auxiliares electrónicos para lámparas de descarga

Como alternativa a los equipos electromagnéticos se han desarrollado los equipos auxiliares electrónicos, tanto para lámparas fluorescentes como de descarga en alta presión.

Estos equipos integran en un solo conjunto los sistemas de encendido, estabilización y compensación, y en muchas ocasiones de regulación del flujo luminoso emitido por la lámpara.

Fundamentalmente utilizados desde hace varios años como equipo de encendido (con y sin precaldeo) para las lámparas fluorescentes, también existen equipos electrónicos para lámparas de descarga (sodio a alta presión, halogenuros metálicos de quemador de cuarzo o cerámicos), si bien es cierto que no para todo tipo de potencia.

Las principales ventajas de los equipos electrónicos frente a los electromagnéticos son:

Mayor eficacia del sistema por menor consumo propio.

Menor peso y tamaño.

Simplificación del cableado (un solo elemento).

Fiabilidad de encendido.

Incremento de la vida útil de las lámparas y estabilidad del flujo y la temperatura de color.

Menor sensibilidad a las variaciones de tensión de la red de alimentación.

Posibilidad de regulación en muchos de sus modelos y potencias.



Equipos electrónicos.

Según la Directiva Europea 2000/55/CE de 18 de septiembre de 2000, relativa a los requisitos de eficiencia energética de los balastos de lámparas fluorescentes (exceptuando las lámparas compactas de bajo consumo), el conjunto lámpara-equipo no deberá sobrepasar los valores de la siguiente tabla.

Tabla para situar el tipo de balasto en su categoría	
Categoría	Descripción
1	Balastos para lámpara tubular
2	Balastos para lámpara compacta de 2 tubos
3	Balastos para lámpara compacta plana de 4 tubos
4	Balastos para lámpara compacta de 4 tubos
5	Balastos para lámpara compacta de 6 tubos
6	Balastos para lámpara compacta de tipo 2D

Tabla 8. Asignación de categoría a cada tipo de balasto.

Una vez situado el balasto en su categoría, la siguiente tabla nos indica la potencia máxima de entrada permitida para el conjunto balasto-lámpara.

EU2000/55/EC- Categoría 1		Potencia	Lámpara	Clase						
Lámpara	Código	50 Hz	HF	A1	A2	A3	B1	B2	C	D
Tipo	ILCOS	W	W	W	W	W	W	W	W	W
T	FD-15-E-G13-26/450	15	13,5	9	16	18	21	23	25	>25
	FD-30-E-G13-26/900	18	16	10,5	19	21	24	26	28	>28
	FD-18-E-G13-26/600	30	24	16,5	31	33	36	38	40	>40
	FD-36-E-G13-26/1200	36	32	19	36	38	41	43	45	>45
	FD-58-E-G13-26/1500	38	32	20	38	40	43	45	47	>47
	FD-38-E-G13-26/1047	58	50	29,5	55	59	64	67	70	>70
	FD-70-E-G13-26/1800	70	60	36	68	72	77	80	83	>83
EU2000/55/EC- Categoría 2		Potencia	Lámpara	Clase						
Lámpara	Código	50 Hz	HF	A1	A2	A3	B1	B2	C	D
Tipo	ILCOS	W	W	W	W	W	W	W	W	W
TC-L	FSD-18-E-2G11	18	16	10,5	19	21	24	26	28	> 28
	FSD-36-E-2G11	24	22	13,5	25	27	30	32	34	> 34
	FSD-24-E-2G11	36	32	19	36	38	41	43	45	> 45
EU2000/55/EC- Categoría 3		Potencia	Lámpara	Clase						
Lámpara	Código	50 Hz	HF	A1	A2	A3	B1	B2	C	D
Tipo	ILCOS	W	W	W	W	W	W	W	W	W
TC-F	FSS-18-E-2G10	18	16	10,5	19	21	24	26	28	> 28
	FSS-24-E-2G10	24	22	13,5	25	27	30	32	34	> 34
	FSS-36-E-2G10	36	32	19	36	38	41	43	45	> 45

EU2000/55/EC- Categoría 4		Potencia	Lámpara	Clase						
Lámpara	Código	50 Hz	HF	A1	A2	A3	B1	B2	C	D
Tipo	ILCOS	W	W	W	W	W	W	W	W	W
TC-D/TC-DE	FSQ-10-E-G24q=1	10	9,5	6,5	11	13	14	16	18	> 18
	FSQ-10-I-G24d=1									
	FSQ-13-E-G24q=1	13	12,5	8	14	16	17	19	21	> 21
	FSQ-13-I-G24d=1									
	FSQ-18-E-G24q=2	18	16,5	10,5	19	21	24	26	28	> 28
	FSQ-18-I-G24d=2									
	FSQ-26-E-G24q=3	26	24	14,5	27	29	32	34	36	> 36
	FSQ-26-I-G24d=3									
EU2000/55/EC- Categoría 5		Potencia	Lámpara	Clase						
Lámpara	Código	50 Hz	HF	A1	A2	A3	B1	B2	C	D
Tipo	ILCOS	W	W	W	W	W	W	W	W	W
TC-T/TC-TE	FSM-13-I - GX24d=1	13	12,5	8	14	16	17	19	21	> 21
	FSM-13-E-GX24q=1									
	FSM-18-I- GX24d=2	18	16,5	10,5	19	21	24	26	28	> 28
	FSM-18-E-GX24q=2									
	FSM-26-I - GX24d=3	26	24	14,5	27	29	32	34	36	> 36
	FSM-26-E-GX24q=3									

EU2000/55/EC-Categoría 6		Potencia	Lámpara	Clase						
Lámpara	Código	50 Hz	HF	A1	A2	A3	B1	B2	C	D
Tipo	ILCOS	W	W	W	W	W	W	W	W	W
TC-DO / TC-DDE	FSS-10-E-GR10q	10	9	6,5	11	13	14	16	18	> 18
	FSS-10-L/P/H-GR10q									
	FSS-16-I -GR8	16	14	8,5	17	19	21	23	25	>25
	FSS-16-E-GR10q									
	FSS-16-L/P/H-GR10q									
TC	FSS-21-E-GR10q	21	19	12	22	24	27	29	31	> 31
	FSS-21-L/P/H-GR10q									
	FSS-28-I-GR8	28	25	15,5	29	31	34	36	38	> 38
	FSS-28-E-GR10q									
	FSS-28-L/P/L-GR10q									
	FSS-38-E-GR10q	38	34	20	38	40	43	45	47	> 47
	FSS-38-L/P/L-GR10q									
EU2000/55/EC		Potencia	Lámpara	Clase						
Lámpara	Código	50 Hz	HF	A1	A2	A3	B1	B2	C	D
Tipo	ILCOS	W	W	W	W	W	W	W	W	W
TC	FSD-5-I-G23	5	4,5	4	7	8	10	12	14	> 14
	FSD-5-E-2G7									
	FSD-7-I-G23	7	6,5	5	9	10	12	14	16	> 16
	FSD-7-E-2G7									
FSD-9-I-G23	9	8	6	11	12	14	16	18	> 18	
FSD-9-E-2G7										
FSD-11-I-G23	11	11	7,5	14	15	16	18	20	> 20	
FSD-11-E-2G7										

EU2000/55/EC		Potencia	Lámpara	Clase						
Lámpara	Código	50 Hz	HF	A1	A2	A3	B1	B2	C	D
Tipo	ILCOS	W	W	W	W	W	W	W	W	W
T	FD-4-E-G5-16/150	4	3,4	3,5	6	7	9	11	13	> 13
	FD-6-E-G5-16/225	6	5,1	4	8	9	11	13	15	> 15
	FD-8-E-G5-16/300	8	6,7	5	11	12	13	15	17	> 17
	FD-13-E-G5-16/525	13	11,8	8	15	16	17	19	21	> 21
EU2000/55/EC		Potencia	Lámpara	Clase						
Lámpara	Código	50 Hz	HF	A1	A2	A3	B1	B2	C	D
Tipo	ILCOS	W	W	W	W	W	W	W	W	W
T9-C	FC-22-E-G10q-29	22	19	12	22	24	28	30	32	32
	FC-32-E-G10q-29	32	30	18,5	35	37	38	40	42	42
	FC-40-E-G10q-29	40	32	19,5	37	39	46	48	50	50

EU2000/55/EC		Potencia	Lámpara	Clase						
Lámpara	Código	50 Hz	HF	A1	A2	A3	B1	B2	C	D
Tipo	ILCOS	W	W	W	W	W	W	W	W	W
T5-E	FDH-14-G5-L/P-16/550		14	9,5	17	19				
	FDH-24-G5-L/P-16/550		21	13	24	26				
	FDH-21-G5-L/P-16/850		24	14	26	28				
	FDH-28-G5-L/P-16/1150		28	17	32	34				
	FDH-39-G5-L/P-16/850		35	21	39	42				
	FDH-35-G5-L/P-16/1450		39	23	43	46				
	FDH-49-G5-L/P-16/1450		49	29	55	58				
	FDH-54-G5-L/P-16/1150		54	31,5	60	63				
	FDH-80-G5-L/P-16/1150		80	47,5	88	92				
	FDH-95-GX5-L/P-16/1150		95	56,5	105	113				
	FDH-120-GX5-L/P-16-1450		120	71	133	142				

EU2000/55/EC		Potencia	Lámpara	Clase						
Lámpara	Código	50 Hz	HF	A1	A2	A3	B1	B2	C	D
Tipo	ILCOS	W	W	W	W	W	W	W	W	W
T5-C	FCH-22-L/P-2GX13-16		22	14	26	28				
	FCH-40-L/P-2GX13-16		40	24	45	48				
	FCH-55-L/P-2GX13-16		55	32,5	61	65				
	FCH-60-L/P-2GX13-16		60	35	66	70				
EU2000/55/EC		Potencia	Lámpara	Clase						
Lámpara	Código	50 Hz	HF	A1	A2	A3	B1	B2	C	D
Tipo	ILCOS	W	W	W	W	W	W	W	W	W
TC-LE	FSDH-40-L/P-2G11		40	24	45	48				
	FSDH-55-L/P-2G11		55	32,5	61	65				
	FSDH-80-L/P-2G11		80	47,5	88	92				
EU2000/55/EC		Potencia	Lámpara	Clase						
Lámpara	Código	50 Hz	HF	A1	A2	A3	B1	B2	C	D
Tipo	ILCOS	W	W	W	W	W	W	W	W	W
TC-TE	FSMH-32-L/P-2GX24q=3		32	19,5	36	39				
	FSM6H-57-L/P-2GX24q=5		42	25	47	50				
	FSM8H-57-L/P-2GX24q=5									
	FSMH-42-L/P-2GX24q=4		57	33,5	63	67				
	FSM6H-70-L/P-2GX24q=6									
	FSM8H-70-L/P-2GX24q=6		70	41	77	82				
	FSM6H-60-L/P-2G8=1		63	37,5	70	75				
	FSM6H-85-L/P-2G8=1		87	51,5	96	103				
	FSM6H-120-L/P-2G8=1									
	FSM8H-120-L/P-2G8=1		122	72	135	144				
EU2000/55/EC		Potencia	lámpara	Clase						
Lámpara	Código	50Hz	HF	A1	A2	A3	B1	B2	C	D
Tipo	ILCOS	W	W	W	W	W	W	W	W	W
TC-DO	FSSH-55-L/P-GR10		55	32,5	61	65				
PROHIBIDO DESDE 21-11-2005 (clase C)										
PROHIBIDO DESDE 21-5-2002 (clase D)										

Tabla 9. Potencia máxima balasto-lámpara.

Todo balasto debe tener marcado, además de las características eléctricas, el nombre del fabricante y país de origen; los símbolos CE, ENEC o similar, que acreditan el cumplimiento de las normas relativas a su seguridad y funcionamiento; el índice de eficiencia energética EEI; la t_w (temperatura máxima de funcionamiento); el incremento de temperatura (Dt); la temperatura máxima de ambiente de funcionamiento (t_a), y I (factor de potencia).

Además pueden llevar impresas las marcas de conformidad de diferentes organismos de homologación.



Marcas de homologación.

En la elección de estos elementos, tanto electromagnéticos como electrónicos, se debe considerar la utilización de aquellos fabricados que cumplan con las normas y recomendaciones referentes a estos productos, establecidas por los distintos organismos nacionales e internacionales.

Asimismo, el equipo auxiliar en su conjunto o cada componente debe cumplir de forma obligatoria:

- ✓ El marcado «CE» (Conformidad Europea), que representa el cumplimiento de Directiva de Baja Tensión (LV) 73/23/EEC (obligatoria desde 1-1-97), y aplicable a todos los aparatos eléctricos de tensión nominal de 50 a 1.000 V, en corriente alterna y 75 a 1.500 V, en corriente continua.
- ✓ La Directiva de Compatibilidad Electromagnética (EMC) 89/366/EEC (obligatoria desde 1-1-96), y aplicable a todos los aparatos eléctricos y electrónicos que pueden generar radio interferencias o verse afectados por perturbaciones generadas por otros aparatos de su entorno.

Equipos auxiliares electrónicos asociados a fuentes de luz en estado sólido («drivers»)

Son fuentes de alimentación que suministran la tensión necesaria para que se produzca la emisión luminosa de estos elementos (diodos) y que garanticen la correcta polarización de los mismos; el funcionamiento permanente dentro del rango nominal de trabajo, y la correcta estabilidad de sus parámetros de funcionamiento.

Los más comúnmente usados en la tecnología LED de alta potencia (los habitualmente utilizados en iluminación interior y exterior) son los denominados «drivers» de corriente constante, que varían el voltaje para mantener un valor de intensidad constante a través del diodo.

Para los LED o módulos LED de baja potencia suelen utilizarse las fuentes de alimentación a tensión constante.

Además de lo definido para los equipos auxiliares respecto al cumplimiento del mercado CE y directivas relacionadas, los equipos auxiliares electrónicos asociados a las fuentes de luz LED se regirán por la siguiente normativa:

- ✓ UNE-EN 61347-2-13. Dispositivos de control de lámpara. Parte 2-13: requisitos particulares para dispositivos de control electrónicos alimentados con corriente continua o corriente alterna para módulos LED.
- ✓ UNE-EN 62384. Dispositivos de control electrónicos alimentados en corriente continua o corriente alterna para módulos LED. Requisitos de funcionamiento.

Como en todo equipo electrónico, es vital la temperatura máxima de trabajo de los mismos, que debe ir marcada en un punto de su envolvente.



Equipos auxiliares para LED.

7 Sistemas de iluminación

En este capítulo se enumeran las principales tipologías de iluminación y los principales tipos de lámparas, luminarias, equipos y sistemas de control disponibles, así como los criterios básicos para su elección, siempre desde el punto de vista de la eficiencia energética.

Al objeto de conseguir tal instalación es importante que en la fase de diseño se considere la utilización de:

1. Una combinación de lámpara-balasto de alta eficacia.
2. Una luminaria eficiente y un sistema de alumbrado adecuado para la situación real considerada.
3. Un sistema de control adecuado, es decir, que facilite una buena eficiencia al uso de la instalación.

7.1. Alumbrado directo frente al indirecto

En todos los sistemas que veremos a continuación, el alumbrado general podrá ser directo, indirecto o una combinación de ambos.

Con el alumbrado directo casi toda la luz de las luminarias (del 90 al 100%) se emite hacia abajo y las superficies luminosas de las mismas son visibles. Las relaciones de luminancia y el modelado dependen de la distribución de intensidad luminosa del tipo de luminarias utilizado.

Buenas relaciones de luminancia y un buen modelado siempre se pueden obtener escogiendo el tipo de distribución correcto y adecuado a la situación en particular. Para asegurar que el techo adquiera la luminancia adecuada, la reflectancia del suelo no debe ser demasiado baja.

Los modernos sistemas de iluminación de oficinas están formados por luminarias de montaje empotrado o en superficie prevista de óptica especular de alta eficiencia, preferiblemente con características de haz ancho. Para la mayor parte del trabajo de oficinas, estas luminarias resultan excelentes: la distribución de luz no se reduce a la orientación descendente de manera que «instantáneamente» se obtiene una correcta distribución de sombras y luminancias en el espacio.

En las oficinas celulares, incluso usando pantallas de ordenador, no se hace preciso el uso de luminarias de gran control de deslumbramiento, ya que, debido a las dimensiones del local, no se verán reflejadas en las pantallas de los ordenadores (inclinación máxima de pantalla: 15°).

En las oficinas de planta abierta, deberá evitarse el uso de luminarias «oscuras» de haz concentrado y corte muy definido. Las mesas quedarían radiantes de luz, pero con «ondulaciones» marcadas en algunas paredes y ausencia de luz directa en las restantes. Con los modernos sistemas ópticos de

haz ancho, de bajo brillo en ángulos por encima de 65° en todo el espacio que rodea la luminaria, el equilibrio entre la iluminancia vertical y horizontal mejora apreciablemente. Los empleados apreciarán este tipo de alumbrado artificial, en especial cuando sus pantallas de ordenador tengan tratamiento antirreflejos y *software* positivo.

En contraposición, a un sistema que dirige la mayor parte de la luz (del 90 al 100%) hacia el techo y zonas superiores de las paredes, lo denominamos indirecto. En este caso, es el techo el que refleja la luz incidente sobre él el que se constituye en fuente primaria de iluminación.

Bajo condiciones normales, las superficies emisoras de luz de las luminarias no son visibles y, por tanto, el deslumbramiento directo de las mismas está totalmente controlado. En cambio, con el alumbrado indirecto, el techo tiene máxima luminosidad.

La iluminación indirecta le confiere a un espacio un carácter específico. Si se diseña para resaltar la arquitectura, puede resultar especialmente decorativa. Esto no quiere decir que automáticamente sea agradable para trabajar. Que el techo esté iluminado creará una intensa sensación de espacio, algo bueno de por sí, pero el ambiente en general será monótono, como el de un día nublado. La iluminación indirecta posee un par de características ilógicas:

1. La superficie mejor iluminada, el techo, será aquella en la que no trabaje nadie.
2. El techo se convierte, en efecto, en luminaria, un papel para el que rara vez está diseñado.

Las lámparas de descarga de alta intensidad en luminarias de tipo proyector son las más utilizadas en el alumbrado indirecto. De todas ellas tan solo la lámpara de halógenos metálicos cumple los requisitos de color para el alumbrado general de la zona de trabajo de las oficinas.

A veces se dice que el alumbrado indirecto evita el problema de la reducción del contraste en tareas satinadas y elimina el riesgo de imágenes especulares brillantes en las pantallas de ordenador. Pero hay que tener en cuenta que los sistemas de alumbrado directo pueden ser perfectamente diseñados para no tener dichos inconvenientes.

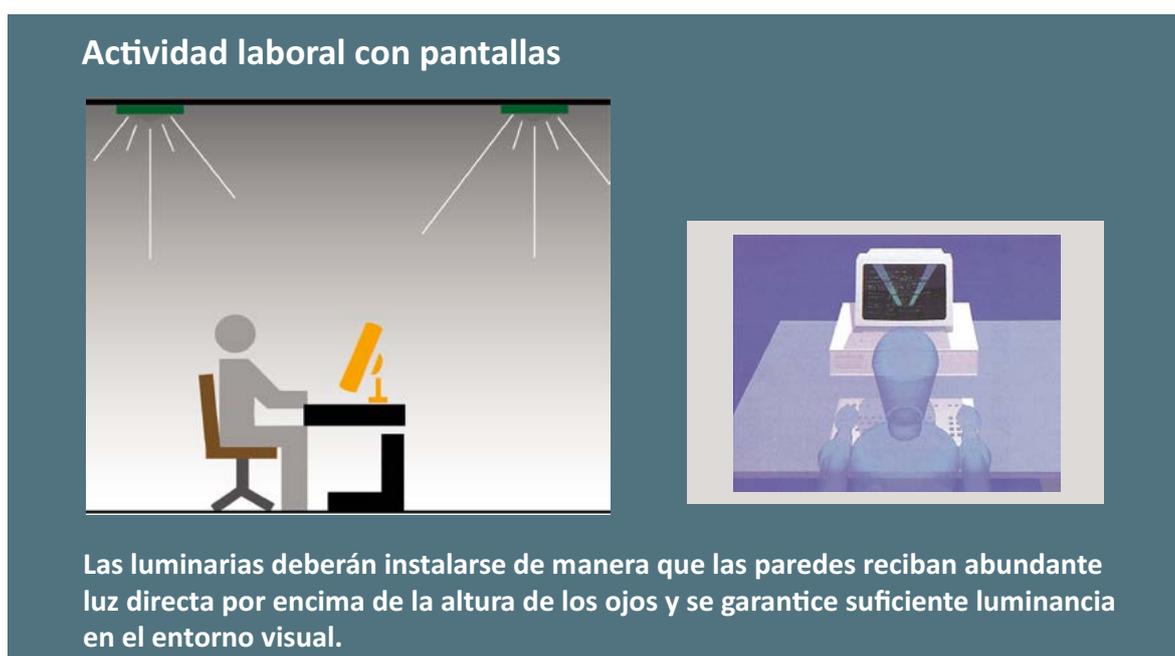
El factor de mantenimiento de un sistema de alumbrado indirecto es de entre un 5 y un 20% más bajo que el de uno directo (es decir, cuando se calcula un nivel de iluminación medio mantenido se ha de incrementar el valor inicial en un 20% para asegurar que antes del periodo de mantenimiento no nos encontremos por debajo del nivel establecido, en gran medida debido a la suciedad acumulada, tanto en la luminaria como en paredes y techo). Teniendo esto en cuenta y junto con el hecho de que la luz de una luminaria indirecta solo alcanza el plano de trabajo después de interreflexiones, significa que la eficiencia de una instalación de alumbrado indirecto es en general entre un 20 y un 60% más baja que la de un sistema directo equivalente, aun teniendo en cuenta que las luminarias que se utilizan son de gran eficiencia.

Las combinaciones de alumbrado directo e indirecto pueden conseguirse mediante el empleo conjunto de dos tipos diferentes de luminarias en el mismo sitio, o utilizando la luminaria denominada «directa-indirecta» que cuenta con componentes de luz tanto hacia arriba como hacia abajo. Este tipo de luminarias pueden estar equipadas con lámparas tanto fluorescentes o halógenas como de descarga de alta intensidad.

El alumbrado directo-indirecto es cómodo siempre y cuando la componente hacia abajo satisfaga los requisitos en cuanto a limitación de deslumbramiento. Su eficiencia es intermedia entre la instalación directa y la indirecta.

La iluminación directa/indirecta local, suspendida, en una oficina de planta abierta individual o de dimensiones reducidas resultará estéticamente agradable, sobre todo si la altura supera la medida estándar de 2,7 m. La altura se realzará y la iluminación será un elemento decorativo.

Las luminarias deberán instalarse de manera que las paredes reciban abundante luz directa por encima de la altura de los ojos y se garantice suficiente luminancia en el entorno visual.



Actividad laboral con pantallas.

Lamentablemente, esta iluminación no sirve para espacios de oficinas más grandes y de altura limitada, ya que el área de visión quedaría llena de estructuras suspendidas.

7.2. Sistemas de alumbrado. Alumbrado normal y de emergencia

En cuanto a la disposición y ubicación de las luminarias, existen dos opciones básicas para el alumbrado normal de oficinas, a lo que habrá de añadirse el alumbrado de emergencia.

1. Alumbrado general, proporcionado por una distribución regular de luminarias.
2. Alumbrado general más alumbrado local, en el que se complementa un nivel de alumbrado general con luminarias en los puestos de trabajo.
3. Alumbrado de emergencia.

Alumbrado general

El enfoque adoptado para la mayoría de las oficinas generales consiste en el empleo de un alumbrado general directo que proporcione la iluminancia horizontal y la uniformidad requeridas.

Con tal sistema cualquier lugar de la oficina puede utilizarse como puesto de trabajo y, por ello, la disposición del alumbrado no necesita ser modificada si se produjesen cambios en la disposición de los puestos de trabajo.

El equilibrio de luminancias en el espacio, el modelado y, más concretamente, la iluminación de los rostros en cualquier puesto de trabajo son, en general, buenos. En el caso de puestos de trabajo mal situados respecto a las luminarias podrían aparecer reflexiones de velo; se pueden reducir girando o moviendo ligeramente el puesto de trabajo particular.

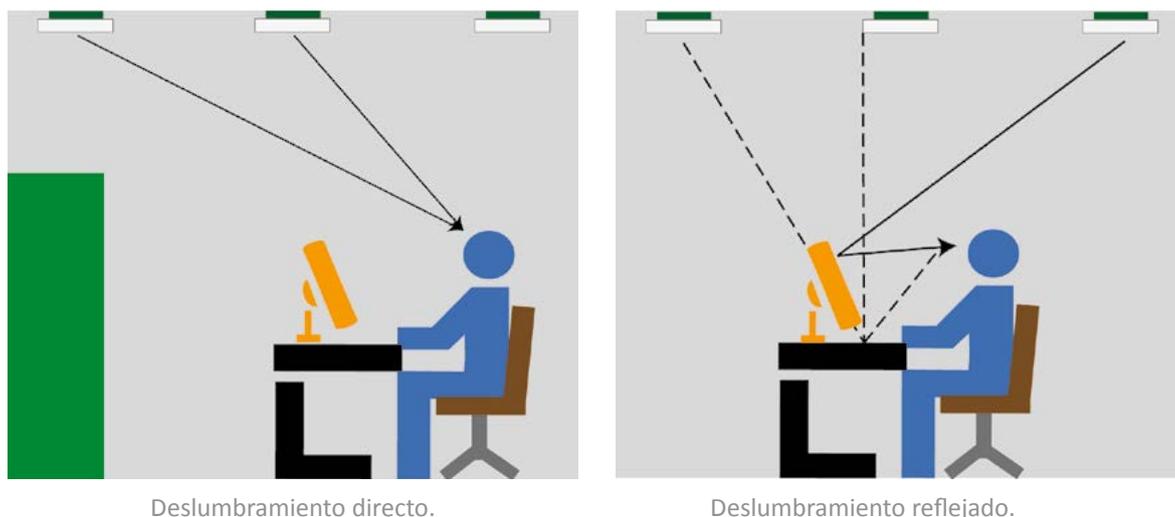
Alumbrado general y local

Con el deseo de ahorrar energía se ha pensado mucho sobre el hecho de iluminar la tarea visual mediante pequeñas fuentes de luz situadas en su proximidad, pero al menos el 50% del alumbrado del puesto de trabajo tiene que ser proporcionado por el alumbrado general a fin de mantener un correcto equilibrio entre la luminancia de la zona de trabajo y la correspondiente al entorno global. El alumbrado general de bajo nivel se obtiene mediante una disposición regular de luminarias.

El alumbrado local del puesto de trabajo, necesario para complementar el general de bajo nivel, deberá permitir que la tarea se realice confortablemente para cualquier posible posición del trabajador, lo que significa que para evitar deslumbramiento la luz debe apantallarse de tal forma que no alcance directamente sus ojos cuando esté sentado en posición normal de trabajo. Cuando se empleen luces de sobremesa, estas deberán lanzar su luz perpendicularmente a la dirección principal de visión a fin de evitar la posibilidad de producir reflexiones de velo en la tarea. Para trabajadores diestros la luz debe provenir de la izquierda, y de la derecha para los zurdos, a fin de evitar que, cuando se realicen tareas de escritura, sean sus propias manos las que proporcionen sombras molestas.

Las luminarias que proporcionan el alumbrado local están o bien suspendidas del techo o sobre la mesa.

Las suspendidas tienen la ventaja de que no constituyen una obstrucción visual para las direcciones normales de visión, pudiéndose montar suficientemente altas sobre el plano de trabajo (entre 0,7 y 1 m) como para proporcionar en el área de la mesa un alumbrado uniforme y libre de deslumbramiento. La relación de uniformidad necesaria entre la mínima y la media de 0,8 es difícil de conseguir con una lámpara de sobremesa.



Deslumbramiento directo.

Deslumbramiento reflejado.

Alumbrado de emergencia

Independientemente del sistema de alumbrado previsto para la iluminación de oficinas, tanto en lo referente al alumbrado normal como al de emergencia, se deberá cumplir lo reflejado en la sección SUA 4 del «Documento Básico de Seguridad y Utilización», referente a la seguridad frente al riesgo causado por iluminación inadecuada.

En el caso de fallo del alumbrado normal se dispondrá de un sistema de alumbrado de emergencia fijo con fuente de alimentación propia, que entre en funcionamiento al producirse dicho fallo y que suministre el nivel de iluminación necesario para facilitar la visibilidad de los usuarios, de manera que pueda producirse el abandono de las distintas áreas de trabajo existentes en la oficina; evite las situaciones de pánico y permita la visión de las señales indicativas de las salidas, así como la situación de los equipos y medios de protección y primeros auxilios existentes.

El alumbrado de emergencia deberá ajustarse a la legislación vigente:

- ✓ Directiva Comunitaria de Baja Tensión CEE 73/23 (RD 7/1988 y 154/1995).
- ✓ Norma Básica de Edificación, Condiciones de Protección contra Incendios en los Edificios (NBE-CPI/91 y NBE-CPI/96).
- ✓ Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (RBT), Instrucción MI BT 025 (Hoja de interpretación n.º 25).
- ✓ Cualquier norma o directiva que posteriormente se apruebe y le sea de aplicación.

7.3. Tipos de fuentes luminosas recomendadas⁽⁵⁾

Los tipos de lámparas recomendados para la iluminación de oficinas son:

1. Fluorescentes tubulares lineales de \varnothing 26/16 mm.

⁽⁵⁾ Ver capítulo 6: «Fuentes de luz».

2. Fluorescentes compactas integradas.
3. Fluorescentes compactas no integradas.
4. Lámparas de descarga de halogenuros metálicos (HM).
5. Lámparas de descarga de sodio de alta presión (SAP) (solo para exteriores).
6. Incandescentes halógenas.
7. Lámparas LED.

Seleccionar la más apropiada depende de muchos factores, como son la eficacia de la lámpara, las cualidades cromáticas, el flujo luminoso, la vida media, el equipo necesario, y aspectos medioambientales, entre otros. En la tabla siguiente se pueden ver las características de las lámparas más idóneas para iluminación general, localizada y decorativa. Los pasos a seguir para seleccionar la lámpara más adecuada para cada dependencia serán:

1. Seleccionar aquellas lámparas que cumplan los parámetros de tono de luz o temperatura de color (K) e índice de reproducción cromática (Ra) recomendados para el local.
2. De aquellos tipos de lámparas que cumplan la condición anterior, seleccionar la de mayor eficacia, es decir, la que tenga un valor mayor del parámetro lm/vatio.
3. Seleccionar la lámpara con mayor vida media, medida en horas.

Las lámparas fluorescentes tubulares utilizadas hoy en día en el alumbrado de oficinas son en su mayoría T8 (26 mm de diámetro) o T5 (16 mm de diámetro) con polvos fluorescentes trifósforos, consiguiendo de este modo una eficacia mucho mayor que los polvos estándar y a la vez una mayor vida útil, debido a que la depreciación del flujo de la lámpara a lo largo de su vida es menor que en el caso de los fósforos estándar.

También se puede destacar que estas lámparas tienen tan solo 3 mg de mercurio, frente a los 15 mg que necesitan las lámparas con polvos estándar.

En el caso de las lámparas T5, siempre tendremos polvos de la nueva generación. Tal como se ha indicado al describirlas, estas lámparas trabajan siempre con equipo electrónico, que, junto con el menor diámetro de la lámpara, hace que la eficacia del sistema sea mayor, pudiendo alcanzar los 105 lm/W.

Nos encontramos con dos tipos de lámparas que podremos llamar de alta eficacia (AE) y de alto flujo (AF). La diferencia entre ambas radica en que a igualdad de longitudes se las hace trabajar con mayor o menor potencia y, por lo tanto, variará su flujo.

El uso de las lámparas de alta eficacia o alto flujo dependerá, por un lado, de las alturas del local y, por otro, de los niveles que se quieran obtener en cada zona. Deberá buscarse aquella solución que manteniendo las uniformidades y balances de luminancias adecuados minimice el consumo energético total.

Tipo de lámpara	Rango de potencias (w)	Tono de luz	Ra	lm/w	Vida media, horas	Aplicación
Fluorescencia lineal Ø 26mm	15 - 70	Cálido Neutro Frío	> 85	67-90	15.000	General
Fluorescencia lineal Ø 16mm	13 - 80	Cálido Neutro Frío	> 85	80-97	24.000	General
Fluorescencia compacta	57 - 88	Cálido Neutro Frío	> 85	57-88	15.000	General Localizada Decorativa
Halogenuros Metálicos	20 - 2000	Cálido Neutro Frío	> 65	72-120	5.000-20.000	General Localizada Decorativa
Tubos LED Ø 26mm	10 - 25	Cálido Neutro Frío	> 85	80	30.000	General
Bombillas LED	2,5 - 13	Cálido Neutro	> 80	50-80	15.000-40.000	Localizada Decorativa
Fuentes de luz LED	—	Cálido Neutro Frío	Según luminaria			General Localizada Decorativa

Tabla 10. Parámetros luminosos de fuentes de luz.

- ✓ De las lámparas fluorescentes compactas podremos usar tanto las no integradas como las integradas en sus distintas potencias y formatos.

Por ejemplo, una lámpara compacta no integrada puede ser adecuada para una luminaria de sobremesa y una compacta integrada, para la iluminación de pasillos o servicios.

Todas estas lámparas satisfacen completamente los requisitos de las propiedades de color que se han de cumplir para usarlas en el alumbrado de oficinas.

- ✓ De las lámparas de descarga de alta intensidad, tan solo las de un Ra superior a 80 cumplen los requisitos necesarios para usarse en el alumbrado de oficinas. Estas lámparas de descarga son ideales cuando se trata de realizar alumbrado indirecto o cuando tenemos espacios muy altos como pueden ser un *hall* o una caja de escaleras. También podremos usarlas cuando deseemos destacar algún elemento decorativo, como columnas, cuadros, arcos...

Es muy importante tener en cuenta que este tipo de lámparas necesita un tiempo de encendido y reencendido que puede variar entre 5 y 15 minutos. Por lo tanto, no se deberá realizar una instalación en la que solo esté presente este tipo de fuente de luz.

- ✓ Respecto a las lámparas halógenas e incandescentes, aunque su eficacia está lejos de ser ideal para una buena gestión energética, pueden constituir una ayuda inigualable cuando se trata de decorar salas de reuniones donde se debe jugar con regulación. El hecho de que al regular este tipo de lámparas no solo varíe su flujo sino también su temperatura de color hace que sean las

adecuadas para crear diferentes atmósferas en las salas de reuniones. También pueden constituir una ayuda como elementos decorativos cuando deseamos que el ambiente de la oficina no quede demasiado monótono.

Las lámparas que incorporan la tecnología LED, dadas sus características de larga vida útil y elevada eficacia, se están abriendo paso en la iluminación de oficinas en sustitución de las lámparas incandescentes y fluorescentes. A la hora de la sustitución deberemos analizar no solamente los efectos derivados del ahorro energético, sino también sus parámetros luminotécnicos, en especial su Tc y su Ra y sus parámetros eléctricos y térmicos de funcionamiento.

7.4. Tipos de equipos auxiliares recomendados⁽⁶⁾

Son los equipos eléctricos asociados a la fuente de luz los que deben proporcionar a esta los parámetros de trabajo dentro de los límites de funcionamiento establecidos en las normas y con las menores pérdidas de energía posible.

Hay que recalcar que tanto el condensador como el arrancador únicamente se utilizan con balastos electromagnéticos y no con los electrónicos, ya que estos llevan incorporados unos componentes electrónicos que desempeñan las funciones de ambos equipos.

Las características técnicas de los equipos auxiliares dependen de los parámetros eléctricos de la red y del tipo y potencia de la fuente de luz.

Balastos

El balasto es el componente que limita el consumo de corriente de la lámpara a sus parámetros óptimos; cuando el balasto es electromagnético comúnmente se le conoce como reactancia, ya que es frecuente el uso de inductancias como dispositivo de estabilización.

El balasto asociado a la lámpara o lámparas debe proporcionar a estas los parámetros de trabajo dentro de los límites de funcionamiento establecidos en las normas y con las menores pérdidas de energía posibles.

En las instalaciones de oficinas, dadas las necesidades de iluminación habitualmente requeridas y en cumplimiento del CTE, es recomendable la utilización de balastos electrónicos con regulación, por contar con las siguientes ventajas adicionales a las referidas en el capítulo «Fuentes de luz» para los electrónicos sin regulación:

- ✓ Mayor confort, permitiendo ajustar el nivel de luz según las necesidades.
- ✓ Posibilidad de conectarse a sensores de luz y ajustar en automático la intensidad de luz de la fuente de luz y mantener un nivel de luz constante.
- ✓ Reducción adicional del consumo eléctrico: cuando el sistema está en regulación hasta el 70 %, en el caso de los sistemas de regulación con la señal de 1-10 v, o del 100 % en el caso de los sistemas digitales, cuando el nivel de flujo de las lámparas llega al 1%, y se desconectan automáticamente.

⁽⁶⁾ Ver capítulo 6: «Fuentes de luz»

Arrancadores y condensadores

Solamente recordar que tanto el condensador como el arrancador únicamente se utilizan con balastos electromagnéticos y no con los electrónicos, ya que estos llevan incorporado, unos componentes electrónicos que desempeñan las funciones de ambos equipos.

Para equipos auxiliares de otros tipos de lámparas (halógenas de bajo voltaje, etc.), se utilizarán de bajas pérdidas homologados, asegurando el cumplimiento de la legislación vigente.

7.5. Tipos de luminarias recomendadas

Las luminarias a utilizar en las oficinas se pueden analizar por características de montaje, eléctricas o por condiciones operativas, pero siempre cumpliendo lo establecido en la Norma EN 60598, que define como luminaria al aparato de alumbrado que reparte, filtra o transforma la luz emitida por una o varias lámparas y que comprende todos los dispositivos necesarios para el soporte, la fijación y la protección de lámparas (excluyendo las propias lámparas) y, en caso necesario, los circuitos auxiliares en combinación con los medios de conexión con la red de alimentación.

Para las luminarias a instalar en cada zona se considerarán los aspectos siguientes:

1. Distribución fotométrica de la luminaria.
2. Rendimiento de la luminaria.
3. Sistema de montaje al techo, pared, etc.
4. Grado de protección (IP) según EN 60598.
5. 1ª cifra: grado de estanqueidad al polvo o partículas sólidas.
6. 2ª cifra: grado de estanqueidad a los líquidos.
7. Grado de protección (IK) contra impactos mecánicos según EN 50102.
8. Clase eléctrica.
9. Cumplimiento de la normativa que se les aplica.

Distribución fotométrica de la luminaria

La forma de la distribución de luz de una luminaria depende del tipo de fuente de luz y del componente óptico que incorpore: ópticas, reflectores, lentes, diafragmas, pantallas, etc. En la siguiente tabla se da una recomendación del tipo de aplicación para cada tipo de distribución.

Tipo de distribución		Aplicación
Difusa		Iluminación general y decorativa
Extensiva		Iluminación general
Intensiva		Iluminación general para grandes alturas
Asimétrica		Iluminación perimetral y pizarras
Iluminación orientable		Intensiva de acento y decorativa

Tabla 11. Recomendación del tipo de aplicación para cada tipo de distribución fotométrica de la luminaria.

Dependiendo de con qué tipo de distribución de haz se ilumine un objeto, se obtienen resultados drásticamente distintos. En un objeto con textura, la luz dirigida resaltará sus formas y la luz difusa las disimulará. En algunos casos es recomendable que las sombras no sean demasiado marcadas, ya que endurecen las formas.

Desde el punto de vista fotométrico la luminaria será la adecuada para el tipo de actividad a desarrollar. De acuerdo a la clasificación CIE de porcentaje de flujo en el hemisferio superior e inferior de la horizontal, tenemos las siguientes clases de luminarias.

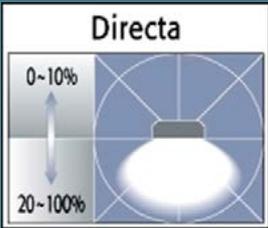
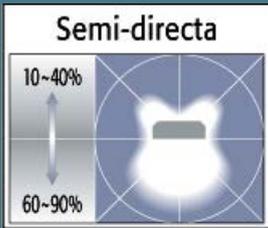
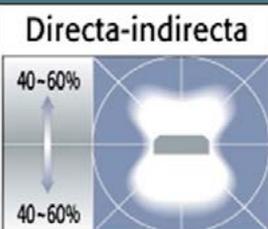
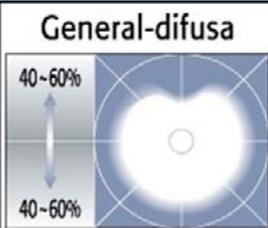
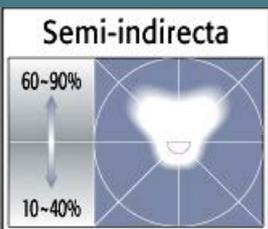
Clases de luminarias	Hemisferio superior	Hemisferio inferior
<p style="text-align: center;">Directa</p> 	0 ~ 10%	90 ~ 100%
<p style="text-align: center;">Semi-directa</p> 	10 ~ 40%	60 ~ 90%
<p style="text-align: center;">Directa-indirecta</p>  <p style="text-align: center;">General-difusa</p> 	40 ~ 60%	40 ~ 60%
<p style="text-align: center;">Semi-indirecta</p> 	60 ~ 90%	10 ~ 40%
<p style="text-align: center;">Indirecta</p> 	90 ~ 100%	0 ~ 10%

Tabla 12. Clases de luminarias de acuerdo a la clasificación CIE de porcentaje de flujo.

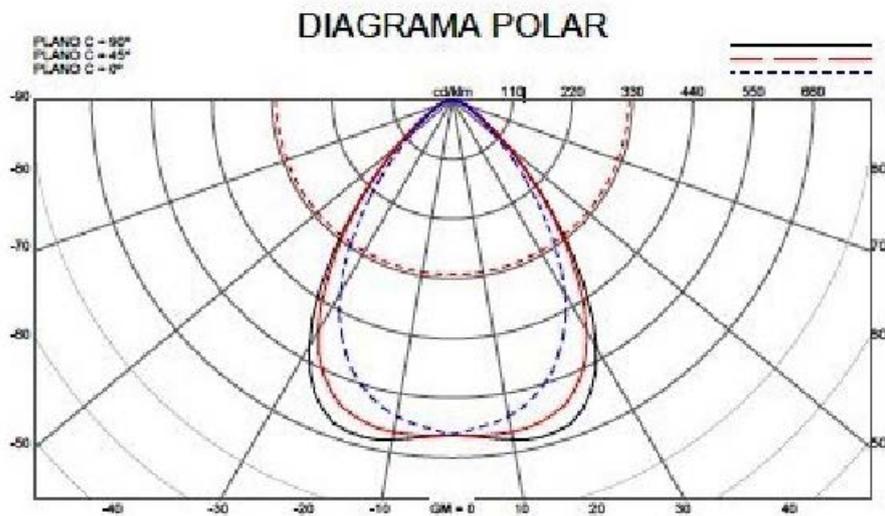
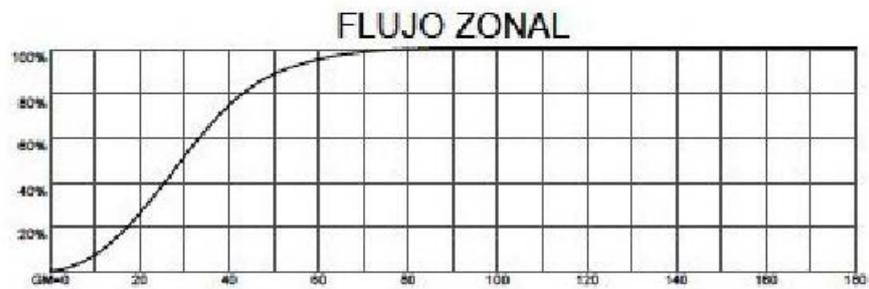
Rendimiento de la luminaria

El criterio fundamental será seleccionar aquel modelo de luminaria que tenga el mayor rendimiento para la distribución fotométrica deseada. Esta información se obtiene de los diagramas polares de distribución de intensidades luminosas que aportan los fabricantes.

Luminaria modelo: **RC120B W60L60 VAR-PC LED34S/- No**
 Tipo de lámpara: **1 x LED34S/840/-0,00-**
 Código fotométrico: **RC120B 1xLED34S_840 W60L60 VAR-PC.ltd**

Rendimiento total hemisferio inferior: **100,0 %**
 Rendimiento total hemisferio superior: **---**

Flujo C.I.E.:	74.5	94.4	98.9	100.0	100.0					
Índice del local:	0.80	0.80	1.00	1.25	1.50	2.00	2.50	3.00	4.00	5.00
Valores DFR:	0.52	0.56	0.66	0.72	0.78	0.83	0.87	0.89	0.92	0.94
Clase C.I.E.:	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Clase UTE C 71-121:	1.00 B									



Datos fotométricos de una luminaria.

Sistemas de montaje

Por las características de montaje que se presentan en los edificios destinados a oficinas, se pueden utilizar las siguientes luminarias:

- ✓ Empotradas.
- ✓ Suspensas.

- ✓ Adosadas a techo.
- ✓ Adosadas a pared.
- ✓ De carril.
- ✓ De pie.
- ✓ De sobremesa.

En las zonas exteriores destinadas a accesos se utilizarán luminarias de tipo viario, decorativo o de proyección.

Grado de protección (IP)

Las luminarias de alumbrado general en oficinas no necesitan de un grado de estanquidad elevado, al tratarse de luminarias abiertas. Solamente las luminarias destinadas a instalaciones específicas, tales como salas de calderas y cocinas, exigirán un grado de estanquidad determinado, que podríamos establecer en un IP54 o IP55.

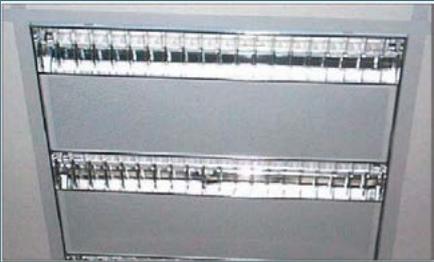
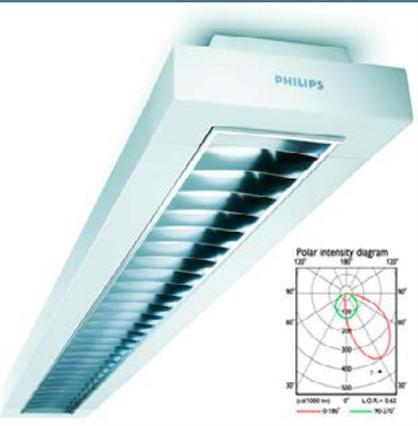
Clase eléctrica

Se utilizarán luminarias como mínimo de clase I, según UNE-EN 60598.

Cumplimiento de la normativa que se les aplica

Por las condiciones operativas, las luminarias cumplirán lo demandado por la legislación vigente para cada dependencia.

Para cumplir con los tan variados requerimientos técnicos y estéticos de la iluminación de las oficinas, existe hoy en día un amplio espectro de tipos de luminarias disponibles. Se van a reseñar a título ilustrativo los tipos más interesantes para las áreas más comunes.

Tipo de luminaria		Área de uso
Luminarias empotradas en falso techo con UGR ≤ 19.	Iluminación general de salas con pantallas de ordenador o televisión.	
Luminarias suspendidas o adosadas directas e indirectas con UGR ≤ 19.	Uso en alumbrado local para oficina tipo club, colmena, celda y reunión.	
<i>Downlights</i> de empotrar/ superficie.	Para zonas representativas como áreas de entrada, cafeterías, pasillos, etc.	
Luminarias estancas para fluorescentes lineales.	Iluminación general de almacenes, cocinas, archivos, etc.	

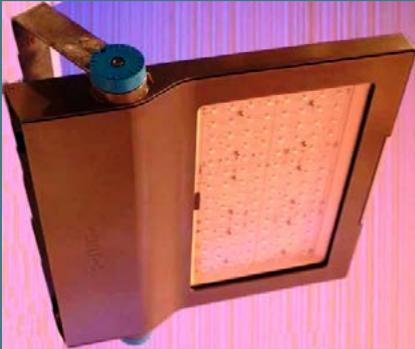
Tipo de luminaria	Área de uso	
Luminarias tipo proyector.	Para iluminación exterior de la fachada o bien interiores de gran altura.	
Luminarias tipo viario.	Para iluminación de aparcamientos, accesos, etc.	

Tabla 13. Tipos de luminarias más interesantes para cada área de uso.

7.6. Tipos de sistemas de regulación y control

Se distinguen cuatro tipos fundamentales:

1. Regulación y control bajo demanda del usuario por interruptor manual, pulsador, potenciómetro o mando a distancia.
2. Control del encendido y apagado según presencia en la sala.
3. Regulación de la iluminación artificial según aporte de luz natural.
4. Regulación y control por un sistema centralizado de gestión.

En el capítulo 9 se detallan las ventajas y aplicaciones recomendadas de los sistemas de regulación y control.

7.7. Tratamiento de la iluminación decorativa

En los locales y edificios destinados a oficinas, la iluminación decorativa tiene una función representativa o ambiental, más arquitectónica que funcional, destinada a crear una atmósfera acorde con la imagen con la que se quiera dotar al espacio o sala concreta.

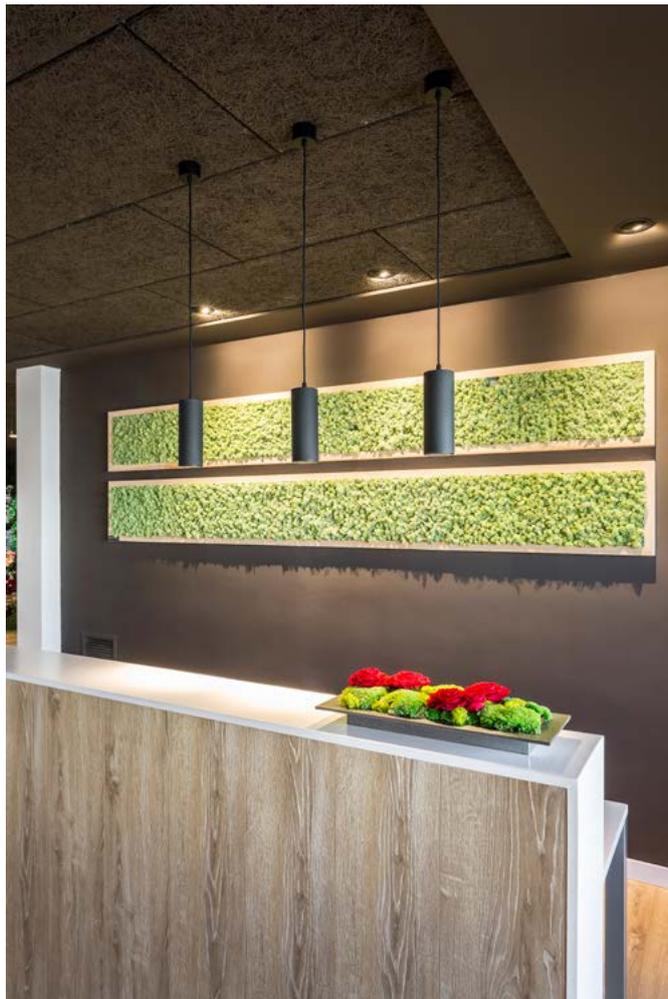
Dado que la uniformidad no es esencial, la distribución de las luminarias no tiene que ser regular y podremos crear efectos que destaquen determinados puntos o elementos arquitectónicos o decorativos existentes en la zona, pero respetando siempre un nivel general mínimo de iluminación.

Aunque el ahorro energético no sea el objetivo a cumplir en este tipo de iluminación, se utilizarán fuentes de luz que aúnen a una adecuada temperatura de color la máxima eficacia, así como el aprovechamiento de luz natural siempre que sea posible.

Como parte de la iluminación decorativa, la iluminación de acento sobre determinados puntos (cuadros, figuras, plantas, etc.) existentes en las distintas zonas que conforman un local destinado a oficina contribuye a realzar el ambiente visual y a crear un ambiente de confort.

Los espacios más comunes para la implantación de una iluminación decorativa son:

- ✓ Recepción o *hall* de entrada.
- ✓ Despachos de dirección.
- ✓ Salas de reunión.
- ✓ Cafetería y restaurante.



Ejemplo de iluminación decorativa. Imagen cedida por LEDS C4.

8 Parámetros de iluminación recomendados

8.1. Iluminancia

Muchas normas dan recomendaciones para tareas visuales específicas que se desarrollan en mesas de oficinas siendo en el pasado este aspecto en el que se ponía el acento.

Según las recomendaciones de la CIE, los parámetros mínimos mantenidos recomendados para las distintas áreas de la oficina se recogen en el siguiente cuadro.

Tipo de interior, tarea y actividad	Em (lux)	UGR	Uo	Ra	Requisitos específicos
Archivo, copias, etc.	300	19	0,4	80	Trabajo en EPV
Escritura, lectura, tratamiento de datos	500	19	0,6	80	
Dibujo técnico	750	16	0,7	80	
Puesto de trabajo CAD	500	19	0,6	80	Trabajo en EPV
Salas de conferencia y reuniones	500	19	0,6	80	Iluminación controlable
Mostrador de recepción	300	22	0,6	80	
Archivos	200	25	0,4	80	

Tabla 14. Parámetros luminotécnicos para distintas actividades.

Como ya se ha mencionado al inicio de esta guía, hoy en día se observa que hay un claro desplazamiento hacia otras actividades de carácter mixto: mantener conversaciones cara a cara o telefónicas, trabajos con ordenadores, etc. Por tanto, se propone que las recomendaciones básicas sean dadas de acuerdo con los tipos de actividades que tienen lugar en la oficina.

En los años recientes, y como resultado de la continua investigación y de la experiencia del diseño, se ha podido demostrar que es hora de abandonar las recomendaciones basadas en un simple valor. Existe la necesidad de una flexibilización a la hora de determinar los niveles de iluminación, de tal forma que los proyectistas puedan diseñar sistemas de alumbrado a medida para las necesidades específicas, haciendo especial énfasis en la eficiencia energética. Tal flexibilidad requiere que esté disponible la información adicional necesaria, si el nuevo enfoque quiere utilizarse con efectividad.

En este nuevo enfoque, la iluminancia recomendada en una oficina sobre el plano que contiene la tarea depende de los cuatro factores siguientes:

- ✓ El tipo básico de actividad o actividades.
- ✓ La edad de los trabajadores.
- ✓ La importancia de la velocidad y/o precisión en la realización de la tarea. ¿Cuán importante es realizar la tarea con rapidez?. ¿Ocasionarán los errores un producto inseguro? ¿Reducirán los errores la productividad, y por tanto, serán costosos?
- ✓ Si se presentan o no con regularidad dificultades de tarea poco usuales (tamaño y/o contraste).

Todos estos factores en conjunto determinarán la cantidad de luz necesaria.

El primer paso para adecuarse a estos criterios es determinar la iluminancia adecuada para la actividad o actividades que se desarrollan en las oficinas. La tabla anterior facilita el valor de iluminancia media mínima mantenida sobre el plano de la tarea para diversas actividades.

Cuando se consideran los tres factores restantes enumerados más arriba, la tabla adquiere las modificaciones propuestas en la tabla siguiente. Mediante esta el proyectista o el usuario pueden determinar la ponderación de cada factor. El factor de modificación combinado, multiplicado por el 10%, nos indica el porcentaje con el que ha de corregirse el valor de iluminancia elegida.

Características del trabajador y tarea			
Factor de modificación	2	0	2
Edad del trabajador	< 40	40-55	> 50
Velocidad/Precisión	No importante	Importante	Crítica moderadamente
Detalle de la tarea	Fácil	Difícil	Difícil

Tabla 15. Ejemplo de elección de luminancia.

Consideramos una oficina de dibujo técnico, en donde empleados jóvenes realizan cierta variedad de tareas.

La velocidad y precisión son importantes, pero no críticas. Según la tabla de parámetros recomendados por CIE, la iluminancia mantenida será de 700lux, y teniendo en cuenta la tabla de factores de modificación, los factores serán:

- Por la edad de los trabajadores: 2
- Por la velocidad o precisión: 0
- Por la dificultad de la tarea: 0

La suma de los factores de modificación es -2. La iluminancia puede reducirse un 20%, lo que nos proporciona una iluminancia media mínima mantenida de $700 - 140 = 560$ lux.

8.2. Uniformidad

En el caso del alumbrado general, la relación de iluminancia mínima/media debe ser mayor que 0,8, solo en el área concerniente a la tarea.

En los casos de alumbrado general localizado o alumbrado general más local, el nivel de iluminancia media en las zonas donde se trabaja puede ser el 50% del nivel de las zonas de trabajo, con un valor mínimo de 350 lux. La relación entre las iluminancias medias de dos espacios adyacentes no debe exceder el 5:1, mientras que el espacio con el menor nivel debe tener como mínimo 150lux.

8.3. Propiedades de color

Las fuentes de luz recomendadas en todo tipo de oficinas deberán proporcionar un índice de reproducción cromática superior a 80. La temperatura de color deberá regirse según el proyecto.

8.4. Parámetros de iluminación recomendados para diferentes tipos de oficinas

Se mencionan los distintos tipos de oficinas y los parámetros de iluminación recomendados para la actividad a realizar, establecidos como mínimos en la norma UNE-EN 12464.

Iluminación de oficinas panorámicas. Colmena

Los empleados en las oficinas tipo colmena con frecuencia trabajan alejados de la luz natural. Para compensar esto, el nivel de iluminación debe ser alto. La uniformidad de la iluminancia debe ser excelente para una máxima flexibilidad.

El campo de visión puede ser grande, de modo que el control del deslumbramiento es crucial, tanto del directo como del indirecto. Las luminarias bien apantalladas pero de haz ancho contribuyen a crear un agradable ambiente visual.

Los sistemas de control normalmente se limitan a regular las luminarias próximas a las áreas de influencia de la luz natural (ventanas, claraboyas, etc.).

Se recomienda luz de acento sobre elementos arquitectónicos y estéticos. Una línea de luminarias debe quedar próxima a las paredes, con el fin de hacer más agradable el área de trabajo.

Requerimientos técnicos oficina tipo colmena	
Nivel general	500-1000 lux
Temperatura de color	3.000-4.000 K
Rendimiento en color	Ra > 80
Control deslumbramiento	UGR ≤ 19



Tabla 16. Requerimientos técnicos de la oficina tipo colmena.

Iluminación de oficinas multiuso. Club

En lo que se refiere a la oficina tipo club, hemos visto cómo se desarrollan innumerables tareas de muy diversa índole, en muchos momentos diferentes, en ocasiones por distintas personas, en el mismo puesto de trabajo.

Los sistemas de iluminación flexibles pueden combinarse con sistemas vinculados a la luz natural, a fin de optimizar la mezcla de ambos tipos de luz y el consumo de energía. Y para optimizar más los costes, puede hacerse que estos sistemas controlen automáticamente la luz en función de la presencia o no de personas en la oficina.

La uniformidad no debe ser total en la sala, pero debe respetarse en las diferentes áreas. El campo de visión puede ser amplio, por lo que el control del deslumbramiento, tanto del directo como del reflejado, es crucial. Las luminarias de haz ancho o luminarias de distribuciones directa/indirecta pero bien apantalladas crearán un agradable ambiente visual.

Los sistemas de control normalmente se limitan a regular las luminarias próximas a las áreas de influencia de la luz natural (ventanas, claraboyas, etc.).

La iluminación de elementos decorativos mediante *spots* enfatizará el ambiente visual. Si añadimos luz localizada sobre las mesas crearemos un ambiente más agradable para la comunicación y concentración.

Requerimientos técnicos oficina tipo club	
Nivel general	300-1.000 lux
Temperatura de color	2.700-4.000 K
Rendimiento en color	Ra > 80
Control deslumbramiento	UGR ≤ 19

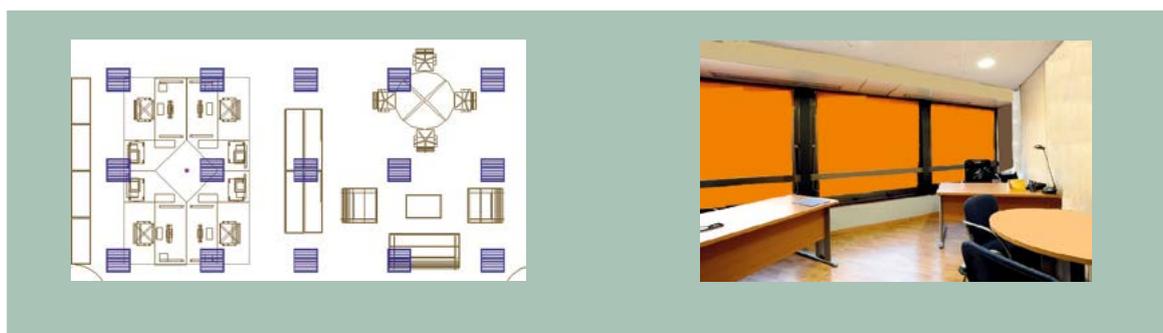


Tabla 17. Requerimientos técnicos de la oficina tipo club.

Iluminación de despachos. Celda

Las oficinas tipo celda son ocupadas por empleados que trabajan individualmente y que llevan a cabo tareas que requieren cierto grado de concentración. La disposición de la oficina permite a los empleados concentrarse y trabajar en paz, sin ser interrumpidos por otros compañeros.

La iluminación de una oficina tipo celda suele quedar influenciada por el tipo de modulación del techo, dando lugar generalmente a un nivel uniforme de iluminación.

La disposición fija del mobiliario permite una iluminación específica sobre la zona de trabajo, optimizando el ambiente y el confort. Los sistemas de control se usan de modo general (regulación para aprovechar la luz natural) y también de modo individualizado (detección de presencia, ajustes personalizados). La mayor parte de las oficinas tipo celda, ocupadas por una o dos personas, tienen contribución de luz natural, de modo que el nivel de iluminación general puede ser moderado.

Se pueden aplicar tanto sistemas de control centrales como localizados (regulación en función de la luz natural en las ventanas, detección de presencia, control de conmutación y regulación central o personalizada). La luz de acentuación sobre los cuadros u otros objetos decorativos puede realzar el ambiente visual.

Requerimientos técnicos oficina tipo celda	
Nivel general	500-750 lux
Temperatura de color	3.000-4000 K
Rendimiento en color	Ra > 80
Control deslumbramiento	UGR ≤ 19



Tabla 18. Requerimientos técnicos de la oficina tipo celda.

Iluminación de zonas de espera, paso y descanso. *Lobby*

El concepto de *lobby* lo encontramos en todos los edificios de oficinas. Zonas de paso que conectan las diferentes áreas y departamentos, incluyendo las escaleras, las entradas, y los atrios, así como áreas secundarias tales como el restaurante o la biblioteca forman parte de él. El *lobby* puede tener una función representativa, expresada mediante la arquitectura y el diseño de la iluminación.

Tanto si el *lobby* tiene una función representativa como funcional, la iluminación determinará su atmósfera. Una iluminación adecuada podrá realzar la imagen que se desea dar. Un pasillo dentro de una oficina requerirá una solución económica para el uso diario, mientras que un atrio o un *hall* espectacular necesitan un efecto de luz especial para crear el efecto deseado en los visitantes. La luz de acentuación puede ser tan importante como la funcional. Allí donde el *lobby* tenga una función representativa, la iluminación debe ser más arquitectónica que funcional.

Las luminarias a utilizar se seleccionarán dependiendo de las dimensiones del *lobby* y de la imagen que se pretenda mostrar. Una guía visual la crearemos mediante luminarias con accesorios decorativos. El aspecto de los *lobbies* es más vivaz cuando los paramentos verticales tienen colores claros y acentuados mediante la luz.

Dado que la uniformidad no es esencial, la distribución de las luminarias no tiene por qué ser regular y podremos crear efectos más elegantes enfatizando arcos, columnas u otros elementos arquitectónicos, respetando siempre un nivel general mínimo de iluminación. La contribución de luz natural en entradas o atrios grandes puede aprovecharse mediante regulación para obtener ahorros energéticos.

Requerimientos técnicos lobby	
Nivel general	200 - 500 lux
Temperatura de color	2700 - 5300 K
Rendimiento en color	Ra > 80
Control deslumbramiento	UGR ≤ 22



Tabla 19. Requerimientos técnicos de lobby

Iluminación de salas de reunión

La iluminación de las zonas de reunión debe ser lo más flexible posible. Ya que la distribución de todos los elementos está dedicada para la función de reunión, la luz también debe favorecer esta función. Aplicar controles de iluminación junto con una instalación multifuncional asegura que los usuarios puedan trabajar bajo las condiciones ideales de iluminación, durante las presentaciones y reuniones. Usando luz de acentuación podremos realzar el ambiente visual.

El deslumbramiento directo debe estar controlado para que durante las reuniones el ambiente visual sea confortable. Para una óptima visión de las pizarras usaremos luminarias asimétricas. Los sistemas de control utilizados para crear diferentes escenas en la sala de reunión deberán ser de fácil manejo, incluso para usuarios ocasionales.

Requerimientos técnicos sala de reunión	
Nivel general	200-500 lux
Temperatura de color	2700-5300 K
Rendimiento en color	Ra > 80
Control deslumbramiento	UGR ≤ 22

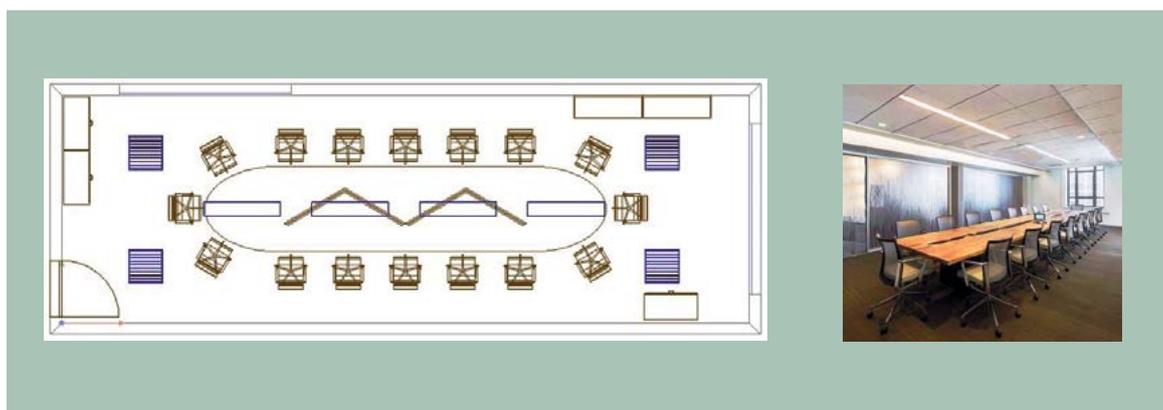


Tabla 20. Requerimientos técnicos de sala de reunión.

9 Eficiencia de los sistemas de iluminación

Por todo lo dicho en los apartados anteriores, podemos concluir que, para que un edificio de oficinas sea realizado con criterios energéticos razonables, tenemos que atender a los diferentes elementos que componen el sistema, a saber:

- ✓ Eficacia de las lámparas.
- ✓ Eficacia de los equipos necesarios para el funcionamiento de las lámparas.
- ✓ El rendimiento de las luminarias instaladas en el proyecto.
- ✓ Las características propias del local: sus dimensiones, estructura, factores de reflexión.

9.1. Eficacia de lámparas recomendada

En las oficinas, con carácter general se deben utilizar lámparas con una eficacia superior a 60 lúmenes/vatio y se debe cumplir independientemente a la calidad cromática requerida por la instalación.

Se admitirán excepcionalmente lámparas con una eficacia inferior a la establecida, en iluminaciones puntuales de zonas singulares que así lo demanden.

9.2. Rendimiento de luminarias recomendado

Las luminarias que se utilicen para el alumbrado general en oficinas tendrán un rendimiento hacia el hemisferio inferior del 60%.

Rendimiento de luminarias recomendado	
Tipo de luminaria	Rendimiento mínimo
Abierta	60%
Cerrada	55%

Tabla 21. Rendimiento de luminarias recomendado.

Luminaria modelo: RC120B W60L60 VAR-PC LED34S/- No
 Tipo de lámpara: 1 x LED34S/840/-0.00-
 Código fotométrico: RC120B 1xLED34S_840 W60L60 VAR-PC.Idt

Rendimiento total hemisferio inferior: 100,0 %

Rendimiento total hemisferio superior: —

Flujo C.I.E.:	74.5	94.4	98.9	100.0	100.0					
Índice del local:	0.60	0.80	1.00	1.25	1.50	2.00	2.50	3.00	4.00	5.00
Valores DRr:	0.82	0.56	0.68	0.72	0.76	0.83	0.87	0.89	0.92	0.94
Clase C.I.E.:	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Clase UTE C 71-121:	1.00 B									

FLUJO ZONAL

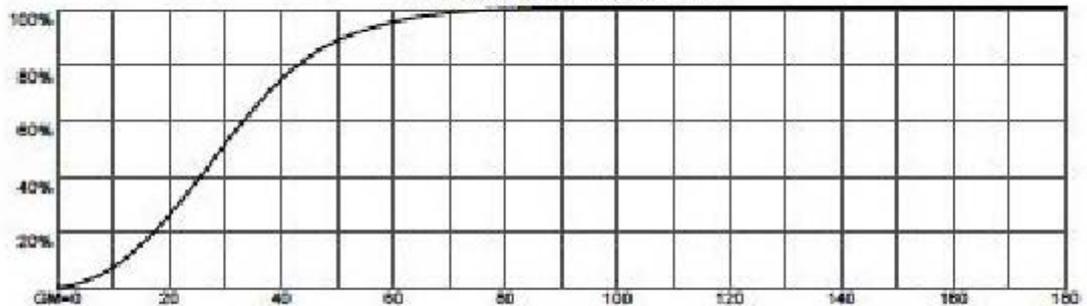
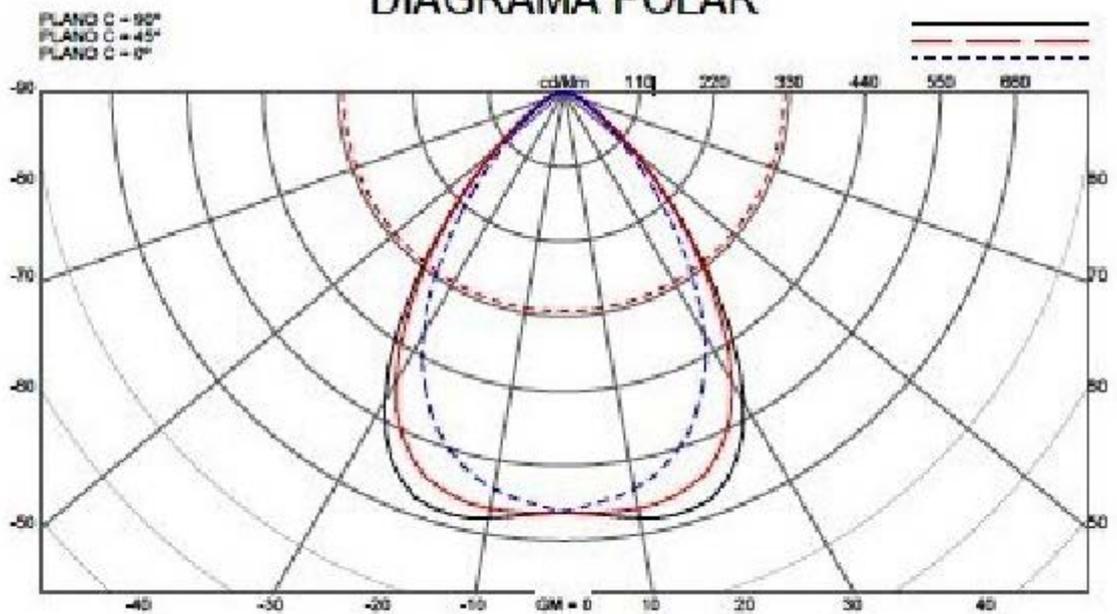


DIAGRAMA POLAR



Datos fotométricos de una luminaria.

En las luminarias de alumbrado exterior tipo proyección, su rendimiento total será del 55%, las de alumbrado decorativo, del 55%, y las de tipo viario, del 65%.

9.3. Consumo propio de equipos recomendado

El consumo de los equipos auxiliares no debe superar los porcentajes siguientes:

Consumo propio de equipos auxiliares recomendado	
Equipo	Consumo máximo recomendado
Lámparas fluorescentes	8–11%
Lámparas de descarga < 150 W	15%
Lámparas de descarga > 150 W	10%
Factor de potencia del conjunto	> 0,9

Tabla 22. Consumo propio de equipos auxiliares recomendado.

9.4. Factores de reflexión recomendados

El equilibrio de la reflectancia media de cada una de las superficies que componen el local, así como el de todos aquellos elementos que componen el mobiliario del mismo, debe tener una armonización que aporte al observador el confort visual demandado para el desarrollo de la tarea habitual.

Ver los valores recomendados en el capítulo 5.

9.5. Coeficiente de utilización mínimo

Se considera coeficiente de utilización de una instalación de iluminación el cociente entre el flujo luminoso que llega al plano de trabajo y el emitido por la luminaria. Dicho coeficiente es, por tanto, función de los índices de eficiencia de los sistemas de iluminación mencionados y de la distribución fotométrica de la luminaria utilizada, así como de las dimensiones y acabados del local en que se instala dicho sistema.

No obstante, aunque es un parámetro muy importante desde el punto de vista del ahorro energético, debe tenerse en cuenta el medio en el que se está trabajando. Por ello, se estima que, para disponer de una instalación racional y energéticamente eficiente, el coeficiente de utilización resultante del sistema de iluminación seleccionado, deberá ser:

Oficinas pequeñas: 0,33 ~ 0,50

Oficinas grandes: 0,55 ~ 0,80

10 Criterios de eficiencia energética en la instalación, explotación, mantenimiento, control y gestión energética

10.1. Maniobra y selectividad de la instalación

Con el fin de lograr el mejor aprovechamiento de la energía consumida, la instalación de alumbrado se ha de proyectar de manera que se puedan realizar fácilmente encendidos parciales, ya sea para aprovechar la luz natural o para ajustar los puntos de luz en funcionamiento a las necesidades del momento. Y desde el punto de vista de la eficiencia energética en lo relativo a la explotación de la instalación de iluminación, es fundamental la zonificación o parcialización de circuitos.

En el aspecto de la selectividad de la instalación, hay que destacar la importancia de que las luminarias estén conectadas a varios circuitos, separando las que se encuentran próximas a las ventanas, de tal manera que se permita controlar el encendido de estas de forma independiente del resto de las mismas.

10.2. Sistemas de regulación y control

En determinados tipos de oficinas, como pueden ser el tipo reunión o el tipo club, resulta imprescindible disponer de sistemas de regulación y control de la iluminación que permitan su ajuste a la situación. Es aconsejable extender estos sistemas al resto de los tipos de oficinas, con la utilización adicional de sistemas automáticos centralizados que regulen el nivel de iluminación interior en función del existente en el exterior.

La implantación de sistemas de regulación y control reduce los costes energéticos y de mantenimiento de la instalación, e incrementa la flexibilidad del sistema de iluminación. Este control permite realizar

encendidos selectivos y regulación de las luminarias durante diferentes periodos de actividad, según el tipo de actividad a desarrollar y la aportación de luz natural cuando esta sea relevante.

Tal como se ha indicado en el capítulo 6, se distinguen cuatro tipos fundamentales:

1. Regulación y control bajo demanda del usuario por interruptor manual, pulsador, potenciómetro o mando a distancia.
2. Regulación de la iluminación artificial según aporte de luz natural.
3. Control del encendido y apagado según presencia en la sala.
4. Regulación y control por un sistema centralizado de gestión.

Estos sistemas apagan, encienden y regulan, según detectores de movimiento y presencia, células de nivel por la luz natural o calendarios y horarios preestablecidos.

La utilización de estas técnicas es muy aconsejable y supone ahorros en energía muy importantes de hasta el 50 y 65%, dependiendo del tipo de instalación, y permite alcanzar periodos de retorno perfectamente asumibles.

En el caso concreto del alumbrado de oficinas, el sobrecoste de la instalación de sistemas de regulación y control, si se planifica en la fase de diseño, puede tener un sobrecoste no superior al 10% del coste total de los componentes de la iluminación artificial proyectada, con retornos de la inversión que pueden ser inferiores a un año.

Es aconsejable que cada circuito de una instalación disponga de un interruptor de encendido o apagado, con control superior al automático, para que pueda ser reactivado a voluntad del usuario si el sistema automático ha dejado a dicha instalación fuera de servicio.

Un control de alumbrado bien concebido puede ahorrar energía en dos sentidos:

- ✓ Haciendo buen uso de la luz natural, para reducir los niveles de la luz artificial cuando sea posible.
- ✓ Apagando el alumbrado artificial cuando el espacio a iluminar no esté ocupado.

Los empleados de los centros en los que se pretenda instalar un sistema de control, especialmente si son reformas de alumbrados ya existentes, deben ser previamente informados y ser partícipes de la iniciativa, para evitar rechazos que puedan derivar en problemas laborales, ya que en algunos casos pueden sentirse coaccionados ante acciones de control.

Control de la iluminación artificial mediante interruptores manuales y temporizados

Un simple interruptor manual es una poderosa herramienta para ahorrar energía. Los trabajadores pueden apagar el alumbrado durante su ausencia en una dependencia, horas de comidas, etc., si bien en la práctica esto es raramente realizado.

Cuando el primer ocupante de un local entra en él, la posibilidad de que encienda el alumbrado depende, principalmente, del nivel de luz natural existente en la sala.

Sin embargo, el apagado del alumbrado no se produce hasta que el último ocupante del local lo haya abandonado, o en muchas ocasiones hasta que el vigilante de seguridad de la empresa realiza la ronda de última hora de la tarde.

Los interruptores deben estar perfectamente etiquetados, indicando sobre qué instalación o circuito actúa cada uno, y separados entre sí, para que el usuario no sienta la tentación de activar varios de ellos con un solo movimiento de la mano.

Las luminarias deben estar conectadas a varios circuitos, separando las que se encuentran próximas a las ventanas de aquellas situadas en el lado opuesto.

Como regla a seguir en estos casos, el número de interruptores manuales existentes para el control del alumbrado de local o sala no debe ser menor a la raíz cuadrada del número de luminarias instaladas. Por ejemplo, en una oficina con doce (12) luminarias, el número de interruptores manuales será, como mínimo, de cuatro (4).

El control de iluminación mediante interruptores temporizados es un sistema más radical que los manuales. Las lámparas son apagadas desde un panel central a la misma hora cada día, coincidiendo con los periodos de tiempo libre. Los usuarios son libres de reencender aquellas lámparas que consideren necesarias.

En este sistema, la participación de los empleados es esencial, ya que deben involucrarse en el ahorro energético y comprender la importancia que el consumo tiene en el medio ambiente.

En cada caso, un interruptor de rango superior al temporizado debe permitir reencender las lámparas que a criterio del usuario se consideren necesarias.

Los interruptores temporizados independientes pueden ser utilizados en aquellas dependencias donde la permanencia de personas sea por un tiempo limitado. Por ejemplo, en los servicios.

Control de iluminación artificial mediante detectores de presencia

Los detectores de presencia responden a la ausencia de personas en el local con el apagado del alumbrado artificial.

Existen cuatro tipos de detectores de presencia:

- ✓ Infrarrojos.
- ✓ Acústicos por ultrasonidos.
- ✓ Acústicos por microondas.
- ✓ Híbridos de los dos anteriores.

Estos sistemas pueden originar el apagado de la instalación que controlan si, a pesar de la presencia de alguna persona en el interior, esta permanece durante un periodo de tiempo en actitud estática.

Control de iluminación artificial mediante controladores de luz natural

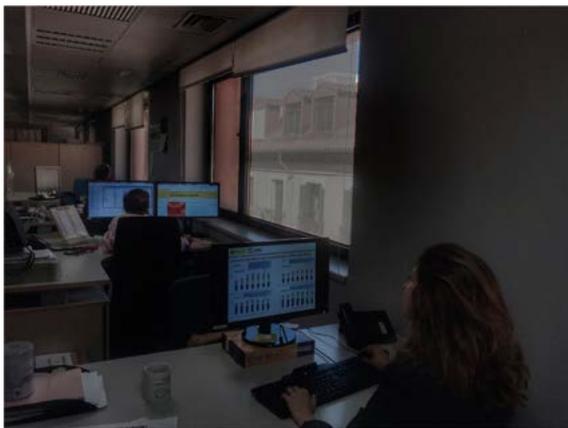
Las ventanas proporcionan el contacto visual con el mundo exterior, lo que se hace necesario en aquellas oficinas en las que los empleados permanecen todo el día.

La luz natural que penetra a través de las ventanas puede crear una variación agradable en el alumbrado y facilitar un modelado y una distribución de luminancias específicas en el interior.

Todo ello contribuye a un sentimiento general de satisfacción visual experimentada por los trabajadores, siempre y cuando no exista deslumbramiento por parte del sol, del cielo o de las propias ventanas cuando las salas son muy profundas.

En la mayoría de las instalaciones de oficinas puede aprovecharse la luz natural hasta una distancia de unos 4 m desde las ventanas durante la mayor parte del año, pudiendo reducir el flujo de las luminarias instaladas sobre las mesas que ocupan esta posición cercana a las ventanas.

Cuando existe aportación de luz natural en el interior, es importante eliminar las zonas oscuras con el apoyo de luz artificial y que esta tenga una apariencia en color próxima a la de la luz natural tras ser tamizada por los cristales. Asimismo cuando el nivel de luz natural sea excesivo se debe reducir con toldos, apantallamientos, cristales opales o persianas.



Aportación luz natural.



No obstante, la luz natural puede aportar incrementos en la eficiencia del sistema de iluminación, en particular cuando se combina con sistemas automáticos de regulación de luz artificial. Este aporte de luz natural debe ser propiciado en primera fase por la incorporación en la propia estructura del edificio de elementos arquitectónicos como ventanas, lucernarios, claraboyas y paramentos verticales acristalados, y en segunda fase, con la realización de un proyecto de regulación de los sistemas de iluminación artificial acorde a la contribución de la luz natural.

Los sistemas basados en el control de la luz natural que penetra en un local, por medio de fotocélulas, ofrecen otro método alternativo para el ahorro energético.

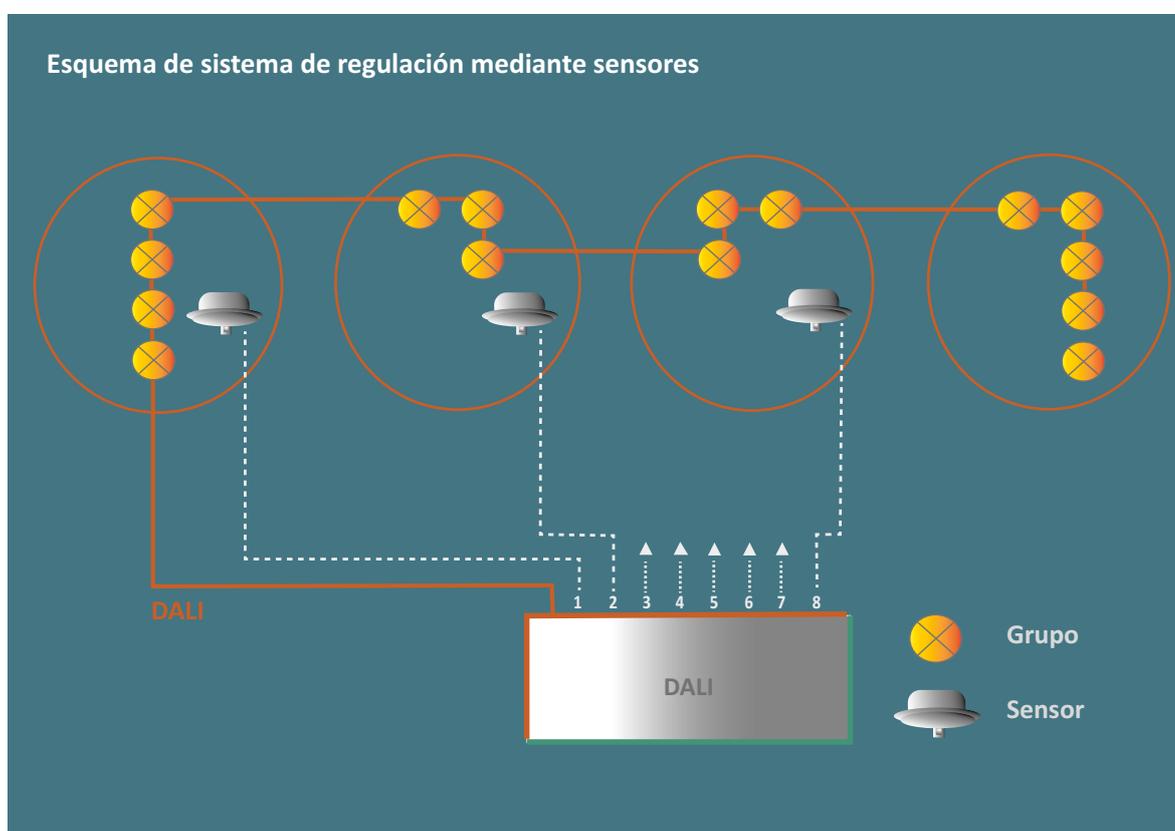
Un sensor de luz, colocado habitualmente en el techo, mide la cantidad de luz natural que reciben las mesas situadas debajo de él, y ajusta automáticamente la aportación de luz artificial necesaria para la correcta realización de la tarea que se desarrolla.

Existen dos tipos de sistemas de regulación:

- ✓ **Todo/nada:** la iluminación se enciende y apaga por debajo o por encima de un nivel de iluminación prefijado.
- ✓ **Regulación progresiva:** la iluminación se va ajustando progresivamente según el aporte de luz exterior hasta conseguir el nivel de luz prefijado.

Un mal funcionamiento del sensor puede causar molestias a los trabajadores, por los encendidos y apagados de las lámparas, motivados por las variaciones de la luz natural.

La alternativa más adecuada es la de utilizar luminarias con balastos electrónicos regulables de alta frecuencia, que, controlados por una fotocélula, hacen variar la aportación de flujo luminoso emitido por las lámparas en función de la variación de la luz natural.



Esquema de sistema de regulación mediante sensores.

Regulación y control por un sistema centralizado de gestión

En edificios destinados a usos múltiples, es cada vez más interesante disponer de un sistema que permita el manejo y el control energético de las instalaciones de iluminación, de forma similar a los implantados para otras instalaciones como las de climatización. El control centralizado supone una serie de ventajas, entre las que citaremos:

- ✓ Posibilidad de encendido/apagado de zonas mediante órdenes centrales, bien sean manuales o automáticas (control horario).

- ✓ Modificación de circuitos de encendido a nivel central sin obras eléctricas.
- ✓ Monitorización de estado de los circuitos y consumos de los mismos.

Si el sistema centralizado dispone simultáneamente de control local, un buen uso de la centralización permitirá un considerable ahorro de energía, aplicando un buen control horario, de acuerdo con las necesidades del usuario, que evite luces encendidas olvidadas.

Se recomiendan las siguientes reglas genéricas de conmutación, que son aplicables a cualquier tipo de sistema de control.

- ✓ Cada oficina o zona debe tener sus propios interruptores de control por separado.
- ✓ En grandes espacios, las zonas de trabajo deben agruparse y el alumbrado de cada grupo, conmutarse independientemente.
- ✓ Cada grupo debe ser conmutable en al menos dos etapas del 50% cada una y distribuido uniformemente sobre toda el área.
- ✓ Las zonas de tareas que precisen niveles mayores de iluminación deben tener circuitos de alumbrado independientes.
- ✓ Las luminarias adyacentes al plano de ventanas deben conectarse en grupos conmutados separadamente.

Esquema de sistema de gestión centralizada



Reglas genéricas de conmutación aplicables a cualquier tipo de sistema de control.

- Cada oficina o zona, debe tener sus propios interruptores de control por separado.
- En grandes espacios, las zonas de trabajo deben agruparse y el alumbrado de cada grupo conmutarse independientemente.
- Cada grupo debe ser conmutable en al menos dos etapas del 50% cada una y distribuido uniformemente sobre toda el área.
- Las zonas de tareas que precisen niveles mayores de iluminación deben tener circuitos de alumbrado independientes.
- Las luminarias adyacentes al plano de ventanas deben conectarse en grupos conmutados separadamente.

Esquema de sistema de gestión centralizada.

► Recomendaciones sobre uso de sistemas de regulación y control en diferentes zonas

Los locales o espacios donde se recomienda la utilización de alguno de los anteriores sistemas de control y regulación son:

Oficinas, zonas comunes y salas con aporte de luz natural y ocupación variable

El aprovechamiento de la luz natural y el control del encendido, ante la falta de ocupación de la oficina o la zona, permiten conseguir ahorros de hasta un 60 %.

Aseos

Son zonas con una ocupación muy intermitente, por lo que el ajuste del tiempo real de ocupación con el real de encendido puede suponer ahorros superiores al 60%. Por ello se recomienda utilizar sistemas de control por presencia o pulsadores temporizados.

Oficinas tipo reunión y club

Para este tipo de oficina resulta casi imprescindible el disponer de sistemas de regulación de la iluminación que permitan su ajuste a la tarea que se realiza en cada momento.

10.3. Mantenimiento

Con el paso del tiempo, la suciedad que se va depositando sobre las ventanas, luminarias y superficies que forman las salas, unida a la disminución de flujo luminoso que van experimentando las lámparas, hace que el nivel inicial de iluminación que se disfrutaba en ellas descienda sensiblemente.

Los valores iniciales de iluminancia pueden volver a alcanzarse con un adecuado mantenimiento, limpiando las luminarias y cambiando las lámparas a intervalos convenientes.

Los cristales de las ventanas y las superficies que forman techos y paredes deben ser limpiados periódicamente para mantener la transmisión de luz natural y la reflectancia de las mismas. La limpieza o repintado de las paredes y techos tendrá gran importancia en el caso de salas pequeñas y de alumbrados indirectos.

Igualmente, las luminarias deben ser limpiadas regularmente, sobre todo las superficies reflectoras y difusoras. Si incorporasen difusores de plástico, bien sea liso o prismático, y estuviesen envejecidos por el uso, estos deberán ser sustituidos.

El no proceder de esta manera, puede conducir a:

- ✓ Reducción del nivel de iluminancia requerido para la tarea a realizar.
- ✓ Rendimiento deficiente de la instalación.
- ✓ Aspecto descuidado de la instalación.

Para prever la disminución provocada por la suciedad, al realizar el proyecto de alumbrado se debe solicitar una iluminancia superior a la tarea a realizar.

La relación entre la iluminancia mínima exigida y la iluminancia inicial se denomina factor de pérdida de luz o factor de mantenimiento y dependerá del grado de mantenimiento realizado sobre la instalación.

Factor de mantenimiento (MF) = LLMF * LSF * LMF * RSMF

LLMF (FDFL) = factor de depreciación del flujo luminoso de la fuente de luz										
Fuentes de luz / Horas de funcionamiento	2.000	4.000	6.000	8.000	10.000	12.000	14.000	16.000	18.000	20.000
Lámparas halógenas	0,95									
Lámparas fluorescentes lineales	0,97	0,93	0,92	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	
Lámparas fluorescentes compactas	0,94	0,91	0,89	0,87	0,85					
Lámparas descarga halogenuros metálicos	0,90	0,87	0,83	0,80	0,75					
Lámparas LED	0,97	0,96	0,95	0,94	0,93	0,92	0,91	0,90		
Tubo LED	0,98	0,97	0,96	0,95	0,94	0,93	0,92	0,91	0,90	
LED	0,99	0,98	0,97	0,96	0,95	0,94	0,93	0,92	0,91	0,90

LSF (FSL) = factor de supervivencia de la fuente de luz										
Fuentes de luz / Horas de funcionamiento	2.000	4.000	6.000	8.000	10.000	12.000	14.000	16.000	18.000	20.000
Lámparas halógenas	1,0									
Lámparas fluorescentes lineales	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	
Lámparas fluorescentes compactas	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0					
Lámparas descarga halogenuros metálicos	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0					
Lámparas LED	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0		
Tubo LED	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	
LED	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

LMF (FDLU) = factor de depreciación de la luminaria			
Periodo limpieza (años)	1	2	3
Tipo luminaria/ambiente del local	Limpio	Limpio	Limpio
≥ IP2X	0,88	0,83	0,79
≥ IP5X	0,94	0,91	0,90

LMF (FDLU) = factor de depreciación de la luminaria			
Periodo limpieza (años)	1	2	3
Ambiente del local/periodo de limpieza	Limpio	Limpio	Limpio
Muy limpio	0,98	0,95	0,93
Limpio	0,95	0,92	0,90

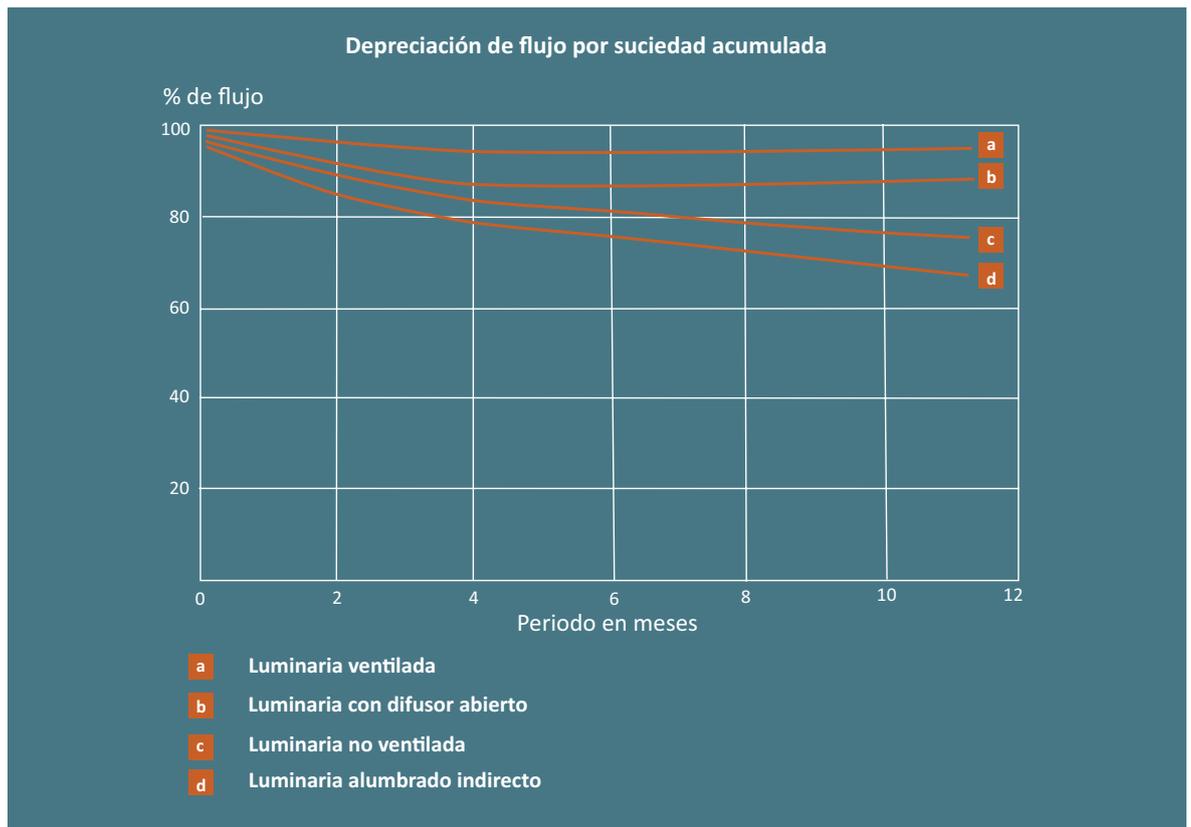
Tabla 23. Factor de mantenimiento.

► Depreciación producida por la suciedad acumulada en la luminaria

La mayor pérdida de iluminación en una instalación proviene de la suciedad que se deposita sobre las lámparas y las luminarias, reduciendo la disminución de luz emitida no solo por la disminución de la emitida directamente por las propias lámparas, sino también por reflexión y refracción en las superficies empleadas para tal fin.

La deposición de polvo sobre las luminarias y lámparas está afectada por el grado de ventilación, el ángulo de inclinación, el acabado de las superficies que forman las luminarias y el grado de contaminación del ambiente que las rodea.

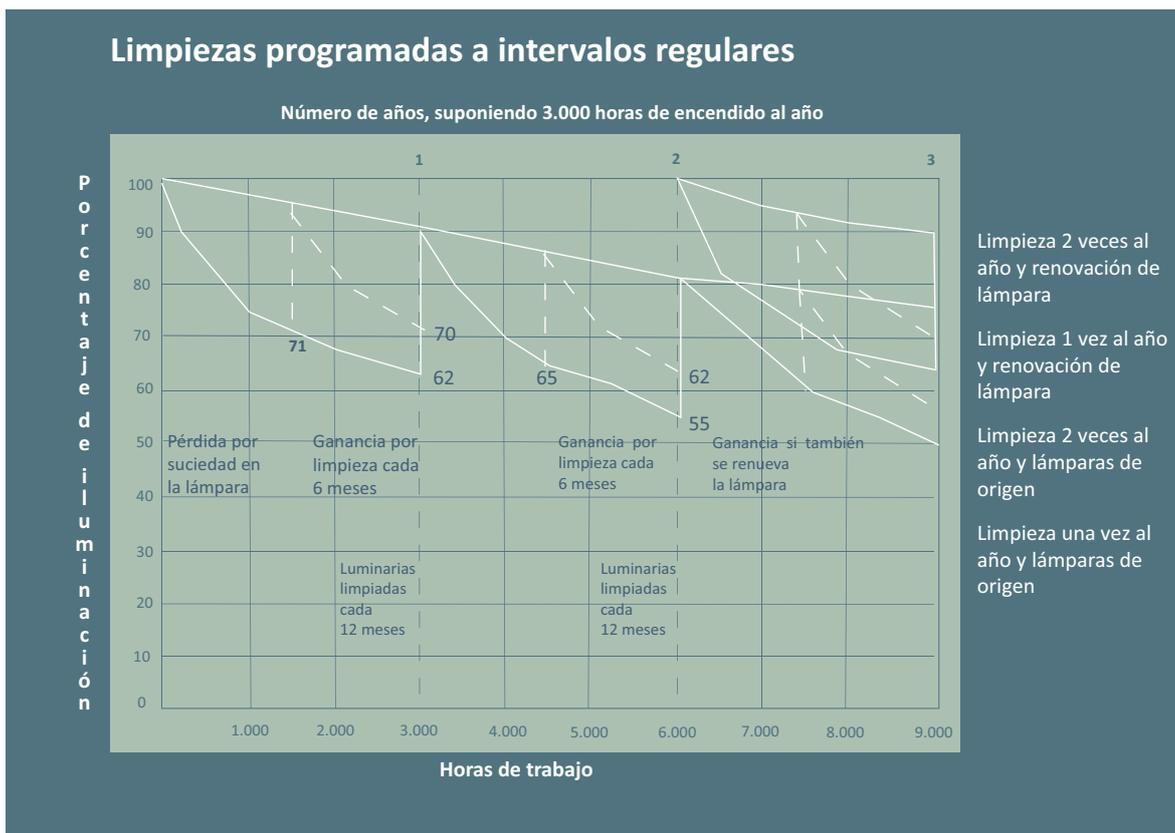
Las curvas muestran la depreciación del flujo luminoso debida a la suciedad en distintos tipos de luminarias.



Depreciación de flujo por suciedad acumulada.

En aquellos locales con alto grado de contaminación es preferible la utilización de luminarias estancas.

La realización de una limpieza programada a intervalos regulares nos permitirá mantener de una forma más constante los niveles de iluminación de una sala.



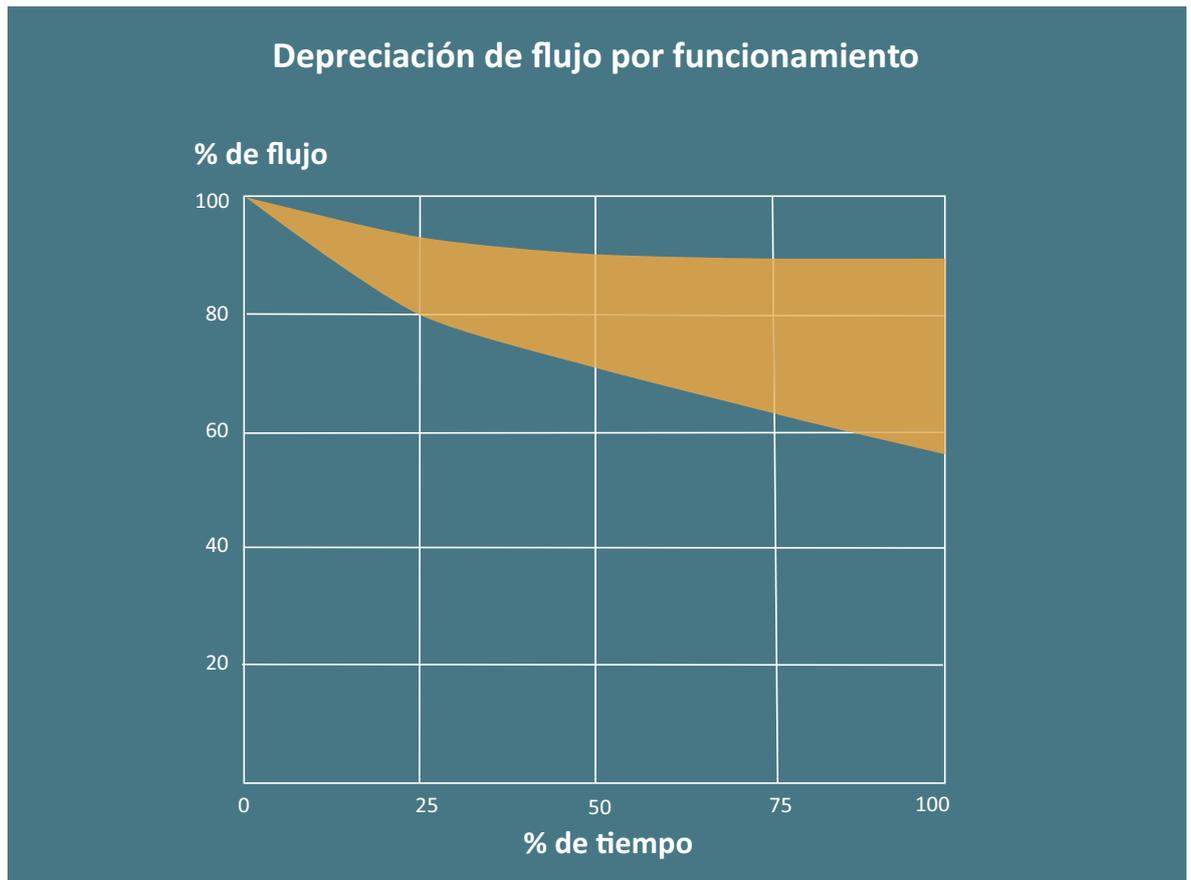
Limpiezas programadas.

Para obtener una máxima ventaja económica, el intervalo de limpieza deberá mantener una relación con el intervalo de reposición de las lámparas.

► Depreciación del flujo de las lámparas

El flujo luminoso de las fuentes de luz disminuye con el tiempo, siendo diferente de unas fuentes de luz a otras. Existen fuentes de luz que siguen luciendo por un largo periodo de tiempo, pero a partir de un determinado momento, su emisión luminosa en relación con su consumo hace aconsejable su sustitución.

En la siguiente gráfica se muestra el tanto por ciento de depreciación del flujo de las lámparas fluorescentes y de descarga.



Depreciación de flujo por funcionamiento.

Las lámparas han de ser sustituidas al final de la vida útil indicada por el fabricante. Aunque la lámpara siga luciendo, el rendimiento lumen/vatio de la misma hará aconsejable su sustitución.

Excepto en las lámparas de filamento, las lámparas de descarga, incluyendo los tubos fluorescentes, raramente fallan de forma instantánea. Su fallo es precedido por un molesto parpadeo, encendiéndose y apagándose repetidamente.

Los responsables de mantenimiento deben estar pendientes de estas anomalías para proceder al cambio de la lámpara, comprobando previamente que es esta y no el equipo auxiliar el que debe ser cambiado. En un circuito de encendido de una lámpara fluorescente con reactancia de tipo electromagnético es recomendable probar con un cebador nuevo antes de desprenderse de la lámpara.

Al reemplazar la lámpara, la nueva deberá ser de la misma potencia y clase que la antigua.

Una lámpara de potencia superior puede recalentar la luminaria. En las lámparas de descarga, el cambio debe hacerse compatible con el equipo auxiliar de encendido.

Es una buena práctica el disponer de lámparas de recambio, para evitar equivocaciones provocadas por la urgencia de la reposición.

En una gran instalación, será preferible reemplazar todas las lámparas en un momento determinado, en vez de ir las sustituyendo separadamente a medida que dejan de funcionar.

El ciclo de sustitución más aconsejable para un tipo determinado de lámpara estará definido por el fabricante.

10.4. Gestor energético

Para realizar una gestión eficiente, la figura del gestor energético en cualquier instalación debería ser obligatoria.

En este capítulo nos referiremos exclusivamente a la figura del gestor energético bajo el aspecto del consumo debido al alumbrado.

Esta gestión debe estar basada en los datos facilitados por el diseñador del edificio, el cual ha debido preparar por escrito una serie de instrucciones relativas a las instalaciones y al mantenimiento de las mismas, tales como:

- ✓ Listados y especificaciones de los equipos de iluminación empleados.
- ✓ El programa de limpieza para lámparas y luminarias.
- ✓ El programa de recambio de lámparas.
- ✓ El programa de mantenimiento de las superficies que forman las salas, incluido el repintado de las mismas.

Basándose en estas instrucciones, el gestor deberá realizar una eficaz gestión continua sobre:

- ✓ Seguimiento de los planes de mantenimiento (limpiezas, reposiciones de lámparas por grupos, etc.).
- ✓ Control de horarios de funcionamiento.
- ✓ Control de consumos y costes.
- ✓ Seguimiento de la tarificación.

La energía consumida en kWh es igual a la potencia de las luminarias multiplicada por el número de horas de utilización de las mismas.

La comparación del consumo teórico con el real puede facilitar al gestor los datos necesarios para conseguir una disminución en el coste energético del alumbrado.

Para un determinado nivel de iluminación, adecuado a la tarea a realizar, y suponiendo que el número de horas de utilización es el correcto, solamente un deficiente estado de las luminarias puede incrementar el consumo.

De igual forma, para un adecuado estado de las luminarias, el incremento es motivado por una excesiva utilización del alumbrado.

Los vatios consumidos por el sistema que forma la fuente de luz y el equipo auxiliar de funcionamiento deben estar especificados por el fabricante.

Dado que las compañías suministradoras disponen de varias tarifas reguladas por el *BOE*, el gestor deberá conocer cuál es la que mejor se adapta al horario, potencia contratada, etc., para elegir el más adecuado a sus necesidades.

11 Índice de eficiencia energética. CTE HE3

El índice de eficiencia energética (IEE) es un factor que mide la eficiencia energética de una instalación de alumbrado y que, al mismo tiempo, ayuda al responsable del proyecto a realizar un autocontrol del trabajo realizado.

El Código Técnico de la Edificación establece los valores de niveles luminosos, el UGR⁽⁷⁾ (índice de deslumbramiento unificado), la potencia máxima instalada por m², el Ra de las fuentes de luz y el valor de la eficiencia energética (VEEI) para cada una de las dependencias, en función de la actividad a desarrollar.

11.1. Impacto de la iluminación en el consumo energético global

La luz es una necesidad vital para todos los seres vivos. Desde el inicio de los tiempos, todo el desarrollo de las especies vivas ha ido vinculado al ciclo día-noche. Es en el momento en que el ser humano descubre la iluminación artificial cuando consigue alargar las horas de actividad diurna a otros horarios nocturnos. A medida que se consigue dominar la luz, se van ampliando los horarios de actividad humana, hasta llegar a nuestros días, en que podemos disponer de cualquier necesidad de luz simplemente pulsando un interruptor. Y es gracias a esta evolución que se ha podido desarrollar una gran variedad de actividades y alcanzar condiciones de calidad de vida que antes eran inconcebibles.

Para conseguir esta luz artificial se debe consumir energía: primero se obtuvo quemando madera, después, aceite, gas, etc., hasta llegar a finales del siglo XIX, donde aparece la electricidad como fuente de energía para las instalaciones de iluminación. Así ha sido hasta nuestros días, donde seguimos consumiendo energía eléctrica para obtener la luz necesaria para nuestras actividades.

El consumo de energía eléctrica proviene en su mayoría de recursos naturales no renovables (petróleo, carbón, combustible nuclear, gas, etc.), pero cada vez es mayor la energía proveniente de fuentes renovables (un 13,8% en 2012, y el objetivo es llegar al 20% en 2020).

Sin embargo, a pesar de todos los beneficios que se le pueden atribuir a la iluminación, es imposible ignorar que la misma implica un consumo considerable de energía eléctrica, la cual representa del 8% hasta el 20% del consumo eléctrico global.

De este consumo, del 25% al 50% corresponde al del alumbrado de ámbito doméstico y el 50%, al consumo del alumbrado de ámbito municipal (alumbrado público de calles, plazas, jardines y edificios administrativos). Y debido al aumento constante del sector de servicios en la estructura general de producción, estas cifras conllevan una tendencia creciente.

⁽⁷⁾ UGR, índice de deslumbramiento unificado, obtiene sus siglas del inglés Unified Glare Rating.

Lo que sí es una realidad es que el precio de la energía es cada vez más elevado y no parece que se invierta esa tendencia.

Ante esta consecuencia aparece una herramienta muy potente: **la eficiencia energética**.

La tecnología en el ámbito de la iluminación ha evolucionado de una forma impresionante en los últimos años: sistemas de iluminación más eficientes, sistemas de control que permiten adaptar las necesidades lumínicas a la demanda en cada momento, así como reducir de una forma muy importante el consumo energético de nuestras instalaciones, sin perjuicio en las prestaciones visuales de las mismas.

No existe una guía o procedimiento infalible que permita determinar y diseñar un sistema de iluminación con elevada eficiencia energética. Cada espacio, cada actividad, debe analizarse de forma que se encuentre un equilibrio entre las prestaciones lumínicas y la eficiencia energética. Pero hay dos cosas que siempre deben tenerse en cuenta:

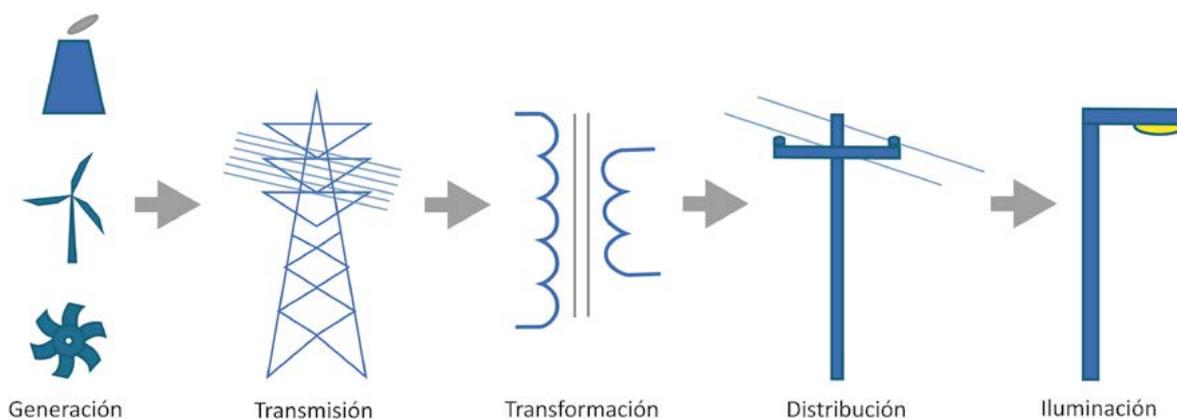
- ✓ Nunca deben ponerse en juego las necesidades visuales de los usuarios por criterios de eficiencia energética, sino que deben definirse cuáles son esas necesidades y estudiar la forma más eficiente de conseguirlo.
- ✓ Debe contemplarse todo el ciclo de vida del proyecto de iluminación, ya que, si se analizan los costes a lo largo de toda la vida útil de una instalación de iluminación, los de explotación pueden llegar a hacer que los costes de instalación sean despreciables. Un ejemplo: la energía que consume una lámpara a lo largo de toda su vida puede llegar a significar hasta 10 veces el coste de adquisición de la misma.

Este capítulo y los que conforman las guías técnicas de eficiencia energética en iluminación en ambientes interiores y actividades específicas, como son: centros docentes, hospitales y, ésta misma dedicada a oficinas, intentan presentar una serie de recomendaciones que permitan orientar en el desarrollo tanto de nuevas instalaciones como en las reformas de las existentes, mediante la toma de decisiones más adecuadas para alcanzar una mayor eficiencia energética.

11.1. Importancia del ahorro energético en iluminación

Si analizamos el proceso de generación y transporte de energía, tanto en la central eléctrica como durante el transporte de la energía, las pérdidas son muy elevadas, ya que dos tercios de la energía empleada se pierden durante la generación y transporte. Es decir, que para que nosotros podamos disponer de 1 W en nuestra casa o lugar de trabajo, la central eléctrica debe generar 3 W.

Pero veámoslo desde el punto de vista optimista: por cada vatio (por mejora de la eficiencia energética) que dejemos de consumir en destino, se conseguirá que la central eléctrica deje de producir 3 W, con todo el impacto ambiental que ello representa.



Ciclo de transformación de energía eléctrica.

Centrándonos exclusivamente en el último punto del ciclo definido en la imagen anterior, es decir, en cómo gestionamos el proceso de convertir la energía eléctrica en luminosa para conseguir instalaciones de alumbrado eficientes, deberemos tener en cuenta los siguientes aspectos, que podrían resumirse en la realización de un correcto proyecto de iluminación.

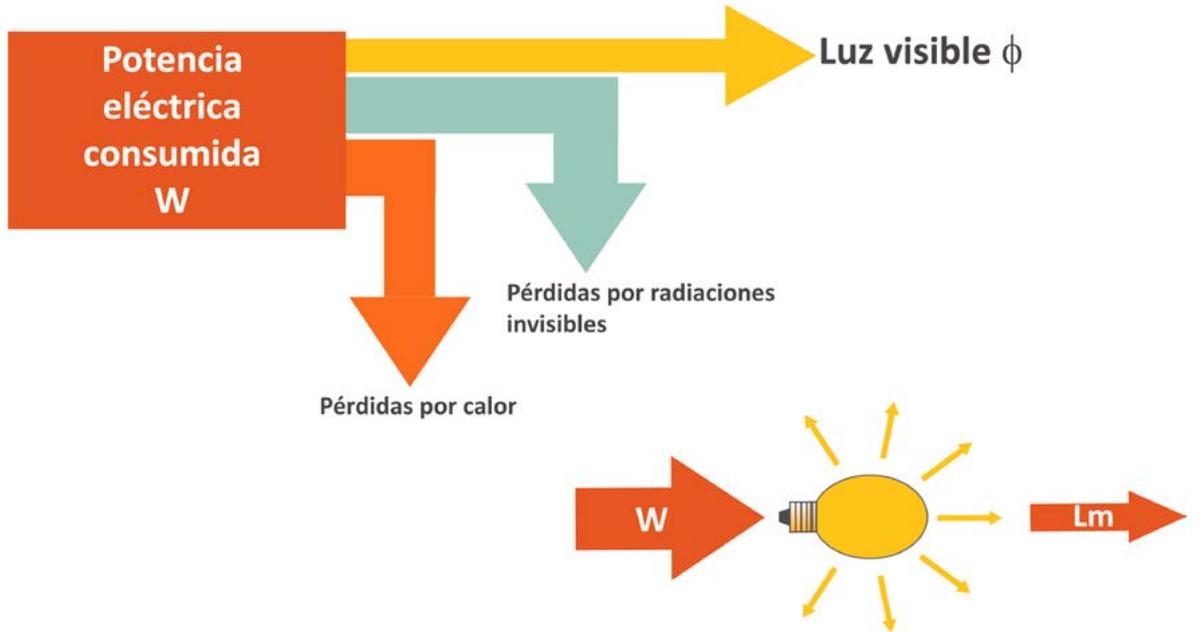
- ✓ Parámetros luminosos (niveles de iluminación, uniformidad, UGR, etc.) adecuados a la función a realizar en cada instalación.
- ✓ Luminarias adecuadas a las características mecánicas y ambientales de la instalación, de alto rendimiento y control de la energía luminosa emitida por las fuentes de luz que incorporan.
- ✓ Equipos auxiliares de bajas pérdidas y que permitan la conexión a sistemas de regulación.
- ✓ Fuentes de luz de elevado ratio lm/W.
- ✓ Definir un plan de mantenimiento que garantice el nivel de servicio y prestaciones de la instalación a lo largo de la vida útil.
- ✓ Establecer los sistemas de regulación y control que maximicen la eficiencia energética de la instalación.

Y un aspecto que no debemos dejar de lado es el reciclado de los componentes de la instalación, ya que, una vez un componente llega al final de su vida útil, debe ser gestionado y reciclado adecuadamente por una entidad autorizada, puesto que algunos de ellos están considerados como residuos peligrosos. Dentro del plan de mantenimiento deben establecerse los mecanismos de eliminación de lámparas, luminarias, equipos auxiliares y demás elementos para evitar su impacto ambiental.

Las pérdidas energéticas que se originan en una instalación de alumbrado tienen su origen en varias causas, siendo la más importante la que se genera en la fuente de luz, al transformar la energía eléctrica en luminosa.

Pensemos por ejemplo que una lámpara incandescente como las que podemos tener en nuestras casas tiene unas pérdidas del 95%. El 95% de la energía que consume la transforma en calor, mientras que menos de un 5% es lo que se transforma en luz. En las fuentes de luz más eficientes este porcentaje es del 70%. Si a ello le sumamos el consumo propio que pueden tener los equipos auxiliares, transformadores, etc., ese porcentaje continúa decreciendo.

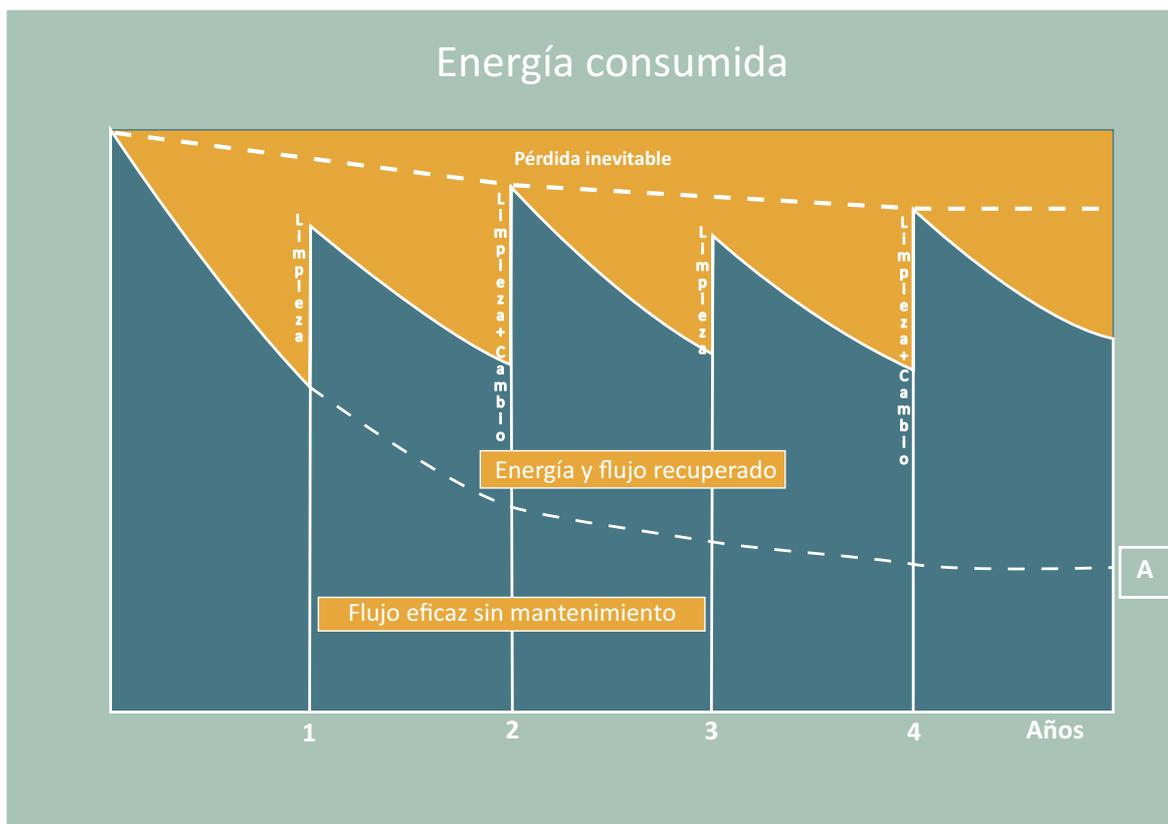
Pero no todas las pérdidas son debidas a la fuente de luz utilizada. Las pérdidas originadas en los sistemas ópticos por reflexión, refracción y transmisión de la energía luminosa, unidas a las originadas por la degradación de los materiales que los forman y a las originadas por la distribución del flujo luminoso sobre la superficie a iluminar, disminuyen el rendimiento de la instalación.



Transformación de energía eléctrica en luz visible.

En función de los elementos utilizados en una instalación de alumbrado, el porcentaje de energía eléctrica que llega al interruptor y se transforma en luz visible oscila entre un 0,5% y un 6%. Ello quiere decir que, de cada 100 W de energía eléctrica consumida, la energía equivalente en luz aprovechable estaría entre 0,5 W y 6 W.

En la fase de explotación o funcionamiento de una instalación de iluminación, también aparecen causas de una baja eficiencia. Si la misma no se mantiene correctamente sus elementos se degradan, las lámparas envejecen, las luminarias se ensucian, etc. Y ello ocasiona que el rendimiento de la instalación disminuya.



Comparación del nivel de servicio entre una instalación con/sin mantenimiento.

En el gráfico se muestra cómo evoluciona una instalación de iluminación si se realiza o no un mantenimiento adecuado de la misma. Como se ha mencionado anteriormente, existe una pérdida de prestaciones inevitable, producto de la degradación de los propios componentes (lámparas, luminarias, cables, equipos auxiliares, etc.). Pero si no se reemplazan los componentes cuando han llegado al final de su vida útil, las prestaciones lumínicas se reducen drásticamente mientras que el consumo energético se mantiene.

Por último, el control también es crítico a la hora de evaluar la eficiencia energética de la instalación de iluminación. Los horarios de funcionamiento muchas veces no se ajustan, por lo que la instalación está consumiendo energía en periodos donde no debería hacerlo. Por otro lado, la «rigidez» de muchas instalaciones hace que a la hora de encender o apagar se tenga únicamente el 0% o el 100% del flujo luminoso.

La existencia en la instalación de adecuados sistemas de encendido y de control y regulación de la energía luminosa emitida por las luminarias, unidos al aprovechamiento de luz natural cuando se posible, colabora eficazmente en conseguir instalaciones altamente eficientes.

11.2. Eficiencia energética de una instalación de iluminación

La eficiencia energética de una instalación de iluminación se define como el flujo útil respecto a la energía eléctrica consumida. Se entiende por flujo útil la cantidad de flujo luminoso que recibe el área de trabajo donde se desarrolla la actividad.

Para entender el proceso, se divide el cálculo de la eficiencia en dos con una primera eficiencia básicamente relacionada con la fuente de luz y sus equipos auxiliares. Relaciona la luz emitida por la lámpara respecto a la energía consumida por ella y sus equipos auxiliares. Mediante este primer cálculo de eficiencia se evalúa la transformación de energía eléctrica en energía lumínica.

$$Eficiencia\ 1 = \frac{Energía\ lumínica}{Energía\ eléctrica}$$

Este valor es lo que se denomina eficacia luminosa de una fuente de luz, los lúmenes emitidos por vatio eléctrico consumido. Por ejemplo, una lámpara de incandescencia convencional está entre los 15 y 18 lm/W, una lámpara de halogenuros metálicos puede llegar a los 105 lm/W y un LED puede llegar (hoy) hasta los 150 lm/W.

Pero ahora llega el segundo paso: de toda la luz que emite la lámpara, ¿qué porcentaje llega a la zona que nos interesa iluminar?. Pues ahí es donde entra el cálculo de esa segunda eficiencia: de la luz que emite la lámpara, qué porcentaje sale de la luminaria y llega a la zona de estudio.

$$Eficiencia\ 2 = \frac{Energía\ lumínica\ útil}{Energía\ lumínica}$$

Así pues, la eficiencia total del sistema de iluminación será el producto de ambas:

$$Eficiencia\ total = Eficiencia\ 1 \cdot Eficiencia\ 2 = \frac{Energía\ lumínica\ útil}{Energía\ eléctrica}$$

Este valor nos da una idea de la cantidad de flujo que emite una lámpara, sale de la luminaria y llega a la superficie de estudio midiéndose en lm/w.

La definición de lux es el flujo luminoso (lm) que llega a una superficie (m²).

$$1\ lux = \frac{1\ lm}{1\ m^2},\ entonces\ 1\ lm = 1\ lux \cdot m^2,\ entonces\ 1\ lm = 1\ lux \cdot m^2$$

Sustituyendo en los valores de eficiencia,

$$Eficiencia\ Total = \frac{lm}{W} = \frac{lux \cdot m^2}{W}$$

En instalaciones de iluminación interior, se suele emplear la inversa de esta fórmula y relacionarla a 100 lux: es decir, los vatios necesarios para obtener 100 lux.

Así pues, se define el valor de eficiencia energética en iluminación (VEEI) como la potencia eléctrica necesaria para obtener 100 lux por m² en el plano de trabajo y en condiciones de servicio. Evidentemente, cuanto menor sea el VEEI más eficiente será la instalación. Cuando se habla en condiciones de servicio lo que se quiere decir es que ese valor debe mantenerse a lo largo de toda la vida útil de la instalación, lo que implica que debe efectuarse un mantenimiento adecuado que permita obtener el nivel de servicio (nivel de iluminación mantenido) dentro de los límites establecidos.

El Código Técnico de Edificación, en el apartado HE 3 (Eficiencia energética en iluminación) establece los límites máximos de VEEI en función del tipo de actividad y la representatividad del espacio analizado.

11.3. Ciclo de vida de una instalación de iluminación

Como se ha comentado anteriormente, cuando se plantea un proyecto de iluminación debe pensarse en todo el ciclo de vida del mismo. Debemos pensar que la vida útil de una instalación de iluminación puede llegar a ser de 30 años, y durante todo ese periodo debe garantizarse que las prestaciones lumínicas sean las necesarias para que se puedan desarrollar sin problemas las actividades visuales de las personas que harán uso de ese espacio. Ello obliga al proyectista a dos cosas importantes: por un lado, el seleccionar los componentes de la instalación que garanticen sus prestaciones tanto lumínicas como mecánicas, eléctricas, térmicas, ambientales, etc., a lo largo de toda su vida útil, por otro lado, deben establecerse las operaciones de mantenimiento necesarias para garantizar el estado correcto de todos los elementos que forman parte de la instalación. En función de la vida útil de los componentes, de la agresividad del entorno, de las condiciones de alimentación eléctrica, etc., debe elaborarse un plan de mantenimiento que garantice las prestaciones lumínicas a lo largo de toda la vida útil del proyecto.

Si se contemplaran los costes de todo el proyecto, no únicamente los costes de instalación, sino también los costes de explotación, se observaría que los costes de explotación (que incluyen el coste energético y el mantenimiento de las instalaciones) son muy superiores a los costes de instalación. Por ello debe prestarse especial atención a la selección de los diferentes elementos, de forma que su comportamiento y duración garanticen el nivel de servicio para el que han sido diseñados.

11.4. CTE HE3: exigencias energéticas en una instalación de iluminación

Con el objetivo de mejorar la eficiencia energética de las instalaciones de iluminación, el Código Técnico de Edificación recoge en la sección HE3 las exigencias energéticas en instalaciones de iluminación. Veamos los puntos a destacar de este documento.

Ámbito de aplicación

Se define en qué casos será obligatorio cumplir con las exigencias del documento:

- a. Edificios de nueva construcción
- b. Intervención en edificios existentes con una superficie útil total final (incluidas las partes ampliadas, en su caso) superior a 1.000 m², donde se renueve más del 25% de la superficie iluminada.
- c. Otras intervenciones en edificios existentes en las que se renueve o amplíe una parte de la instalación, en cuyo caso se adecuará la parte de la instalación renovada o ampliada para que se cumplan los valores de eficiencia energética límite en función de la actividad, y, asimismo, cuando la renovación afecte a zonas del edificio para las cuales se establezca la obligatoriedad de sistemas de control o regulación, se dispondrán estos sistemas.
- d. Cambio de uso característico del edificio.

- e. Cambios de actividad en una zona del edificio que impliquen un valor más bajo del valor de eficiencia energética de la instalación límite, respecto al de la actividad inicial, en cuyo caso se adecuará la instalación de dicha zona.

Se excluyen del ámbito de aplicación:

- a. Construcciones provisionales con un plazo previsto de utilización igual o inferior a dos años.
- b. Edificios industriales, de la defensa y agrícolas o partes de los mismos, en la parte destinada a talleres y procesos industriales y agrícolas no residenciales.
- c. Edificios independientes con una superficie útil total inferior a 50 m².
- d. Interiores de viviendas.
- e. Los edificios históricos protegidos cuando así lo determine el órgano competente que deba dictaminar en materia de protección histórico-artística.

En los casos mencionados en el punto anterior, en el proyecto se justificarán las soluciones adoptadas en cada caso para el ahorro de energía en la instalación de iluminación.

Se excluyen también, de este ámbito de aplicación, los alumbrados de emergencia.

11.5. Caracterización y cuantificación de las exigencias

Valor de eficiencia energética de la instalación

La eficiencia energética de una instalación de iluminación de una zona se determinará mediante el Valor de Eficiencia Energética de la Instalación (VEEI) (W/m²) por cada 100 lux mediante la siguiente expresión:

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

Siendo:

P = la potencia total instalada en lámparas más los equipos auxiliares [W].

S = la superficie iluminada [m²].

Em = la iluminancia media horizontal mantenida [lux].

Los valores de eficiencia energética límite en recintos interiores de un edificio se establecen en la siguiente tabla. Estos valores incluyen la iluminación general y la iluminación de acento, pero no las instalaciones de iluminación de escaparates y zonas expositivas.

Zonas de actividad diferenciada	VEEI límite
Administrativo en general	3,0
Andenes de estaciones de transporte	3,0
Pabellones de exposición o ferias	3,0
Salas de diagnóstico ⁽¹⁾	3,5
Aulas y laboratorios ⁽²⁾	3,5
Habitaciones de hospital ⁽³⁾	4,0
Recintos interiores no descritos en este listado	4,0
Zonas comunes ⁽⁴⁾	4,0
Almacenes, archivos, salas técnicas y cocinas	4,0
Aparcamientos	4,0
Espacios deportivos ⁽⁵⁾	4,0
Estaciones de transporte ⁽⁶⁾	5,0
Supermercados, hipermercados y grandes almacenes	5,0
Bibliotecas, museos y galerías de arte	5,0
Zonas comunes en edificios no residenciales	6,0
Centros comerciales (excluidas tiendas) ⁽⁷⁾	6,0
Hostelería y restauración ⁽⁸⁾	8,0
Religiosas en general	8,0
Salones de actos, auditorios y salas de usos múltiples y convenciones, salas de ocio o espectáculo, salas de reuniones y salas de conferencias ⁽⁹⁾	8,0
Tiendas y pequeño comercio	8,0
Habitaciones de hoteles, hostales, etc.	10,0
Locales con nivel de iluminación superior a 600 lux	2,5

Tabla 24. Límite del valor de eficiencia energética en iluminación (VEEI).

- ⁽¹⁾ Incluye la instalación de iluminación general de salas tales como salas de examen general, salas de emergencia, salas de escáner y radiología, salas de examen ocular y auditivo y salas de tratamiento. Sin embargo, quedan excluidos locales como las salas de operación, quirófanos, unidades de cuidados intensivos, dentista, salas de descontaminación, salas de autopsias y mortuorios y otras salas que por su actividad puedan considerarse como salas especiales.
- ⁽²⁾ Incluye la instalación de iluminación del aula y las pizarras de las aulas de enseñanza, aulas de práctica de ordenador, música, laboratorios de lenguaje, aulas de dibujo técnico, aulas de prácticas y laboratorios, manualidades, talleres de enseñanza y aulas de arte, aulas de preparación y talleres, aulas comunes de estudio y aulas de reunión, aulas de clases nocturnas y educación de adultos, salas de lectura, guarderías, salas de juegos de guarderías y sala de manualidades.
- ⁽³⁾ Incluye la instalación de iluminación interior de la habitación y baño, formada por iluminación general, iluminación de lectura e iluminación para exámenes simples.
- ⁽⁴⁾ Espacios utilizados por cualquier persona o usuario, como recibidor, vestíbulos, pasillos, escaleras, espacios de tránsito de personas, aseos públicos, etc.
- ⁽⁵⁾ Incluye las instalaciones de iluminación del terreno de juego y graderíos de espacios deportivos, tanto para actividades de entrenamiento como de competición, pero no se incluyen las instalaciones de iluminación necesarias para las retransmisiones televisadas. Los graderíos serán asimilables a zonas comunes del grupo 1.
- ⁽⁶⁾ Espacios destinados al tránsito de viajeros, como recibidor de terminales, salas de llegadas y salidas de pasajeros, salas de recogida de equipajes, áreas de conexión, de ascensores, áreas de mostradores de taquillas, facturación e información, áreas de espera, salas de consigna, etc.

Potencia instalada en el edificio

La potencia de la instalación de iluminación, contemplando la potencia total de la luminaria (lámpara y equipo auxiliar), no superará los valores especificados en la siguiente tabla:

Uso del edificio	Potencia máxima instalada [W/m ²]
Administrativo	12
Aparcamiento	5
Comercial	15
Docente	15
Hospitalario	15
Restauración	18
Auditorios, teatros, cines	15
Residencial público	12
Otros	10
Edificios con nivel de iluminación superior a 600 lux	25

Tabla 25. Potencia máxima de iluminación.

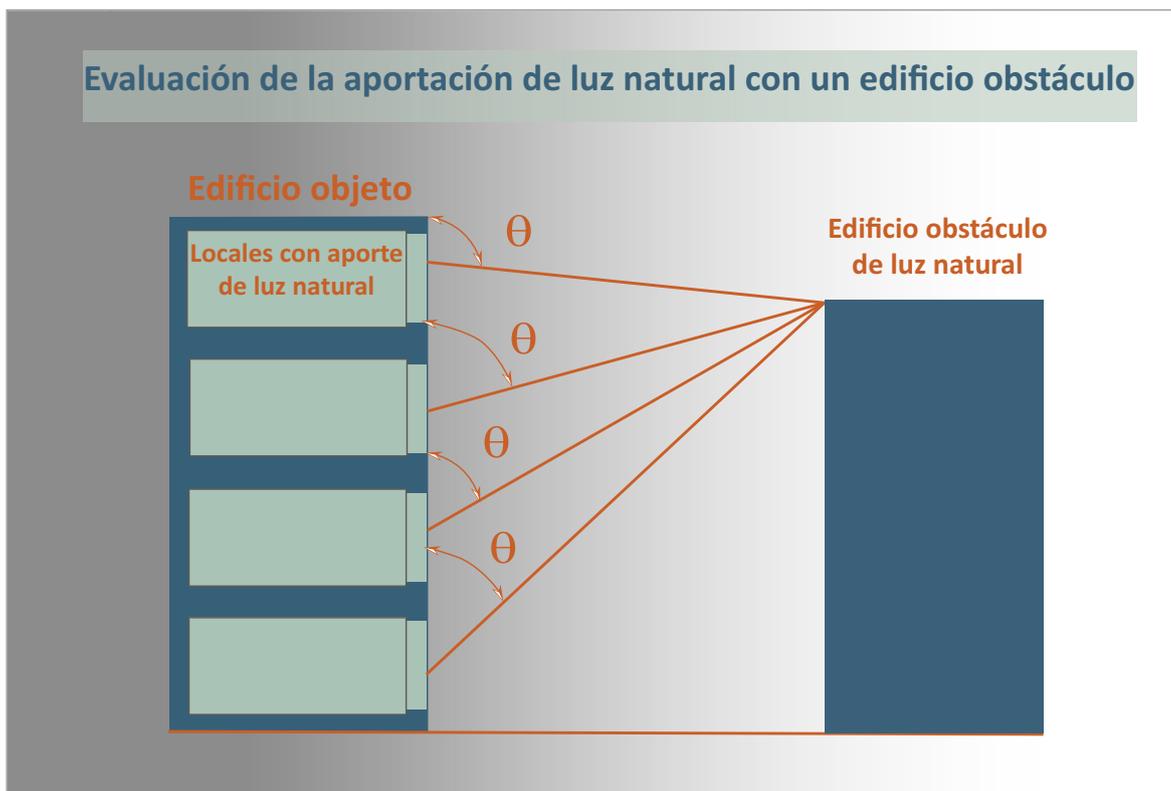
Sistemas de control y regulación

Gracias a la aparición de nuevas tecnologías en lo referente a fuentes de luz y equipos auxiliares, es posible definir escenas de iluminación dinámicas, en las que en función de la actividad que se desarrolla y el nivel de ocupación del espacio se ajusten las prestaciones lumínicas a las necesidades reales, con el consecuente ahorro energético.

Lo que sí establece el CTE HE3 son unos requisitos mínimos en cuanto a sistemas de control:

- a. Toda zona dispondrá al menos de un sistema de encendido y apagado manual, no aceptándose los sistemas de encendido y apagado en cuadros eléctricos como único sistema de control. Toda zona dispondrá de un sistema de encendido por horario centralizado en cada cuadro eléctrico. Las zonas de uso esporádico dispondrán de un control de encendido y apagado por sistema de detección de presencia temporizado o sistema de pulsador temporizado.
- b. Se instalarán sistemas de aprovechamiento de la luz natural, que regulen proporcionalmente y de manera automática, por sensor de luminosidad, el nivel de iluminación en función del aporte de luz natural de las luminarias de las habitaciones de menos de 6 metros de profundidad y en las dos primeras líneas paralelas de luminarias situadas a una distancia inferior a 5 metros de la ventana, y en todas las situadas bajo un lucernario, cuando se den las siguientes condiciones:
 1. En las zonas d que cuenten con cerramientos acristalados al exterior, cuando estas cumplan simultáneamente las siguientes condiciones:

Evaluación de la aportación de luz natural con un edificio obstáculo



Evaluación de la aportación de luz natural con un edificio obstáculo.

Que el ángulo θ sea superior a 65° ($\theta > 65^\circ$), siendo θ el ángulo desde el punto medio del acristalamiento hasta la cota máxima del edificio obstáculo, medido en grados sexagesimales;

Que se cumpla la expresión: $T (A_w/A) > 0,11$.

Siendo:

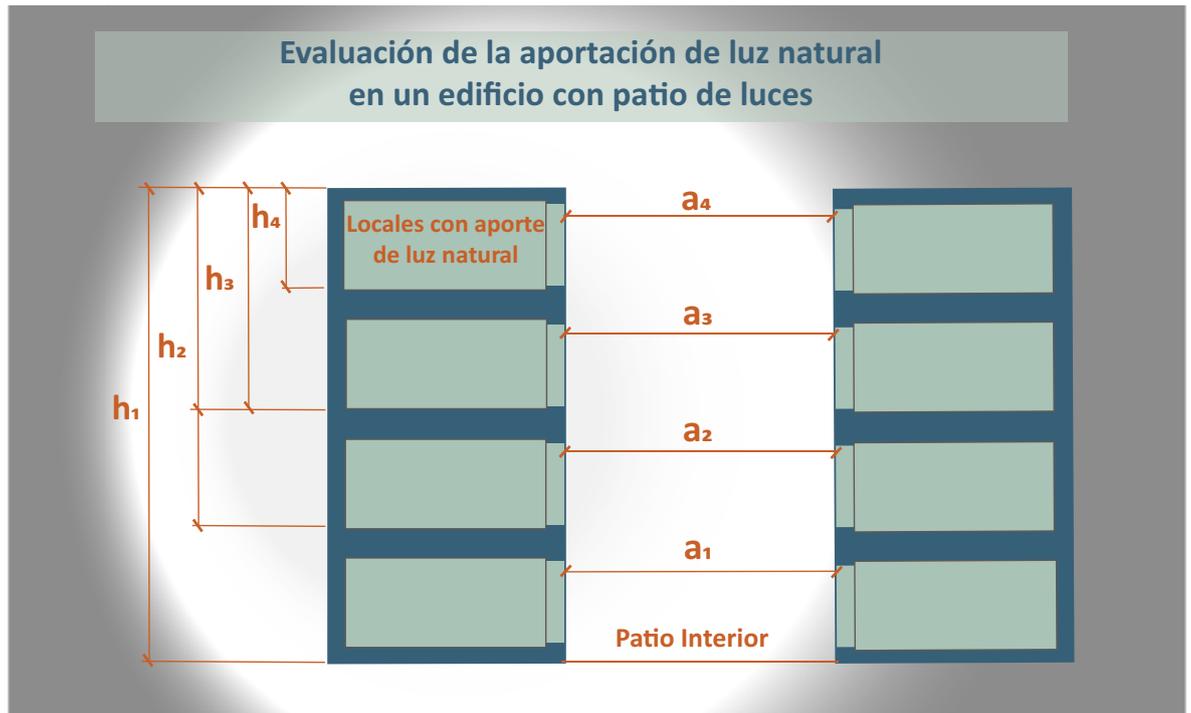
T = Coeficiente de transmisión luminosa del vidrio de la ventana del local en tanto por uno.

A_w = área de acristalamiento de la ventana de la zona [m^2].

A = área total de las superficies interiores del local (suelo + techo + paredes + ventanas) [m^2].

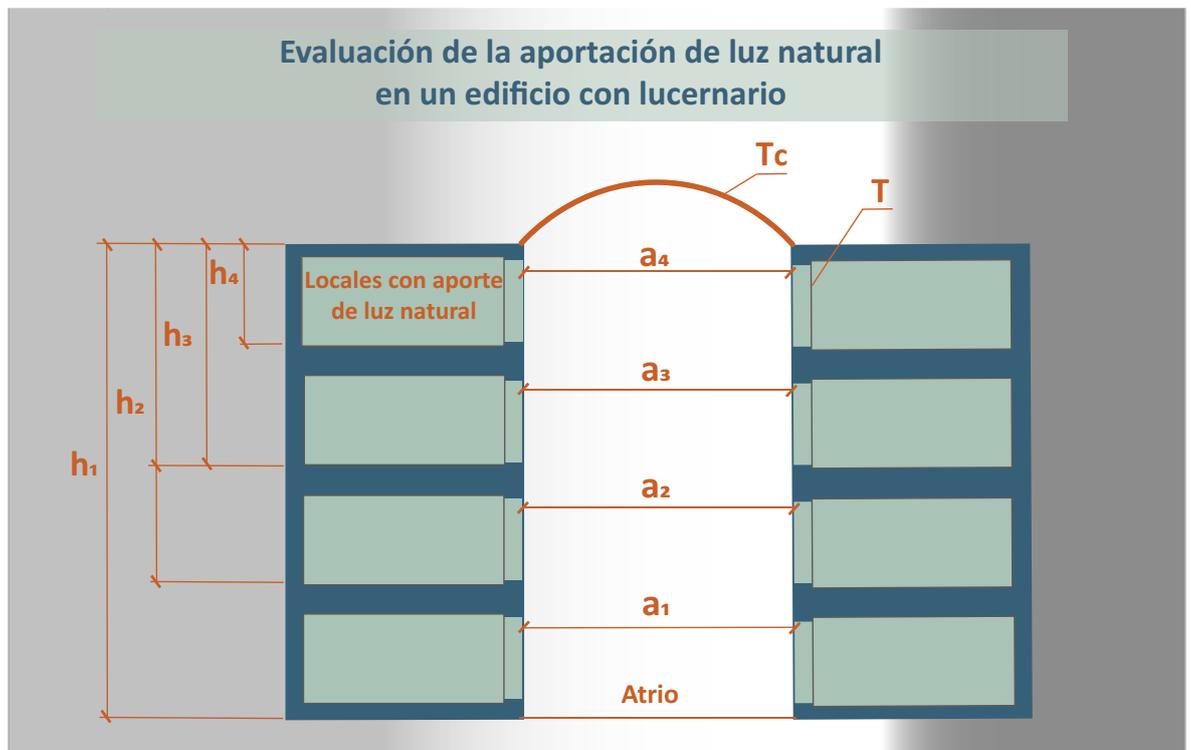
2. En todas las zonas de los grupos 1 y 2 que cuenten con cerramientos acristalados a patios o atrios, cuando éstas cumplan simultáneamente las siguientes condiciones:

En el caso de patios no cubiertos, cuando estos tengan una anchura (a_i) superior a 2 veces la distancia (h_i), siendo h_i la distancia entre el suelo de la planta donde se encuentre la zona en estudio y la cubierta del edificio.



Evaluación de la aportación de luz natural en un edificio con patio de luces.

En el caso de patios cubiertos por acristalamientos cuando su anchura (a_i) sea superior a $2/T_c$ veces la distancia (h_i), siendo h_i la distancia entre la planta donde se encuentre el local en estudio y la cubierta del edificio, y siendo T_c el coeficiente de transmisión luminosa del vidrio de cerramiento del patio, expresado en tanto por uno.



Evaluación de la aportación de luz natural en un edificio con lucernario.

Que se cumpla la expresión $T (A_w/A) > 0,11$.

Siendo:

T = coeficiente de transmisión luminosa del vidrio de la ventana del local en tanto por uno.

A_w = área de acristalamiento de la ventana de la zona [m^2].

A = área total de las superficies interiores del local (suelo + techo + paredes + ventanas) [m^2].

Quedan excluidas de cumplir las exigencias de los puntos anteriores las siguientes zonas:

- ✓ Zonas comunes en edificios residenciales.
- ✓ Habitaciones de hospital.
- ✓ Habitaciones de hoteles, hostales, etc.
- ✓ Tiendas y pequeño comercio.

11.6. Verificación y justificación del cumplimiento de la exigencia

Procedimiento de verificación

En este apartado, el documento HE3 establece que se verifiquen los siguientes valores:

- a. Cálculo del VEEI, comprobando que no se superan los valores de la tabla 7.
- b. Cálculo de la potencia de iluminación instalada en el edificio, comprobando que no se supera lo establecido en la tabla 9.
- c. Comprobación de la existencia de un sistema de control y regulación para el máximo aprovechamiento de la luz natural.
- d. Comprobación de la existencia de un plan de mantenimiento.

Justificación del cumplimiento de la exigencia

En el proyecto debe incluirse la siguiente información:

- a. Relativa al edificio
 1. Potencia total instalada en el edificio (lámpara más equipo auxiliar).
 2. Superficie total iluminada.
 3. Potencia total por unidad de superficie.
- b. Relativa a cada zona
 1. El índice del local (K) utilizado en el cálculo.

2. El número de puntos considerados en el proyecto: la malla de cálculo empleada debe ser representativa de todo el plano de trabajo. El número de puntos de cálculo debe ser el adecuado al tamaño de la superficie.
3. El factor de mantenimiento (F_m) previsto: en función de la agresividad del entorno, de la estanqueidad de las luminarias y de los intervalos de mantenimiento, debe fijarse un valor que se adecúe a la evolución de la instalación.
4. La iluminancia media horizontal mantenida (E_m) obtenida. Es el valor por debajo del cual nunca debe estar la iluminancia media, dado que se pondría en riesgo la seguridad.
5. El índice de deslumbramiento unificado (UGR) alcanzado.
6. Los índices de rendimiento de color (R_a) de las lámparas seleccionadas.
7. El valor de eficiencia energética de la instalación (VEEI) resultante en el cálculo.
8. Las potencias de los conjuntos: lámpara más equipo auxiliar.
9. La eficiencia de las lámparas empleadas en lm/W .

Asimismo, en la memoria del proyecto debe justificarse el sistema de control y regulación que corresponda para cada zona, de forma que se justifique el máximo aprovechamiento de luz natural, así como la adecuación de la iluminación a la ocupación y la actividad que se desarrolla, empleando sensores lumínicos, de movimiento, programas horarios, etc.

11.7. Cálculos

Datos previos

Para determinar el cálculo y las soluciones luminotécnicas de las instalaciones de iluminación interior, se tendrán en cuenta parámetros tales como:

- a. El uso de la zona a iluminar. Con este análisis y basándonos en las recomendaciones y normativas, se podrá identificar el tipo de actividad que se realiza en el espacio objeto de estudio.
- b. El tipo de tarea visual a realizar: una vez identificada la zona a iluminar, en su interior pueden realizarse diferentes tareas visuales, con diferentes requerimientos lumínicos.
- c. Las necesidades de luz y del usuario del local: debe identificarse el tipo de usuario al que va destinado el proyecto, pues es posible que pueda tener deficiencias visuales que obliguen a modificar los parámetros lumínicos de partida.
- d. El índice K del local o dimensiones del espacio (longitud, anchura y altura útil).
- e. Las reflectancias de las paredes, techo y suelo de la sala: la iluminación por reflexión puede llegar a significar un 30% de la iluminación del espacio. Es por ello que debe establecerse un coeficiente de reflexión para los diferentes cerramientos de local para obtener unos resultados próximos a la realidad.
- f. Las características y tipo de techo, pues nos permitirán identificar el tipo de luminaria adecuada (empotrable, de superficie, colgante, etc.).

- g. Las condiciones de la luz natural, con el objetivo de optimizar la eficiencia energética de la instalación; en el apartado anterior ya se han expuesto las exigencias en este apartado.
- h. El tipo de acabado y decoración, ya que la luz, además de iluminar, debe proporcionar un ambiente visual adecuado, en consonancia con el entorno donde se ubica.
- i. El mobiliario previsto y su ubicación, de forma que se garantice el máximo confort visual, evitando reflexiones y posibles deslumbramientos.

Podrá utilizarse cualquier método de cálculo que cumpla las exigencias de esta sección, los parámetros de iluminación y las recomendaciones.

Método de cálculo

El método de cálculo utilizado, que quedará establecido en la memoria del proyecto, será el adecuado para el cumplimiento de las exigencias de esta sección y utilizará como datos y parámetros de partida, al menos, los consignados en el apartado 3.1, así como los derivados de los materiales adoptados en las soluciones propuestas, tales como lámparas, equipos auxiliares y luminarias.

Se obtendrán como mínimo los siguientes resultados para cada zona:

- a. Valor de eficiencia energética de la instalación (VEEI).
- b. Iluminancia media horizontal mantenida (E_m) en el plano de trabajo.
- c. Índice de deslumbramiento unificado (UGR) para el observador.

Para el edificio completo debe darse el valor de la potencia total instalada en la luminaria, contando tanto la lámpara como el equipo auxiliar.

El método de cálculo se formalizará bien manualmente o a través de un programa informático, que ejecutará los cálculos referenciados obteniendo como mínimo los resultados mencionados en el punto anterior. Estos programas informáticos podrán establecerse en su caso como documentos reconocidos.

Mantenimiento y conservación

Para garantizar en el transcurso del tiempo el mantenimiento de los parámetros luminotécnicos adecuados y la eficiencia energética de la instalación (VEEI), se elaborará en el proyecto un plan de mantenimiento de las instalaciones de iluminación que contemplará, entre otras acciones, las operaciones de reposición de lámparas con la frecuencia de reemplazamiento, la limpieza de luminarias con la metodología prevista y la limpieza de la zona iluminada, incluyendo en ambas la periodicidad necesaria. Dicho plan también deberá tener en cuenta los sistemas de regulación y control utilizados en las diferentes zonas.

El paso del tiempo provoca una disminución progresiva en los niveles de iluminación de las instalaciones de iluminación. Las causas se deben, por un lado, a la disminución del flujo luminoso que experimentan las lámparas, y, por otro, a la suciedad que se va depositando sobre las

luminarias, ventanas y superficies que conforman el ambiente. En el primer caso, hay que establecer un programa de sustitución de las lámparas, para asegurar que los niveles de iluminancia real se mantengan dentro de los valores de diseño de la instalación. Y en el segundo caso, la solución es un programa de mantenimiento de limpieza periódica de lámparas, luminarias y la zona de trabajo. El no realizar esto trae como consecuencias:

- a. Iluminaciones notablemente inferiores a las requeridas.
- b. Un rendimiento económico muy pobre de la inversión hecha para la instalación de alumbrado y gastos de funcionamiento.
- c. Apariencia de descuido de la instalación de alumbrado.

Un método recomendado para establecer un esquema deseable de mantenimiento para la limpieza es el chequeo de niveles de iluminación periódicamente con un luxómetro. En una nueva instalación, se recomienda que las primeras lecturas sean tomadas al cabo de 100 horas de uso y después en intervalos de 1 o 2 meses. En una instalación existente, además de limpiar las luminarias, se deben instalar nuevas lámparas, y se sigue el mismo procedimiento que para una instalación nueva. Cuando las lecturas disminuyan de los niveles deseados, debe procederse a las operaciones de mantenimiento.

Los valores iniciales de iluminancia se pueden recuperar limpiando y cambiando las lámparas a intervalos convenientes.

Los cristales de las ventanas y las superficies de paredes y techos deben ser limpiados o repintados frecuentemente, para asegurar la iluminación proveniente de la transmisión de luz natural y de la reflexión.

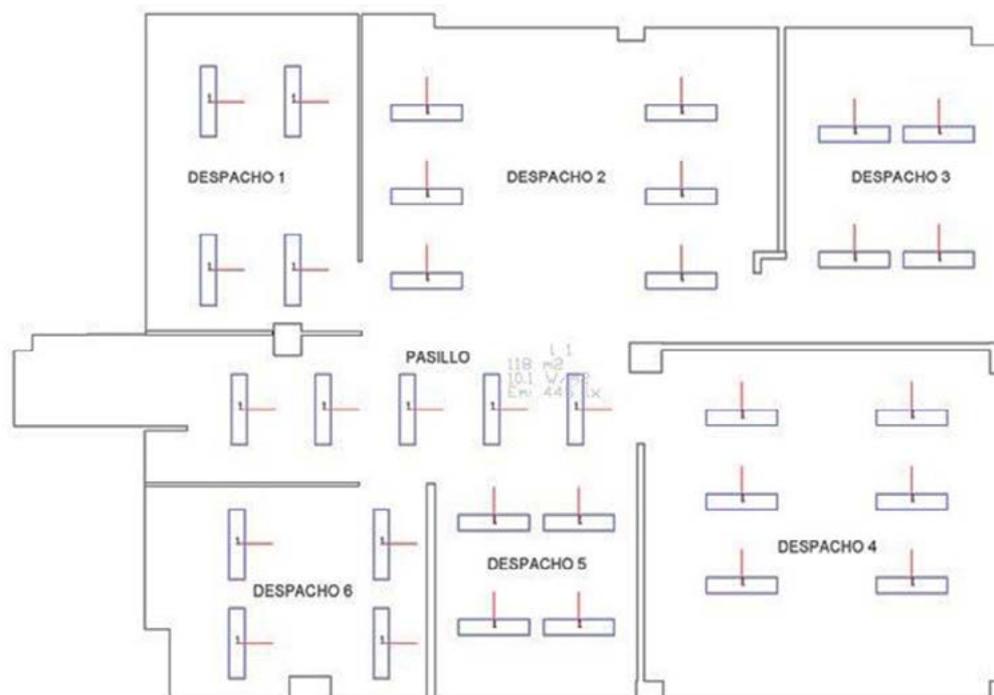
Para prevenir la disminución provocada por la suciedad, al realizar el proyecto de iluminación se debe definir el factor de mantenimiento, de forma que se garantice la prestación del servicio a lo largo de toda la vida útil de la instalación.

De la misma manera, debe controlarse el consumo energético a lo largo de toda la vida de la instalación, de manera que este sea el ajustado al proyecto.

11.9. Caso práctico: planta de edificio destinada a oficina

Descripción general del local

El espacio en cuestión está ubicado en una única planta de 117,64 m² útiles, en la que se encuentran seis despachos y un pasillo distribuidor.



Distribución en planta.

Instalación de iluminación

Consideraciones

Para dotar de este servicio a cada una de las dependencias se considerará la norma UNE-EN 12464-1, que indica los parámetros que definen las especificaciones lumínicas:

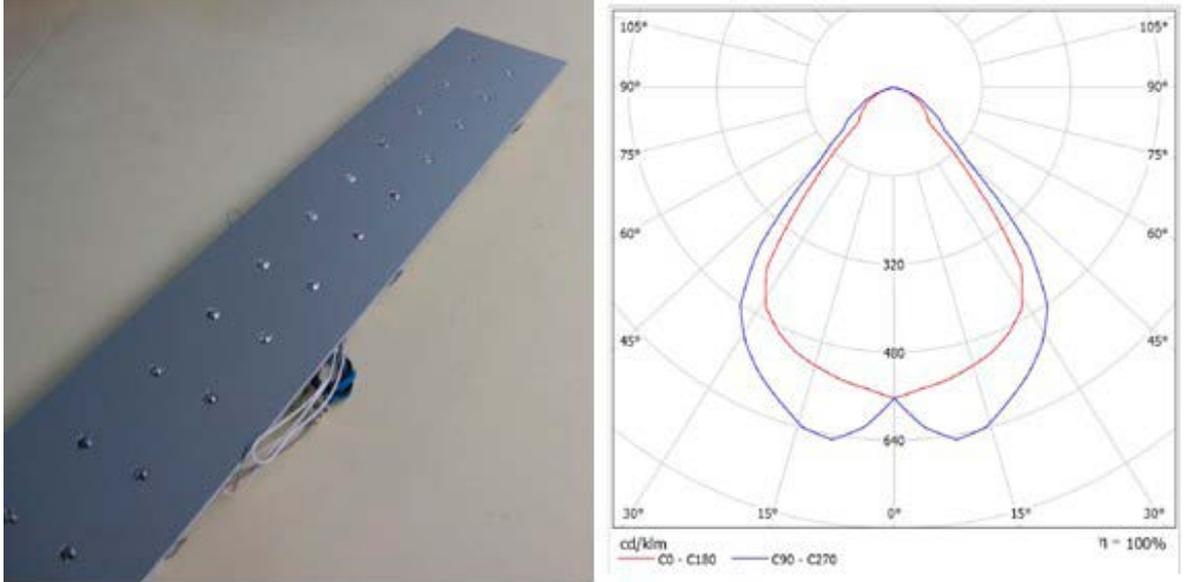
- ▶ **Em (lux):** nivel de iluminación medio mantenido.
- ▶ **UGR:** índice de deslumbramiento.
- ▶ **Ra:** reproducción cromática de las fuentes de luz.

Para conseguir una iluminación adecuada a la función a realizar es preciso tener en cuenta una serie de datos, tales como:

- ▶ Dimensiones de las zonas.
- ▶ Factores de reflexión de techos, paredes y planos de trabajo de acuerdo al tono de color de los mismos.
- ▶ Tipo de lámpara.
- ▶ Nivel medio de iluminación (Em) en lux, de acuerdo a la clase de trabajo que se ha de realizar y el plano de trabajo que se considere.
- ▶ Factor de conservación que se prevé para la instalación, dependiendo de las limpiezas periódicas, reposición de lámparas, etc.
- ▶ Índices geométricos.

Luminaria del proyecto

Utilizaremos una luminaria diseñada para fuente de luz LED de 36 W de potencia:



Luminaria Imágenes ejemplo EE CTE Oficinas

Sistema de control

Según el tipo de estancia, se dispondrá de un sistema de regulación y encendido de la iluminación:

- ▶ Sistema de control y regulación ON/OFF, permite el encendido/apagado y regulación de luz.
- ▶ Con el objetivo de maximizar la eficiencia energética y siguiendo los criterios establecidos en el documento HE3 del CTE, se dispondrá de un sistema de control de luz natural, junto con sensores de presencia y movimiento en las estancias que así lo precisen.

Todo ello irá gobernado mediante una central que dispone de un *software* capaz de controlar todo el sistema del edificio.

Cálculos lumínicos

En la tabla siguiente se muestran los valores obtenidos en las distintas estancias que forman la planta de la oficina. En todos los casos se cumplen las especificaciones de diseño, con niveles ligeramente por encima de los especificados, un deslumbramiento controlado ($UGR < 19$) y valores de VEEL igualmente correctos.

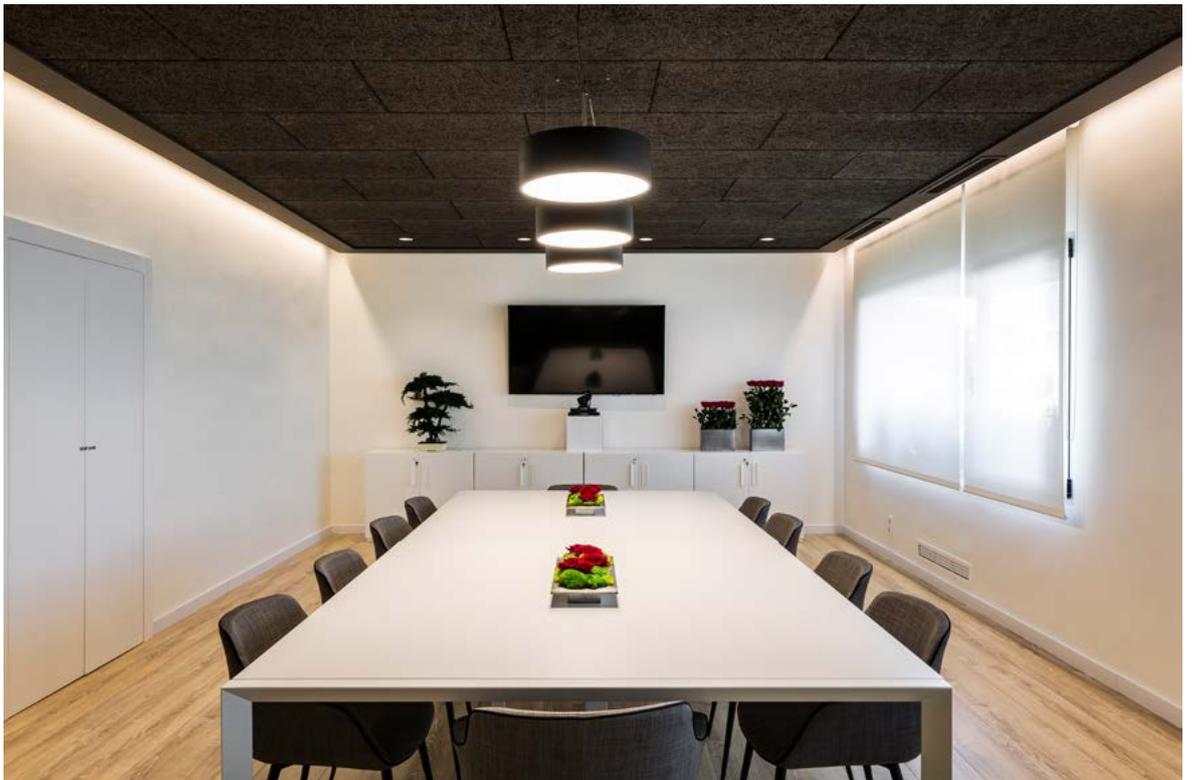
Estancia	Luminaria	Sistema de control	Em Proyecto (lux)	Em obtenida (lux)	UGR Proyecto	UGR Obtenido	VEEI Obtenido	VEEI máx.
Pasillo	Luminaria LED - 36W EMPOTRADA	ON/OFF	100	118	25	< 19	2,8	4,0
Oficina 1	Luminaria LED - 36W EMPOTRADA	ON/OFF	500	525	19	< 19	2,3	3,0
Oficina 2	Luminaria LED - 36W EMPOTRADA	ON/OFF	500	503	19	< 19	1,9	3,0
Oficina 3	Luminaria LED - 36W EMPOTRADA	ON/OFF	500	517	19	< 19	2,0	3,0
Oficina 4	Luminaria LED - 36W EMPOTRADA	ON/OFF	500	502	19	< 19	1,7	3,0
Oficina 5	Luminaria LED - 36W EMPOTRADA	ON/OFF	500	527	19	< 19	2,9	3,0
Oficina 6	Luminaria LED - 36W EMPOTRADA	ON/OFF	500	512	19	< 19	2,7	3,0

Tabla 26. Cálculos lumínicos. Valores obtenidos en planta única de oficinas.

Potencia instalada en el edificio

Estancia	Superficie útil	Potencia máxima a instalar	Potencia instalada	Potencia instalada/ Superficie útil
Planta única	117,64 m ²	1674,56 W	1188 W	10,1 W/m ²

Tabla 27. Cálculos lumínicos. Valores de potencia instalada en oficinas.



Imágenes ejemplo iluminación eficiente en oficinas. Ceditas por LEDS C4.

12 Procedimiento para la realización de un proyecto energéticamente eficiente

La realización de un proyecto de iluminación requiere de una planificación adecuada de los pasos a dar y de los criterios a aplicar.

En el esquema siguiente se muestra un procedimiento guía para la realización de dichos proyectos con el objetivo de conseguir una eficiencia energética adecuada. Si una vez realizados todos los pasos, el IEE fuese mayor que 4,5-5, debemos volver al paso indicado y realizar de nuevo el proyecto.



Esquema de planificación para realización de un proyecto de iluminación eficiente.

13 Casos prácticos de proyectos de iluminación

Se presentan tres casos prácticos⁽⁸⁾:

Oficina diáfana/colmena
 Despacho individual/celda
 Sala de reuniones

En todos ellos se exponen las características del recinto y la propuesta de instalación, siempre basada en el cumplimiento de los valores mínimos recomendados en la UNE-EN 12164, la utilización de fuentes de luz y equipos y luminarias de óptima eficacia.

► Oficina diáfana/colmena

Descripción:

Oficina diáfana de 252 m², con gran contribución de luz natural debido a las ventanas.

Dimensiones:

Longitud: 21 m.
 Anchura: 12 m.
 Altura: 2,8 m.

Características constructivas:

Se trata de una sala diáfana de oficinas con ventanales en uno de sus laterales. El mobiliario es combinación de grises y madera clara. Las paredes son de colores claros. El suelo es un jaspeado claro y el techo, modular, claro. Los factores de reflexión considerados teniendo en cuenta la gran cantidad de ventanas, así como los muebles para el suelo, son los siguientes:

Techo: 70%.
 Paredes: 50%.
 Suelo: 20%.

⁽⁸⁾ Debe resaltarse que los ejemplos de este capítulo se desarrollan con carácter informativo, como ejercicios meramente prácticos de evaluación de la eficiencia y ahorro de energía y del análisis de la rentabilidad económica de la implantación de las distintas alternativas.

Por tanto, la adopción de unas u otras propuestas o soluciones que en este capítulo se exponen no implica, ni toma de postura sobre la bondad de las mismas, ni fomento de unas aplicaciones o tecnologías frente a otras.

Cada proyecto deberá analizarse de forma específica, siguiendo esta metodología.

Requisitos UNE-EN 12464-1:2002:

Tabla 5.3
Oficinas

3 Oficinas					
Nº ref.	Tipo de interior, tarea y actividad	\bar{E}_m lux	UGR _L	R _a	Observaciones
3.1	Archivo, copias, etc.	300	19	80	
3.2	Escritura, escritura a máquina, lectura, tratamiento de datos	500	19	80	Trabajo en EPV: véase el apartado 4.11
3.3	Dibujo técnico	750	16	80	
3.4	Puestos de trabajo de CAD	500	19	80	Trabajo en EPV: véase el apartado 4.11
3.5	Salas de conferencias y reuniones	500	19	80	La iluminación debería ser controlable
3.6	Mostrador de recepción	300	22	80	
3.7	Archivos	200	25	80	

Proyecto Of P1 Requisitos Norma.

Propuesta:

40 Ud. Luminaria de empotrar W60 * L60 1xLED48/840; UGR ≤ 19.

Flujo luminoso: 3.700 lm.

Potencia de las luminarias: 42 W.

Clasificación luminarias según CIE: 100.

Código CIE Flux: 70 - 93 - 98 - 100 - 100.

Fuente de luz: 1 x LED48/840.

Resultados obtenidos:

Nivel de iluminancia: 513 lux.

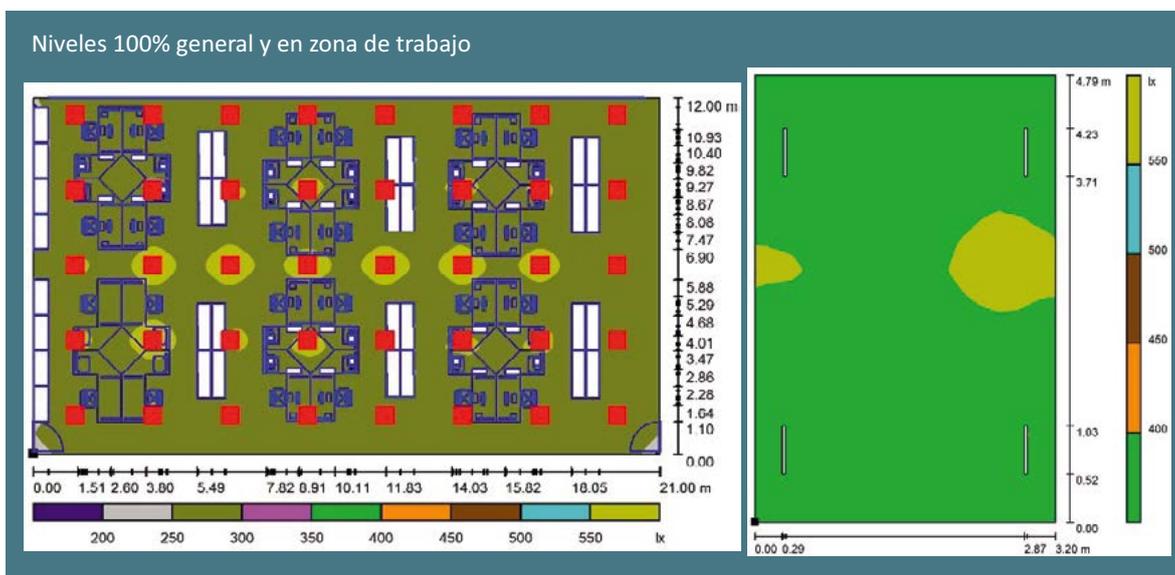
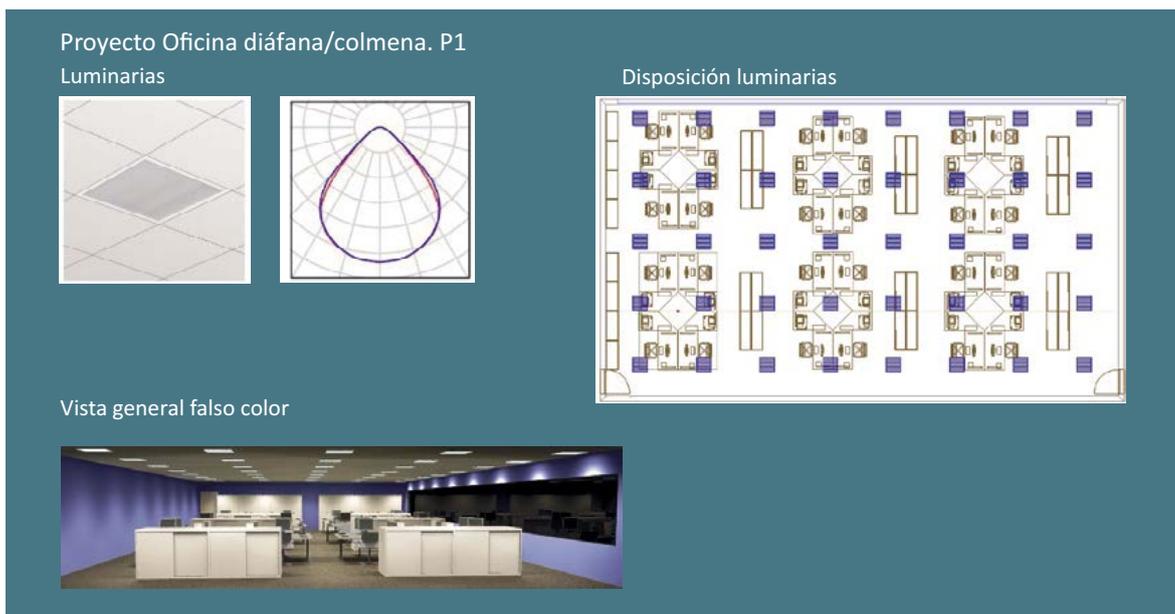
Potencia total instalada (fuente de luz + equipo asociado): 1.680 W; 6,67 w/m².

IEE = 1,4.

Ambiente confortable. Buena eficiencia. Baja emisión de calor.

El espacio dispone de zona acristalada con una superficie de 30 m², obteniendo un valor de T(Aw / A) > 0,11.

De acuerdo al CTE se tiene que instalar sistema de regulación y control que permita el aprovechamiento de la luz natural.



Proyecto Of.P1 Luminarias, disposición luminarias, vista general falso color. Niveles 100% general y en zona de trabajo.

► Despacho / Celda

Descripción:

Despacho de uso individual de 20 m², con gran contribución de luz natural debido a las ventanas.

Dimensiones:

Longitud: 5 m.

Anchura :4 m.

Altura: 2,8 m.

Características constructivas:

Se trata de un despacho con ventanales en uno de sus laterales. El mobiliario es combinación de grises y madera clara. Las paredes son de colores claros. El suelo es un jaspeado claro y el techo modular, claro. Los factores de reflexión considerados teniendo en cuenta la gran cantidad de ventanas, así como los muebles para el suelo, son los siguientes:

Techo: 70%.

Paredes: 50%.

Suelo: 20%.

Requisitos UNE-EN 12464-1:2002:

Tabla 5.3
Oficinas

3 Oficinas					
Nº ref.	Tipo de interior, tarea y actividad	\bar{E}_m lux	UGR_L	R_a	Observaciones
3.1	Archivo, copias, etc.	300	19	80	
3.2	Escritura, escritura a máquina, lectura, tratamiento de datos	500	19	80	Trabajo en EPV: véase el apartado 4.11
3.3	Dibujo técnico	750	16	80	
3.4	Puestos de trabajo de CAD	500	19	80	Trabajo en EPV: véase el apartado 4.11
3.5	Salas de conferencias y reuniones	500	19	80	La iluminación debería ser controlable
3.6	Mostrador de recepción	300	22	80	
3.7	Archivos	200	25	80	

Proyecto Of P2 Requisitos Norma.

Propuesta

4 Ud. luminaria de empotrar W60 * L60 1xLED48/840; UGR ≤ 19.

Flujo luminoso: 3700 lm.

Potencia de las luminarias: 42 W.

Clasificación luminarias según CIE: 100.

Código CIE Flux: 70 - 93 - 98 - 100 - 100.

Fuente de luz: 1 x LED48/840.

Resultados obtenidos:

Nivel de iluminancia: 520 lux.

Potencia total instalada (fuente de luz + equipo asociado): 1,68 W; 8,4w/m².

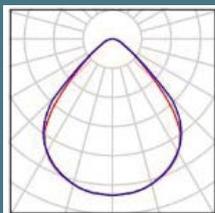
IEE = 1,7.

Ambiente confortable. Buena eficiencia. Baja emisión de calor.

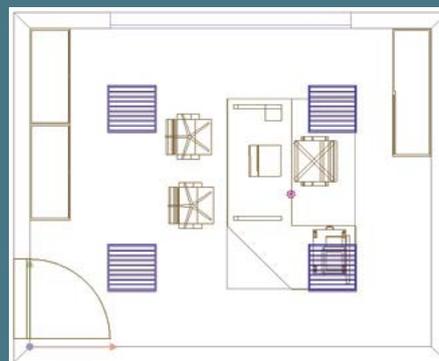
El espacio dispone de zona acristalada con una superficie de 6 m², obteniendo un valor de $T(A_w / A) > 0,11$.

De acuerdo al CTE se tiene que instalar, sistema de regulación y control que permita el aprovechamiento de la luz natural.

Proyecto Oficina despacho/celda. P2
Luminarias



Disposición luminarias

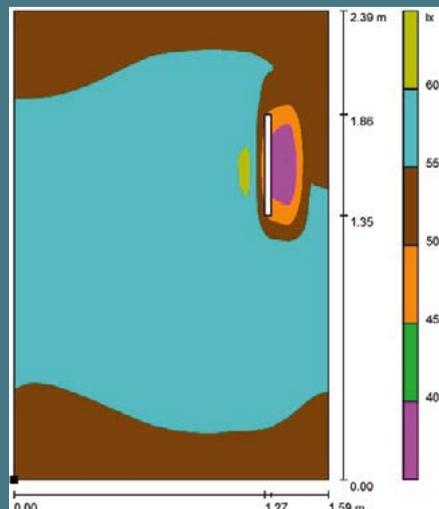
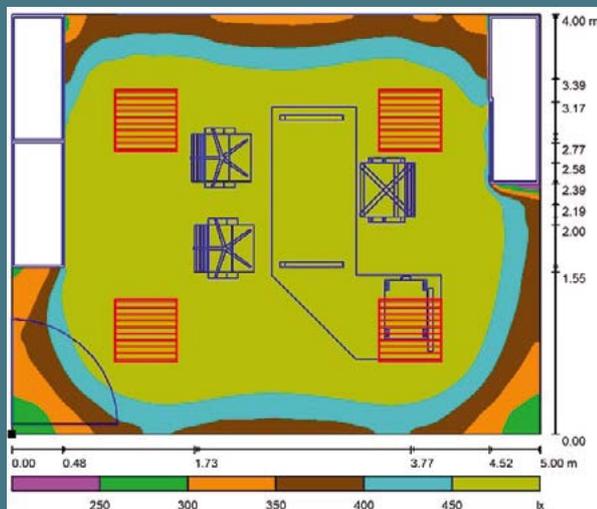


Vista despacho falso color



Proyecto Of.P2 Disposición luminarias.

Niveles 100% general y en zona de trabajo



Proyecto Of.P2 Luminarias, disposición luminarias, vista general falso color. Niveles 100% general y en zona de trabajo.

► Sala reuniones

Descripción:

Despacho utilización individual de 20 m², con gran contribución de luz natural debido a las ventanas.

Dimensiones:

Longitud: 5 m.

Anchura: 4 m.

Altura: 2,8 m.

Características constructivas:

Se trata de una sala con ventanales en dos de sus laterales. El mobiliario es combinación de grises y madera clara. Las paredes son de colores claros. El suelo es un jaspado claro y el techo modular claro. Los factores de reflexión considerados teniendo en cuenta la gran cantidad de ventanas, así como los muebles para el suelo son los siguientes:

Techo: 70%

Paredes: 50%

Suelo: 20%

Requisitos UNE-EN 12464-1:2002:

Tabla 5.3
Oficinas

3 Oficinas					
Nº ref.	Tipo de interior, tarea y actividad	\bar{E}_m lux	UGR _L	R _a	Observaciones
3.1	Archivo, copias, etc.	300	19	80	
3.2	Escritura, escritura a máquina, lectura, tratamiento de datos	500	19	80	Trabajo en EPV: véase el apartado 4.11
3.3	Dibujo técnico	750	16	80	
3.4	Puestos de trabajo de CAD	500	19	80	Trabajo en EPV: véase el apartado 4.11
3.5	Salas de conferencias y reuniones	500	19	80	La iluminación debería ser controlable
3.6	Mostrador de recepción	300	22	80	
3.7	Archivos	200	25	80	

Proyecto Of. P3 Requisitos Norma.

Propuesta:

4 Ud. luminaria de empotrar W60 * L60 1xLED48/840; UGR ≤ 19.

Flujo luminoso: 3.700 lm.

Potencia de las luminarias: 42 W.

Clasificación luminarias según CIE: 100.

Código CIE Flux: 70 - 93 - 98 - 100 - 100.

Fuente de luz: 1 x LED48/840.

4 Ud. luminaria de empotrar W24 * L134 1 x LED35/840; UGR ≤ 19.

Flujo luminoso: 3.500 lm.

Potencia de las luminarias: 40 W.

Clasificación luminarias según CIE: 100.

Código CIE Flux: 60 - 89 - 97 - 100 - 100.

Fuente de luz: 1 x LED35/840.

Resultados obtenidos:

Nivel de iluminancia: 460 lux.

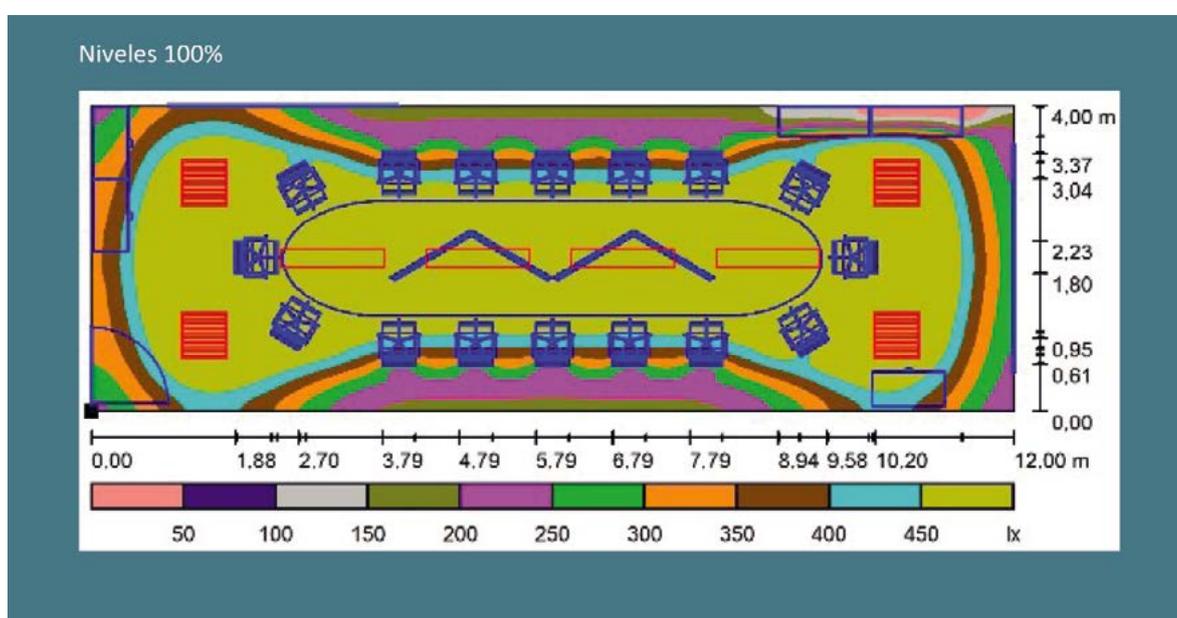
Potencia total instalada (fuente de luz + equipo asociado): 328 W; 6,8 w/m².

IEE = 1,5.

Ambiente confortable. Buena eficiencia. Baja emisión de calor.

El espacio dispone de zona acristalada con una superficie de 9 m², obteniendo un valor de $T(A_w / A) > 0,11$.

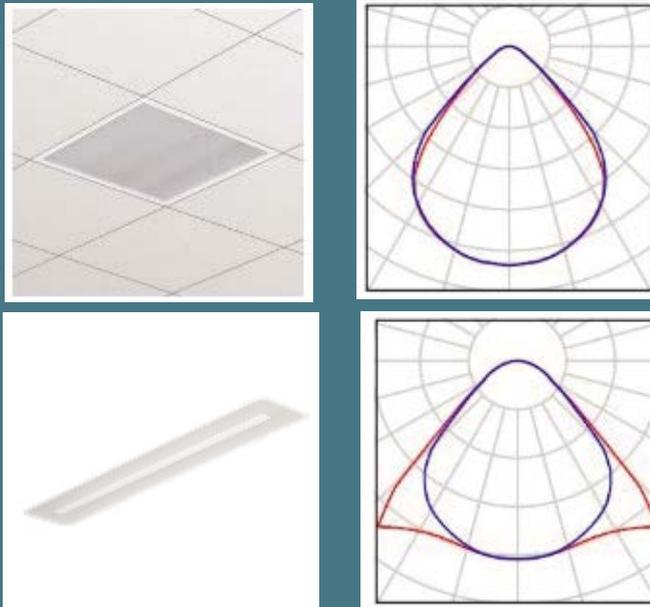
De acuerdo al CTE se tiene que instalar un sistema de regulación y control que permita el aprovechamiento de la luz natural.



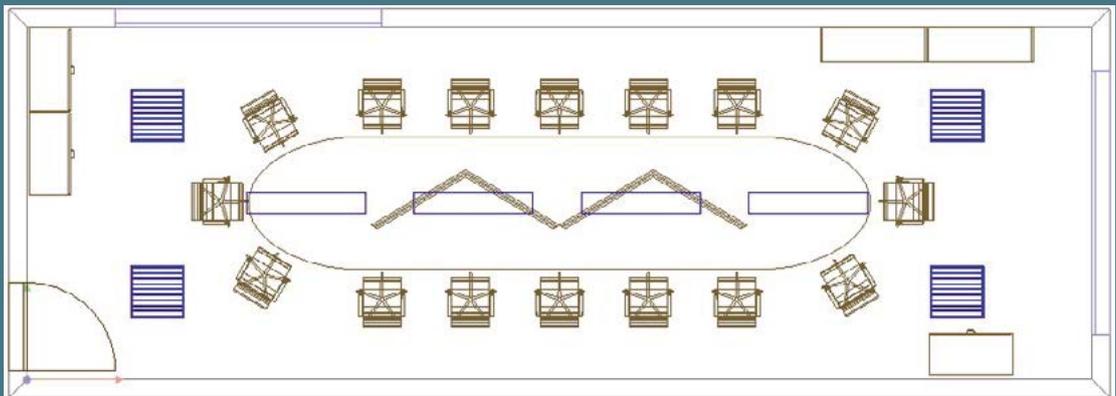
Proyecto Of.P3 Niveles 100%.

Proyecto Oficina sala de reuniones. P3

Luminarias



Disposición luminarias



Vista sala falso color



Proyecto Of.P3 Luminarias, disposición luminarias, vista general falso color.

14 Normativa y recomendaciones

Los materiales utilizados deberán llevar el marcado CE, amparado por una declaración de conformidad según UNE 66.514.91 y EN 45014, que implica el cumplimiento de las directivas de Compatibilidad Electromagnética (2004/108/CE) y Baja Tensión (2006/95/CE) y reales decretos 7/1988 y 154/1995 y de las normas UNE-EN en ellos relacionadas.

Además, es recomendable el cumplimiento de las directivas, normas y referencias citadas a continuación:

- ▶ Directiva 2009/125/CE. Requisitos de Diseño Ecológico aplicable a los productos relacionados con la energía.
- ▶ Directiva 2012/19/UE del Parlamento Europeo sobre residuos eléctricos y electrónicos.
- ▶ Directiva 2002/95/CE sobre sustancias peligrosas.

Normas relativas a la seguridad de los componentes para alumbrado:

- ▶ UNE-EN 61347-1. Aparatos auxiliares para lámparas. Parte 1: requisitos generales y de seguridad.
- ▶ UNE-EN 61347-2-1. Aparatos auxiliares para lámparas. Parte 2-1: requisitos particulares para arrancadores (excepto arrancadores de destellos).
- ▶ UNE-EN 61347-2-2. Requisitos particulares para convertidores electrónicos alimentados por corriente continua o alterna para lámparas incandescentes.
- ▶ UNE-EN 61347-2-3. Requisitos particulares para balastos electrónicos alimentados en corriente alterna para lámparas fluorescentes.
- ▶ UNE-EN 61347-2-7. Requisitos especiales para balastos electrónicos alimentados con corriente continua en alumbrado de emergencia.
- ▶ UNE-EN 61347-2-8. Prescripciones particulares para balastos para lámparas fluorescentes.
- ▶ UNE-EN 61347-2-9. Aparatos auxiliares para lámparas. Parte 2-9: requisitos particulares para reactancias para lámparas de descarga (excepto lámparas fluorescentes).
- ▶ UNE-EN 61347-2-11. Requisitos especiales para equipos electrónicos para luminarias.
- ▶ UNE-EN 61347-2-12. Requisitos especiales para balastos electrónicos alimentados por CC o CA para lámparas de descarga.

- ▶ UNE-EN 61347-2-13. Requisitos particulares para dispositivos de control electrónicos alimentados con corriente continua o corriente alterna para módulos LED.
- ▶ UNE-EN 61558. Seguridad de los transformadores, unidades de alimentación y análogos.
- ▶ UNE-EN 62031. Requisitos de seguridad para módulos LED para alumbrado general.
- ▶ UNE-EN 62471. de Seguridad Fotobiológica de lámparas y aparatos que utilizan lámparas.

Normas relativas a luminarias:

- ▶ UNE-EN 60598.1. Luminarias.
- ▶ UNE-EN 60598.2.1. Luminarias fijas de uso general.
- ▶ UNE-EN 60598.2.2. Luminarias empotradas.
- ▶ UNE-EN 60598.2.4. Luminarias portátiles de uso general.
- ▶ UNE-EN 60598.2.5. Luminarias proyectores.
- ▶ UNE-EN 60598.2.6. Luminarias con transformador integrado.
- ▶ Reglamento delegado EU 874/2012 (RD 1390/2011). Etiquetado energético de lámparas eléctricas y luminarias.

Normas relativas a luminarias de emergencia:

- ▶ UNE-EN 60598.2.22. Luminarias para alumbrado de emergencia.
- ▶ UNE-20.062.93. Aparatos autónomos para alumbrado de emergencia con lámparas de incandescencia. Prescripciones de funcionamiento.
- ▶ UNE-20.392.93. Aparatos autónomos para alumbrado de emergencia con lámparas de fluorescencia. Prescripciones de funcionamiento.

Normas relativas a fuentes de luz:

- ▶ UNE-EN 60081. Lámparas fluorescentes de doble casquillo. Requisitos de funcionamiento.
- ▶ UNE-EN 60901. Lámparas fluorescentes de casquillo único. Requisitos de funcionamiento.
- ▶ UNE-EN 60662. Lámparas de vapor de sodio a alta presión. Requisitos de funcionamiento.
- ▶ UNE-EN 61167. Lámparas de halogenuros metálicos. Requisitos de funcionamiento.

- ▶ UNE-EN 60188. Lámparas de vapor de mercurio a alta presión. Requisitos de funcionamiento.
- ▶ UNE-EN 60192. Lámparas de vapor de sodio a baja presión. Requisitos de funcionamiento.

Normas relativas a equipos auxiliares:

- ▶ UNE-EN 60921. Balastos para tubos fluorescentes.
- ▶ UNE-EN 60923. Balastos para lámparas de descarga.
- ▶ UNE-EN 60926/927. Cebadores y arrancadores.
- ▶ UNE-EN 60929. Balastos electrónicos para tubos fluorescentes alimentados en C.A.
- ▶ UNE-EN 61048/049. Condensadores para alumbrado.
- ▶ UNE-EN 62384. Equipos electrónicos para módulos LED, alimentados con C.A. o C.C.
- ▶ UNE-EN 62386. Interfaz digital direccionable para iluminación (DALI).
- ▶ UNE-EN 61347-1:2008. Dispositivos de control de lámpara. Prescripciones generales y de seguridad.

Normas relativas a compatibilidad electromagnética:

- ▶ UNE-EN 55015. Límites y métodos de medida de las características relativas a la perturbación radioeléctrica de los equipos de iluminación y similares.
- ▶ UNE-EN 61547. Equipos para alumbrado de uso general. Requisitos de inmunidad - CEM.
- ▶ UNE-EN 61000-3-2. Límites para las emisiones de corriente armónica en equipos con corriente de entrada menor o igual que 16 A por fase.
- ▶ UNE-EN 61000-3-3. Limitación de las fluctuaciones de tensión y del flicker en redes de baja tensión para corriente de entrada menor o igual que 16 A por fase.

Normas relativas a parámetros luminotécnicos

- ▶ UNE-EN 12464-1. Iluminación de los lugares de trabajo. Parte 1: lugares de trabajo en interior.
- ▶ UNE-EN 12464-2. Iluminación de los lugares de trabajo. Parte 2: lugares de trabajo en exterior.
- ▶ UNE-EN 1838. Iluminación de emergencia.

En referencia a la EEI:

- ▶ UNE-EN 50294. Método de medida de la potencia total de entrada de los circuitos balasto-lámpara.
- ▶ IEC-62442-1. Método de medida de pérdidas de balastos para lámparas de descarga.
- ▶ Documento Básico HE3 del CTE. Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación del Código Técnico de la Edificación (CTE).
- ▶ Reglamento de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Exterior (REEIAE).

En referencia a la seguridad de las instalaciones de alumbrado:

- ▶ Documento básico SUA4. Seguridad frente al riesgo causado por una iluminación inadecuada.
- ▶ En lo referente al diseño del alumbrado en oficinas se ha de cumplir los valores estipulados en el Real Decreto 486/1997, de 14 de abril *BOE n.º 97*, de 23 de abril, desarrollados en la Guía Técnica para la Evaluación y Prevención de los Riesgos relativos a la utilización de los Lugares de Trabajo.

15 Glosario de definiciones técnicas

En este apartado se dan unas concisas definiciones de magnitudes y términos luminotécnicos imprescindibles. Basadas en las definiciones de la publicación CIE S 017/E: 2011 (Vocabulario internacional de Iluminación).

Ojo y visión

Adaptación

Tiene dos acepciones. La primera indica si un determinado sistema de transporte permite alcanzar el destino deseado, por ejemplo, si un determinado hospital es accesible en bicicleta o metro. La segunda alude a si una determinada infraestructura o servicio de transporte está adaptado para su uso por determinados colectivos, por ejemplo, personas con movilidad reducida o ancianos.

Proceso por el cual el ojo se ajusta a la luminancia y color del objeto visual.

El estado del sistema visual es modificado por la presente y previa exposición a un estímulo que puede presentar varios valores de luminancia, distribución espectral y angular.

Acomodación

Ajuste espontáneo de la óptica del ojo (cristalino) para obtener en la retina la máxima resolución visual a distintas distancias.

Resolución visual

Capacidad de discriminar detalles en objetos que estén muy cerca o que tienen una separación angular muy pequeña.

Confort visual

Característica que manifiesta la ausencia de perturbaciones procedentes del entorno visual.

Contraste

Evaluación por sensación subjetiva de la diferencia en apariencia de dos o más partes de un campo visual, observado de manera simultánea o sucesiva (contraste luminoso, contraste de brillo, contraste de color, contraste simultáneo, contraste sucesivo, etc.).

El contraste luminoso se cuantifica como:

$$C = (L2-L1) / L1$$

Siendo:

L1 = luminancia dominante de fondo.

L2 = luminancia del objeto.

Brillo

Sensación visual asociada a la cantidad de luz emitida por un área determinada. Se corresponde con la luminancia.

Deslumbramiento

La incomodidad en la visión producida cuando partes del campo visual son muy brillantes en relación con la cercanía a la que el ojo está adaptado.

Parpadeo

Impresión de intermitencia, alternancia o variación en la presentación de la luz.

Efecto estroboscópico

Inmovilización aparente o cambio del movimiento de un objeto al ser iluminado con luz de una determinada frecuencia temporal e intensidad.

Campo visual

Extensión del espacio físico visible desde una posición dada.

Entorno visual

Espacio que puede ser visto desde una posición moviendo la cabeza y los ojos.

Magnitudes luminotécnicas

Curva isolux

Lugar de los puntos de una superficie donde la iluminancia tiene el mismo valor.

Eficacia luminosa

Es el cociente entre el flujo emitido por una lámpara y la potencia disipada por la misma.

Unidad: lm/W.

Factor de utilización

Relación entre el flujo útil y el flujo luminoso emitido por las lámparas.

Flujo luminoso

Se refiere a la cantidad total de luz que emite una fuente luminosa por segundo.

También puede definirse como la potencia emitida, transportada o recibida en forma de luz visible.

Unidad: lumen (lm).

Iluminancia

También conocido como nivel de iluminación, es el flujo de luz recibido por unidad de área en una superficie iluminada.

Unidad: lux.

Iluminancia mantenida

Iluminancia media mínima sobre la superficie de referencia al final del ciclo de mantenimiento completo (sustitución y limpieza).

Índice de reproducción cromática de una fuente luminosa

Es la capacidad que tiene la fuente de reproducir los colores, tomando como referencia el color obtenido con una fuente patrón.

Este índice conocido como Ra o IRC nos indica el efecto que una fuente luminosa tendrá sobre el aspecto cromático de los objetos que ilumina, por comparación con el aspecto que estos tendrían con un iluminante de referencia. El IRC es un valor de mérito que puede variar entre 0 y 100. A un buen rendimiento de color corresponde un IRC alto. A un mal rendimiento de color corresponde un IRC bajo.

Intensidad luminosa

Cociente entre el flujo luminoso procedente de una fuente de luz, difundido en un elemento de ángulo sólido que contiene la dirección especificada y el elemento del ángulo sólido.

Lúmenes iniciales

Salida en lúmenes de las lámparas, medidos después de unas horas de funcionamiento. (Desde 1 hora para lámparas incandescentes hasta 100 horas para lámparas de descarga).

Lúmenes mantenidos

Iluminancia media sobre la superficie de referencia al final del ciclo de mantenimiento completo.

Luminancia

Se define como el cociente entre la intensidad luminosa procedente de una superficie en una dirección dada y el área aparente de dicha superficie.

Cuando las superficies son iluminadas, la luminancia depende del nivel de iluminación y de las características de reflexión de la propia superficie.

Unidad: cd/m^2 .

Lux

Iluminancia producida por un flujo luminoso de un lumen uniformemente distribuido sobre una superficie de un metro cuadrado.

Rendimiento de color

Efecto de una fuente de luz en la apariencia cromática de un objeto comparada con su apariencia al ser iluminada con iluminantes patrón.

Es la habilidad de una fuente de luz para reproducir un color en relación con ese mismo color iluminado por una fuente de luz patrón.

Analíticamente, el rendimiento de color de una fuente de luz está definido por el índice de rendimiento del Color.

Reflectancia

Cociente entre el flujo reflejado por una superficie y el recibido.

Rendimiento de una luminaria

Cociente del flujo que sale de la luminaria dividido por el flujo emitido por las lámparas que se encuentran instaladas en ella.

Temperatura de color

La temperatura de color de una lámpara es la temperatura a la que el «cuerpo negro» (definido en física teórica) adquiere el mismo color que la lámpara en cuestión.

Unidad: Kelvin (K).

Uniformidad

Es la relación existente entre la iluminancia mínima y la iluminancia media sobre la superficie de referencia.

Instalación

Arrancador

Dispositivo que por sí mismo, o en combinación con otros elementos del circuito, genera los impulsos de tensión necesarios para el encendido de una lámpara de descarga.

Balasto

Dispositivo insertado entre el suministro y una o más lámparas de descarga el cual limita la corriente de la(s) lámpara(s) a un valor requerido.

También puede incluir medios para transformar la tensión de alimentación y distribuciones que ayudan a proporcionar el voltaje y corriente de precalentamiento.

Cebador

Dispositivo utilizado por las lámparas fluorescentes para proporcionar el precaldeo necesario de los electrodos y que, en combinación con el balasto, provoca una sobretensión momentánea en la lámpara.

Circuito eléctrico

Conjunto de materiales eléctricos alimentados por la misma fuente de energía y protegidos contra las sobreintensidades por los mismos dispositivos de protección.

Luminaria

Aparato que distribuye, filtra o transforma la luz emitida por una o varias lámparas y que comprende los elementos necesarios para su fijación, protección y conexión al circuito de alimentación, excluyendo la propia fuente de luz.

Proyector

Luminaria en la que la luz emitida por la lámpara es concentrada por reflexión o refracción para conseguir una intensidad luminosa elevada dentro de un cierto ángulo sólido.

Reflector

Parte de una luminaria que modifica la distribución de luz de una lámpara sin alterar la longitud de onda de sus componentes monocromáticas.

Refractor

Parte de una luminaria que modifica la distribución de luz de una lámpara mediante el cambio de dirección sufrido por la radiación al atravesar un medio o la superficie de separación de medios distintos.

Difusor

Parte de una luminaria que modifica la distribución de luz de una lámpara utilizando el fenómeno de la difusión de la luz.

Entorno de trabajo

Combinación de personas y objetos que interactúan en el proceso visual.

Espacio de trabajo

Espacio designado a una o más personas para desarrollar una tarea.

Plano de trabajo

Plano horizontal sobre el cual se calculará la iluminancia media. Usualmente para oficinas y similar se considera 0,80 metros.

Iluminación general

Iluminación diseñada para iluminar todo con la misma iluminancia aproximadamente.

Iluminación localizada

Iluminación diseñada para iluminar un interior y a la vez proveer de mayor iluminancia a una zona particular.

Iluminación local

Iluminación diseñada para iluminar una tarea especial, adicional y controlada separadamente de la iluminación general.

Iluminación de acento

Iluminación diseñada para iluminar de forma localizada un objeto, para así realzarlo más respecto a su entorno.

Iluminación perimetral

Iluminación diseñada para iluminar las paredes o el techo en su área colindante con las paredes, con el fin de conseguir un efecto decorativo, o de iluminar objetos que se encuentren en dichas paredes.

Iluminación decorativa

Iluminación diseñada para obtener un efecto ornamental por las propias luminarias, o ambiental, por el efecto de iluminación. No persigue obtener las condiciones luminotécnicas necesarias para el desarrollo de una tarea.

Factor de mantenimiento

Cociente entre la iluminación provista por una instalación en un momento dado y cuando fue instalada.

Coefficiente de utilización

Cociente entre el flujo luminoso que llega al plano de trabajo y el emitido por las luminarias.

Índice de eficiencia energética

Cociente entre la potencia eléctrica total instalada y la superficie de la instalación referida a una iluminancia de 100 lux en servicio. Unidad: $W / m^2 - 100 \text{ Lux}$.

Coefficiente de transmisión luminosa del vidrio (T)

Porcentaje de luz natural en su espectro visible que deja pasar un vidrio. Se expresa en tanto por uno o tanto por ciento.

16 Bibliografía y webs de interés

Bibliografía

Guías técnicas de EEI (IDAE/CEI - marzo 2001).

El Libro Blanco de la Iluminación. (Comité Español de Iluminación-CEI). Fuentes de luz.

Documento Básico HE3 del CTE. Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación del Código Técnico de la Edificación (CTE).

Reglamento de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Exterior (REEIAE).

Documento básico SUA4. Seguridad frente al riesgo causado por una iluminación inadecuada.

Guía Técnica para la Evaluación y Prevención de los Riesgos relativos a la utilización de los lugares de trabajo. Real Decreto 486/1997, 14 de abril *BOE n.º 97* 23 de abril.

Publicaciones CIE.

Documentación técnica y comercial recogida en los catálogos y publicaciones de Philips, Osram, ELT, Layrton, Tridonic y Luxintec.

Webs de interés

IDAE, www.idae.es

Comité Español de Iluminación (CEI), www.ceisp.com

Luces CEI, www.lucescei.com

International Commission on Illumination (CIE), www.cie.co.at

ISO (International Organization for Standardization), www.iso.org

International Electrotechnical Commission (IEC), www.iec.ch

AENOR, www.aenor.com

IDAE. Calle Madera, 8, 28004, Madrid, Telf: 91 456 4900
comunicacion@idae.es; www.idae.es



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA