

# Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación

## Oficinas



Comité Español de Iluminación



MINISTERIO  
DE CIENCIA  
Y TECNOLOGÍA

**IDA** Instituto para la  
Diversificación y  
Ahorro de la Energía

**Título de la publicación:**

“Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación. Oficinas”

**Autor:**

La presente 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 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 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.

**Agradecimientos:**

Agradecemos la colaboración prestada al grupo de trabajo formado por los siguientes expertos, designados por el CEI:  
D. Gonzalo Ezquerro, Dña. Mar Gandolfo, D. Alfonso Ramos y D. José Ignacio Urraca.

.....  
Esta publicación está incluida en el fondo editorial del IDAE,  
en la Serie “Publicaciones Técnicas IDAE”.

Cualquier reproducción, parcial o total, de la presente  
publicación debe contar con la aprobación por escrito del IDAE.

Depósito Legal: \_\_ (imprensa) \_\_  
.....

**IDAE**  
**Instituto para la Diversificación y**  
**Ahorro de la Energía**

Pº de la Castellana, 95 - Planta 21  
E - 28046 - MADRID -

comunicacion@idae.es  
www.idae.es

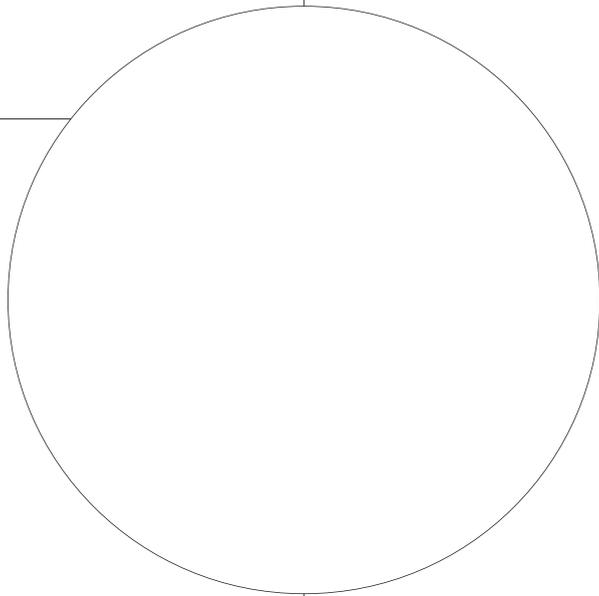
Madrid, marzo de 2001

# Índice

<b>1. Introducción</b>	<b>7</b>
<b>2. Objeto</b>	<b>9</b>
<b>3. Campo de aplicación</b>	<b>9</b>
<b>4. Clasificación de actividades: Segmentación de la oficina</b>	<b>13</b>
4.1. Modelo del concepto de oficina	13
4.2. Las funciones de la oficina	14
4.3. Actividades especiales	17
4.4. Valoración del tiempo anual de actividad	18
4.5. Tendencia en los conceptos de oficinas	18
<b>5. Criterios de calidad y diseño</b>	<b>23</b>
5.1. Iluminancia y uniformidad	23
5.2. Control del deslumbramiento	24
5.3. Modelado y sombras	26
5.4. Propiedades de color	26
5.5. Ergonomía del puesto de trabajo	28
<b>6. Sistemas de iluminación</b>	<b>35</b>
6.1. Sistemas de alumbrado	35
6.2. Tipos de lámparas recomendadas	38
6.3. Tipos de equipos auxiliares recomendados	40
6.4. Tipos de luminarias recomendadas	44
6.5. Tipos de sistemas de regulación y control	48
6.6. La luz natural	48
<b>7. Parámetros de iluminación recomendados</b>	<b>51</b>
7.1. Iluminancia	51
7.2. Uniformidad	53
7.3. Limitación del deslumbramiento	53
7.4. Propiedades de color	53
7.5. Parámetros de iluminación recomendados para diferentes tipos de oficinas	53

# Índice

<b>8. Índices de eficiencia de los sistemas de iluminación</b> .....	<b>59</b>
8.1. Índice de eficacia de lámparas recomendado .....	59
8.2. Índice de rendimiento de luminarias recomendado .....	59
8.3. Índice de consumo propio de equipos recomendado .....	60
8.4. Factores de reflexión recomendados .....	60
8.5. Coeficiente de utilización mínimo .....	60
<b>9. Criterios de eficiencia energética en la instalación, explotación, mantenimiento, control y gestión energética</b> .....	<b>63</b>
9.1. Maniobras y selectividad de la instalación .....	63
9.2. Sistemas de regulación y control .....	63
9.3. Mantenimiento .....	66
9.4. Gestor energético .....	68
<b>10. Índice de eficiencia energética</b> .....	<b>71</b>
<b>11. Procedimiento para realización de un proyecto energéticamente eficiente</b> .....	<b>75</b>
<b>12. Casos prácticos de proyectos de rehabilitación</b> .....	<b>79</b>
<b>13. Normativas y recomendaciones</b> .....	<b>89</b>
<b>14. Glosario de definiciones técnicas</b> .....	<b>93</b>
<b>15. Bibliografía y Webs de interés</b> .....	<b>99</b>



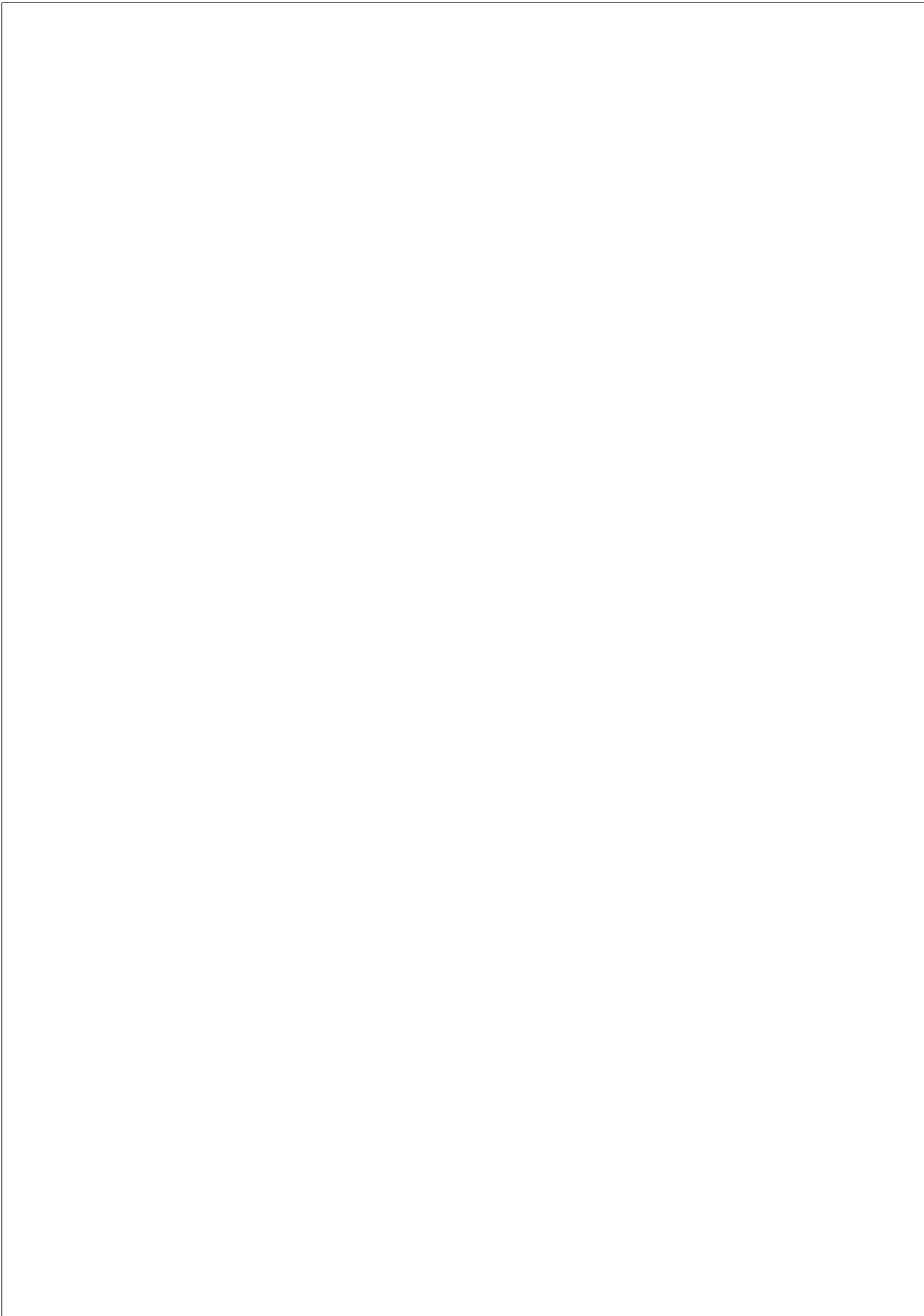
**P**

## Presentación

1. Introducción

2. Objeto

3. Campo de aplicación



# 1. Introducción

## CONSIDERACIONES BÁSICAS

### 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. En 1900, el 20% de los empleados "profesionales" eran trabajadores de cuello duro y en la actualidad más de la mitad de la población activa trabaja en una oficina.

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 60, los locales compartimentados fueron reemplazándose por la oficina panorámica u oficina abierta. Las ventajas teóricas de esta nueva disposición eran verdaderamente convincentes. La oficina abierta permitía una mayor comunicación, un equipo de trabajo más unido, una mayor flexibilidad en la disposición de los puestos de trabajo haciendo que el espacio fuera más rentable económicamente.

El entorno total estaba pues en consonancia con las intenciones económicas. Se transformaron grandes instalaciones de alumbrado del viejo estilo. La estética del mobiliario y la decoración se hicieron cada vez más importantes y requerían una mayor atención. Del mismo modo se controlaban los entornos acústicos. Posteriormente, apareció la oficina industrial en la que el trabajo estaba organizado como en una línea de producción, y para el cual la oficina abierta era una buena solución. El trabajo en general era aburrido y el flujo de información pequeño.

Hacia los años 80 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 plotters 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, pueden hacerlo mediante video-conferencia.

Aparte 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 desocupado.

De cada cuatro puestos de trabajo sólo uno se utiliza de promedio. Los otros tres permanecen vacíos.

### 1.2.1 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.

### 1.2.2 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 der 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.

### 1.2.3 La oficina de equipo

La oficina celular está descartada por numerosas organizaciones. Su estructura fomenta una actitud de mente estrecha en la que los empleados se retiran a habitaciones diseñadas para una o dos personas. La oficina de planta abierta es demasiado directa, y aunque la comunicación sin obstáculos es una ventaja, el concepto apenas se sostiene por culpa de las molestias recíprocas.

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.

### 1.2.4 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 es un concepto establecido en Escandinavia desde hace más de 10 años. 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 algunos lugares el concepto combi suele denominarse concepto cocon (comunicación y concentración). Ambos elementos constituyen el núcleo de las actividades de una oficina, al tiempo que expresan la tensión entre la necesidad de claridad y colaboración (comunicación), y la necesidad de tranquilidad para poder trabajar sin interrupciones (concentración). El término “cocon” también se utiliza para los despachos unipersonales, que se pueden asemejar a un capullo (“cocoon”) a donde un empleado se retira a trabajar.

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. La validez de la idea se confirma por la alta aceptación de la que ha gozado en Alemania. En un país famoso por sus actitudes laborales jerarquizadas o sistemáticas, ya son cientos los proyectos de esta clase puestos en marcha.

Desde el punto de vista energético y medioambiental, podemos destacar que aunque el peso específico de la iluminación respecto al consumo total de energía de una oficina, varía entre un 20% y un 40% según la zona geográfica donde esté ubicada, hay que resaltar que el consumo en iluminación de este sector es de unos 3.900 GWh/año, lo que representa entorno al 2% del consumo eléctrico nacional y es responsable de la emisión a la atmósfera de 2.340.000 toneladas de CO<sub>2</sub>/año.

Pero lo más destacado del sector de la iluminación en oficinas, es que se estima que tiene un potencial de ahorro del 40%, lo que supondría reducir las emisiones en unas 936.000 toneladas de CO<sub>2</sub>/año.

Por tanto, 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/watio, 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:

### 1- Oficinas tipo Colmena

- Actividades visuales altas:
  - Salas de delineación
  - Editoriales
- Actividades visuales medias:
  - Administración
  - Gerencia
  - Contabilidad
  - En general tareas de escritura y lectura.

## 2- Oficinas celulares:

- Actividad visual alta
- Actividad visual media

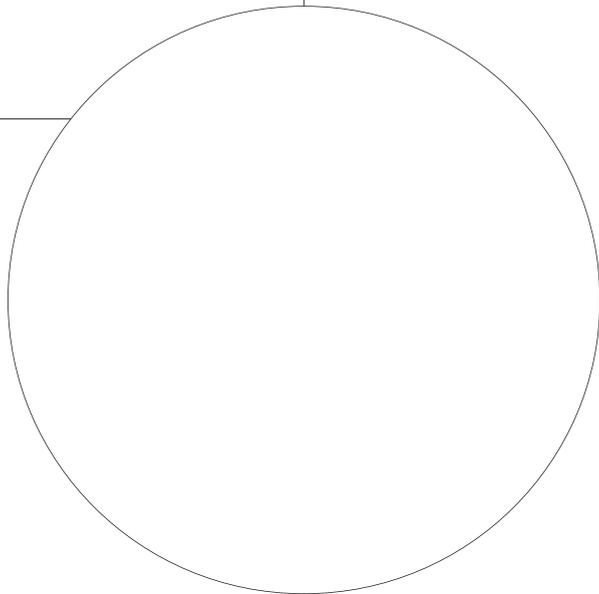
## 3-Oficinas tipo club:

- Actividad visual alta
- Actividad visual media
- Actividad visual baja

## 4- Lobby:

- Actividad visual media:
  - Biblioteca
- Actividad visual baja:
  - pasillos
  - hall
  - ascensores
  - cafeterías
  - comedores
  - aparcamiento





4

## Clasificación de actividades: la segmentación de la oficina





## 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 en 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, la velocidad y el dinamismo son factores claves 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 debidamente enterados de las necesidades de iluminación de la gente que allí trabaja.

### 4.1. Modelo del concepto de oficina

Las oficinas 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.

Se ha comparado numerosos conceptos de oficina diferentes de todo el mundo, e identificando una serie de patrones, en un estudio llevado a cabo por BRE (Building Research Establishment). En consecuencia se propone un modelo conceptual en el que se definen cinco funciones de oficinas básicamente distintas: COLMENA, CELULAR, REUNIÓN, CLUB y LOBBY. Se pueden disponer en dos ejes de coordenadas, teniendo en cuenta la importancia de la comunicación y la autonomía.

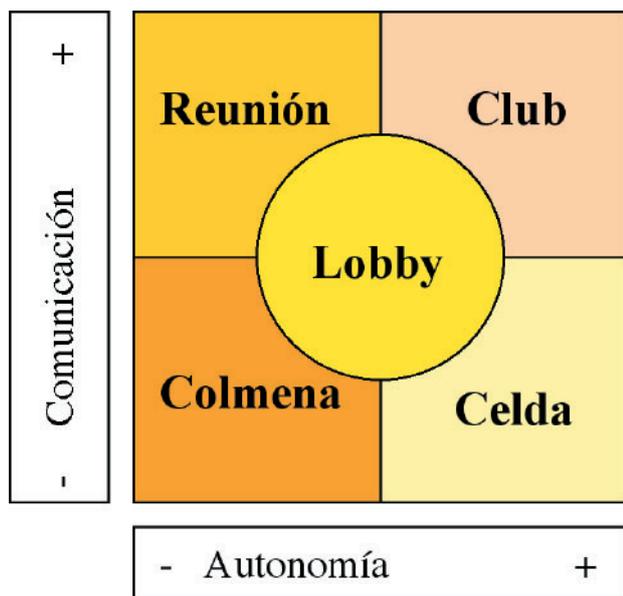


Figura.1. Identificación de las 5 funciones básicas en el concepto de oficinas

## 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 tiene 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 arqueotípicas 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.

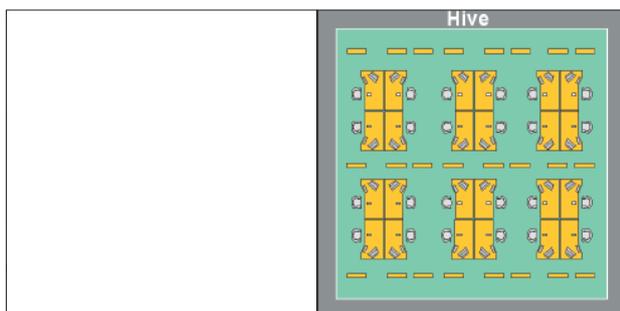


Figura 2. Oficina tipo Colmena

### Actividad visual y espacio

Debido a las dimensiones que tienen este tipo de oficinas los niveles de iluminación que se recomienda

serán más elevados que los correspondientes a oficinas de dimensiones más pequeña. Procurando que los planos verticales de las paredes no queden oscuros. Así durante las horas en las que contamos con aporte de luz natural, las paredes próximas a lados acristalados entran este nivel asegurado, pero debido a las grandes dimensiones de la sala, no ocurrirá lo mismo con los lados opuestos a las ventanas.

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

- Necesidades visuales altas:
  - Salas de delineación, tanto de dibujo en sí mismo como en comprobación 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 sólo dependerá de la instalación de alumbrado, sino de los acabados en paredes, mobiliarios y demás componentes del local.

Las grandes dimensiones del local, hace 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 a las ventanas, tiene que considerarse 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, a que no se produzcan deslumbramientos molestos en las pantallas de los ordenadores, sin embargo, los niveles de iluminación se recomiendan algo menores que en la escritura y lectura sobre papel, ya que se 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 resultados 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.

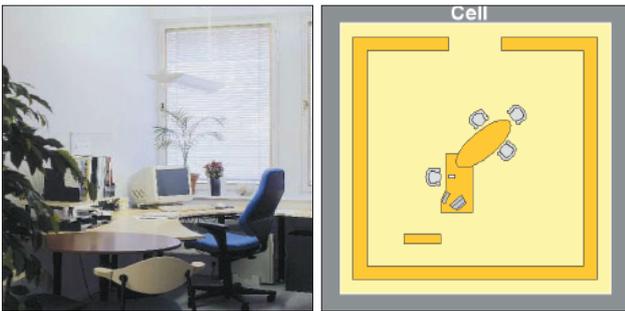


Figura 3. Oficina tipo Celular o Celda

#### Actividad visual y espacio

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

- Necesidades visuales altas:
  - Salas de delineación, tanto de dibujo en sí mismo como en comprobación 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 tareas satinadas, si se ha de procurar conocer los planos de trabajo antes de realizar el diseño de la iluminación para 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. 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 resultados 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 ella 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 procediendo del plano superior.



### 4.2.3 Reunión

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

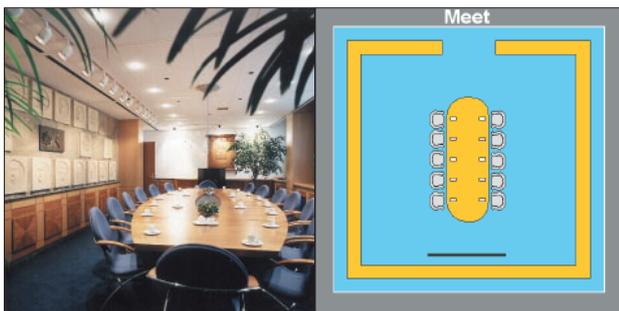


Figura 4. Oficina tipo Reunión

#### 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 (ej: solo luz indirecta) o una iluminación demasiado dramática (ej: proporcionada por lámparas dicróicas) puede impedir una buena comunicación, al impedirnos distinguir los gesto 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, normalmente se encontrará sobre ellos cuadros, fotos o incluso noticias de interés.

Sin duda las pizarras, presentes en prácticamente todas las salas de reuniones, se ha de tratar con especial atención: el plano que debe ser iluminado es un plano vertical, en muchas ocasiones con un alto índice

de reflexión que puede hacer irrealizable, si no se tiene en cuenta la posición y la clase de luminaria utilizada para su iluminación, la tarea de leer lo escrito sobre él.

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. Se realizará 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 esta 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 reuniones de reunión y concentración, también conocidas como oficinas tipo "CoCon" (Comunicación/concentración).

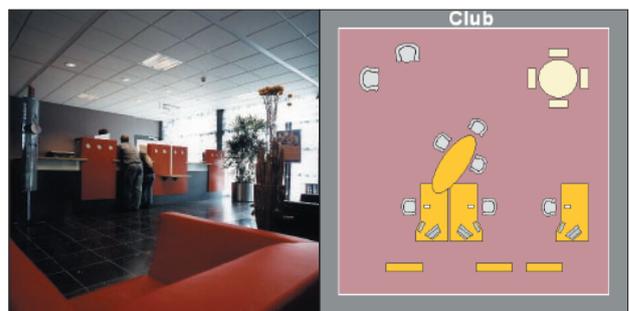


Figura 5. Oficina tipo Club

#### 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, y 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 ha de tener en cuenta los diversos espacios e iluminarlos con líneas independientes.

#### 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 de los pasillos ascensores y escaleras, el patio el vestíbulo, la biblioteca y la cafetería también forman parte del LOBBY de un edificio de oficinas.

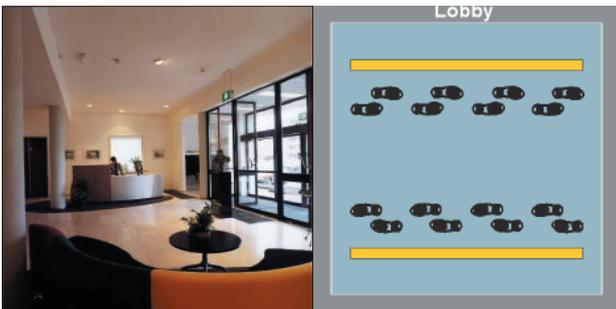


Figura 6. Oficina tipo Lobby

#### Actividad visual y espacio

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 tiene que 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 esta 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 incrementarlo para que los contrastes entre dichas zonas no sean excesivos. Los datos numéricos se ofrecen en capítulos posteriores

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 debajo de esta la escalera, en caso de tramos pequeño 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 lámparas que se usen deben proporcionar una buena reproducción del color.

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

Dentro de la zona tipo Lobby también podremos encontrar unas mayores necesidades visuales como es el caso:

- 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 las que encontramos monitores o pantallas en posiciones 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, escaleras con niveles mayores a los referidos en esta guía.

En el caso de oficinas como puede ser una central monitorizada, es esencial realizar un estudio detallado de las posiciones de las luminarias respecto a los monitores, para que en los trabajadores no se produzcan perturbaciones por reflexión.

#### 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 pertenezcan las oficinas que se estudian.

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

Podremos encontrar organizaciones de ocupación continua, donde los puestos de trabajo se comparten o bien de ocupación tradicional, donde encontraremos jornadas de trabajo de 8 horas cinco días a la semana, durante todo el año. En este caso tendremos unas 2080 horas anuales de trabajo, siempre ampliables, pues los empleados no abandonan las oficinas puntualmente, además puede darse horarios alternos para una mayor atención al cliente, con lo que el tiempo de uso de las instalaciones se elevaría hasta unas 3500 horas anuales

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 pero no toda. 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.

No todas las zonas de la oficina tienen el mismo tiempo de utilización:

Las oficinas tipo colmena:  
De 8 a 12 horas de utilización.

Las oficinas tipo Celda:  
De 5 a 8 horas de utilización

Las Oficinas tipo Club:  
Se dividirán en función de las áreas pueden variar entre 3 a 12 horas de utilización. Se considerarán por tanto lámparas, equipos y luminarias más eficientes en las zonas de mayor uso.

La Oficina tipo Reunión:  
Dependerá de la organización pero lo normal es un uso moderado de las mismas entre 1 y 3 horas diarias.

Las zonas comunes:  
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.  
Los aseos, pasillos, entradas pueden ser regulados e incluso apagados cuando las personas no estén circulando por ellos.  
Respecto a la Biblioteca, cafeterías y comedor, normalmente quedan encendidos cuando la última persona ha abandonado la sala y hasta que el guarda de seguridad realiza la ronda correspondiente.

#### 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.

En la tabla adjunta comparamos el trabajo tradicional con las nuevas formas de trabajo.

	Tradicional	Nueva
Patrón de trabajo	Rutinario individual. Aislado	Asignación Creativo Grupo/equipo de proyectos. Interactivo
Lugar de trabajo	un solo tipo	según tarea
Ocupación	de 9:00 a 17:00h mesa y sala propia	"Continua", puestos compartidos
Asignación de puestos	por categoría	por tareas

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.

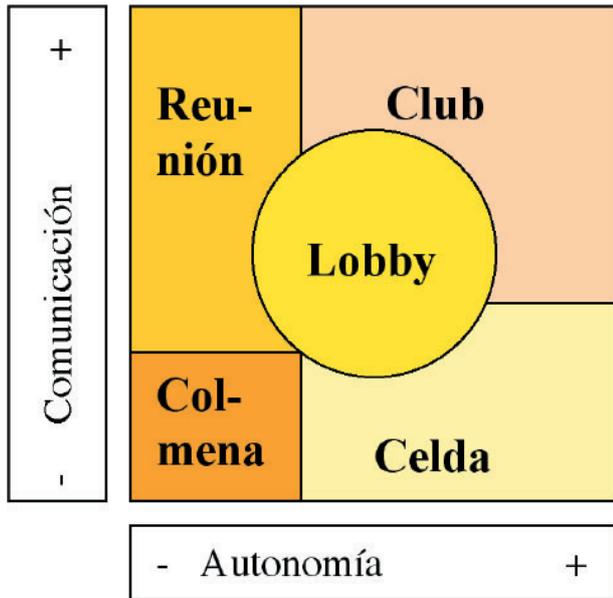
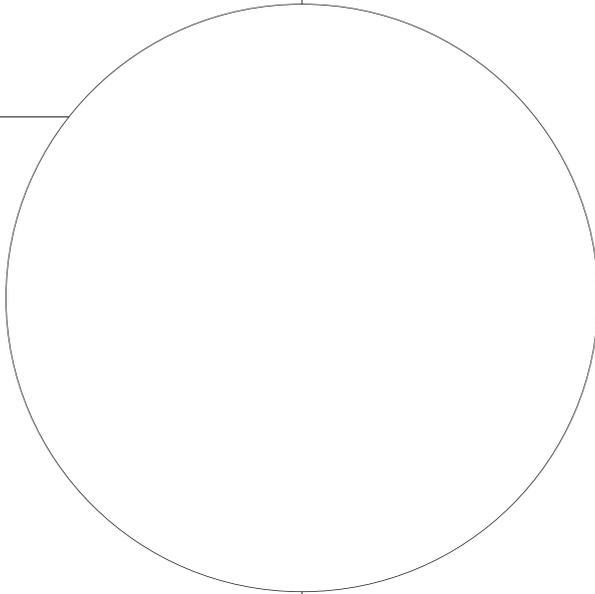


Figura 8. Tendencias en el modelo de Oficinas

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 pupitres 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.

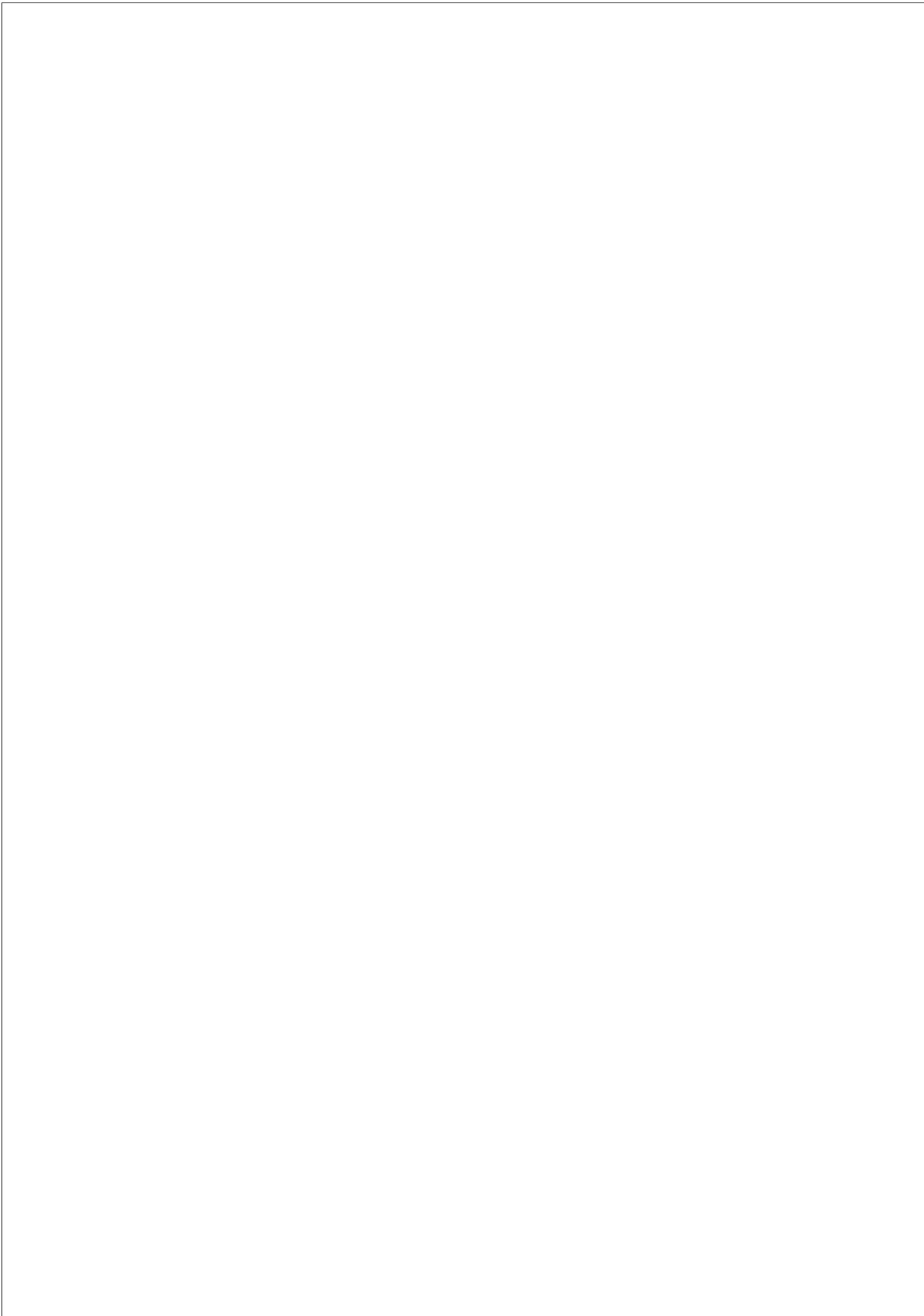




5

## Criterios de calidad y diseño





## 5. Criterios de calidad y diseño

### 5.1 Iluminancia y uniformidad

La iluminancia también conocida como nivel de iluminación, es la cantidad de luz, en lúmenes, por el área de la superficie a la que llega dicha luz.

Unidad: lux = lm/m<sup>2</sup>.

Símbolo: E

La cantidad de luz sobre una tarea específica o plano de trabajo, determina la visibilidad de la tarea pues afecta a:

- La agudeza visual
- La sensibilidad de contraste o capacidad de discriminar diferencias de luminancia y color
- La eficiencia de acomodación o eficiencia de enfoque sobre las tareas a diferentes distancias

Cuanto mayor sea la cantidad de luz y hasta un cierto valor máximo (límite de deslumbramiento), mejor será el rendimiento visual.

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 al producto de la iluminancia o nivel de iluminación sobre dicha superficie.

La iluminancia es una consecuencia directa del alumbrado y la reflectancia constituye una propiedad intrínseca de la tarea. En una oficina determinada, pueden estar presentes muchas tareas diferentes con diversas reflectancias, lo que hace muy complicado tanto su estudio previo a la instalación, como sus medidas pos-

teriores. Pero la iluminancia permanece dependiendo sólo del sistema de alumbrado y afecta a la visibilidad. En consecuencia, para el alumbrado de oficinas, la cantidad de luz se especifica en términos de iluminancias y normalmente de la iluminancia media ( $E_{med}$ ) a la altura del plano de trabajo.

Para establecer los valores de la iluminancia media en un plano, (en el caso de oficinas, uno de los planos sobre los que estudia este nivel medio es el plano de trabajo de las mesas, por lo tanto, un plano horizontal paralelo al suelo y a una altura de 0.8m), se tomarán medidas de iluminación en un número determinado de puntos distribuidos simétricamente sobre el plano en cuestión y posteriormente se realizará la media aritmética de estas medidas. Se establece el número de puntos a tomar en función del índice del local, un número que representa la geometría del local, cuya fórmula es:

$$K = \frac{L \cdot A}{h \cdot (L + A)}$$

Donde L y A es la longitud y anchura del recinto y h la altura de la luminaria sobre el plano de trabajo.

El número de punto mínimos es:

$K < 1$	número de puntos = 4
$1 < K < 2$	número de puntos = 9
$2 < K < 3$	número de puntos = 16
$K > 3$	número de puntos = 25

Con ello se pretende asegurar, que no se va a tener una información errónea al hacer el sumatorio de los niveles de iluminación.

En otros planos de tarea como pueden ser un plano inclinado de una mesa de dibujo, 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.

Obvio es indicar que el grado de rendimiento visual, y con él, la sensación de bienestar (o satisfacción visual) experimentado por un trabajador de oficina, depende directamente del nivel de alumbrado existente. Más adelante se dará una indicación de la interdependencia entre el nivel de alumbrado, el rendimiento visual, y la satisfacción visual.

Con el objeto de asegurar que el nivel de alumbrado en un punto concreto del área no sea inferior a cierto valor, debe cumplirse también una relación de uniformidad de iluminancia, definido como:

$$\text{Uniformidad media (Um)} = \frac{\text{Iluminancia mínima (Emin)}}{\text{Iluminancia media (Emed)}}$$

Esta relación se especificará en capítulos posteriores para las diferentes áreas.

#### *Relaciones de luminancia*

Se define la luminancia, 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:  $\text{cd/m}^2$ .

Símbolo: L

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 ésta, y si retrocede a la tarea original, ha de volver a readaptarse. 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, sin embargo, 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 grandes zonas del campo de visión.

Las investigaciones indican que la incomfortabilidad está asociada a la fatiga producida en los músculos del ojo, los cuales reducen el tamaño de la pupila en presencia de luminancias excesivas, y vuelven a expandirla cuando las luminancias son muy pequeñas.

La necesidad de evitar un exceso de grandes diferencias de luminancia, significa en primer lugar, evitar el deslumbramiento directo e indirecto de las luminarias. Esta se trata con mayor detalle más adelante. También significa que, en general, las luminancias de ventanas deberán limitarse. Finalmente significa, que también es deseable que se limiten las relaciones de luminancia entre zonas de la oficina, cuando se trate de oficinas de grandes dimensiones. En este sentido, es necesario que los requisitos más severos sean para los alrededores inmediatamente adyacentes a la tarea visual, que para las superficies más alejadas (paredes opuestas, techos...)

Con el cambio en las actividades de oficinas, de aquellas directamente relacionadas con una tarea visual hacia las del tipo de comunicación, el establecimiento de relaciones de luminancia adecuadas en el entorno total llega a ser más y más importante.

## 5.2 Control del deslumbramiento

En el alumbrado de oficinas, el deslumbramiento directo se mantendrá dentro de límites aceptables, si se controla el grado de deslumbramiento molesto.

La magnitud de la sensación del deslumbramiento molesto, depende, en principio, del número, posición, luminancia, y tamaño de las fuentes deslumbradoras y de la luminancia a la cual los ojos están adaptados.

En la figura 9 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  $45^\circ$  a  $85^\circ$  (menos si las dimensiones del local son tales, como para que la luminaria más lejana sea sólo visible bajo un ángulo más pequeño, es lo que puede producirse en oficinas tipo Celda)

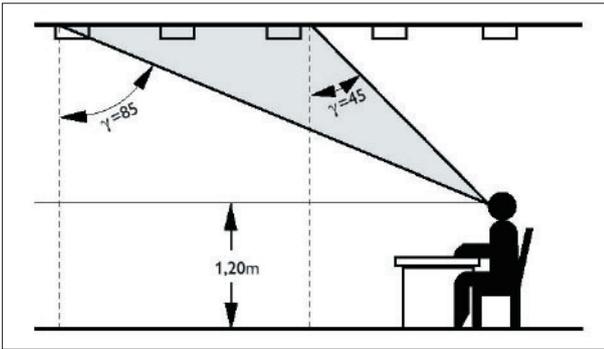


Figura 9. Zona en la cual las luminarias tienen que cumplir lo establecido en cuanto al límite de luminancia, para la reducción del deslumbramiento molesto.

Bajo una serie de circunstancias normalmente presentes en oficinas iluminadas mediante luminarias empotradas o adosadas al techo de forma regular, el deslumbramiento puede limitarse utilizando el Sistema de Curva de luminancia. Este método, se conoce también como el Método Europeo de Limitación del Deslumbramiento o diagrama CIE, facilita límites de luminancia media de las luminarias para diferentes "Clases de Calidad" en limitación de deslumbramiento y en el margen de ángulos críticos mencionados antes ( es decir, desde 45° a 85° desde la vertical de la luminaria)

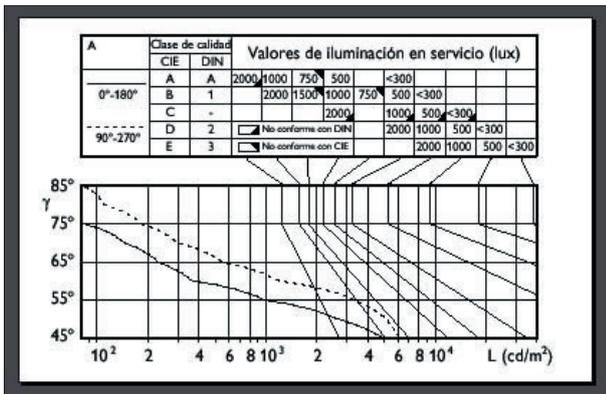


Figura 10. Diagrama del Sistema de Curva de Luminancia que muestra los límites de luminancia para las diferentes clases de calidad, válido para todas las luminarias sin salida lateral de flujo, tanto para visión longitudinal como transversal.

La línea punteada es referida a la curva fotométrica de la luminaria en el plano longitudinal y la continua al plano transversal de la luminaria.

El efecto sobre el deslumbramiento, tanto del número de luminarias como de la luminancia de adaptación, está relacionado con la luminancia media sobre el plano de trabajo. En el Sistema de Curvas de Luminancia, dicho efecto se incorpora, especificando para cada Clase de Calidad curvas diferentes de limitación de luminancia y para distintas iluminancias. Para luminarias cuyas lámparas o parte de las mismas sean directamente visibles bajo la gama crítica de ángulos de visión, no sólo deberá limitarse la luminancia media de la luminaria de acuerdo con las curvas del Sistema de Curva de Luminancia, sino que además las lámparas

deberán apantallarse adecuadamente. En consecuencia deberán observarse ángulos mínimos de apantallamiento para las diferentes Clases de Calidad de limitación del deslumbramiento.

La forma más fácil de comprobar si una combinación de lámpara/luminaria dada, satisface los requisitos en cuanto a la limitación del deslumbramiento para una Clase de Calidad y para una determinada instalación, consiste en trazar la distribución de luminancia de la combinación en cuestión sobre el diagrama de Curvas de Luminancia. Esto se ha hecho en la figura 10.

A simple vista puede observarse que la luminancia de la luminaria utilizada para este ejemplo, sea esta vista a en el eje horizontal o en el transversal son menores que las correspondientes a la curva 3 de limitación de luminancia. Así pues, esta combinación lámpara/luminaria puede usarse en una instalación con Clase de Calidad A hasta un nivel de 500 lux, o en una instalación con Clase de Calidad B hasta un nivel de 1000 lux. Lo cual significa que es apropiada para usarse en oficinas tipo colmena, y que no lo sería para un laboratorio de gran superficie, donde se necesitasen niveles de iluminación de 1500lux

Más adelante, en el capítulo 7, se indica la relación entre la sensación de deslumbramiento real y las Clases de Calidad de limitación de deslumbramiento, de tal forma que las recomendaciones en cuanto a evitar el deslumbramiento pueden darse en términos de Clase de Calidad necesarias.

Un detalle importante a tener en cuenta, es que los diagramas normalmente dados por los fabricantes en los catálogos de sus luminarias, representan tan solo las curvas fotométricas en el plano transversal y longitudinal de la luminaria. Sin embargo en aquellas oficinas en las que existen los puestos de trabajo que no se encuentran en posición transversal o longitudinal respecto a las luminarias, sino en sentido oblicuo, el estudio se ha de establecer con la curva fotométrica en el plano perpendicular a las mesas y que contiene a las luminarias respecto a la luminaria.

En el caso en que existan pantallas de ordenador, para no obtener brillos molestos en las mismas, se ha de cumplir que la luminancia sea menor de 200cd en todas las direcciones de las que puedan afectar la pantalla. Las luminarias que cumplen esto para los 360° se denominan de baja luminancia omnidireccional.

#### 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 visibili-

dad 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.

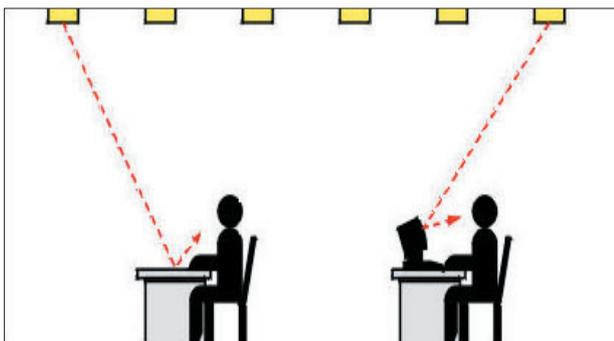
Hay una forma sencilla de revelar la presencia de reflexiones de velo en cualquier situación. Se coloca un espejo o cualquier otra superficie brillante sobre la tarea. Si el observador, colocado normalmente en relación a la tarea, puede ver en el espejo una zona de elevado brillo, probablemente se originarán reflexiones de velo o, para tareas satinadas, deslumbramiento reflejado.

El término técnico utilizado para evaluar la reflexión de velo es el "Factor de Rendimiento de Contraste" o CRF. Este se define como la relación del contraste de tarea real bajo unas condiciones de alumbrado determinadas, el contraste de tarea (teórico) en un entorno de referencia. El entorno de referencia es una esfera de luminancia uniforme.

El valor CRF para determinadas situaciones de trabajo, depende de las características reflectantes de la tarea, las posiciones de las luminarias en relación a dicha situación y de las características fotométricas de las luminarias. El CIE ha especificado las propiedades de reflexión de una tarea de referencia CIE. Ello ha hecho posible calcular el valor CRF para la tarea de referencia en cada situación de alumbrado y para posición de trabajo. A este valor se le denomina CRFR. Cuanto mayor sea el CRFR resultante, mejores serán la visibilidad y la satisfacción visual. Más adelante se da una indicación de los valores CRFR necesarios para diferentes tareas con distintos grados de brillantez, de forma que los valores de CRFR, pueden especificarse más tarde para diversas aplicaciones de alumbrado de oficinas.

Debe mencionarse que con luminarias abiertas (y en consecuencia, iluminancias elevadas) un alto valor de CRFR no conduce necesariamente a una situación satisfactoria en cuanto a la supresión de 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, por lo que es recomendable que todas las superficies (del local y mobiliario) dispongan de un acabado mate que evite los reflejos molestos.



### 5.3 Modelado y sombras

La capacidad del alumbrado para revelar forma y textura, especialmente en personas, en otras palabras su capacidad de modelado, es importante en la creación de una impresión global agradable. Ello puede conseguirse cuando la luz incide más en una dirección que en otra. Sin embargo, si este efecto direccional es demasiado fuerte, ocasionará sombras confusas e incluso quizá impida la visibilidad, especialmente, si tales sombras se producen en la propia tarea visual. Procurar un buen modelado es especialmente importante con tareas de oficina que impliquen comunicación entre personas.

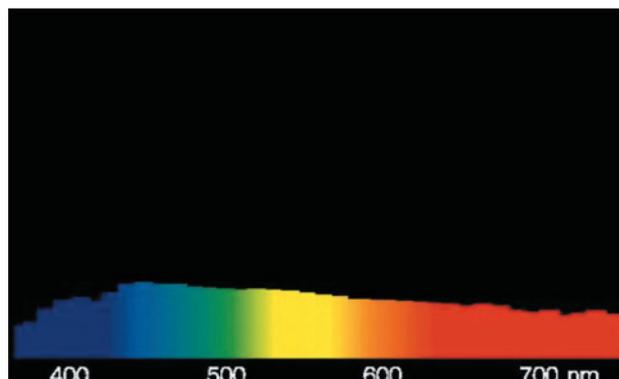


Cuando la luz viene demasiado difusa, el modelado es ligero y tendremos la sensación de falta de relieve. Por otro lado, si la componente direccional es muy fuerte, el modelado es duro y las sombras deformarán los rasgos característicos de las personas.

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

### 5.4 Propiedades de Color

La gente responde a los colores que ve a su alrededor. En aquellas oficinas en las que los trabajadores permanecen expuestos a un determinado ambiente durante



largos periodos, el color de tal ambiente puede influir en su rendimiento y es seguro que tiene algún efecto sobre el grado de satisfacción visual experimentado. 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 de color de las fuentes de luz utilizadas.

Debemos distinguir dos importantes aspectos de las propiedades cromáticas de las fuentes de luz:

1. La apariencia de color de una fuente de luz ó Temperatura de Color (K), es la impresión de color recibida cuando miramos a la propia luz.
2. El rendimiento en color de la fuente de luz, es la capacidad de la luz para reproducir con fidelidad los colores de los objetos que ilumina.

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.

Si la Temperatura de Color es inferior a 3.300K diremos que es una fuente de luz cálida, si se encuentra entre 3.300 y 5.000K diremos que se trata de un blanco neutro, y si está por encima de 5.000K la luz proporcionada por esa fuente será blanco frío.

Las propiedades de rendimiento en color de una fuente de luz puede indicarse por el Índice de Rendimiento en Color (Ra), índice que puede variar entre 0 y 100, tal que, cuanto mayor sea el Ra significa que mayor será la veracidad con que percibiremos todos los colores que ilumine la fuente de luz y cuanto menor sea, significa que habrá mayor número de colores que no será capaz de reproducir adecuadamente.

Para seleccionar una lámpara, según los criterios de color recomendados para un espacio o local, se utilizará la siguiente tabla:

#### PARÁMETROS RECOMENDADOS PARA LA SELECCIÓN DE LÁMPARAS SEGÚN CRITERIOS DE COLOR

Índice de reproducción cromática, (Ra)	Grupo de Rendimiento de color	Cálido < 3300 K	Neutro 3300-5000 K	Frío > 5000 K
		Excelente 90-100	1A	Halógenas. Fluorescencia lineal y compacta
Bueno 80-90	2A	Fluorescencia lineal y compacta. Sodio Blanco	Fluorescencia lineal y compacta. Halogenuros e Inducción	
Razonable 70-80	1B	Halogenuros metálicos	Halogenuros metálicos	Halogenuros metálicos
Mala < 70	2B	Mercurio. Sodio	Mercurio	

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.

En todos aquellos lugares donde haya permanencia de personas durante un periodo prolongado de tiempo, uno de los colores fundamentales que las fuentes de luz deben reproducir adecuadamente es el de la piel humana. El Índice de reproducción cromática usado debe ser superior a 80, esto supone que las fuentes de luz utilizadas en oficinas sean del grupo de rendimiento de color 1A y 2A.

En cuanto a la Temperatura de Color (K), las investigaciones nos indican, que se prefiere una temperatura de

color elevada cuando los niveles de iluminación son también elevados, mientras que la atmósfera será más confortable cuando tengamos niveles de iluminación bajos si usamos una temperatura de color más cálida. Esto podemos tenerlo especialmente en cuenta en aquellas salas de reunión donde se desee tener niveles de luz regulables para presentaciones. En ausencia de luz natural, la preferencia se sitúa en una temperatura de color cálida. En climas cálidos, la preferencia personal tiende hacia mayores temperaturas de color, mientras que en climas fríos dicha tendencia se desplaza hacia temperaturas de color más cálidas.

Tono de luz. Temperatura de color	Tipo de actividad o de iluminación
Tonos cálidos. < 3000 K.	Entornos decorados con tonos claros Áreas de descanso. Salas de espera. Oficinas tipo Reunión. Oficinas tipo Celda. Zonas con usuarios de avanzada edad. Áreas de esparcimiento. Bajos niveles de iluminación.
Tonos neutros. 3300 - 5000 K.	Lugares con importante aportación de luz natural. Tareas visuales de requisitos medios. Oficinas tipo Colmena. Oficinas tipo Celda.
Tonos fríos. > 5000 K.	Entornos decorados con tonos fríos. Altos niveles de iluminación. Para enfatizar la impresión técnica. Tareas visuales de alta concentración.

### 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. Debe proveer a la tarea visual de un rendimiento y satisfacción visual.
4. Debe limitar la producción de ruido.
5. Debe eliminar el efecto estroboscópico.
6. Debe generar al recinto iluminado poca carga térmica.

Una distribución idónea de luminarias, que cumplan con los requisitos de distribución fotométrica (diagramas de deslumbramiento criterio C.I.E.) demandados para el tipo de tarea visual a desarrollar en el local, nos proporcionarán el cumplimiento de los puntos 2) y 3)

Para garantizar que no se producirá ruido por vibración, efecto estroboscópico, ni parpadeo de la luz, así como un incremento mínimo de temperatura en el local, es recomendable utilizar balastos electrónicos de alta frecuencia. En el caso de utilizar balastos electromagnéticos las pérdidas por efecto Joule, no deberán sobrepasar en ningún caso el 15 % de la potencia nominal de la lámpara o lámparas asociadas.

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 efi-

ciencia 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.

Sin embargo para cumplir con el punto 1, se deberá tener en cuenta los siguientes parámetros:

#### Valor de los parámetros en relación al rendimiento visual y la satisfacción visual

##### *Nivel de alumbrado*

La visibilidad de una tarea visual puede clasificarse desde buena hasta mala.

El rendimiento visual correspondiente, o la precisión y comodidad con las que la tarea se lleva a cabo, dependen principalmente de:

- El contraste de reflectancia entre el detalle de la tarea y el fondo contra el que se ve.
- El tamaño aparente del detalle crítico, que a su vez depende del tamaño del detalle y de la distancia de visión.
- La vista de la persona que realiza la tarea.

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

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 (ver figura 11 y 12 tamaño y contraste de letras), entonces disminuye la velocidad de asimilación y la tarea requerirá más tiempo de ejecución. Si se mantiene la velocidad de asimilación bajo condiciones de pobre visibilidad, entonces la precisión de la asimilación disminuirá.

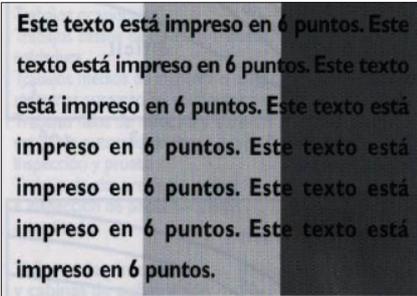


Figura 11. La dificultad de la tarea se incrementa cuando decrece el contraste entre el detalle y el fondo

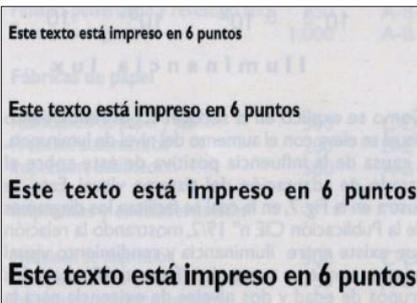


Figura 12. Cuanto más pequeño sea el detalle se necesita mayor nivel de iluminación

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.

Como explicamos anteriormente, el rendimiento visual se eleva con el aumento del nivel de iluminación, a causa de la influencia positiva de éste sobre el estado de adaptación del sistema visual. Esto se ilustra en la figura 13, en que se facilitan los diagramas de la Publicación CIE nº 19/2, mostrando la relación que existe entre iluminación y rendimiento visual relativo para tres tareas de diferente dificultad, dos grupos de edad, y dos niveles de dificultad de tarea.

Al comparar los diagramas de izquierda a derecha se pone en evidencia el efecto del nivel de exigencia de la tarea, mientras que si lo comparamos de arriba a bajo, es claro el efecto de la edad. En general se deduce que cuanto más difícil sea una tarea visual, mayor será la velocidad y precisión requeridas para realizar la tarea y cuanto más edad tenga el trabajador, mayor deberá ser la iluminación de la tarea.

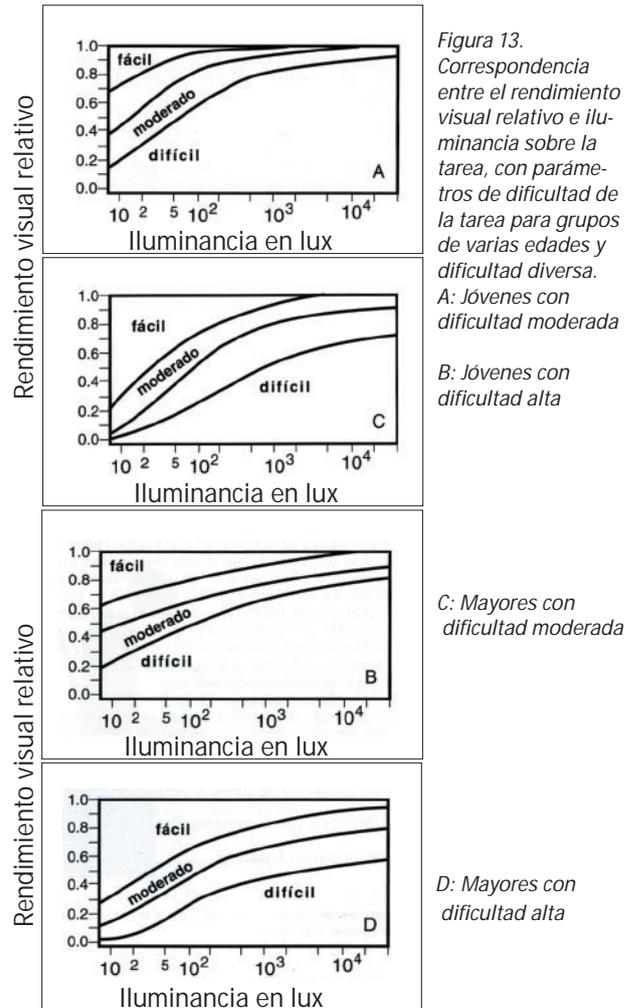


Figura 13. Correspondencia entre el rendimiento visual relativo e iluminación sobre la tarea, con parámetros de dificultad de la tarea para grupos de varias edades y dificultad diversa. A: Jóvenes con dificultad moderada

B: Jóvenes con dificultad alta

C: Mayores con dificultad moderada

D: Mayores con dificultad alta

### 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 iluminación. Dicha curva se muestra en la figura 14, junto con las de las estimaciones "demasiado oscura" y "demasiado brillante".

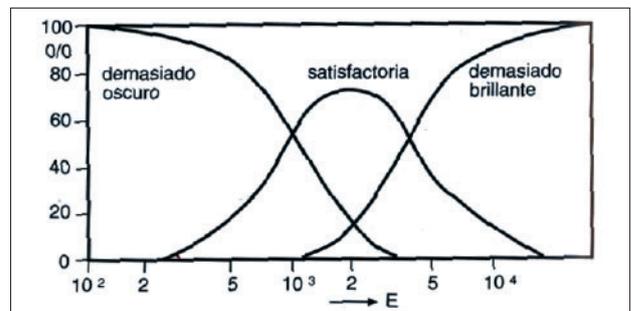


Figura 14. Iluminancias preferidas en interiores de trabajo: combinación de contestaciones, demasiada oscuridad, satisfactorio, demasiado brillante. En el eje vertical tanto por ciento de respuestas

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

La experiencia práctica ha demostrado que una iluminancia para el alumbrado general de unos 1000lux 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.

Los niveles de alumbrado recomendados para el alumbrado de las oficinas se proporcionan más adelante.

### Relaciones de luminancia

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 el tipo de superficies pueden ser seleccionadas, éstas se deben elegir para evitar tener grandes diferencias de brillo entre distintas superficies. 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	3 a 1
Tarea y fondo general	10 a 1
Luminaria y entorno	20 a 1
Dos puntos cualesquiera	40 a 1

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.

Las relaciones de luminancia entre grandes áreas dentro del campo de visión deben ser menores de 1:10, con el objeto de evitar la posibilidad de deslumbramiento o

la creación de una impresión perturbadora. Si las relaciones de luminancias entre tales áreas del campo de visión son menores de 3:1, el entorno puede percibirse como triste y monótono.

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 si mismo cause deslumbramiento, su luminancia no debe superar las 500cd/m<sup>2</sup> (aunque desde el punto de vista de satisfacción visual, deben preferirse valores comprendidos entre 100 y 300 cd/m<sup>2</sup>)

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, dadas en la siguiente tabla.

Superficie	Valores Reflectancia
Techos	> 0,7
Paredes	0,5-0,7
Mamparas	0,4-0,7
Suelos	0,1-0,3
Muebles	0,3-0,5
Cortinas/persianas	0,4-0,6

### Limitación del deslumbramiento

Las Clases de Calidad de limitación de deslumbramiento del Sistema de Curva de luminancias descrito en una de las secciones anteriores, corresponden a una escala de 7 puntos de valores de deslumbramiento (desde 0=sin deslumbramiento, hasta 6=deslumbramiento intolerable). La tabla 3 facilita los valores de deslumbramiento correspondientes a cada una de las Clases de Calidad.

Clase de calidad de limitación de deslumbramiento	Valor de deslumbramiento	Calidad
A	1,15	Muy alta
B	1,5	Alta
C	1,85	Media
D	2,2	Baja
E	2,55	Muy baja

Los ángulos mínimos de apantallamiento para luminarias cuyas lámparas o partes de las mismas sean visibles, dependen de la luminancia de la lámpara utilizada y de la Clase de Calidad deseada. Para lámparas fluorescentes tubulares, la luminancia de la lámpara es mayor si se ve al través que si se observa a lo largo. Ello significa que el apantallamiento en la dirección transversal debe ser más efectivo (es decir, mayor ángulo de

apantallamiento), que en la dirección longitudinal. En lámparas fluorescentes, los ángulos de apantallamiento para Clases de Calidad A y B deben ser aproximadamente 25° (ver recomendaciones en la próxima sección).

#### Deslumbramiento reflejado y reflexiones de velo

Para evitar problemas con el deslumbramiento reflejado y las reflexiones de velo, el valor del Factor de Rendimiento en Contraste de la Tarea de Referencia (CRFR) debe incrementarse conforme a la brillantez (satinado) de la tarea real. Las tareas especiales en las que se ha de tener precaución con las reflexiones molestas de velo son:

- Tarea de copiado.
- Tareas de dibujo.
- Impresión térmica
- Clasificación de cartas.
- Tareas manuscritas con lápiz o bolígrafo.
- Tareas sobre papel satinado.

Para los puestos de trabajo en que predominantemente se utilicen materiales satinados, el valor de CRFR deberá ser mayor de 1 y en el caso de materiales semi-satinados, deberá ser mayor que 0.9.

#### El alumbrado en relación al 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
- Menores errores
- Menor fatiga
- Aumento de la calidad en la estabilidad
- Absentismo reducido
- Reducción de la tensión ocular
- Bienestar mejorado

Las figuras 15, 16 y 17 indican las tendencias generales en función de la iluminancia para algunos de estos beneficios.

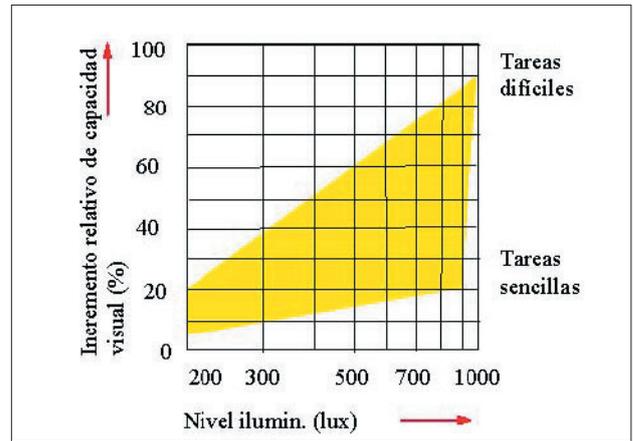


Figura 15. Incremento de la capacidad visual que puede esperarse al aumentar el nivel de iluminación

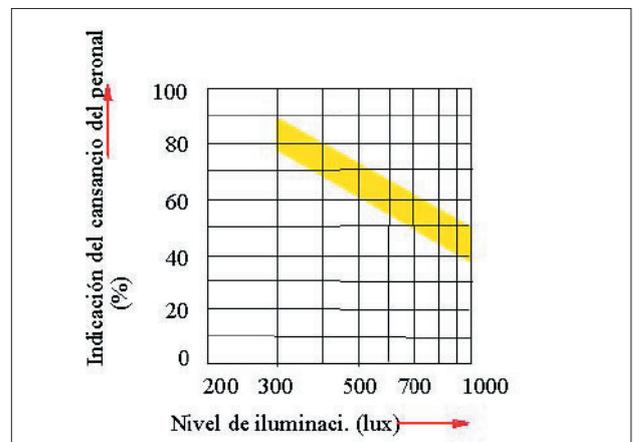


Figura 16. Indica cómo varía la fatiga en función de la disminución del nivel de iluminación

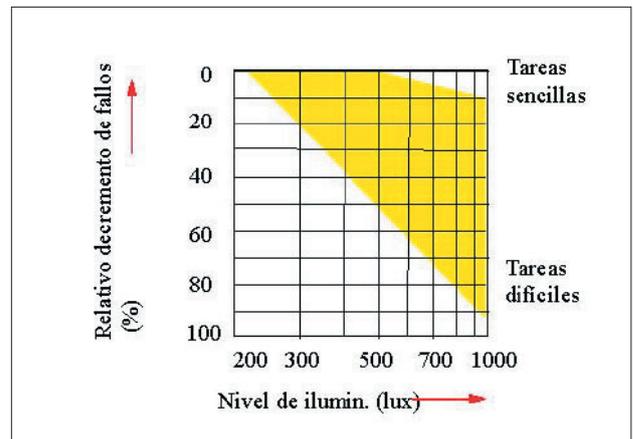
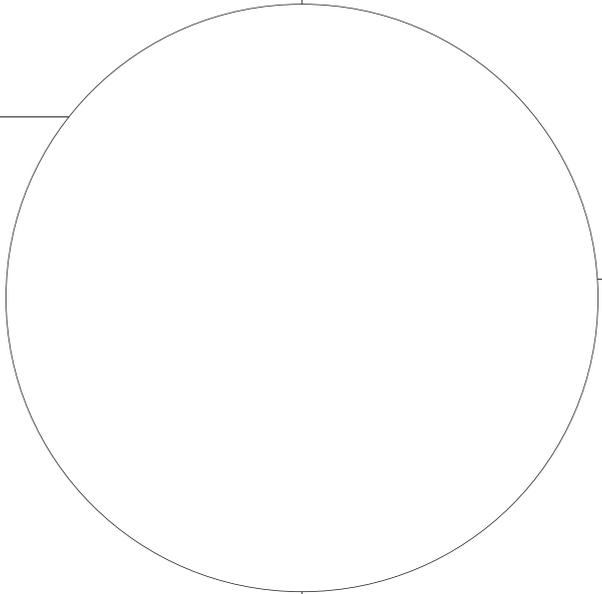


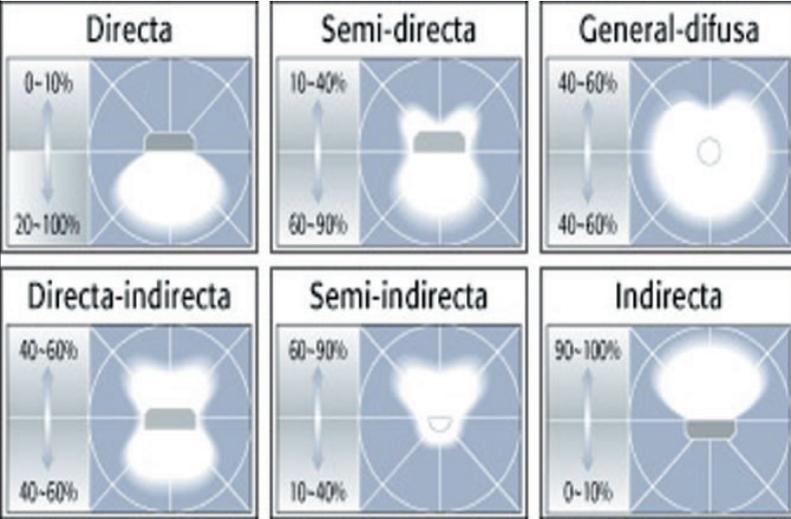
Figura 17. Reducción del número de errores en función del incremento del Nivel de Iluminación

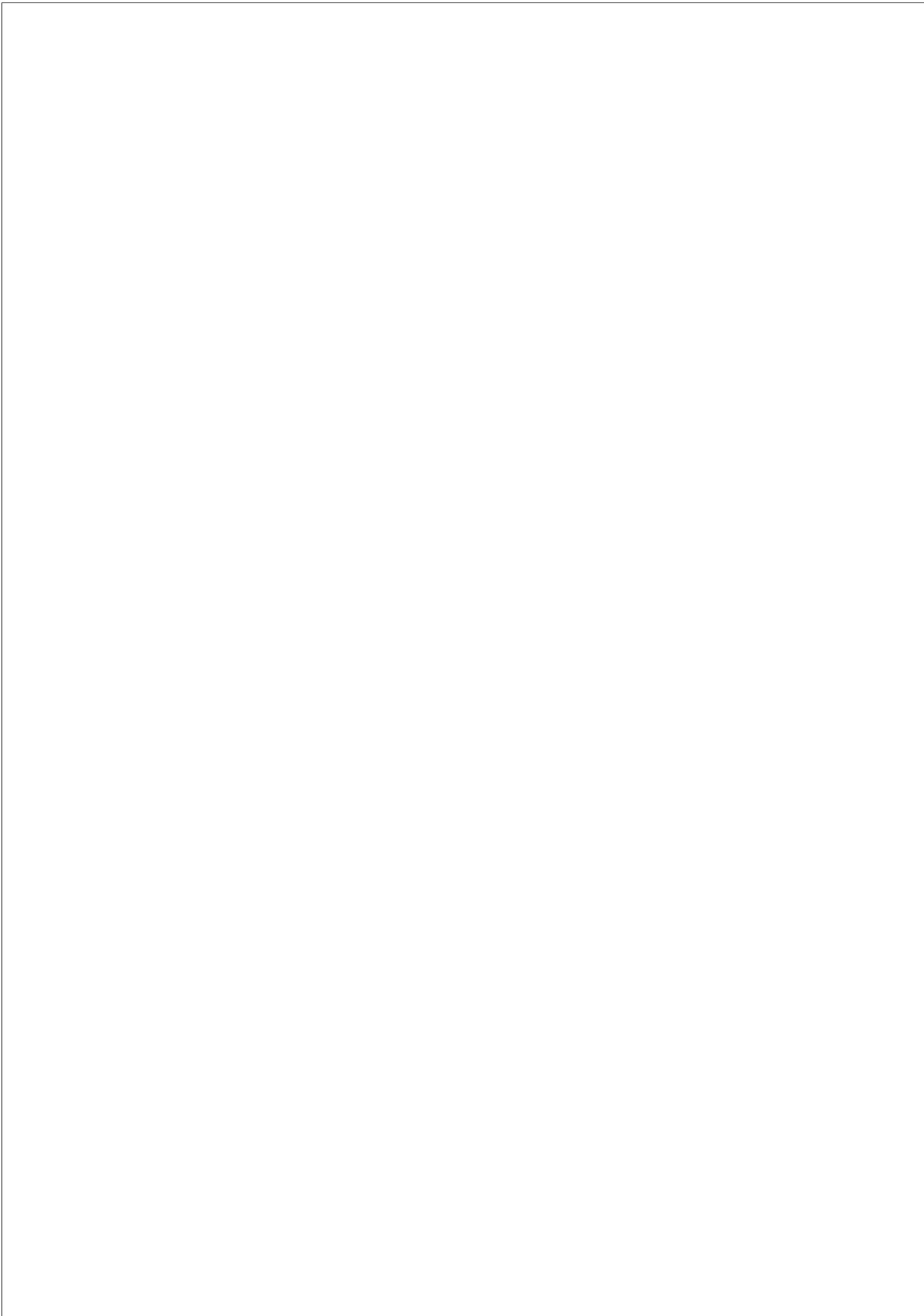




6

# Sistemas de iluminación





## 6. Sistemas de iluminación

Diseñar una instalación de alumbrado significa desarrollar una solución en la cual se han tenido en cuenta todos los valores mencionados en cuanto a nivel de iluminación, uniformidad, limitación del deslumbramiento, etc., de tal manera que la instalación resultante sea eficaz, tanto desde el punto de vista energético como de coste.

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.

### 6.1 Sistemas de alumbrado

En cuanto a la disposición y ubicación de las luminarias, existen tres opciones básicas para el alumbrado de oficinas:

1. Alumbrado general, proporcionado por una distribución regular de luminarias.
2. Alumbrado general localizado, proporcionado por una distribución irregular de las luminarias en relación a las zonas de trabajo.
3. Alumbrado general mas alumbrado local, en el que se complementa un nivel de alumbrado general con luminarias en los puestos de trabajo.

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

#### 6.1.1 Alumbrado directo frente al indirecto

Con el alumbrado directo casi toda la luz de las luminarias (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 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 provistas 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 (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 sólo las lámparas de halogenuros metálicos y sodio blanco, 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 direc-

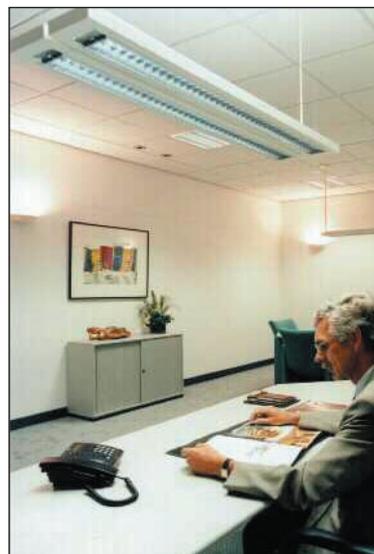
to, pueden ser perfectamente diseñados para no tener dichos inconvenientes.

El factor de mantenimiento de un sistema de alumbrado indirecto es de entre un 5 a 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 al hecho de que la luz de una luminaria indirecta sólo 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 el de un sistema directo equivalente, aún 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, como halógenas, como de descarga de alta intensidad.

El alumbrado directo-indirecto es confortable 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 2.7m. 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.



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.

### 6.1.2 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.

Una disposición de alumbrado agradable que también facilita el cableado, es aquella en que las luminarias fluorescentes se montan en línea casi continuas y paralelas a la dirección principal de visión. Puesto que no se aconseja que las mesas se coloquen de cara o de espaldas a las ventanas (para evitar tanto el deslumbramiento por parte de las ventanas, o la imposibilidad de mantener contacto con el mundo exterior), la disposición de alumbrado recomendada es la de luminarias en líneas paralelas al plano de las ventanas, así mismo se aconseja disponer la primera fila próxima a la ventana (separación menor de 1.5m)

La interdistancia entre filas de luminarias dependerá de la uniformidad deseada, de la altura de montaje y del tipo de distribución de la luz que tenga la luminaria seleccionada para el proyecto. La distribución en forma de DELTA es la que facilita una mayor interdistancia asegurando uniformidad y niveles de iluminación relativamente altos en aquellas salas diáfanos que contengan un gran número de luminarias. Este tipo de distribución permite una relación de separación altura de montaje de hasta 2, mientras que las luminarias más difusa pobremente alcanzan el 1.4. Si las luminarias no se montan en fila continua sino semicontinua, la separación longitudinal normalmente es menor que la transversal, suele existir una relación separación altura de montaje de 1.4, en el caso de las ópticas equipadas con lamas para el control omnidireccional de la luminancia esta relación es algo mayor.

### 6.1.3 Alumbrado general localizado

Pueden obtenerse ciertos ahorros empleando el alumbrado general localizado, en el que las luminarias se

concentran en y alrededor de los puestos de trabajo, o en donde determinadas luminarias se desconectan. Cuando se diseña una instalación de este tipo se ha de tener especial precaución en que las iluminancias requeridas en los diversos puestos de trabajo sean las adecuadas, con iluminancias evidentemente más bajas en los pasillos entre puestos de trabajo. En estos el nivel de alumbrado puede reducirse en un 50% del nivel sobre la tarea. Obviamente ha de tenerse cuidado de que las relaciones de luminancia de toda la oficina, observada desde cualquier puesto de trabajo todavía satisfaga los requisitos normales.

Una desventaja del alumbrado general localizado, es que en el caso de una modificación en la disposición de la oficina, conllevará una modificación en la disposición del alumbrado. Lo que no es un problema muy grave siempre y cuando se haya diseñado una instalación flexible, por ejemplo: conmutación mediante infrarrojo en lugar de pulsadores con cableado vertical, y luminarias que se adapten a la modularidad del techo, de tal manera que sea cambio de luminaria por placa y en su caso recableado de los diversos grupos.

Otra de las desventajas es que el diseñador de alumbrado deberá conocer la disposición de los puestos de trabajo, en el momento del diseño y esto raramente sucede.

La oficina tipo CELULAR constituye en ejemplo típico en donde el alumbrado general localizado puede emplearse a menudo para obtener un buen efecto. Pero esto no significa que el mismo principio no pueda adaptarse a oficinas tipo COLMENA y por supuesto a las denominadas tipo CLUB. En cualquiera de los casos puede conseguirse un ahorro importante (del 20%), si además usamos sistemas de control, las variaciones en el diseño de la oficina repercutirán de modo menor en el rediseño del alumbrado.

### 6.1.4 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. Teniendo en cuenta las funciones del alumbrado de oficinas mencionadas con anterioridad, es evidente que iluminar sólo la tarea visual no es suficiente. Esto se ha hecho evidente experimentalmente al comprobarse que al menos el 50% del alumbrado del puesto de trabajo (con un nivel mínimo de 350lux y preferible de 500lux) 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 emplean luces de sobremesa, éstas 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 sobras 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 a 1m), como para proporcionen 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.

Si se utilizan lámparas eficaces (T8, T5 o TC) para el alumbrado local, pueden conseguirse ahorros de coste y de energía de alrededor de un 30% respecto al sistema de alumbrado general.



## 6.2.- Tipos de lámparas recomendados

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

1. Fluorescentes tubulares lineales (T8) de 26 mm. de diámetro.
2. Fluorescentes tubulares lineales (T5) de 16 mm. de diámetro.
3. Fluorescentes compactas con equipo incorporado (denominadas lámparas de bajo consumo).
4. Fluorescentes compactos (TC).

5. Fluorescentes compactos de tubo largo (TC-L).
6. Fluorescente circular.
7. Incandescente halógena.
8. Lámparas de descarga de halogenuros metálicos (HM ó CDM).
9. Sodio de alta presión (SAP), (sólo para los exteriores).
10. Lámpara de inducción



Fluorescente (T8)



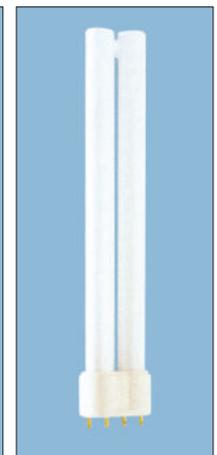
Fluorescente(T5)



TC



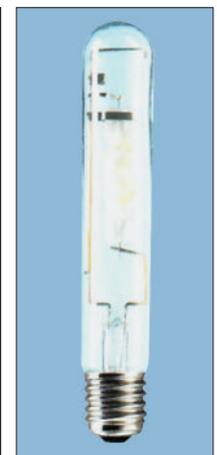
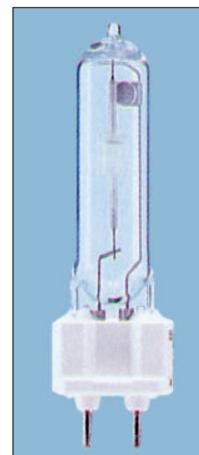
Bajo consumo



TC-L



Halogenuros metálicos (HM)





Vapor de Sodio de Alta (S.A.P)

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 medio ambientales, entre otros. En la tabla siguiente se pueden ver las características de las lámpara más idóneas para iluminación general, localizada y decorativa. Los pasos a seguir para seleccionar la lámpara más adecuada para cada dependencia serán:

- 1º- Seleccionar aquella lámpara que cumplan los parámetros, tono de luz o temperatura de color (K) e índice de reproducción cromática (Ra), recomendados para el local (ver punto 5.4 y capítulo 7).
- 2º- 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 lúmenes por vatio.
- 3º- 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 o TLD (26mm de diámetro) ó T5 (16mm de diámetro).

Para el uso de oficinas se recomiendan instalar lámparas con polvos fluorescentes de la "nueva generación" que emiten luz en tres bandas relativamente estrechas, también denominados 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 3mg de mercurio, frente a los 15mg que necesitan las lámparas con polvos estándar.

En el caso de las lámparas T5, siempre tendremos polvos de la nueva generación. 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 del 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	Tono de luz	Ra	lm / w	Vida media, h	Aplicación
Incandescentes halógenas	5-300	Cálido	100	10-25	1000-5000	Localizada Decorativa
Fluorescencia lineal de 26 mm	18-58	Cálido Neutro Frío	60-98	65-96	8000-16000	General
Fluorescencia lineal de 16 mm.	14-80	Cálido Neutro Frío	85	80-105	12000-16000	General
Fluorescencia compacta	5-55	Cálido Neutro Frío	85-98	60-85	8000-12000	General Localizada Decorativa
Sodio Blanco	50-100	Cálido	85	50	12000	Decorativa
Vapor de Mercurio	50-1000	Cálido Neutro	50-60	30-60	12000-16000	General
Halogenuros metálicos	35-3500	Cálido Neutro Frío	65-85-96	70-93	6000-10000	General Localizada
Inducción	55/85/160	Cálido Neutro	82	64-71	60000	General

- De las lámparas fluorescentes compactas podremos usar tanto las PL como las SL. En el caso de las PL podremos usar cualquiera de sus versiones: PL-T, PL-C, PL-S ó PL-L. Las variaciones de potencias en estas lámparas oscilan entre los 5W (250lm) a los 55W(4800lm).

El uso por ejemplo de lámpara PL puede ser adecuado para una luminaria de sobremesa o podríamos usar para la iluminación general y por ejemplo para los 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 sólo 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 deseamos 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 a 15 minutos. Por lo tanto no se deberá realizar una instalación en la que sólo 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 sólo 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.

- Por último podríamos rentabilizar la larga vida de las lámparas de inducción (60.000 horas) en aquellos espacios de oficinas donde es difícil el acceso para la reposición de las lámparas (una entrada con un techo muy alto o una escalera complicada) estas lámparas tienen las características de color de los tubos fluorescentes con los fósforos de nueva generación.

### 6.3. - Tipos de equipos auxiliares recomendados

Son los equipos eléctricos asociados a la lámpara y por tanto, diferentes para cada tipo de lámpara, no obstante, con carácter general los equipos auxiliares más comunes son los balastos, arrancadores y condensadores.

Las características de los equipos auxiliares son función de las características de la red y del tipo y potencia de la lámpara.

#### 6.3.1 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.

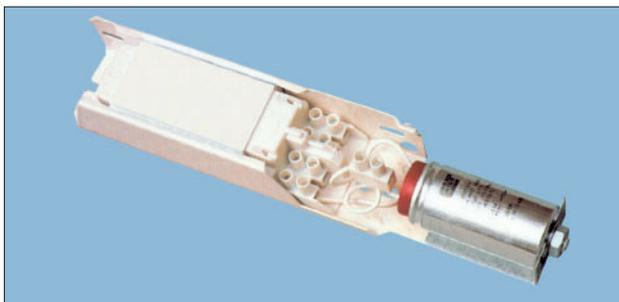
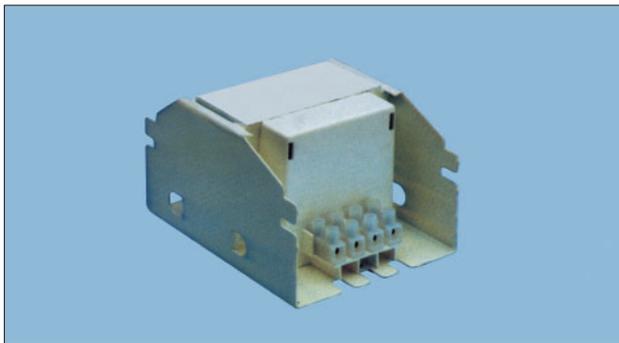
El balasto asociado a la lámpara o lámparas, deben proporcionar a éstas los parámetros de trabajo dentro de los límites de funcionamiento establecidos en las normas y con las menores pérdidas de energía posibles.

Desde el punto de vista de la eficiencia energética, existen tres tipos de balastos con las siguientes pérdidas sobre la potencia de la lámpara, según tipo de lámpara, número de lámparas asociadas al equipo y potencia de las mismas

Rango de pérdidas	Tipo de Balasto		
	Magnético estándar	Magnético bajas pérdidas	Electrónico
Fluorescencia	20-25 %	14-16 %	8-11 %
Descarga	14-20%	8-12 %	6-8 %
Halógenas baja tensión	15-20 %	10-12 %	5-7 %

Según el tipo de lámpara los equipos pueden ser :

- Lámpara tubular fluorescente T8, (d=26)	Electromagnético / Electrónico
- Lámpara tubular fluorescente T5, (d=16)	Electrónico
- Lámpara fluorescente compacta	Electromagnético / Electrónico
- Lámpara vapor de sodio	Electromagnético
- Lámpara de halogenuros metálicos	Electromagnético/ Electrónico
- Incandescencia halógenas :	Electromagnético / Electrónico
- Lámparas de inducción electromagnética	Electrónico



### *Balastos electrónicos*

En función del tipo de encendido existen dos tipos de balastos electrónicos:

- Con precaldeo: Los filamentos que hay en los extremos de los tubo reciben una tensión de bajo voltaje durante un breve espacio de tiempo. Una vez caliente, se aplica un impulso de cebado de unos 500 voltios, los electrodos sufren menos en el arranque tras este calentamiento, ya que el pico del arranque es menor que en el encendido en frío.

Este tipo de balasto electrónico es recomendable para locales con un número frecuente de encendidos, ya que se estima que la vida del tubo aumenta en un 50%.

- Sin precaldeo: Este balasto aplica directamente a los electrodos un pico de tensión de 1000 voltios, consiguiendo un encendido inmediato (0,1 seg).

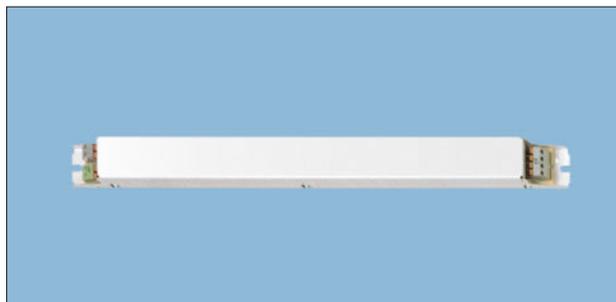
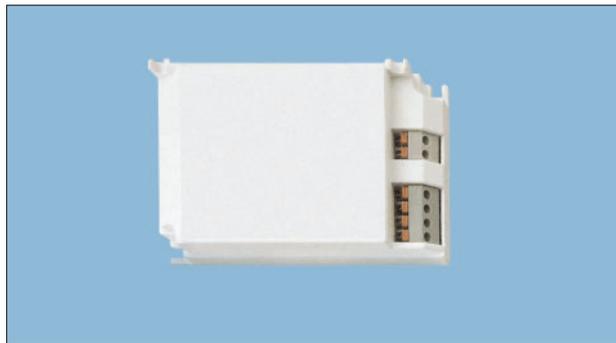
Este tipo de balasto sin precaldeo es recomendable en aquellos locales donde el número de encendidos y apagados diarios no sea superior a tres.

En general se recomienda la utilización de balastos electrónicos por sus muchas ventajas frente a los electromagnéticos.

Podemos enumerarlas por:

#### *Economía:*

- Reducción del 25 por ciento de la energía consumida, respecto a un equipo electromagnético.
- Incremento de la eficacia de la lámpara.
- Incremento de la vida de las lámparas hasta del 50 por ciento, reduciendo los costes de mantenimiento.



- No es necesario sustituir el cebador cada vez que se cambia la lámpara, dado que no existe el cebador.
- Reducción de la carga térmica del edificio, debido al menor consumo.
- Reducción de la temperatura de funcionamiento de la luminaria, facilitando que las lámparas no superen su temperatura óptima de funcionamiento.
- Factor de potencia corregido a un valor próximo a la unidad (0.98).

#### *Confort:*

- Encendido instantáneo y sin intentos fallidos.
- Desconexión automática de lámparas defectuosas o las que han llegado al final de su vida, impidiendo destellos molestos y recalentamientos de otros componentes del equipo eléctrico, como es el caso con arranque por cebador.
- Luz más agradable, sin parpadeo ni efecto estroboscópico, mediante el funcionamiento a alta frecuencia. Reducción de los dolores de cabeza y el cansancio de la vista atribuidos al parpadeo producido por los balastos magnéticos.
- Aumento del confort general eliminándose los ruidos producidos por el equipo electromagnético.

#### *Seguridad:*

- Desconexión de las lámparas defectuosas ó agotadas.
- Protección del equipo eléctrico contra picos de tensión.
- Mayor seguridad contra incendios al reducirse la temperatura del equipo y de la luminaria.
- Posibilidad de conexión a corriente continua para iluminación de emergencia.

**Normativa :**

- Cumplen la norma de distorsión armónica EN 60555-2.
- Cumplen la norma de interferencias electromagnéticas EN 55015 y EN 55022.
- Están homologados según la norma de seguridad EN 60928, que incluye las anteriores mencionadas.

**Ventajas adicionales de los balastos con 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 lámpara, 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, ó del 100 % en el caso de los sistemas digitales cuando el nivel de flujo de las lámparas llega al 1% y se desconectan automáticamente.

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 fluorescente (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

Una vez situado el balasto en su categoría, la siguiente tabla nos indica la potencia máxima de entrada permitida para el conjunto balasto-lámpara para una primera fase, a partir del 20 de Noviembre de 2000, y para una segunda fase, a partir del 20 de noviembre de 2005.

Categoría del balasto	Potencia de la lámpara (W)		Potencia máxima del conjunto (W)	
	50 Hz	HF	1ª Fase	2ª Fase
1	15	13,5	25	23
	18	16	28	26
	30	24	40	38
	36	32	45	43
	38	32	47	45
	58	50	70	67
	70	60	83	80
2	18	16	28	26
	24	22	34	32
	36	32	45	43
3	18	16	28	26
	24	22	34	32
	36	32	45	43
4	10	9,5	18	16
	13	12,5	21	19
	18	16,5	28	26
	26	24	36	34
5	18	16	28	26
	26	24	36	34
6	10	9	18	16
	16	14	25	23
	21	19	31	29
	28	25	38	36
	38	34	47	45

Así para un balasto de categoría 2 y una potencia de lámpara de 36W/50Hz ó 32W/H.F., la potencia máxima del conjunto no sobrepasara 45W en 1ª fase a partir del 20-11-2000 y 43W en 2ª fase a partir del 20-11-2005.

### 6.3.2 Arrancadores.

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.

Conviene mencionar que las lámparas fluorescentes, cuando el equipo auxiliar es un balasto electromagnético, también precisan un arrancador que comúnmente es conocido como cebador. El cebador realiza primero un caldeo de los cátodos para posteriormente iniciar el encendido.

El arrancador 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, tiene que ser la idónea para lo requerido por tipo y potencia.

El arrancador es un componente con una fuente de energía limitada; el que esta energía llegue a la lámpara con la magnitud requerida para su arranque, depende del tipo de arrancador (independiente, mediante balasto) y del cableado (clase de conductor, disposición, etc.) que se realice.

Desde el punto de vista de la eficiencia energética los arrancadores suponen una pérdida entre el 0,8-1,5% de la potencia de la lámpara.

### 6.3.3 Condensadores.

El condensador es el componente que corrige el factor de potencia ( $\cos\phi$ ) a los valores definidos en normas y reglamentos en vigor. En alumbrado su utilización es fundamental con balastos electromagnéticos, ya que la corriente que circula por ellos se halla en oposición de fase con respecto a la corriente reactiva de tipo inductivo de la carga, produciendo su superposición y una disminución de la corriente (y potencia) reactiva total de la instalación.

El resultado final es una reducción de la potencia consumida que se traduce en un menor gasto energético y, por lo tanto, en una mayor eficiencia energética de la instalación. Se puede mencionar que las pérdidas en los condensadores suponen entre el 0,5-1% de la potencia de la lámpara.

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

El conjunto de componentes que forman el equipo auxiliar deben cumplir, tanto individualmente como en conjunto, las normas, reglamentos, directivas, etc., que estén en vigor. En la actualidad debemos tener en consideración:

En balastos electromagnéticos para lámparas fluorescentes:

- Prescripciones generales y de seguridad UNE-EN-60920 (CEI 920).
- Prescripciones de funcionamiento UNE-EN-60921 (CEI 921).

En balastos electromagnéticos para lámparas de descarga a alta presión:

- Prescripciones generales y de seguridad UNE-EN-60922.
- Prescripciones de funcionamiento UNE-EN-60923.
- Para lámparas de vapor de mercurio a alta presión UNE-EN 60.188.
- Para lámparas de vapor de halogenuros metálicos UNE-EN 61.167.
- Para lámparas de vapor de sodio de alta presión UNE-EN 60.662.

En balastos electrónicos de alta frecuencia:

- Prescripciones de funcionamiento EN-60.929.
- Prescripciones generales de seguridad EN-60.928.
- Perturbaciones de los sistemas de alimentación. Armónicos EN-61.000-3-2.
- Compatibilidad Electromagnética. Norma genérica de emisión. UNE-EN-50.081-1
- Compatibilidad Electromagnética. Norma genérica de inmunidad UNE-EN 50.082-1.
- Perturbaciones radioeléctricas de las lámparas fluorescentes y luminarias UNE-EN 55.015.

Todo balasto debe tener marcado, además de las características eléctricas, el  $t_w$  (temperatura máxima de funcionamiento),  $\Delta t$  (incremento de temperatura),  $t_a$  (temperatura máxima de ambiente) y  $\lambda$  (factor de potencia).

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



AENOR-ESPAÑA



ALEMANIA



IMQ-ITALIA



IRAM-ARGENTINA



SLOVAKIA



CENELEC-AENOR

*En arrancadores:*

- Prescripciones generales y de seguridad. EN-60.926.
- Prescripciones de funcionamiento. EN-60.927.
- Para lámparas de vapor de sodio alta presión. EN-60.662.
- Para lámparas de halogenuros metálicos. EN-61.167

*En condensadores:*

- Características técnicas. EN-60252 (CEI 252).

Así mismo, el equipo auxiliar en su conjunto o cada componente debe cumplir:

Directiva comunitaria de aparatos eléctricos y electrónicos, es obligatorio el marcado "CE" (Conformidad Europea), y 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.

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 radiointerferencias o verse afectadas por perturbaciones generadas por otros aparatos de su entorno.

El equipo auxiliar cumplirá con la legislación vigente. Este cumplimiento se garantiza utilizando componentes homologados. También se pondrá especial cuidado en el sistema de montaje, de forma que no existan ni ruidos ni vibraciones que impidan el desarrollo normal de la actividad.

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.

**6.4.- 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 UNE-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 XXX):

- 1ª cifra: grado de estanqueidad al polvo o partículas sólidas.
- 2ª cifra: grado de estanqueidad a los líquidos.
- 3ª cifra: determina la resistencia al impacto.

5. Clase eléctrica.

6. Cumplimiento de la normativa que les aplica.

**6.4.1 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
Intensiva orientable	 Iluminación de acento y decorativa

En coordinación con el tipo de distribución de luz, se tienen que analizar las características de deslumbramiento de la luminaria, según los diagramas de curvas límites de luminancias y las clases de deslumbramiento (ver punto 5.2).

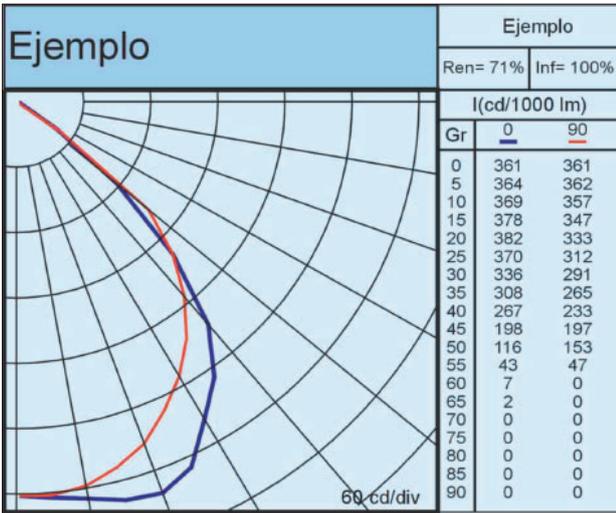
Dependiendo con que tipo de distribución de haz se ilumine un objeto, se obtienen resultados drásticamente distintos. En un objeto con textura, la luz dirigida resaltará sus formas, y la luz difusa las disimulará. En algunos casos es recomendable que las sombras no sean demasiado marcadas, ya que endurece 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 C.I.E. de porcentaje de flujo en el hemisferio superior e inferior de la horizontal, tenemos, los siguientes clases de luminarias:

- Directa: Hemisferio superior del 0 ÷ 10 %, hemisferio inferior 90 ÷ 100 %.
- Semi - directa: Hemisferio superior del 10 ÷ 40 %, hemisferio inferior 60 ÷ 90 %.
- Directa - indirecta / general difusa: Hemisferio superior del 40 ÷ 60 %, hemisferio inferior 40 ÷ 60 %.
- Semi - indirecta: Hemisferio superior del 60 ÷ 90 %, hemisferio inferior 10 ÷ 40 %.
- Indirecta: Hemisferio superior del 90 ÷ 100 %, hemisferio inferior 0 ÷ 10 %.

### 6.4.2 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.



Un diseño de luminaria que combine un elevado rendimiento luminoso y una apropiada distribución de la luz es esencial, si se desea obtener un alumbrado de buena calidad y bajo coste. Por ejemplo, una regleta tiene un rendimiento muy elevado (aproximadamente un 90%), pero su distribución de luz está tan poco controlada, que ocasiona grandes deslumbramientos e instalaciones ineficientes, ya que la luz llega a cualquier superficie en igualdad de condiciones, mientras que no queda privilegiado el plano de trabajo.

Las luminarias que estén destinadas al uso de oficinas necesitarán ser equipadas con dispositivos de control de luz, tales como reflectores, rejillas metálicas o cubiertas prismáticas. Estos dispositivos deben dirigir la luz en aquellas direcciones en las que ésta es necesaria, reduciendo al mismo tiempo su intensidad o eliminándola del todo en aquellas direcciones donde pudiera causar deslumbramiento, además deben hacerlo sin disminuir demasiado el rendimiento luminoso.

#### Luminarias fluorescentes

No se puede dar mucha direccionalidad a la luz producida por una lámpara fluorescente en el sentido longitudinal de la misma, la distribución en este sentido es prácticamente igual en todas las luminarias y no permite una relación interdistancia/altura mayor a 1.5. Sin embargo en la dirección perpendicular al eje de la lámpara, tanto los reflectores, como los paneles prismáticos pueden dar una cierta direccionalidad a la luz. Un reflector de aluminio brillante puede dar una direccionalidad bastante importante en el sentido transversal a

la luz que sale de la luminaria, hasta llegar a conseguir distribuciones fotométricas en forma de "ala de murciélago", o de "haz ancho" o en forma de "Delta". Esta última es la que permite un espaciado transversal entre luminarias mayor, manteniendo el nivel de iluminación más alto y la uniformidad adecuada. Cuando los niveles requeridos son más bajos como puede ser en una sala de conferencias o un pasillo, la distribución que nos permitirá una separación mayor será la de "haz ancho".

Con el fin de limitar el grado de deslumbramiento, los reflectores se combinan con rejillas de lamas. La forma, dimensiones, tipo de material, número de tiras y la posición de la lámpara respecto a la lama determinan, tanto el grado de limitación deslumbramiento obtenido, como el rendimiento luminoso de la luminaria.

Cuando se necesite un apantallamiento riguroso, tanto en la dirección longitudinal como en la transversal, la luminaria debe equiparse con un reflector parabólico y una rejilla de lamas también parabólicas para obtener lo que podemos denominar luminaria de baja luminancia. Si la lama está cerrada por la parte superior conseguiremos mejorar el rendimiento de la luminaria. En cualquier caso con este tipo de óptica sólo conseguimos baja luminancia en los dos ejes principales, el longitudinal y el transversal. Pero los ángulos de 35° a 55°, seguirán proporcionando luminancias muy elevadas. Aunque el ojo del trabajador, si la disposición de las mesas es la adecuada, quedará protegido de las posibles luminancias directas, en los dos ejes principales, no ocurrirá lo mismo con los posibles brillos que aparecerán en las pantallas de los ordenadores. Normalmente las pantallas de ordenador en cima de una mesa se posicionan a los 45,° más o menos, respecto a la posición de la mesa en función de las luminarias, lo que significa que en la pantalla reflejará hacia mis ojos los puntos de máxima luminancia, causando molestias importantes e incluso, en algunas ocasiones, impidiendo la realización de la tarea.

Las rejillas en forma de malla cuadrada o romboidal harán descender aún más el brillo de las luminarias, pero a costa de reducir en un grado elevadísimo el rendimiento de la luminaria.

En este sentido se ha hecho grandes esfuerzos por parte de los diseñadores de ópticas, para conseguir una forma que permita en control de la luminancia adecuado en todos los ángulos, sin que esto reduzca el rendimiento de la luminaria, es más, intentándolo incrementar respecto a las lamas en forma de "V". El éxito de esta investigación fue el desarrolló de una óptica de control de deslumbramiento omnidireccional. Lo que se ha conseguido dando una forma especial a la lama es aumentar el rendimiento de la luminaria hasta el 85%, a la vez que en los 360° se mantienen niveles de luminancia por debajo de las 200 cd/m<sup>2</sup>.

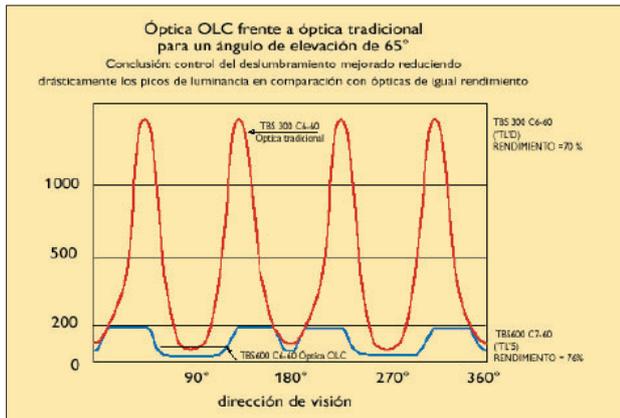
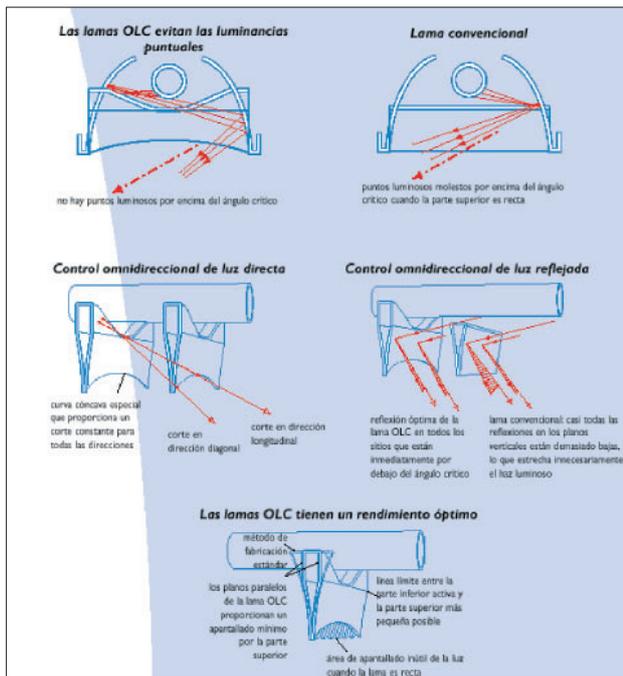


Figura 19. Explicación del control de luminancia de una óptica de control omnidireccional. En la parte derecha se compara en los 360° (eje horizontal) la luminancia en cd (eje vertical) de una buena óptica tradicional en forma de "V", color rojo, respecto a la luminancia de una óptica OLC, color azul. Puede observarse que la figura azul no sobrepasa los 200cd para ninguno de los 360°.

### 6.4.3 Sistemas de montaje

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

- Empotradas.
- Suspendidas.
- Adosadas a techo o paredes.
- De sobre mesa o pie.

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

### 6.4.4 Grado de protección (IP XXX)

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 establecerlo en un IP54 o IP55.

### 6.4.5 Clase eléctrica

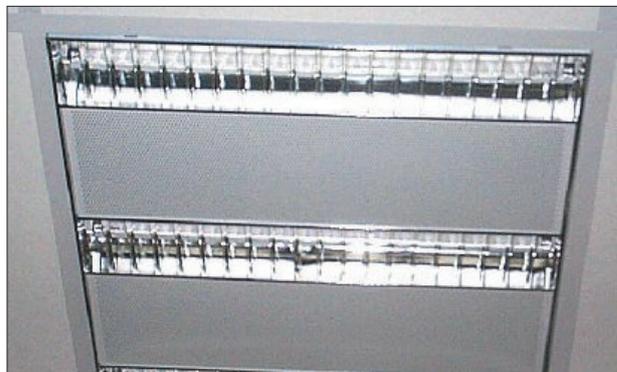
Se utilizarán luminarias como mínimo de clase I, según EN 60598.

### 6.4.6 Cumplimiento de la normativa que les aplica

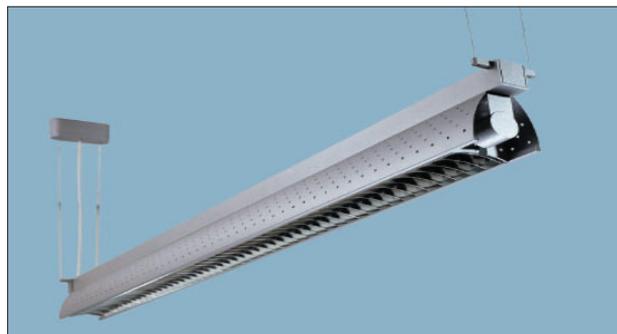
Por las condiciones operativas, las luminarias cumplirán lo demandado por la legislación vigente para cada dependencia.

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 interesante para las áreas más comunes.

- 1.- Luminarias de adosar con ópticas de aluminio especular o semimate para lámparas fluorescentes lineales o compactas. Iluminación general de oficinas tipo Colmena y Club.



- 2.- Luminarias de adosar / suspender con óptica especular, mate o decorativa para lámparas fluorescentes lineales. Uso en alumbrado local para oficina tipo Club, Colmena, Celda y Reunión. Usaremos óptica especular en donde puedan aparecer problemas de deslumbramiento.



3.- Luminarias de adosar en techo o pared con ópticas especulares o difusa para lámparas fluorescentes lineales o compactas. En las oficinas tipo Club y Colmena se usarán ópticas especulares, mientras que en los Lobby y oficinas tipo Celda podremos usar ópticas difusas



4.- Downlights de empotrar para lámparas fluorescentes compactas o lámparas de descarga. Para zonas representativas como áreas de entrada, cafeterías, pasillos, etc usaremos ópticas decorativas, y en las oficinas tipo Club , Celda y Colmena insertaremos ópticas antideslumbramiento.



5.- Luminarias estancas para fluorescentes lineales. Iluminación general de almacenes, cocinas, archivos, etc.



6.- Luminarias estancas de interior o zonas cubiertas para lámparas de descarga elipsoidal mate. Iluminación general de almacenes, talleres, etc.



7.- Luminarias tipo proyector equipada con lámpara de descarga alta presión, para iluminación exterior de la fachada o bien interiores con Hall de gran altura..



8.- Luminarias tipo viario para lámparas de descarga tubular clara. Iluminación de aparcamientos, accesos, etc.



### 6.5.- Tipos de sistemas de regulación y control

Se distinguen 4 tipos fundamentales:

- Regulación de la iluminación artificial según aporte de luz natural por ventanas, cristaleras, lucernarios o claraboyas.
- Control del encendido y apagado según presencia en la sala.
- Regulación y control bajo demanda del usuario por pulsador, potenciómetro o mando a distancia.
- 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.

### 6.6 La luz natural

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

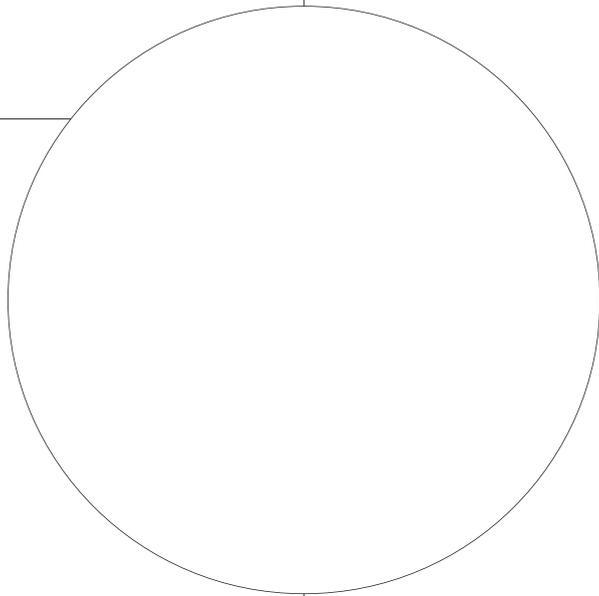
La luz natural que penetra a través de las ventanas, pueden crear una variación agradable en el alumbrado y facilitar un modelado y una distribución de luminancias específicas en el interior. Todo ello contribuye a un sentimiento general de satisfacción visual experimentada por los trabajadores, siempre y cuando no exista deslumbramiento por parte del sol, del cielo o de las propias ventanas cuando las salas son muy profundas.

Las ventanas que puedan originar deslumbramiento, necesitan que el alumbrado eléctrico en la zona adyacente a la luz natural sea incrementado de nivel, con objeto de compensar la alta luminancia de las venta-

nas. Podríamos evitar dicho deslumbramiento mediante la utilización de cristales tintados de baja transmitancia, persianas, rejillas o mamparas.

La luz natural que incide en el plano horizontal de trabajo, decrece rápidamente con la distancia desde las ventanas. La profundidad de penetración depende de las dimensiones de las ventanas, tipo de cristales, y línea de cielo exterior. En la mayoría de las instalaciones de oficinas puede estimarse que la luz natural pueda sustituir al alumbrado artificial hasta una distancia de 4m desde las ventanas y durante la mayor parte del año. Sustanciales ahorros de energía y costes pueden por tanto alcanzarse mediante la regulación o conmutación del alumbrado artificial, en función de la luz natural disponible. Si el alumbrado natural se conmuta por etapas no debe reducirse antes de que la iluminancia exceda en 1.5 veces el valor de diseño recomendado ( ver capítulo 7)





7

## Parámetros de iluminación recomendados





## 7. Parámetros de iluminación recomendados

### 7.1 Iluminancia

Muchas normas dan recomendaciones para tareas visuales específicas (en mesas de oficinas), así en el pasado en oficinas, verdaderamente se ponía el acento en aquellas tareas que realmente se llevaban a cabo sobre las mesas.

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 dependencia o actividad	Iluminancia media Horizontal (lux)	Clase de calidad al deslumbramiento	Índice de reproducción cromática (Ra)
Cartografía	700	B	70-85
Dibujo técnico	700	B	80-90
Sala de ordenadores	400	B	70-85
Secretaría	500	B	70-85
Compras- ventas	500	B	70-85
Administración	500	B	70-85
Contabilidad	500	B	70-85
Publicidad	500	B	70-85
Facturación	500	B	70-85
Oficina personal	500	B	70-85
Servicios jurídicos y financieros	500	B	70-85
Cálculo	500	B	70-85
Organización	500	B	70-85
Despachos de gerencia y dirección:	500	B	70-85
Sala de conferencias	300	C	70-85
Recepción	300	C	70-85
Despachos atención al público	300	C	70-85
Laboratorios	500	B	70-85
Talleres	500	B	70-85
Cámaras acorazadas	400	C	70-85
Archivo	200	C	70
Centralita	300	C	70
Correos	300	C	70
Cocina	300	C	70-85
Locales auxiliares	150	C	70
Áreas de servicio	150	C	70
Recepción / expedición	150	C	70
Sala de exposiciones	200	-	90
Sala de demostraciones	100 - 1000	-	90
Sala de conferencias	300	C	70-85
Sala de visitas	300	C	70-85
Sala de descanso	200	C	70-85
Cafetería/comedor	200	C	70-85
Vestíbulos	200	C	70-85
Pasillos	150	C	70-85
Aseos	150	D	70-85
Almacenes	100	D	70

Como ya se ha mencionado en el 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. 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 al determinar los niveles de iluminación, de tal forma que los proyectistas puedan diseñar a medida sistemas de alumbrado 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 una condición de 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 activi

dades 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 ésta el proyectista o el usuario puede 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
Detalle de la tarea	facil	moderadamente difícil	difícil

*Ejemplo de elección de iluminancia:*

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:

- -2 por la edad de los trabajadores
- 0 por la velocidad u precisión
- 0 por la dificultad de la tarea.

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=560lux.

**7.2 Uniformidad**

En el caso del alumbrado general, la relación de iluminancia mínima media debe ser mayor que 0.8, sólo 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 350lux. 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.

**7.3 Limitación del deslumbramiento**

El sistema de curva de luminancia descrito con anterioridad, ofrece una sencilla salvaguarda contra el control inadecuado de deslumbramiento en muchas situaciones comunes.

La Clase de Calidad B del Sistema de Curvas de Luminancia constituye el estándar mínimo para oficinas normales. Los límites de la Clase de Calidad A deben observarse para aquellas oficinas que requieren alumbrado de alta calidad.

Los ángulos mínimos de apantallamiento para luminarias de fluorescencia cuyas lámparas o parte de las mismas son visibles, se dan en la tabla siguiente. Desde luego, si el local es tan pequeño que el problema de ver las luminarias desde los ángulos críticos no se presenta, no es necesario el apantallamiento.

Clases de calidad de limitación de deslumbramiento	Angulo de apantallamiento	
	dirección transversal al eje de la lámpara	dirección longitudinal de la lámpara
A y B	25°	20°

*Factor de rendimiento de contraste CRF*

Para aquellas oficinas en que las tareas a realizar puedan presentar reflexiones de velo o deslumbramiento reflejado, puede tenerse en cuenta el factor de Rendimiento en Contraste.

El CRF para la tarea de referencia (CRFR), debe tener entonces valores de:

- 0.8 para puestos de trabajo donde se utilicen materiales mates.
- 0.9 para puestos de trabajo donde se utilicen materiales semisatinados.
- 1 para puestos de trabajo donde se utilicen predominantemente materiales satinados.

**7.4 Propiedades de color**

Las fuentes de luz del grupo 1A y 2A, es decir, con un índice de reproducción cromática superior a 80, son las recomendadas en todo tipo de oficinas.

La temperatura de color deberá elegirse según el proyecto.

**7.5 Parámetros de iluminación recomendados para diferentes tipos de oficinas**

La aplicación de las recomendaciones estándar en cuanto al nivel de iluminación (es decir, CIBSE, BSI, o en el futuro CEN), es por tanto, relativamente sencillo. Estas recomendaciones especifican los niveles mínimos requeridos, aunque con frecuencia se adoptan como los niveles máximos necesarios. En este sentido, conviene saber que los exhaustivos estudios sobre preferencias y grados de aceptación llevados a cabo en oficinas reales arrojaron valores muchos más altos, con una preferencia de iluminancia media con luz artificial de 800 a 900 lux. A este nivel hay que añadir el de luz natural incidente en la oficina.

### 7.5.1- 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. Luminarias bien apantalladas pero de haz ancho, preferiblemente con ópticas OLC, contribuyen a crear un agradable ambiente visual.

El sentido longitudinal de las luminarias debe coincidir con la dirección principal de visión de la mayor parte de los empleados.

Los sistemas de control normalmente se limitan a regular la línea próxima a las ventanas, a la detección de presencia para grandes áreas y conmutación central. La primera línea de luminarias debe empezar paralela a la ventana a una distancia máxima de 1.0m para un buen modelado.

Se recomienda luz de acento sobre elementos arquitectónicos y estéticos. Una línea de luminarias debe quedar próxima a las paredes. Cuanto más iluminadas están las paredes, más agradable es el área de trabajo.



Requerimientos técnicos	
Nivel general	500 - 1000 lux
Temperatura de color	3000 - 4000 K
Rendimiento en color	Ra > 80
Uniformidad	Alta
Control deslumbra.	Cat2, BAP60

*Nota: Cat2 y BAP60 es un tipo de luminaria con unas determinadas características de control de deslumbramiento, según el método CIBSE LG3 y método DIN 5035/7, respectivamente.*

### 7.5.2- Club

En lo que se refiere a la oficina tipo CLUB, hemos visto como se desarrollan innumerables tareas de muy diversa índole, en muchos momentos diferentes, en ocasiones por distintas personas, en el mismo puesto de trabajo. De ahí que la aplicación de las recomendaciones estándar no resulten en este caso tan sencillas.

La oficina CLUB dotada de infraestructura avanzada exige una iluminación altamente flexible que pueda ser controlada de forma individual por los trabajadores. En lo que respecta a los niveles mínimos necesarios, aplicables siempre que haya presente un empleado, podemos consultar las recomendaciones estándar, y comprobamos que se ajustan perfectamente a este fin. En cuanto a los niveles de iluminación individuales, sin embargo, proponemos que la cantidad de luz adicional que se debe suministrar con los modernos sistemas flexibles, ha de estar en línea con los valores mínimos expresados en los estudios de preferencias antes mencionados: de 800 a 900 lux además del nivel de luz natural disponible en la oficina.

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.

Los empleados de una oficina tipo CLUB tienen a su disposición diferentes áreas de trabajo (para una óptima concentración y comunicación). El nivel general de iluminación varía desde moderado a alto, dependiendo de la tarea en las distintas zonas y las preferencias personales.

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 el reflejado es crucial. Luminarias de haz ancho o luminarias de distribución directa/indirecta pero bien apantalladas crearán un agradable ambiente visual.

El sentido longitudinal de las luminarias debe coincidir con la dirección principal de visión de la mayor parte de los empleados.

Los sistemas de control se limitan a regular la línea próxima a las ventanas, a la detección de presencia para grandes áreas y conmutación central y regulación para las sub-áreas.

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	
Nivel General	300 - 1000 lux
Temperatura de Color	2700 - 4000 K
Rendimiento en Color	Ra > 80
Uniformidad	Alta
Control deslumbr.	Cat3, BAP60

*Nota: Cat3 y BAP60 es un tipo de luminaria con unas determinadas características de control de deslumbramiento, según el método CIBSE LG3 y método DIN 5035/7, respectivamente.*

### 7.5.3- 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. En los casos donde su contribución sea muy baja, habrá que incrementar los niveles.

La uniformidad en la iluminancia debe ser buena para una máxima flexibilidad. El control del deslumbramiento directo es crucial, mientras que los reflejos en las pantallas de ordenador raramente suceden. Luminarias de haz ancho o de distribución directa/indirecta contribuirán a crear un ambiente agradable, consiguiendo un buen modelado (adecuado balance entre la iluminancia vertical y la horizontal)

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 personalizado). La interdistancia entre luminarias se debe limitar para no producir grandes diferencias en la iluminancia vertical. Luz de acentuación sobre los cuadros u otros objetos decorativos puede realzar el ambiente visual



Requerimientos técnicos	
Nivel general	500 - 750 lux
Temperatura de Color	3000 - 4000 K
Rendimiento en color	Ra > 80
Uniformidad	Moderada
Control deslumbr.	Cat3, BAP60

### 7.5.4- 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 o funcional, la iluminación determinará su atmósfera. Una iluminación adecuada podrá realzar la imagen que se desear. 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 impresionar a los visitantes. La luz de acentuación puede ser tan importante como la funcional.

La iluminación en un LOBBY debe ser adecuada, prestando especial atención a los planos verticales en aquellas zonas donde suele reunirse la gente. Allí donde el LOBBY tenga una función representativa, la iluminación debe ser más arquitectónica que funcional.

Dependiendo de las dimensiones del LOBBY y de la imagen que se pretenda mostrar, se seleccionaran las luminarias a utilizar. Una guía visual la crearemos mediante luminarias con accesorios decorativos. El aspecto de los lobbys 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 que 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	
Nivel general	200 - 500 lux
Temperatura de Color	2700 - 5300 K
Rendimiento en Color	Ra > 80
Uniformidad	Moderada
Control deslumbra.	Sin determinar

### 7.5.5- Reunión

Las áreas de REUNIÓN están destinadas a empleados que trabajan juntos, normalmente de modo temporal. La comunicación entre ellos es esencial. Las salas de reuniones tradicionales pertenecen la función REUNIÓN, pero también forman parte de este concepto las zonas de recepción, las salas de video-conferencia, así como las mesas de reunión dentro de una oficina o la sala de espera de un LOBBY.

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.

Dado que la comunicación es la tarea esencial en una sala de REUNIONES, todo el espacio está optimizado para dicha función.

El nivel general de alumbrado podrá variar desde moderado a alto (para salas interiores), la posibilidad de regulación y la flexibilidad del alumbrado es esencial para la realización de las diversas tareas.

Podremos pasar de un ambiente simplemente funcional, creado mediante la instalación de luminarias de haz ancho o un ambiente más agradable y elegante, añadiendo luminarias decorativas. Una instalación múltiple permitirá mayor flexibilidad al usuario de la sala.

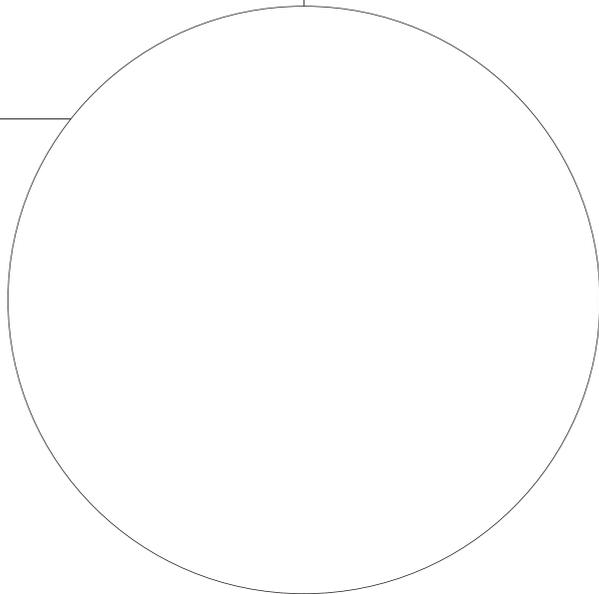
El deslumbramiento directo debe estar controlado para que durante las reuniones el ambiente visual sea confortable. Para una óptima visión de las pizarras usaremos luminarias asimétricas. Los sistemas de control utilizados para crear diferentes escenas en la sala de reunión deberán ser de fácil manejo,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

Una sala de reuniones representativa tendrá diversidad de fuentes de luz instaladas, algunas de las cuales están sólo para enfatizar el conjunto del ambiente visual.



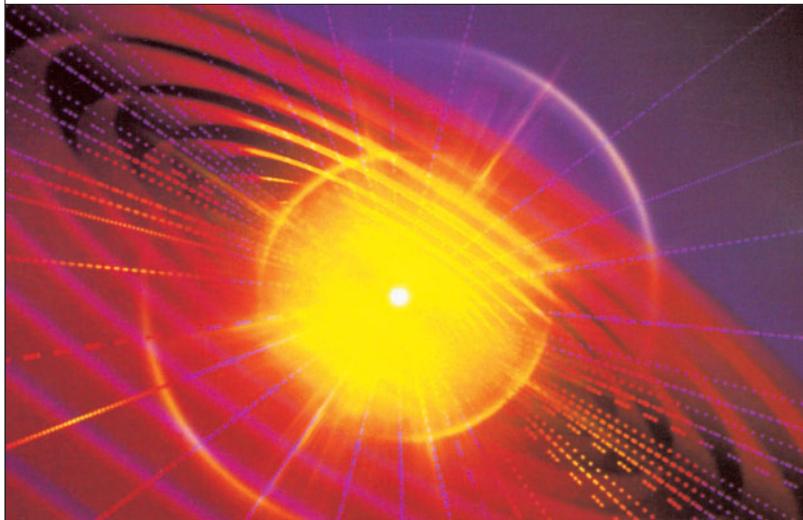
Requerimientos técnicos	
Nivel general	300 - 1000 lux
Temperatura de Color	2700 - 4000 K
Rendimiento en Color	Ra > 80
Uniformidad	Moderada
Control deslumb.	En función de tarea





8

## Índice de eficiencia de los sistemas de iluminación





# 8. Índice de 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 reflexiones.

## 8.1.- Índice de eficacia de lámparas recomendado

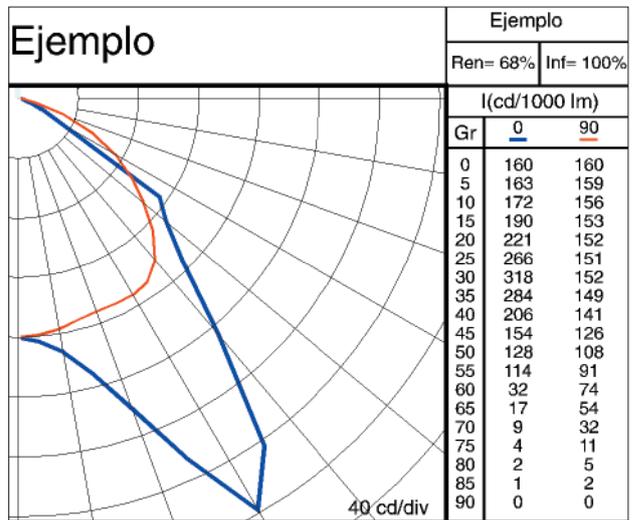
En las oficinas con carácter general, se deben utilizar lámparas con una eficacia  $\geq 60$  lúmenes / Watio. Este rendimiento se debe cumplir independientemente a la calidad cromática requerida por la instalación.

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

## 8.2.- Índice de rendimiento de luminarias recomendado

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

Tipo de luminaria	Rendimiento mínimo
Abierta	60%
Cerrada	50%



Las luminarias de alumbrado exterior tipo proyección su rendimiento total será 60%, las de alumbrado decorativo 55% y las de tipo viario 65%.

Se admitirán excepcionalmente luminarias con un rendimiento inferior al establecido, en iluminaciones de zonas singulares que así lo demandan.

### 8.3.- Índice de consumo propio de equipos recomendado

El consumo propio del conjunto de equipo auxiliar (balasto, arrancador, condensador), no podrá sobrepasar los siguientes porcentajes:

Lámparas fluorescentes	Tabla consumos máximos del Capítulo 6
Lámparas de descarga < 150 W	10%
Lámparas de descarga > 150 W	15%
Coseno $\phi$ del conjunto	> 0,9

### 8.4.- Factores de reflexión recomendados

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

Se pueden considerar los siguientes valores de reflexión:

Superficie	Valores de Reflexión
Techos	0,70 - 0,80
Paredes	0,50 - 0,70
Mamparas	0,40 - 0,70
Suelos	0,10 - 0,30
Muebles	0,30 - 0,50

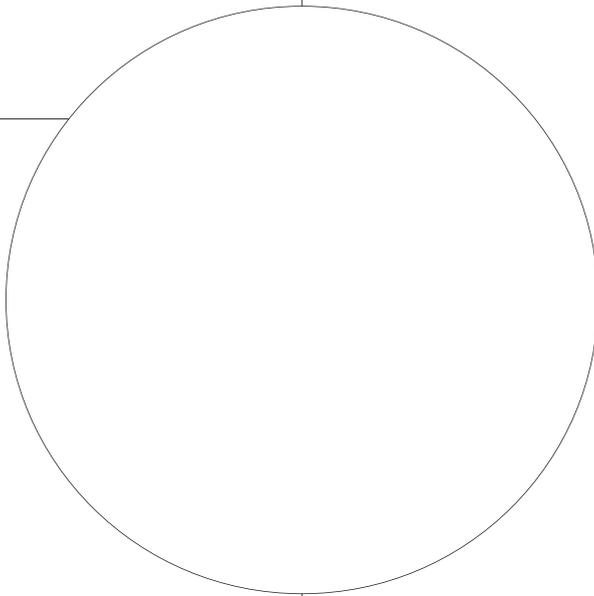
### 8.5.- Coeficiente de utilización mínimo

Se considera coeficiente de utilización de una instalación de iluminación, al 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 de 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: 0.55-0.8





9

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





## 9. Criterios de eficiencia energética en la instalación, explotación, mantenimiento, control y gestión energética

### 9.1.- 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. Con este objeto resulta aconsejable el fraccionamiento de la maniobra de los distintos circuitos de un mismo local, mediante interruptores debidamente señalizados, es decir, desde el punto de vista de la eficiencia energética en la explotación de la instalación de iluminación, es fundamental la zonificación o parcialización de circuitos.

Hay que destacar en el aspecto de la selectividad de la instalación, la importancia de que las luminarias deberán estar conectadas a varios circuitos, separando las que se encuentran próximas a las ventanas, de tal manera que permita controlar el encendido de éstas de forma independiente del resto de luminarias.

### 9.2.- Sistemas de regulación y control

En determinados tipos de oficinas, como pueden ser el tipo Reunión ó el tipo Club, resulta imprescindible el 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 además de sistemas automáticos centralizados que regulen el nivel de iluminación interior en función del existente en el exterior.

La implantación de sistemas de 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 períodos de actividad, o según el tipo de actividad cambiante a desarrollar.

Se distinguen 4 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 por ventanas, cristaleras, lucernarios o claraboyas.
- 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 65%, dependiendo del tipo de instalación.

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 hacerles partícipes de la iniciativa, para evitar rechazos que puedan derivar en problemas laborales, ya que algunos pueden sentirse coaccionados ante acciones de control.

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 la ha dejado fuera de servicio.

#### *1- 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. Esto es raramente realizado en la práctica.

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 la persona 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 un 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 tiempos libres. 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.

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

#### *2- Control de iluminación artificial mediante controladores de luz natural.*

La luz natural que penetra a través de las ventanas pueden 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.

Sin embargo las ventanas que puedan originar deslumbramiento, necesitan que el alumbrado eléctrico en la zona adyacente a la luz natural sea incrementado de nivel, con objeto de compensar la alta luminancia de las ventanas. Podríamos evitar dicho deslumbramiento mediante la utilización de cristales tintados de baja transmitancia, o persianas, rejillas o mamparas.

En la mayoría de las instalaciones de oficinas puede aprovecharse la luz natural hasta una distancia de unos 4m desde las ventanas y 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 ésta tenga una apariencia en color próxima a la de la luz natural tras ser tamizada por los cristales, así mismo cuando el nivel de luz natural sea excesivo se debe reducir con toldos, apantallamientos, cristales opales, o persianas.

No obstante, la luz natural puede aportar incrementos en la eficiencia del sistema de iluminación, en particular cuando se combinan 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.

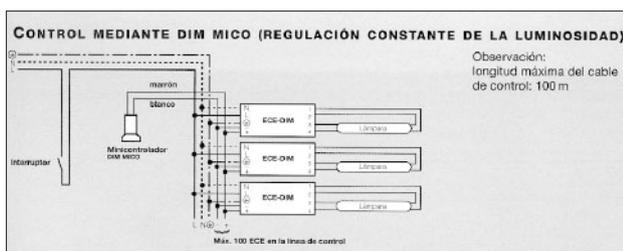
Un sensor de luz, colocado habitualmente en el techo, mide la cantidad de luz natural que reciben las mesas situados debajo de él, y ajusta automáticamente la aportación de luz artificial necesaria para la correcta realización de la tarea que se desarrolla.

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 de alta frecuencia regulables, que controlados por una fotocélula, hace variar la aportación de flujo luminoso emitido por las lámparas en función de la variación de la luz natural.



### 3- 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:

- Infrarojos
- 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.

### 4- 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 sea 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 olvidadas encendidas.

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

- Cada oficina o zona, por separado debe tener sus propios interruptores de control.
- 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, como por ejemplo mesas de dibujo, deben tener circuitos de alumbrado independientes.
- Las luminarias adyacentes al plano de ventanas deben conectarse en grupos conmutados separadamente.

*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 permite 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.

**9.3.- Mantenimiento**

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

Los valores iniciales de iluminancia pueden volver a alcanzarse 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, 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, y dependerá del grado de mantenimiento realizado sobre la instalación.

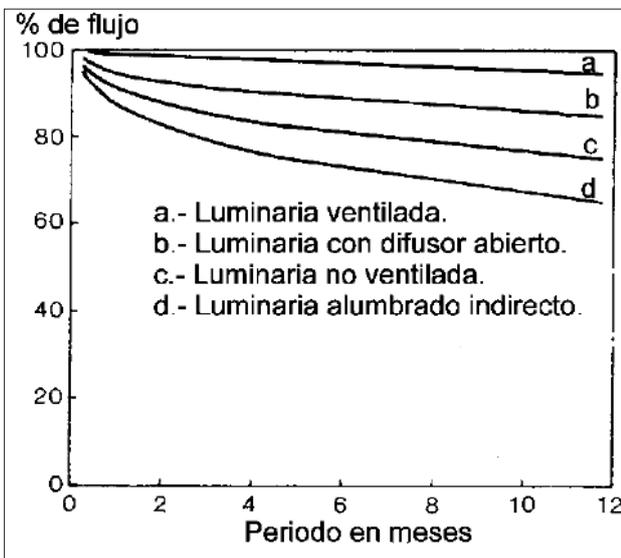
LUMINANCIA RECOMENDADA BASADA SOBRE	FLUJO LUMINOSO DE LA LÁMPARA EMPLEADA	FACTOR DE DEPRECIACIÓN DEL FLUJO DE LA LÁMPARA	CATEGORÍA DEL LOCAL	FACTOR DEPREC. LUMINARIA Y SUPERFICIES DEL LOCAL	FACTOR TOTAL DE PERDIDA DE LUZ
<b>Valor mínimo de iluminancia</b>	Valor inicial nominal (100 h.)	0,8	Limpio	0,85	0,7
	Valor al final de la vida (70% vida prevista)	1	Normal	0,75	0,6
			Sucio	0,6	0,5
<b>Valor en servicio de iluminancia</b>	Valor inicial nominal (100 h.)	0,9	Limpio	0,9	0,8
	Flujo nominal para el proyecto (2000 h)	1	Normal	0,8	0,7
			Sucio	0,7	0,6

### 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 de las mismas 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 debido a la suciedad en distintos tipos de luminarias.



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

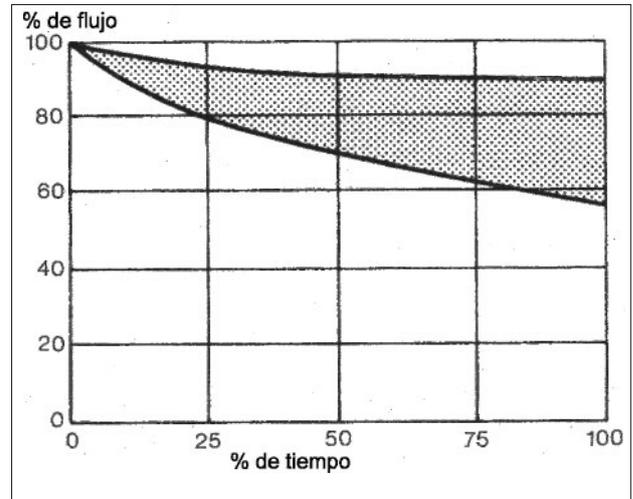
La realización de una limpieza programada a intervalos regulares, nos permitirá mantener de una forma más constante los niveles de iluminación de una sala.

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 lámparas disminuye con el tiempo, siendo diferente de unas lámparas a otras. Existen lámparas 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.



Las lámparas han de ser sustituidas al final de la vida útil indicada por el fabricante. Aunque la lámpara siga luciendo, el rendimiento lumen/Watio 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 ésta y no el arrancador el que debe ser cambiado. En un circuito de encendido de una lámpara fluorescente 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.

#### 9.4.- 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 continuo 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.

Si el gestor desconociese la potencia instalada, debe estimar el consumo de la siguiente forma: la potencia instalada es igual al número de luminarias instaladas por la potencia de las lámparas que incorpora, incrementada en la potencia por el equipo auxiliar, si lo tuviere. Esto es debido a que las lámparas de descarga, incluyendo los tubos fluorescentes, necesitan un balasto para su funcionamiento, y este tiene un consumo propio.

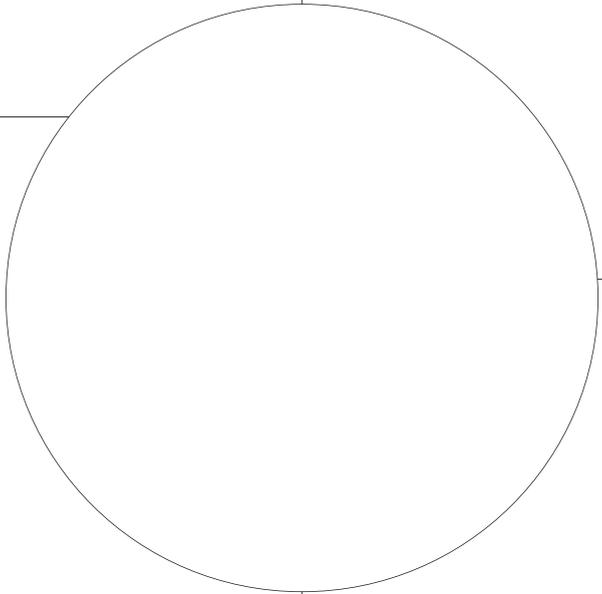
Los Watios consumidos por la luminaria, pueden estar especificados por el fabricante; la alternativa a la ausencia de este dato sería:

- Para luminarias con lámparas fluorescentes, multiplicar por 1,25 la potencia total de las lámparas existentes en las luminarias.
- Para las luminarias con lámparas de descarga, multiplicar la potencia de las lámparas instaladas por 1.1.
- Para las luminarias con lámparas de filamento, salvo las que utilicen reguladores o transformadores, multiplicar la potencia de las lámparas por 1.0.
- Para las luminarias que incorporen equipos electrónicos de alta frecuencia, consultar los datos al fabricante.

En el caso de existencia de reguladores o transformadores, será necesario añadir el consumo de éstos al propio de la lámpara.

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

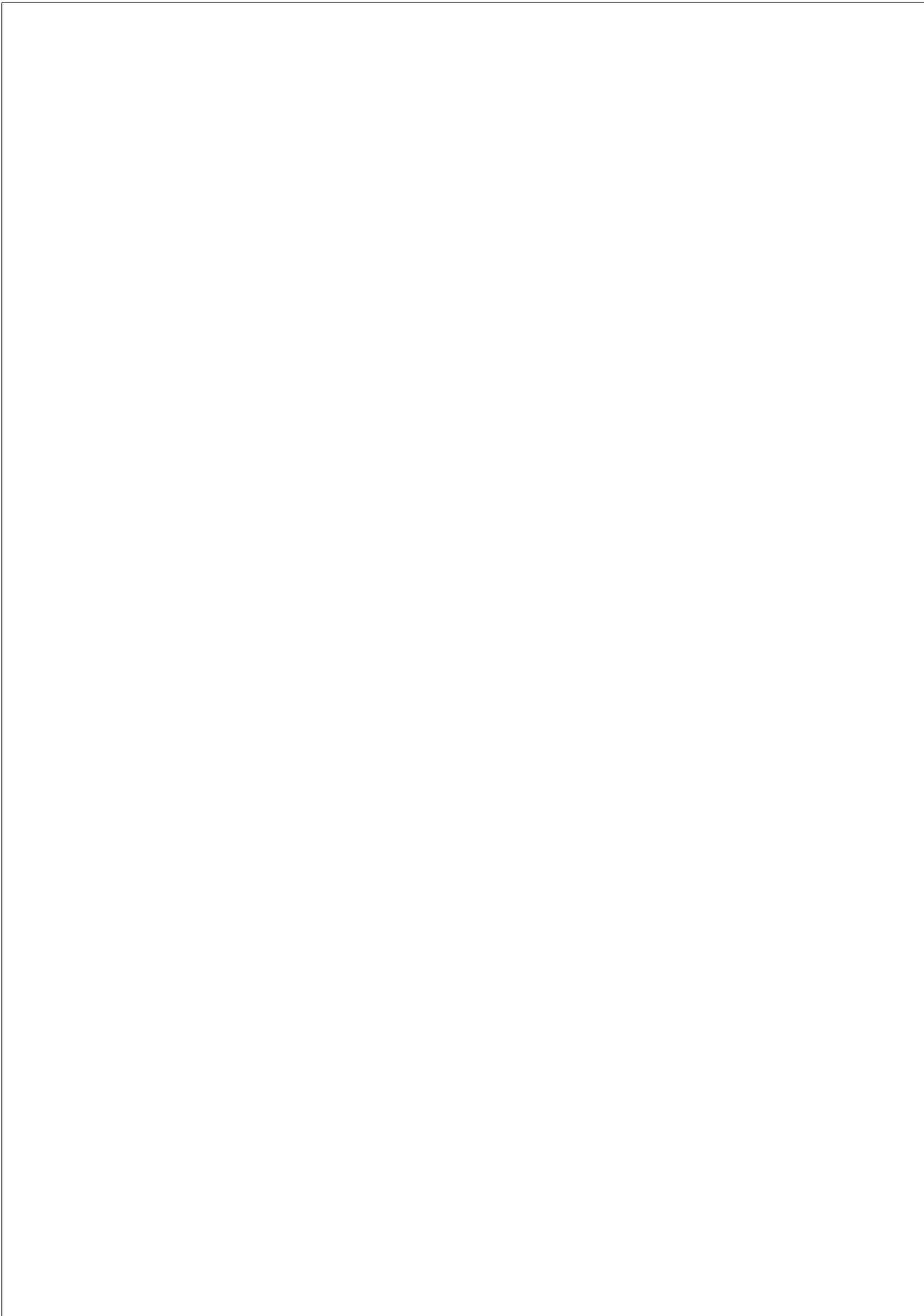




10

## Índice de eficiencia energética





## 10. Índice de eficiencia energética

El 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 auto-control del trabajo realizado.

El índice de eficiencia energética se puede expresar en función los vatios instalados por metro cuadrado, para un nivel de iluminación determinado y referenciado a 100 lux.

$$\text{IEE} = \text{W/m}^2 \times 100 \text{ lux}$$

Ejemplo:

Supongamos que en un despacho de 30 m<sup>2</sup>, se han utilizado luminarias para la iluminación general, cuya potencia eléctrica total (lámpara + equipo) resultante es de 1440 W, para obtener una iluminación de 1500 lux.

El cociente entre la potencia eléctrica y la superficie (1440/30) es de 48 W/m<sup>2</sup> de donde :

$$\text{IEE (W/m}^2 \cdot 100 \text{ lux)} = 48 \times \frac{100}{1500} = 3,2$$

Este índice nos ayuda a evaluar el proyecto energéticamente, ya que al calcular la potencia total instalada por m<sup>2</sup>, en función del nivel de iluminación que se desea conseguir, tiene en cuenta tanto la eficacia de las lámparas, como las pérdidas de los equipos empleados para el funcionamiento de las mismas, en el caso que

sean necesarios, así como el factor de utilización de la luminaria elegida y no sólo su rendimiento. Cuanto más eficiente sea el conjunto menor será el índice de eficiencia energética.

Es evidente que tendremos que tener en cuenta el número de horas de funcionamiento de la instalación para ser más o menos estrictos a la hora de usar este índice como criterio de elección del sistema, ya que tendrá mayor importancia cuanto mayor sea el número de horas de funcionamiento. Como ejemplo, podemos considerar una Sala de Reuniones y una oficina tipo Colmena.

En el primer caso, podemos establecer dos o tres horas de funcionamiento diarias, y de éstas buena parte del tiempo podremos tener la instalación regulada al menos en el 50% de su potencia total, para permitir que las presentaciones ya sea de transparencia, vídeo, o presentaciones power point, puedan seguirse adecuadamente.

En el segundo caso, las horas de funcionamiento diarias variarán entre 8 y 12h, ya que muchos trabajadores pueden estar en su puesto más de 8 horas y que tras el trabajo de oficinas actuará el equipo de limpieza del edificio.

Se puede comprobar que el número de luminarias necesarias y por tanto los vatios instalados por m<sup>2</sup> para conseguir el mismo nivel de iluminación son mayores en locales de dimensiones pequeñas que en los de grandes dimensiones. Así pues, el IEE será mayor en oficinas tipo Celda que en las tipo Colmena.

El IEE depende en gran medida del factor de utilización. El factor de utilización es aquel que nos relaciona el flujo que incide sobre el plano de trabajo, con respecto a flujo que proporcionan las lámparas instaladas. Depende de las características fotométricas de la de luminaria y de las dimensiones de local, así como de los factores de reflexión de techos paredes y suelo.

Tras hacer un estudio de diferentes luminarias en locales pequeños y grandes podemos establecer variaciones del factor de utilización de:

Oficinas pequeñas: 0.33-0.50

Oficinas grandes: 0.55-.0.8

Cuanto mayor sea el factor de utilización menor será el flujo necesario a instalar y por tanto obtendremos un mejor índice de eficiencia energética.

Tanto para oficinas tipo Colmena, como para las de tipo Celda e incluso para la iluminación general de las de tipo Club (en ésta ha de tenerse en cuenta, que por la flexibilidad con la que se dota a la instalación, no tendremos toda la potencia total encendida al mismo tiempo), el menor índice de eficiencia energética se conseguirá con pantallas equipadas con lámparas T5, es decir de 16mm de diámetro, por la gran eficacia de estas lámparas y del sistema, ya que trabajan siempre con equipo electrónico. Y a su vez con las ópticas diseñadas especialmente para ellas con control omnidireccional de las luminancias y una perfecta distribución de luz en el plano de trabajo. Que como ya se mencionó al tratar las ópticas nos permite una mayor separación entre luminarias disminuyendo la potencia total instalada.

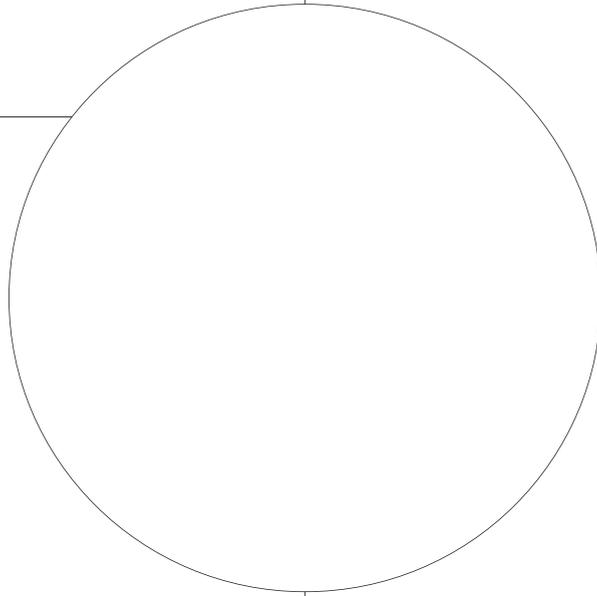
Como se ha mencionado anteriormente, en las Salas de Reuniones la importancia del índice es tanto menor cuanto mayor sea la necesidad de crear diferentes ambientes, en los que no se mantenga toda la instalación encendida a la vez, así como cuanto menor sea el tiempo de utilización de la sala.

En lo que se refiere a pasillos y zonas comunes, también habrá que diferenciar entre aquellas zonas con un gran número de horas de encendido de las de menores tiempos de utilización, así como la importancia de ser una zona representativa de la oficina o tratarse de un elemento puramente funcional.

En función de todos estos datos podemos establecer los siguientes índices de eficiencia energética:

Tipo	IEE óptimo	IEE medio	IEE máximo
COLMENA	1,5	3,5	4,5
CELDA	2,5	4,0	5,0
CLUB	2	3,5	5
REUNIÓN	...	...	...
LOBBY	3	4	5





11

## Procedimiento para la realización de un proyecto energéticamente eficiente

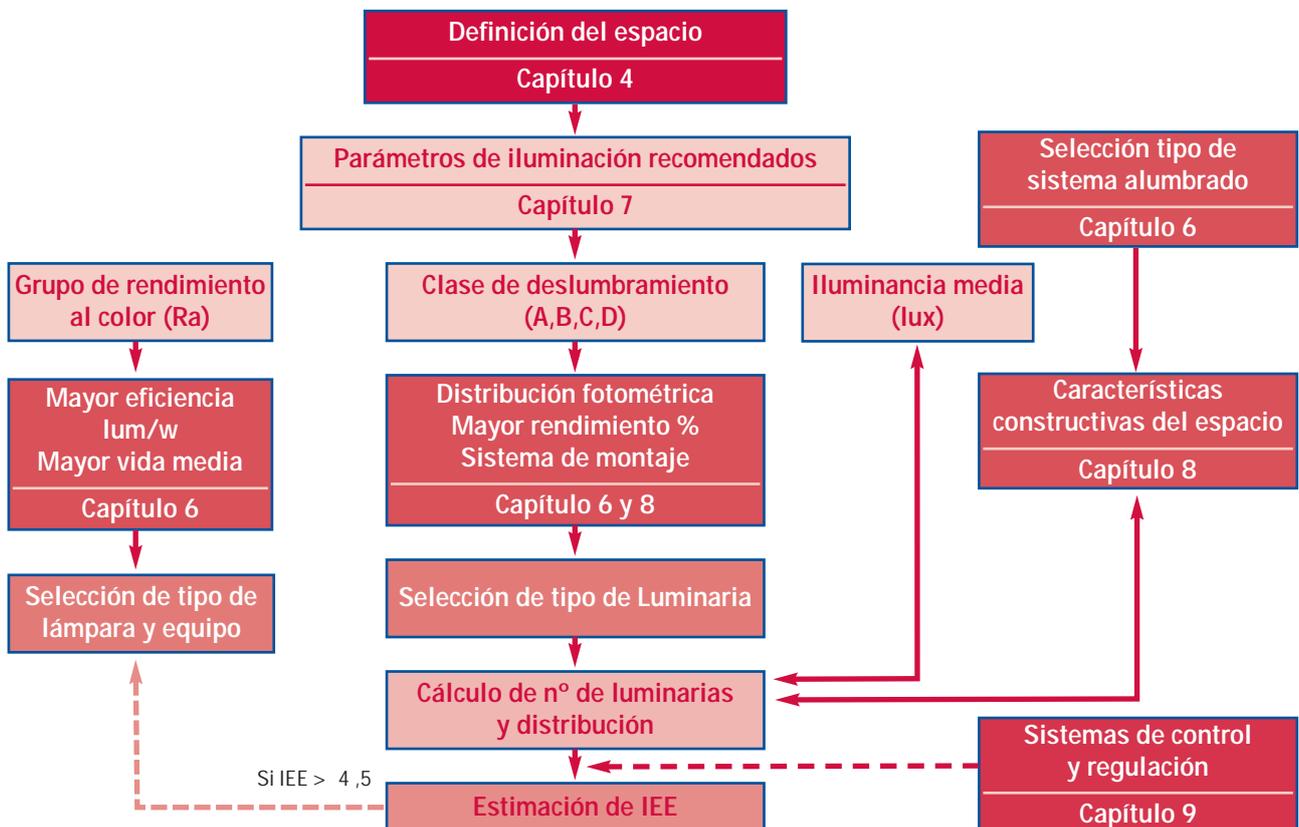


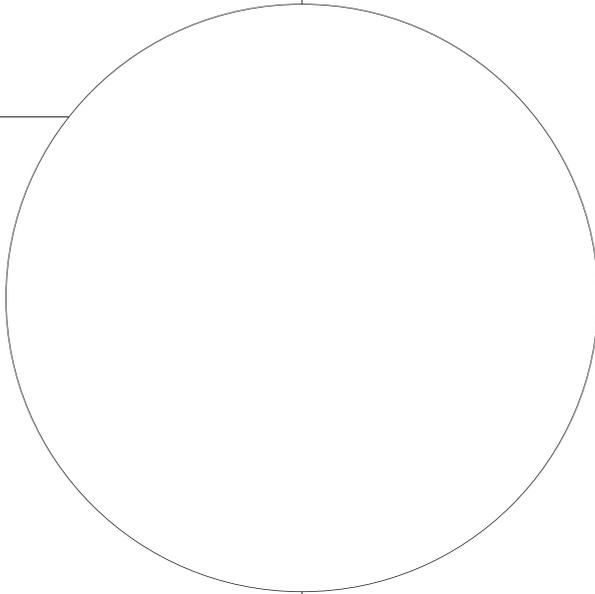


# 11. Procedimiento para la realización de un proyecto energéticamente eficiente

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.

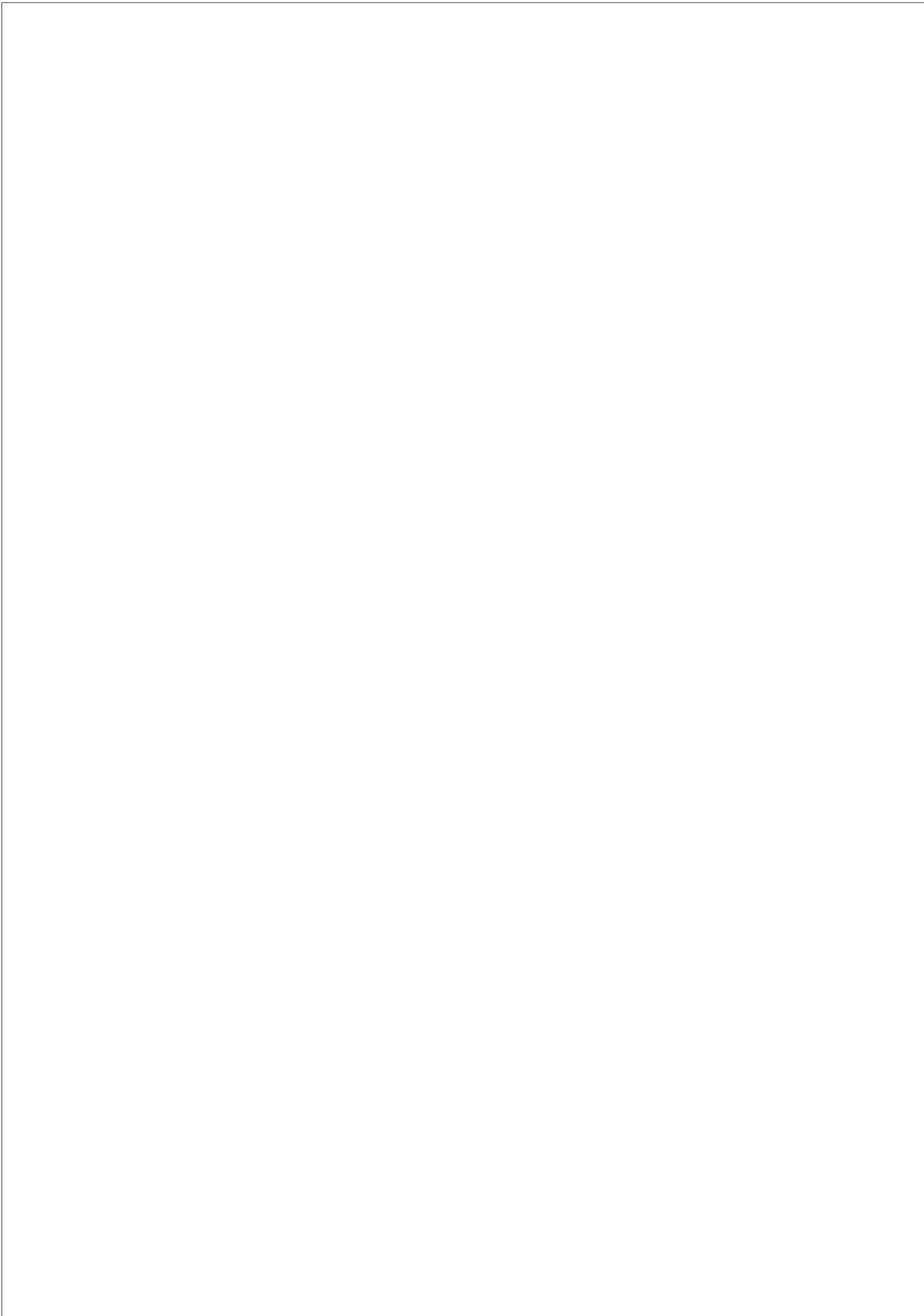




12

## Casos prácticos de proyectos de rehabilitación





## 12. Casos prácticos de proyectos de rehabilitación

Se presentan 4 casos prácticos:

1. Oficina diáfana
2. Despacho individual
3. Sala de reuniones
4. Gestión de un edificio

En todos ellos se exponen las características del recinto, la situación actual, y la propuesta de reforma, siempre basada en la utilización de lámparas, equipos y luminarias de óptima eficacia, y siempre mejorando los parámetros de iluminación requeridos en cada estancia y la calidad de los materiales. Se propone en todos los casos, el uso para la reforma de sistemas de regulación y control.

Los datos tomados para el cálculo económico y energético son:

- Precio del kW-hora = 15 Ptas. (IVA incluido)
- Precio de mano de obra instalación y mantenimiento = 5000 Ptas/h.
- Horas de utilización de la instalación de iluminación estimadas, tanto para el trabajo de oficina como de limpieza.
- Los precios para el cálculo del coste de la reforma están referenciados a precios medios de mercado suministrados por algunos fabricantes.

### Nota

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.

## 1. Oficina diáfana

### Descripción

Oficina diáfana de 360 m<sup>2</sup>, con gran contribución de luz natural debido a las ventanas.

### Dimensiones

Longitud 30 m

Anchura 12 m

Altura 2.7 m

### Características constructivas

Se trata de una sala diáfana de oficinas 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 jaspeado claro y el techo metálico 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: 0.5

Paredes: 0.3

Suelo: 0.2

### Situación actual

La oficina está iluminada por 84 luminarias adosadas con 2 lámparas fluorescentes lineales de 40 W, flujo inicial de 3000 lúmenes, equipo formado por 2 balastos de 40 W con pérdidas de 8 W cada uno, difusor formado por celosía reticular blanca. En la actualidad las lámparas están en el final de su vida útil y por tanto su flujo ha decaído en más de un 30% , además las celosía está bastante deteriorada lo que hace que el nivel de iluminación esté muy por debajo de lo requerido para una oficina de estas características.

Nivel de iluminancia: 325 lux

Potencia total instalada (lámpara+equipo): 8.064 W

IEE = 6.9

Horas de utilización: 2.800 horas/año

Consumo energía: 22.579 kWh/año.

Reflejos molestos en las pantallas de ordenador.

El índice de reproducción cromática de las lámparas no alcanza el Ra=80, especificado para zonas de trabajo donde existe permanencia de personas.

En alguna de las luminarias en que se ha llegado al final de la vida de los tubos, comienza el molesto intento de encendido de las lámparas sin conseguirse. Bajo nivel de iluminancia en el plano de trabajo, los trabajadores necesitan un esfuerzo mayor para realizar las tareas

### Propuesta de reforma

Ante la necesidad de reponer las lámparas debido al final de su vida, se propone también un cambio de

luminaria que proporcione mejor confort visual, un mejor reparto de su flujo que nos permita reducir la potencia instalada por punto de luz y a la vez el número total de luminarias.

Se proyecta el cambio con una luminaria prevista de 2 lámparas fluorescentes T5 de 28W con equipo electrónico y con una óptica de alta calidad que permite el trabajo sin brillos molestos en las pantallas de los ordenadores. Se realizan los cálculos un factor de mantenimiento de 0.85.

Nivel de iluminancia: 600 lux

El número total de luminarias a instalar: 51

Potencia total a instalar es de 3.315W

IEE= 1.6

Horas de utilización: 2.800 horas/año

Consumo de energía: 9.282 kWh/año

Debido a que se va a proceder a un cambio de techo y pintura de paredes, inicialmente tendremos un nivel de iluminación superior al que se alcanzara pasado el primer año de vida de la instalación. Se propone por tanto instalar una fotocélula que nos permita realizar una regulación durante el tiempo que, bien por la juventud del sistema o bien por la contribución de luz natural, sobrepasemos el nivel de 500 lux establecidos para esta oficina.

En combinación con un balasto de regulación, la fotocélula añade la capacidad de regulación automática de luminarias en función de la luz solar.

Se instala en la lámpara con un clip especial, sin la necesidad de cableado adicional, por lo que es ideal en instalaciones de reformas.

Puede regular hasta 20 balastos electrónicos regulables y el punto de ajuste de sensibilidad se regula por medio de un diafragma giratorio.

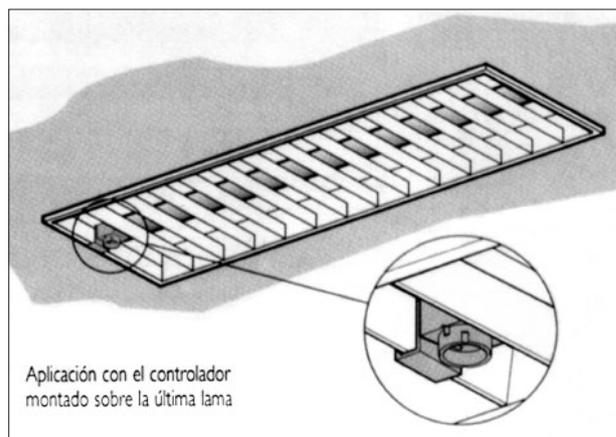
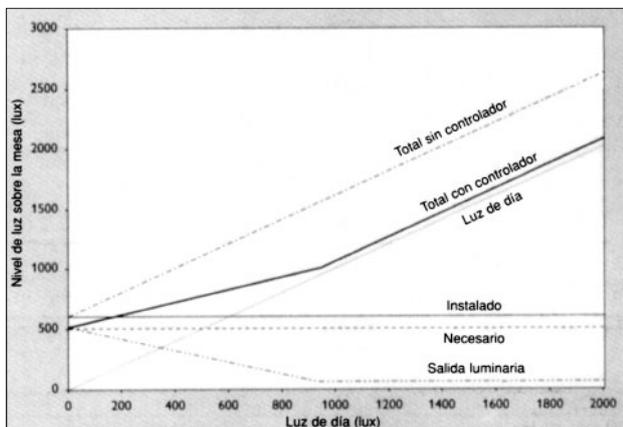


Figura 25. La fotocélula se instala directamente sobre el tubo fluorescente y conectada al balasto electrónico regulable se encarga de mantener el flujo de la lámpara en el nivel adecuado

La iluminancia media mantenida en dicha oficina es de 600lux y la necesaria de 500 lux, por lo que se ha ajustado el controlador por medio del anillo de control giratorio a 500lux.

El controlador compensa aproximadamente el 50% de la luz de día, regulando la salida de luz artificial, hasta que se alcanza el nivel mínimo de salida, tal como lo muestra la figura adjunta.



Ahorro energético considerado por regulación:

En la siguiente tabla se recogen los ahorros energéticos que se pueden conseguir, tanto en la zona de las ventanas como en el lado del pasillo, en invierno y en verano.

		SUR	NORTE
Verano	Lado ventanas	55%	45%
	Lado de pasillo	35%	25%
Invierno	Lado de ventanas	45%	35%
	Lado de pasillo	25%	15%

Suponiendo un ahorro medio total anual de 30%, por regulación y control, podemos establecer un gasto total de energía anual será de 6498 kWh/año (9.282 kWh/año \* 0,7)

Resumen reforma:

84 luminarias de 2 x 40W por 51 luminarias 2x28W con balasto electrónico con regulación y óptica de alta calidad. Sistema de regulación con la luz natural mediante fotocélula.

	Actual	Propuesta
Iluminancia	325 lux	600 lux
IEE	6,9	1,6
Ahorro de energía (%)		70 %
Ahorro anual energía + mantenimiento	250.000 Ptas.	
Coste de reforma	1.600.000 Ptas.	
Período de retorno simple	6.4 años	

## 2. Despacho individual

### Descripción

Oficina pequeña 19.5 m<sup>2</sup>, con gran contribución de luz natural debido a las ventanas.

### Dimensiones

Longitud 5.4m

Anchura 3.6 m

Altura 2.7 m

### Características constructivas

Se trata de una oficina pequeña con la pared derecha completamente acristalada. El mobiliario es combinación de grises y madera clara. Las paredes son de colores claros. El suelo es moqueta gris y el techo de escayola. Los factores de reflexión considerados:

Techo: 0.5

Paredes: 0.3

Suelo: 0.1

### Situación actual

Iluminación por 4 luminarias adosadas con 4 lámparas fluorescentes lineales de 18 W, flujo inicial de 1350 lúmenes, equipo convencional con una potencia total por luminaria de 85.4W, difusor formado por celosía reticular blanca. En la actualidad las lámparas están en el final de su vida útil y por tanto su flujo ha decaído en más de un 30%, además las celosías están bastante deterioradas lo que hace que el nivel de iluminación esté muy por debajo de lo requerido para una oficina

Nivel de iluminancia: 270 lux

Potencia total instalada (lámpara+equipo): 341.6 W

IEE = 6.5

Horas de utilización: 2.800 horas/año

Consumo energía: 956 kWh/año.

El índice de reproducción cromática de las lámparas no alcanza el Ra=80, especificado para zonas de trabajo donde existe permanencia de personas.

Bajo nivel de iluminancia en el plano de trabajo, los trabajadores necesitan un esfuerzo mayor para realizar las tareas, este nivel no es crítico en los meses de primavera y verano debido a la gran contribución de luz natural proporcionada por las ventanas, pero si lo es en los meses de invierno y otoño, especialmente en las horas de la tarde.

### Propuesta de mejora

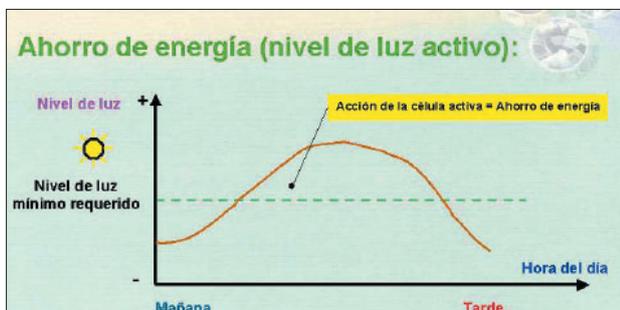
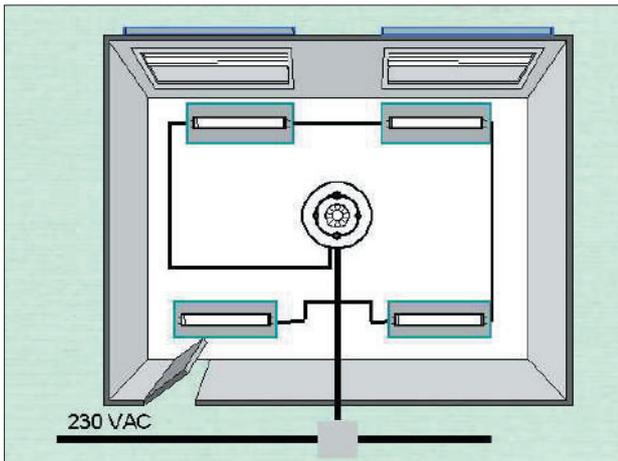
Ante la necesidad de reponer las lámparas debido al final de su vida, se propone también un cambio de luminaria que proporcione mejor confort visual, un mejor reparto de su flujo que nos permita reducir la potencia instalada.

Se realizan los cálculos con un factor de mantenimiento de 0.85.

Se proyecta el cambio con una luminaria prevista de 4 lámparas fluorescentes T5 de 14W con equipo electrónico y con una óptica de alta calidad que permite el trabajo sin brillos molestos en las pantallas de los ordenadores.

Nivel de iluminancia: 587lux  
 El número total de luminarias a instalar : 4  
 Potencia total a instalar : 264 W  
 IEE= 2.3  
 Horas de utilización: 2.800 horas/año  
 Consumo de energía: 739 kWh/año

Instalando un conmutador por detección de movimiento, conseguiremos un sistema flexible diseñado para aportar soluciones de ahorro de energía. Una vez que la persona haya abandonado la oficina, las luces se apagarán automáticamente al final de un tiempo programado en el equipo, y que puede variar entre 5 y 35 minutos. Dispone además de una célula fotoeléctrica, que inhibe automáticamente al detector si en el momento de la detección hay más luz, que la indicada por el nivel de referencia del equipo.



#### Ahorro energético considerado por regulación y control:

Instalando el detector de movimiento y la fotocélula, se consigue un ahorro energético superior al 25%, (4 horas sin iluminación sobre las 12 horas actuales de iluminación), considerando las siguientes situaciones de funcionamiento:

##### Situación 1.

Entrada en la oficina a una hora en que la luz es insuficiente. El sensor está en modo de funcionamiento normal y enciende las luces, que permanecerán encendidas mientras el sensor detecte movimiento y no haya transcurrido el tiempo de desconexión, aunque la luz diurna sobrepase el nivel mínimo deseado (nivel limitador de luz diurna). La unidad apaga las luces cuando deja de detectar movimiento y ha transcurrido el tiempo de desconexión.

##### Situación 2.

Alguien entra en la sala a una hora en que la luz es suficiente. Si el valor del sensor de luz diurna está activado, las luces seguirán apagadas hasta que el nivel de iluminación quede por debajo del deseado. Si la unidad continúa detectando presencia en ese momento, encenderá las luces automáticamente.

Considerando el 25% de ahorro de energía por regulación y control, el consumo de energía total anual queda en 554 kWh/año ( 739 kWh/año \* 0,75).

#### Resumen reforma:

4 luminarias de 4 x 18W por 4 luminarias 4x14W con balasto electrónico con regulación y óptica de alta calidad. Encendido y apagado mediante detección de movimiento y fotocélula.

	Actual	Propuesta
Iluminancia	270 lux	587 lux
IEE	6	2.3
Ahorro de energía (%)		42 %
Ahorro anual energía + mantenimiento	9.000 PTA	
Coste de reforma	120.000 PTA	
Período de retorno simple	13.3 años	

### 3. Sala de reuniones

#### Descripción

Sala de reuniones de 32m<sup>2</sup>, con contribución de luz natural, debida a las ventanas y con persianas para oscurecer la sala.

#### Dimensiones

Longitud 8m  
Anchura 4 m  
Altura 2.7 m

#### Características constructivas

Se trata de una sala relativamente pequeña utilizada para reuniones y presentaciones, bien con transparencias o con ordenador. El mobiliario es combinación de colores grises y madera color cerezo. Las paredes son de color salmón claro. El suelo es moqueta gris claro y el techo modular de 600mm x 600mm. Los factores de reflexión considerados son:

Techo: 0.5  
Paredes: 0.3  
Suelo: 0.2

#### Situación actual

Iluminación con 6 luminarias empotradas con 4 lámparas fluorescentes lineales de 14W. El flujo inicial es de 1350 lúmenes, equipo electrónico con potencia total por luminaria de 66W, óptica de alta calidad que permite el trabajo sin brillos molestos en las pantallas de ordenadores. La depreciación de toda la instalación es de un 20%, factor de mantenimiento de 0.8

Nivel de iluminancia: 510 lux  
Potencia total instalada (lámpara+equipo): 396 W  
IEE = 2.4  
Horas de utilización: 2.800 horas/año  
Consumo energía: 1.108 kWh/año.

El índice de reproducción de las lámparas supera el Ra=80, especificado para zonas de trabajo donde existe permanencia de personas. El nivel de iluminancia en el plano de trabajo también es el adecuado cuando se realiza una reunión, pero en el caso de que se desee un nivel de iluminación inferior para poner transparencias no sería posible, ya que la regulación de las pantallas no está contemplada. Además a lo largo del día las luces permanecen encendidas aunque la sala no se esté utilizando, con el consiguiente gasto innecesario.

#### Propuesta de mejora

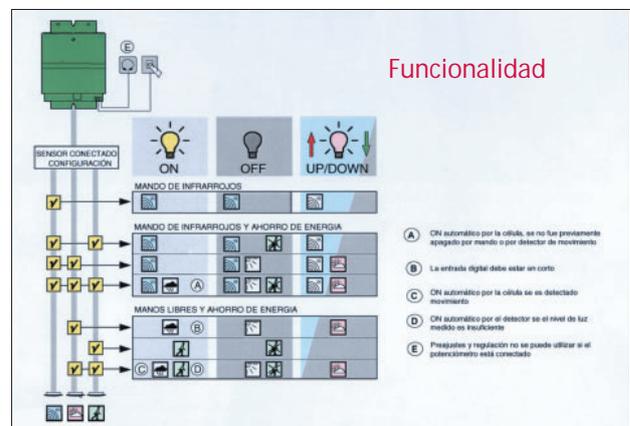
Se propone la instalación de un sistema de control multifuncional autónomo de fácil instalación que encuentra su aplicación ideal en oficinas y en proyectos de renovación. Este sistema permite la conmutación o regulación de circuitos de iluminación, mediante el comando manual por mandos de infrarrojo, regulación automática por la luz solar, o por la información de detección de movimientos.

Es un sistema flexible diseñado para aportar soluciones de ahorro de energía, ofreciendo también al usuario un gran confort en el control del alumbrado.

Además, ofrece la posibilidad de 'coger y mezclar', esto es, seleccionar el sensor que se desea (detector de movimientos para sensibilidad a los movimientos, célula fotoeléctrica para vinculación a la luz solar y receptor de infrarrojos para control manual por mandos), y automáticamente el controlador cambia su funcionalidad.

Proporciona niveles de iluminación adecuados cuando y donde se necesitan, con un gasto mínimo de energía. Por ejemplo, cuando se instala detector de movimientos, una vez que la última persona haya abandonado el local, las luces se apagarán automáticamente.

La posibilidad de utilización de mandos a distancia de infrarrojos elimina la necesidad del cableado vertical y introduce flexibilidad de control.



En la siguiente figura se puede ver la funcionalidad de éste sistema de control.

En el caso que nos ocupa de la sala de reuniones, proponemos la instalación de balastos electrónicos regulables y un sistema de control con regulación por receptor de infrarrojos, para seleccionar la escena de alumbrado que mejor se acomode a la tarea realizada, junto a un detector de movimiento. De ésta forma se consigue un ahorro superior al 40%, es decir, un ahorro equivalente a reducir 5 horas de iluminación al 100% de las 12 horas de iluminación actuales. Este ahorro se ha estimado considerando las siguientes situaciones de funcionamiento:

**Situación 1.**

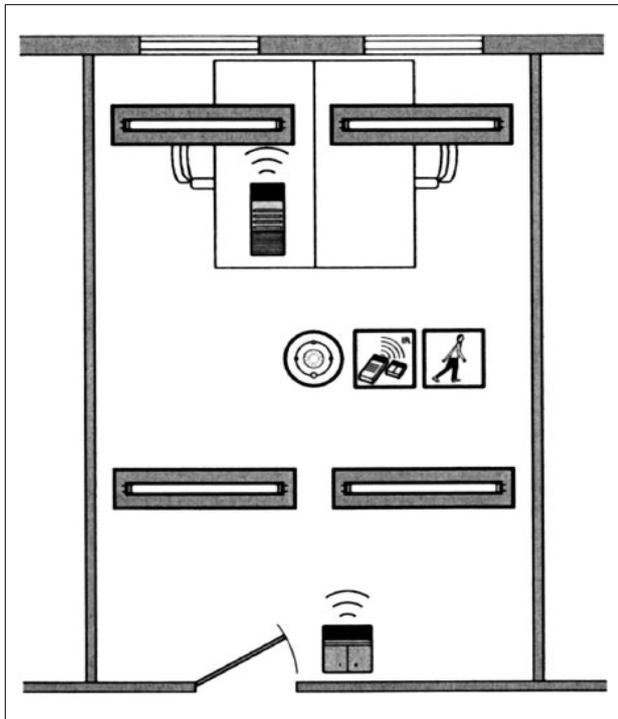
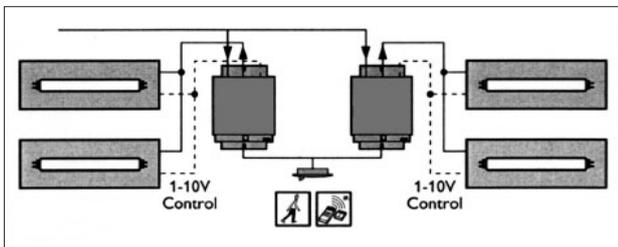
Entrada en la sala de reuniones. Cuando el controlador viene programado con prioridad de ocupación al detectar movimiento encenderá las luces al nivel definido por el usuario. Las luces permanecerán encendidas mientras el sensor detecte movimiento y no haya transcurrido el tiempo de desconexión.

Mediante el mando por infrarrojos se podrá graduar el nivel de iluminación más adecuado para cada tarea.

**Situación 2.**

Una vez que hayan abandonado la sala de reuniones y haya transcurrido el tiempo de retardo las luces se apagarán automáticamente.

Considerando el 40% de ahorro de energía por la regulación y control, el consumo de energía total anual se reduce a 664 kWh/año ( 1.108 kWh/año \* 0,6).



Los equipos necesarios son los siguientes:

Multisensor	1
Controlador	1
Mando a distancia	1

**Resumen reforma:**

*Balastos electrónicos con regulación. Encendido, apagado, regulación y determinación de escenas mediante mando de infrarrojos. Encendido y apagado por detector de movimiento.*

	Actual	Propuesta
Iluminancia	510 lux	510 lux regulable
IEE	2.4	2.4
Ahorro de energía (%)		40 %
Ahorro anual energía + mantenimiento	6.660 Ptas	.
Coste de reforma	144.600 Ptas	
Período de retorno simple	22 años	

*Nota: En el caso de utilizar detector de movimiento en combinación con una célula fotoeléctrica se consigue un ahorro energético de más del 65%.*

## 4. Edificio de oficinas

### 1. Descripción de sistema de gestión centralizado para iluminación

Se trata de un sistema de control local, extendido a todo un edificio, que se encuadra en el concepto de gestión de edificios utilizando una sola red de comunicación. Puede ser integrado con otros servicios del edificio, tales como calefacción, ventilación, persianas, acceso, etc.

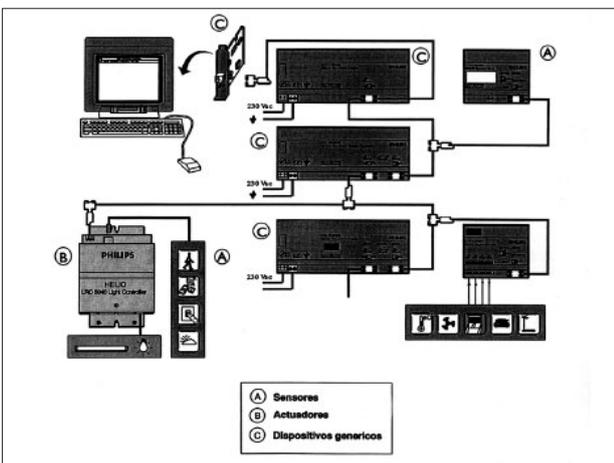
Consta de una red de componentes inteligentes, a los que llamamos nodos, que se comunican entre sí por un bus de dos hilos. Esta 'inteligencia distribuida' elimina la necesidad de una unidad central de control, significando por eso que cuando ocurren fallos de equipos el problema se localizará en una pequeña área (por ejemplo un despacho) en vez de en toda una planta o edificio completo.

Se basa en la tecnología LonWorks™ de Echelon, protocolo utilizado por los principales fabricantes de sistemas de control y gestión de edificios. Gracias a su tecnología normalizada, arquitectura y protocolo de comunicaciones abierto, puede integrarse fácilmente con otros sistemas basados en la misma tecnología.

Los dispositivos del sistema se clasifican en tres categorías:

- Dispositivos sensores que transmiten mensajes de estado por el bus, y que son los receptores de infrarrojos, detectores de movimientos, sensores de luz y reloj del sistema.
- Dispositivos actuadores que traducen los mensajes de un determinado estado en salidas de los controladores de luz.
- Dispositivos genéricos de gestión de la red, que son los encaminadores (Routers), repetidores (Repeaters), fuentes de alimentación del bus, y tarjetas interfaz para ordenador.

A continuación se muestra un esquema de conexionado de los diferentes equipos que engloban la instalación



### 2. Ahorro de energía considerado entre las situaciones de con/sin sistema de gestión

Se instaló en un edificio de aproximadamente 14.700m<sup>2</sup>, un sistema de gestión del alumbrado, en el cual se programó:

- En los primeros 15 días – 1 Jun 97 a 16 Jun 97 – sin ningún automatismo. Los circuitos se encendían y apagaban por el equipo de mantenimiento del edificio.
- En los 15 días siguientes – 16 Jun 97 a 30 Jun 97 – se introdujo un programa en la unidad central de gestión, con las siguientes órdenes automáticas, que se indican a continuación:
  - Temporización de apagado después de ausencia de personas, en el pasillo.
  - Encendido a las 7:30 horas de la mañana en sólo dos circuitos, para facilitar circulación de personas a su llegada a la oficina. Los circuitos de alumbrado de cada área de trabajo se encendían sólo a la orden de cada usuario, según necesidades, a través de mando de infrarrojos.
  - Apagado automático a las 15:00 horas, correspondiente al periodo de almuerzo. Los usuarios que volvieron de nuevo a la oficina, encenderían sólo su área, por mando de infrarrojos.
  - Órdenes de desconectar de hora en hora, después de las 18:00 horas, hasta la media noche.

Para cada situación se midió el consumo de energía en la mitad de una de las plantas, que fue de:

- 2.200 kW entre los días 1 y 16 de Junio (sin gestión de alumbrado).
- 791,6 kW entre los días 16 y 30 de Junio (con gestión de alumbrado).

Como la otra mitad de la planta es simétrica en relación a la potencia instalada, se pueden determinar sin gran error, los consumos que se indican en la tabla siguiente.

CONSUMO MENSUAL POR PLANTA (kWh)	
Sin sistema de gestión	8.800
Con sistema de gestión	3.166 (Ahorro real del 64%)

Según las mediciones reales del consumo realizadas en la mitad de una planta, con y sin sistema de gestión, se puede determinar el ahorro anual en energía en el edificio y con base en dicho valor, llegar a un periodo de amortización para la instalación de un sistema general de control de alumbrado.

Considerando que el sistema de gestión se instalará desde la planta 2 a la 23, inclusive, (siendo la tercera doble en términos de potencia instalada), y basado en los valores indicados en la tabla anterior, se llegará a los siguientes valores de ahorro.

Consumo actual en iluminación del edificio =  
2.429.662 kWh/año.

Ahorro obtenido con la reforma (64%):  
1.554.984 kWh/año.

Siendo el precio del kWh para el edificio de 12Pta, se determina que el ahorro anual en energía es de:  
Ahorro económico: 18.659.808 Ptas/año.

### 3. Instalación del sistema de gestión y su amortización

Veamos ahora cuanto valdrá la instalación del sistema de gestión en las 22 plantas del edificio, y su periodo de amortización, para la solución proyectada, y que fue:

- Control de los circuitos de pasillo por información de detección de movimiento.
- Un multisensor (que incorpora en una sola pieza detector, célula fotoeléctrica y receptor de infrarrojos) por cada área de la planta, para que se puedan programar las siguientes órdenes:
  - Regulación automática de los circuitos junto a la ventana, de acuerdo con la luz natural.
  - Apagar automáticamente la luz, después de un tiempo programado, cuando las personas salen de su área de trabajo.
- Un telemando de infrarrojos de 4 Presets para mando individual de los circuitos considerados para cada área.
- Un controlador de 8 vías por cada 2 áreas de trabajo.

Así se llega a las siguientes cantidades de equipos por planta:

- 10 controladores de 8 canales
- 22 multisensores
- 18 telemandos de infrarrojos
- 1 Router para gestión de la red bus

Como equipo general tendremos:

- 1 unidad de reloj para órdenes automáticas al edificio
- 1 fuente de alimentación
- 1 tarjeta de ordenador para conexión a red de Bus
- 1 paquete de software a instalar en el ordenador para programación del sistema

Se determina entonces que el costo de materiales, para todo el edificio es de:

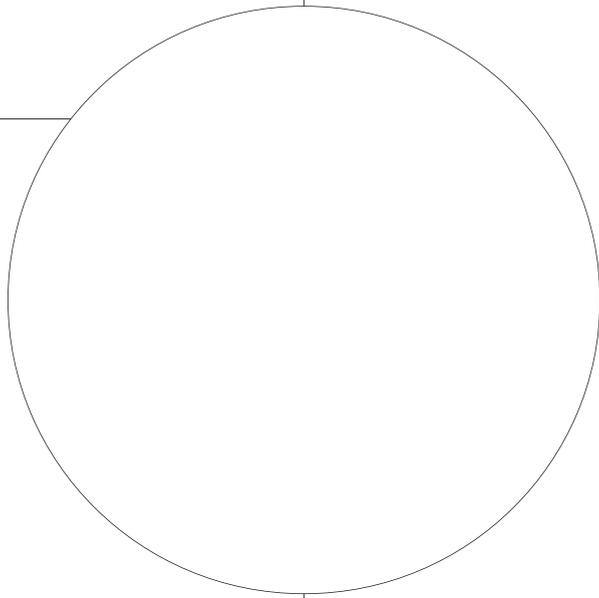
Inversión necesaria: 37.647.600 Ptas.

### Resumen reforma:

*Sistema de gestión del alumbrado, con instalación de células fotoeléctricas, detectores de movimiento, receptores de infrarrojos, comandamientos horarios, en todo el edificio.*

	Actual	Propuesta
Consumo energía por planta	8.800 kW/h	3.166 kW/h
Ahorro de energía (%)		64%
Ahorro anual energía (22plantas)	18.659.808 Ptas	
Coste de reforma	37.647.600 Ptas	
Periodo de retorno simple	2 años	





13

## Normativa y recomendaciones





## 13. Normativa y recomendaciones

En lo referente a las instalaciones de alumbrado de oficinas se tendrán en consideración las normas relativas a Luminarias, Equipos auxiliares y Compatibilidad Electromagnética que se relacionan a continuación.

### *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

### *Normas relativas a luminarias de emergencia:*

- UNE-EN-60598.2.22 Luminarias para alumbrado de emergencia
- UNE-20.062 Aparatos autónomos para alumbrado de emergencia (incandescencia)
- UNE-20.392 Aparatos autónomos para alumbrado de emergencia (fluorescente)

### *Normas relativas a equipos auxiliares:*

- UNE-EN-60929/921 Balastos para tubos fluorescentes
- UNE-EN-60922/923 Balastos para lámparas de descarga
- UNE-EN-60926/927 Cebadores y arrancadores

- UNE-EN-60928/929 Balastos para tubos fluorescentes electrónicos en corriente alterna
- UNE-EN-61048/049 Condensadores para alumbrado

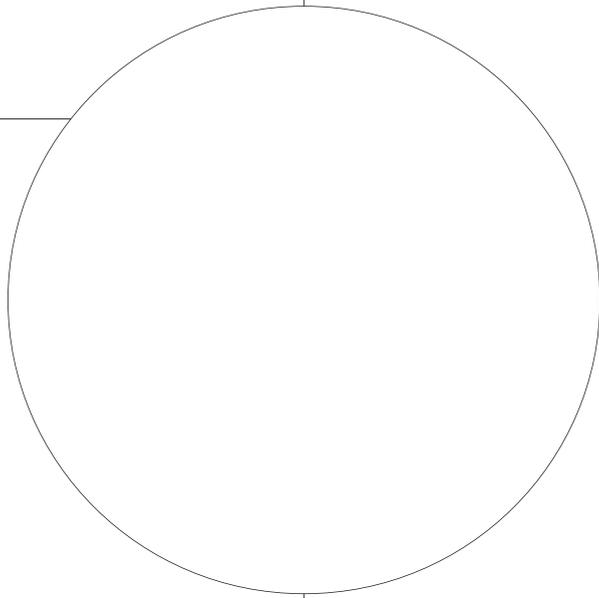
### *Normas relativas a Compatibilidad electromagnética:*

- EN-55015 Perturbaciones radioeléctricas
- UNE-EN-60555.P.2 Perturbaciones en redes (armónicos)
- UNE-EN-61000.3.2 Perturbaciones en redes (límites)
- UNE-EN-61547 Requisitos de inmunidad

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 B.O.E. nº 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.

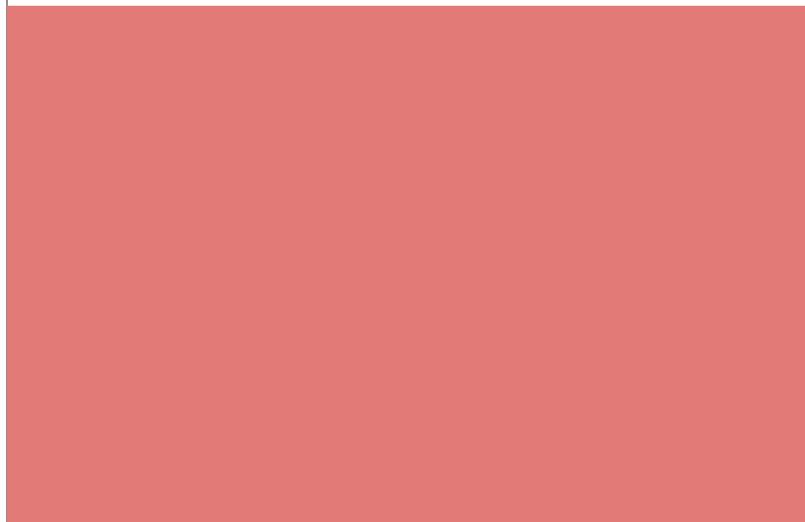
Servirá de referencia la Guía de Alumbrado Interior, Publicación CIE nº 29/2.





14

## Glosario de definiciones técnicas





## 14. Glosario de definiciones técnicas

### Ojo y visión:

#### *Adaptación*

Proceso en el cual el ojo se ajusta a la luminancia y color del objeto visual.

#### *Acomodación*

Ajuste espontáneo de la óptica del ojo para obtener la máxima resolución visual a distintas distancias.

#### *Resolución visual*

Capacidad de discriminar detalles en objetos que estén muy cerca.

#### *Confort visual*

Característica que manifiesta la ausencia de perturbaciones procedentes del entorno visual

#### *Contraste*

Sensación subjetiva de la diferencia en apariencia de dos partes de un campo visual. Usualmente se cuantifica como:

(L2-L1) / L1      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 a las cercanías a las 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

#### *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.

Unidad: lumen (lm).

Símbolo:  $\phi$

*Iluminancia*

También conocido como nivel de iluminación, es la cantidad de luz por el área de superficie a la que llega dicha luz.

Unidad: lux = lm/m<sup>2</sup>.

Símbolo: E

*Iluminancia mantenida:*

Iluminancia media mínima sobre la superficie de referencia al final del ciclo de mantenimiento completo, (sustitución y limpieza).

*Índice del local*

Número que representa la geometría del local en el cálculo del factor de utilización que se emplea para proyectos de iluminación. La fórmula es:

Donde L y A es la longitud y anchura del recinto y h la altura de la luminaria sobre el plano de trabajo.

*Índice de reproducción cromática de una fuente luminosa*

Este índice conocido como Ra o I.R.C. (también podemos encontrar nomenclaturas como R8, R14) 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. Es decir, es la capacidad que tiene la fuente de reproducir los colores, tomando como referencia el color obtenido con una fuente patrón. El I.R.C. es un valor de mérito que puede variar entre 0 y 100.

*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<sup>2</sup>.

Símbolo: L

*Lux*

Iluminancia producida por un flujo luminoso de un lumen uniformemente distribuido sobre una superficie de un metro cuadrado.

*Rendimiento*

Se define como el cociente del flujo que sale de la luminaria 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. Para fines de alumbrado general interior, la norma DIN 5035, clasifica la luz en tres clases de colores: blanco cálido, por debajo de los 3300°K, blanco neutro, 3300 a 5000°K y blanco frío por encima de 5000°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 que limita la corriente de una lámpara a un valor determinado.

*Cebador*

Dispositivo utilizado por las lámparas fluorescentes para proporcionar el precaldeo necesario de los electrodos y que en combinación con el balasto provoca una tensión momentánea en la lámpara.

*Circuito eléctrico*

Conjunto de materiales eléctricos alimentados por la misma fuente de energía y protegidos contra las sobretensiones 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.

### *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 0.85 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 localizadamente 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 lumínotécnicas 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.

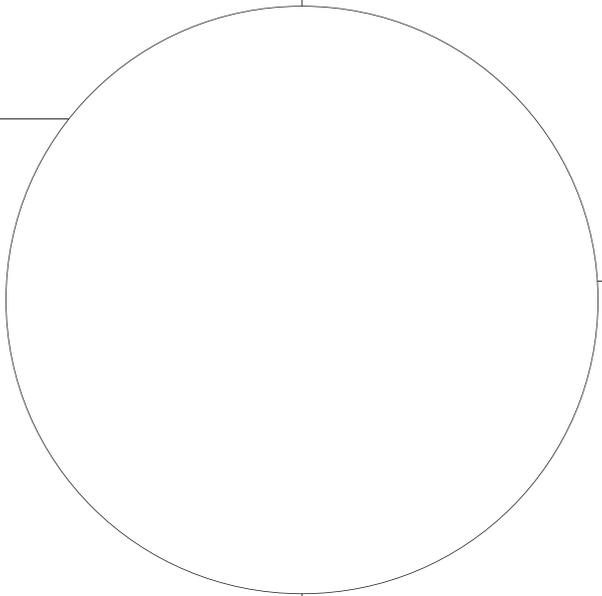
### *Coefficiente de utilización*

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:  $W / m^2 - 100 \text{ Lux}$ .

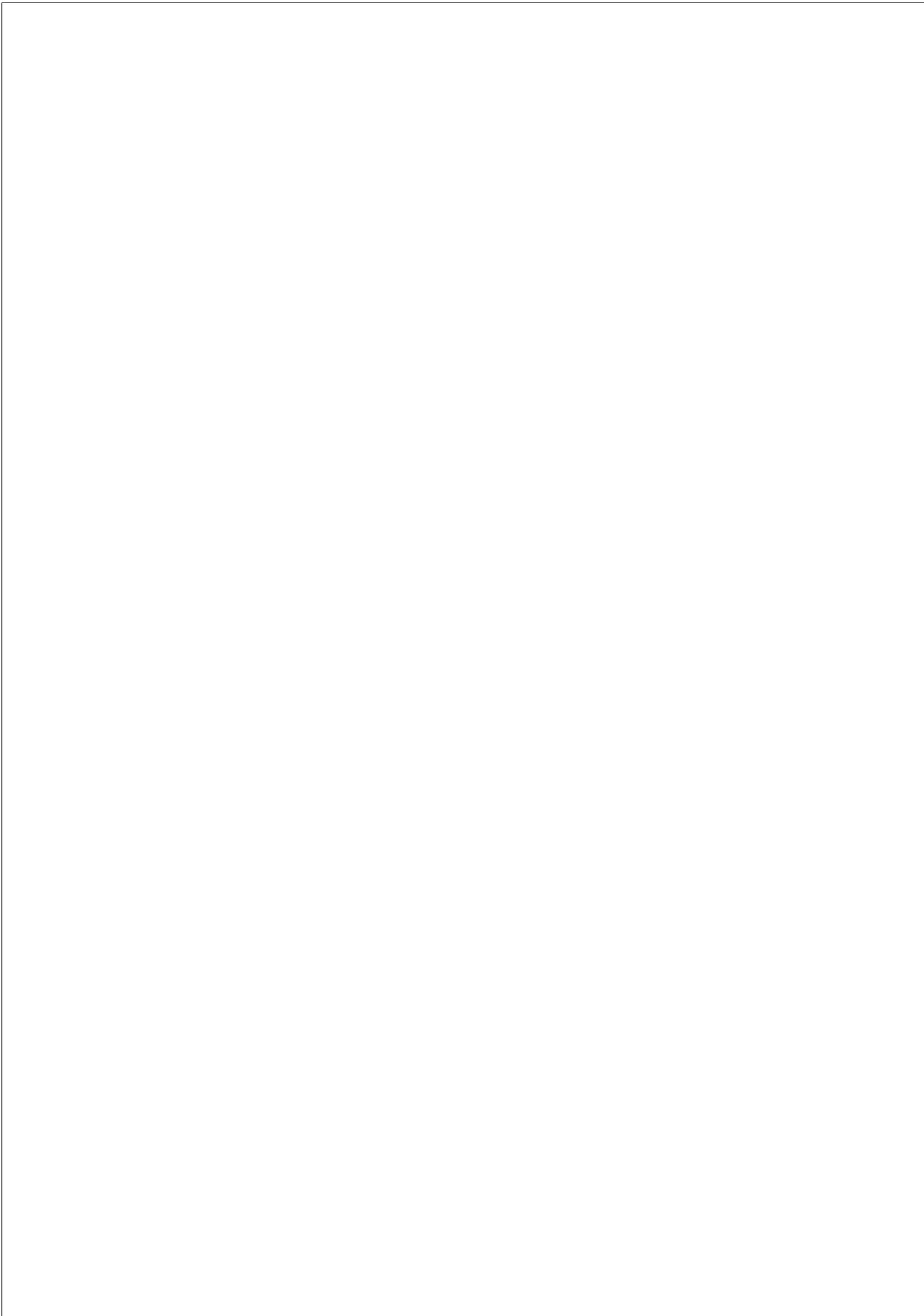




15

## Bibliografía y Webs de interés





## 15. Bibliografía y Webs de interés

### Bibliografía

- The Europea Office. Office Disign and national context. Juriaan Van Meel. Delft University of Technology. Departament of Real Estate and project Management. 010 Publishers 2000
- Guía de Aplicaciones nº 3 de Philips Alumbrado. Alumbrado para Oficinas
- Guía de Iluminación Interior. Informe técnico. Publicación de la CIE nº 29.2 (1986)
- Guía Técnica para la Evaluación y Prevención de los Riesgos realtivos a la utilización de los lugares de trabajo. Real decreto 486/1997, 14 de Abril BOE nº 97 23 de Abril.
- Energy Efficient Lighting in Offices. Commission of the Eureka Communities
- Revista internacional de Luminotecnia 98/1.
- Cuadernos de Eficiencia Energética en Iluminación. IDAE-CEI. 1997.
- Publicaciones CIE.
- Introducción al Alumbrado. Philips Ibérica SA

### Webs de interés

- Asociación de fabricantes de luminarias de España  
*<http://www.anfalum.com>*
- Portal de Iluminación español  
*<http://www.iluminacionprofesional.net>*
- Industria de la Construcción USA  
*<http://www.aecnet.com>*
- Servicio de información para el servicio de la Construcción en España  
*<http://www.builnet.es>*
- Recursos de Intenet de CIBSE  
*<http://www.cibse.org/>*
- Intenational Association of Ligting Designers  
*<http://www.aecnet.com.iald/iald.html>*
- International Commision on Illumination  
*<http://www.cie.co.at/cie/>*
- ISO On line  
*<http://www.iso.ch/>*
- Intenational Electrotechnical Commision  
*<http://www.iec.ch/>*
- Energy Efficiency projects  
*<http://194.178.172.86/home.htm>*
- Lighting Links on the Web from Australia  
*<http://waapa.cowan.edu.au/lx/>*

Illuminating Engineering Society Of North America  
<http://www.iesna.org>

IDAE  
<http://www.idae.es>

AENOR  
<http://www.aenor.es>

Laboratorio de Metrología del CSIC  
<http://www.metrologia.csic.es>

Agencia de Protección del Medio Ambiente de USA  
<http://www.epa.gov>

The Internet source for Light Specifiers  
<http://www.light-link.com>

VDE  
<http://www.vde.de/vde/html/e/home>

IFEMA (institución Ferial de Madrid)  
<http://www.ifema.es>

