

Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación

Centros Docentes



Comité Español de Iluminación



MINISTERIO
DE CIENCIA
Y TECNOLOGÍA



Instituto para la
Diversificación y
Ahorro de la Energía

Título de la publicación:

“Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación. Centros docentes”

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

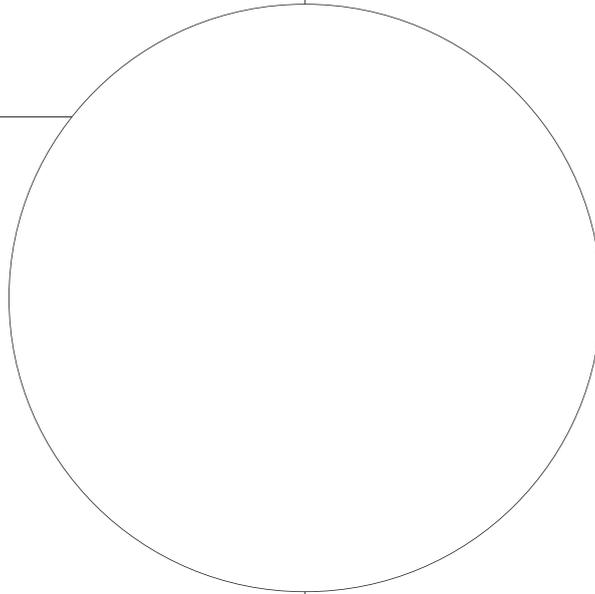
Madrid, marzo de 2001

Índice

1. Introducción	7
2. Objeto	9
3. Campo de aplicación	9
4. Clasificación de actividades	13
4.1. Actividad visual y espacios	13
4.2. Espacios de representación	18
4.3. Actividades especiales	18
4.4. Valoración del tiempo anual de actividad	19
5. Criterios de calidad y diseño	23
5.1. Iluminancia y uniformidad	23
5.2. Control del deslumbramiento	24
5.3. Modelado	25
5.4. Color	25
5.5. Ergonomía del puesto de trabajo	27
6. Sistemas de iluminación	31
6.1. Sistemas de alumbrado	31
6.2. Tipos de lámparas recomendadas	32
6.3. Tipos de equipos auxiliares recomendados	34
6.4. Tipos de luminarias recomendadas	38
6.5. Tipos de sistemas de regulación y control	41
7. Parámetros de iluminación recomendados	45
8. Índices de eficiencia de los sistemas de iluminación	49
8.1. Índice de eficacia de lámparas recomendado	49
8.2. Índice de rendimiento de luminarias recomendado	49
8.3. Índice de consumo propio de equipos recomendado	50
8.4. Factores de reflexión recomendados	50
8.5. Coeficiente de utilización mínimo	50

Índice

9. Criterios de eficiencia energética en la instalación, explotación, mantenimiento, control y gestión energética.	53
9.1. Maniobras y selectividad de la instalación	53
9.2. Sistemas de regulación y control	53
9.3. Mantenimiento	56
9.4. Gestor energético	58
10. Índice de eficiencia energética.	61
11. Procedimiento para realización de un proyecto energéticamente eficiente.	65
12. Casos prácticos de proyectos de rehabilitación.	73
13. Normativa y recomendaciones.	81
14. Glosario de definiciones técnicas.	85
15. Bibliografía y Webs de interés.	91



P

Presentación

1. Introducción

2. Objeto

3. Campo de Aplicación





1. Introducción

Centro Docente es un conjunto de dependencias dedicado a la enseñanza donde desarrollan actividades niños, jóvenes y adultos.

Las instalaciones de iluminación de las distintas dependencias que componen un centro docente, deben estar dotadas de sistemas que proporcionen un entorno visual confortable y suficiente, según las muy variadas actividades que se van a desarrollar en cada una de las dependencias que componen el centro docente. Si aplicamos calidad al diseño, instalación y mantenimiento de todos aquellos elementos que intervienen en la obtención de una buena iluminación, obtendremos los resultados de confort visual requeridos, todo esto garantizando la máxima eficiencia energética y por tanto, los mínimos costes de explotación.

Una buena iluminación proporciona a los estudiantes y profesores, un ambiente agradable y estimulante, es decir un confort visual que les permite seguir su actividad sin demandar de ellos un sobre esfuerzo visual. Por otro lado, la diferencia de edad en el alumnado para una misma dependencia, en principio nos debe hacer tener en consideración la diferencia de visión que existe por la edad, así como los posibles defectos de visión de algunas de estas personas.

En una instalación de alumbrado de un local destinado a centro docente, podemos encontrar una problemática específica, tal como:

- Luz natural que entra por una ventana y dificulta la visión del o de los tableros existentes en el aula, llegando a hacer imposible la lectura de su contenido.
- Luminarias mal ubicadas o deficientemente apantalladas, que permiten la visión directa de las lámparas, y producen deslumbramientos directos.
- Lámparas de temperatura de color y potencia inadecuada a la instalación, que tanto por defecto como por exceso, pueden hacer indescifrable la escritura realizada sobre un cuaderno escolar.

- Una deficiente distribución de los emisores de luz, tanto naturales como artificiales, hacen que la propia sombra de la mano o del cuerpo del alumno, distorsione la correcta visión que debe disfrutar el mismo.

Estas y otras causas dan lugar a una mala iluminación, que penaliza a los alumnos, especialmente a aquellos con problemas de visión, lo que puede dar lugar a un aumento del índice del fracaso escolar.

La forma tradicional de instrucción, en la que el profesor escribe o dibuja sobre un tablero y explica verbalmente a los alumnos el contenido del texto o gráfico, requiere adaptar una serie de soluciones en la iluminación que permita una perfecta visión entre ambos, como son:

- Los niveles de iluminación existentes en los espacios ocupados por alumnos y profesor, deben guardar una armonía que permita esa correcta visión, evitando en lo posible diferencias significativas a favor de unos u otro.
- Aprovechamiento de la luz proveniente de las ventanas y/o lucernarios.
- Uniformidad horizontal en alumbrado de un local destinado a la enseñanza, no asegura altos niveles de confort visual, debido a la gran variedad de tareas que se realizan en un centro de estas características.
- Iluminación específica para la pizarra tal que evite brillos y deslumbramientos.
- El color de la luz emitida por las lámparas tiene también una gran importancia en el comportamiento de los alumnos y en su aprovechamiento escolar, así lámparas de luz fría, proporcionan un ambiente similar al aire libre, que ayudan a evitar la sensación que pueden sufrir algunos alumnos por la permanencia de varias horas en un recinto cerrado, mientras que las lámparas de colores cálidos, proporcionan ambientes más sociables y relajados.

En un edificio dedicado a centro de enseñanza, puede haber ocasiones y lugares para la utilización de ambos tipos de lámparas, pero la luz, por si sola, no puede obrar milagros.

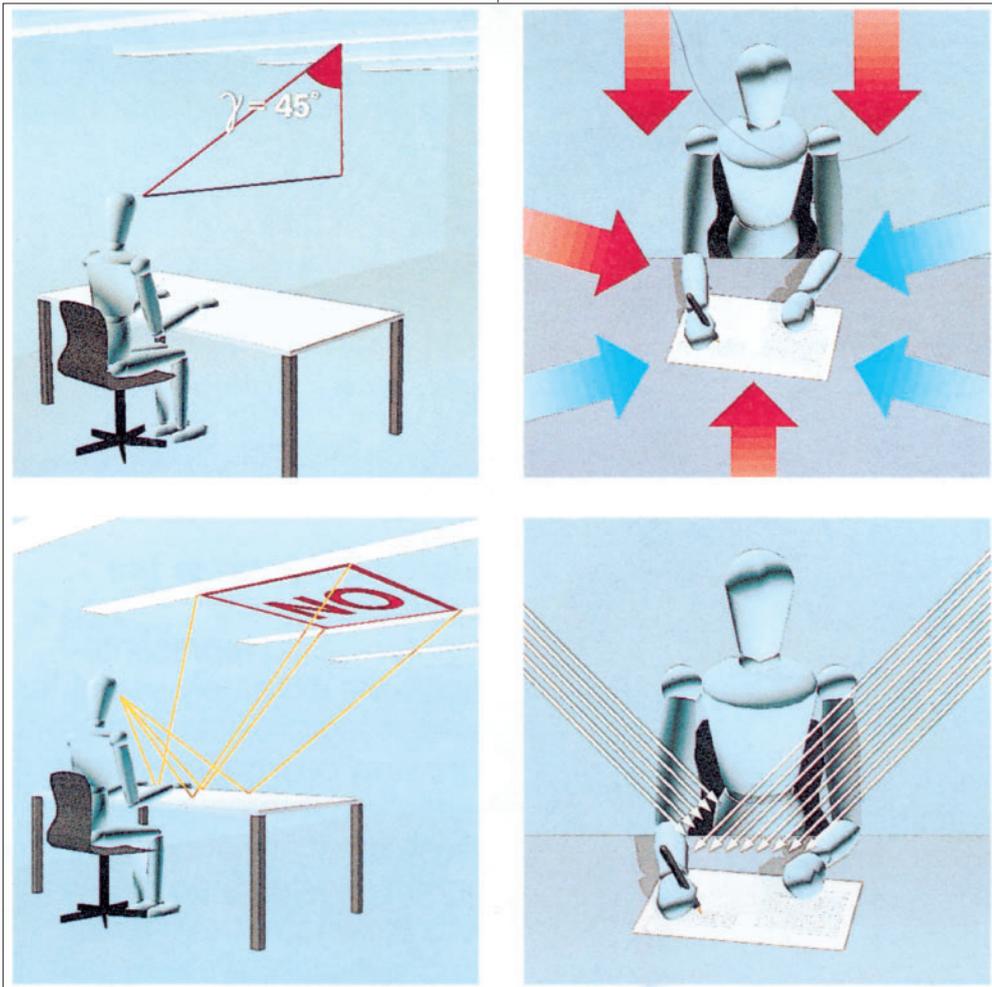
Por tanto, solamente cuando se trabaja de forma conjunta con los otros elementos que intervienen en el diseño de interiores, tales como el color y la textura de las superficies fijas o móviles, los elementos auxiliares, el mobiliario, los elementos de control de la luz natural y artificial, etc., es posible alcanzar el nivel de instalaciones que permitan el máximo rendimiento académico.

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 un centro docente, varía entre un 20% y un 90%, según la zona geográfica donde esté ubicado, hay que resaltar

que el consumo en iluminación de este sector es de unos 770 GWh/año, lo que representa el 0,5% del consumo eléctrico nacional y es responsable de la emisión a la atmósfera de 462.000 toneladas de CO₂/ año

Pero lo más destacado del sector de la iluminación en centros docentes es que se estima que tiene un potencial de ahorro del 20%, lo que supondría reducir las emisiones en unas 92.000 toneladas de CO₂/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

OBJETO

El objeto de esta guía técnica es establecer una serie de pautas y recomendaciones, para ayudar a los técnicos responsables de proyectar o redactar especificaciones técnicas de las instalaciones de iluminación de centros docentes, en su tarea de establecer los criterios de calidad a satisfacer en las mismas, seleccionando los sistemas de iluminación, luminarias, lámparas, equipos auxiliares de encendido y sistemas de regulación y 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 el ahorro energético.

3. Campo de aplicación

CAMPO DE APLICACIÓN

El ámbito de esta guía técnica lo constituyen todos aquellos locales, edificios o conjunto de edificios, de carácter multidisciplinario, donde se realizan variadas actividades de educación y formación.

Estos edificios pueden ser:

- Universidades.
- Colegios
- Institutos de Enseñanza Secundaria
- Centros de Formación Profesional
- Academias
- Aulas educativas

Además de las actividades específicas destinadas a la enseñanza, en un centro docente existen una serie de espacios destinados a actividades que ayudan al fin último del mismo, que no es otro que la formación integral del individuo

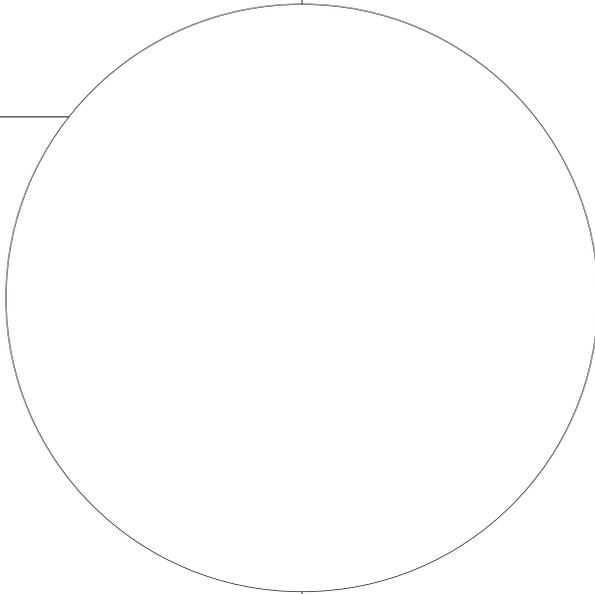
Estos espacios pueden ser :

- Aulas de enseñanza teórica
- Aulas de enseñanza práctica (dibujo, pintura, escultura, trabajos manuales, informática)
- Aulas para actividades especiales y salón de actos
- Laboratorios (química, electricidad, electrónica)
- Talleres mecánicos
- Bibliotecas
- Gimnasios y canchas deportivas
- Salas de lectura



- Piscinas
- Duchas y aseos
- Vestíbulos, pasillos y escaleras
- Oficinas de administración
- Comedores y cocinas
- Capilla, sala de actos y despachos
- Exteriores (accesos, aparcamiento, etc)





4

Clasificación de actividades





4. Clasificación de actividades

Al estudiar el diseño del alumbrado de un centro docente, observamos la existencia de distintas tareas que requieren de un tratamiento específico. Trataremos los espacios uno por uno, no aislándolos, sino relacionándolos en un todo que forma el centro, ya que los alumnos los ocupan de una forma indiscriminada durante la jornada escolar.

La luz natural exterior participará de una forma definitiva en la iluminación de los interiores, si bien de manera distinta en las distintas salas, en función de la orientación de éstas y de la superficie acristalada (ventanas, lucernarios, claraboyas) que dispongan.

4.1.- Actividad visual y espacios

Contemplando la similitud de las tareas, en los centros docentes se pueden distinguir, genéricamente, los siguientes grupos, clasificados según el nivel de percepción que se precisa para realizar la tarea o función específica.

1) Espacios con actividad visual elevada:

Aulas de enseñanza práctica, (tales como dibujo, pintura, escultura, trabajos manuales, informática)

Los locales destinados a estas actividades deben ser iluminados de forma distinta a las aulas de enseñanza teórica, donde la uniformidad del nivel de iluminación debe predominar sobre otras propiedades del mismo.

En general, la luz del día proveniente del exterior y adecuadamente tratada, es bien recibida

En estas aulas, donde la apariencia del color es muy importante, las fuentes de luz utilizadas deben tener la capacidad de reproducir bien los colores

Puede utilizarse iluminación suplementaria, con fuentes de luz direccionales para tareas de exposición y modelado, con el fin de crear, si así se desea, zonas con niveles de iluminación más intensos

Es recomendable la utilización de sistemas de regulación de la luz emitida por las luminarias

Mención aparte merecen las aulas destinadas a impartir clases de informática, por la problemática de los brillos y reflejos producidos sobre las pantallas de los ordenadores por las fuentes de luz artificial y los ventanales

Laboratorios.

Es aconsejable la utilización de la luz artificial, fundamentalmente por seguridad(la llama de un mechero bunsen puede ser invisible a la luz del día), destinando el área de las ventanas para demostraciones y colocación de estanterías y armarios.

Se debe considerar la posibilidad de conseguir una zona oscura, para la realización de experimentos ópticos y proyecciones de diapositivas o similares.

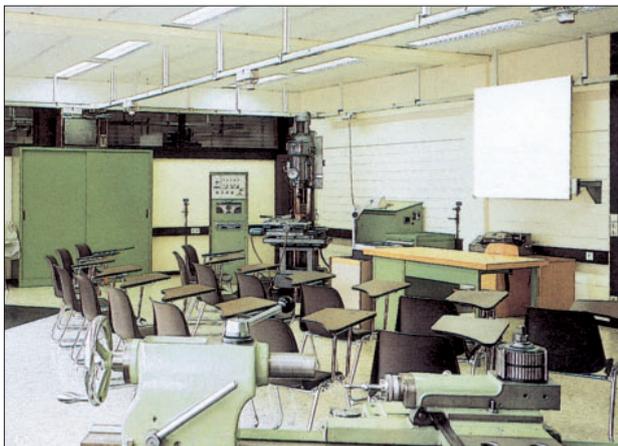
Donde la discriminación de colores es vital, por ejemplo en laboratorios de química o biología, se deberán utilizar tubos fluorescentes con espectro próximo a la luz del día (Índice de rendimiento al color Ra alto).



Talleres.

En las áreas destinadas a talleres, además de las consideraciones referidas para las aulas de enseñanza práctica, debemos tener presente la existencia de elementos en rotación(talleres mecánicos con la presencia de tornos u otras máquinas giratorias) por la posibilidad de que se produzca el efecto estroboscópico.

La presencia de la luz natural es bien recibida.



Bibliotecas.

Las bibliotecas de los centros educativos pueden abarcar desde una simple aula de lectura con estanterías en alguna de sus paredes, hasta las más complejas instalaciones de centros universitarios y escuelas técnicas.

Algunas bibliotecas incluyen un área de lectura donde se requiere un nivel de iluminación uniforme, adecuado para la lectura de letra impresa, junto a áreas de estanterías para almacenamiento de libros, las cuales requieren una iluminación especial.

Si existen ventanas, las estanterías que contienen los volúmenes, deben formar ángulo recto con las mismas.

Si el alumbrado de las estanterías es artificial, este deberá proporcionar una adecuada iluminación vertical sobre aquellas.



2) Espacios con actividad visual normal:

En este apartado dedicaremos especial atención al alumbrado de aulas, asimilando al mismo el de otros locales, tales como seminarios, salas de profesores y oficinas administrativas. Dedicaremos unas líneas al alumbrado de cocinas y gimnasios, que por las características de las tareas realizadas en ellas, requieren un trato especial.

Aulas.

Dentro del alumbrado de los centros docentes, el de las aulas es el más común y a la vez el que más requiere la atención del proyectista.

En las escuelas elementales, como en secundaria o facultades universitarias, es en las aulas donde los alumnos pasan la mayor parte de las horas lectivas.

La iluminación de las aulas depende de la tarea que se realiza en ellas, y comprende desde la toma de



notas, hasta la realización de exámenes, utilización de calculadoras, etc. La tarea de mayor dificultad consiste en la lectura de un texto impreso o más aún, la lectura de un texto escrito con lápiz; por lo tanto, el nivel de iluminación debe ser el apropiado para la realización de esta tarea.

En un aula estándar, cuya superficie puede oscilar entre 60 y 80 metros cuadrados (pueden existir otras aulas de dimensiones distintas, pero el criterio de iluminación será el mismo que el utilizado para la estándar), es habitual que una de las paredes está ocupada por un amplio ventanal, que abarque toda la pared, desde el techo hasta el suelo, o una parte de ella, generalmente desde el techo hasta una altura de 1m. sobre el suelo. Algunas aulas pueden tener lucernarios o ventanas en alguna de las esquinas, pero siempre la luz natural estará presente.

En primer lugar analizaremos la penetración de la luz natural en el aula. Si esta es muy profunda, consideraremos el aumentar la reflectancia del fondo de la misma. Posteriormente consideraremos la instalación de las luminarias en el techo.

Una vez que la iluminancia o nivel de iluminación haya sido determinado, otros factores como el deslumbramiento, sombras y colores deben ser considerados en la elección de las luminarias y lámparas.

Las luminarias a instalar dependen de la altura y tipo del techo. En techos altos, pueden ser utilizadas luminarias suspendidas(directas/indirectas) que emitan luz hacia el techo y hacia los planos de trabajo. Una bien diseñada iluminación indirecta, proporciona una iluminación libre de sombras.

Pero la mayor parte de las aulas disponen de techos bajos, que necesitan luminarias adosadas o empotradas en falsos techos. Son mas adecuadas las luminarias empotradas que las adosadas, porque a igualdad de tamaño, tienen mejor estética.

Las luminarias de un aula pueden ser colocadas en varias posiciones; sin embargo se debe tener especial cuidado en la orientación de las mismas, de acuerdo a los siguientes factores:

- Posición y orientación de los pupitres y mesas de trabajo.
- Situación y proximidad de las ventanas.
- Altura de los techos.
- Características fotométricas de las luminarias.
- Flexibilidad del espacio para otras funciones.
- Situación del tablero o pizarra.

El tablero no debe ser brillante, y no debe ser necesariamente negro.

La iluminación del tablero debe reunir dos condicionantes:

- No debe producir reflejos sobre su superficie
- Se debe obtener una adecuada iluminación en la parte más baja del mismo, asegurando que la relación entre las iluminancias mínima y media(uniformidad media) existente en el tablero sea superior a 1/3.

La mejor posición para la iluminación de un tablero, se muestra en el dibujo de la figura 1

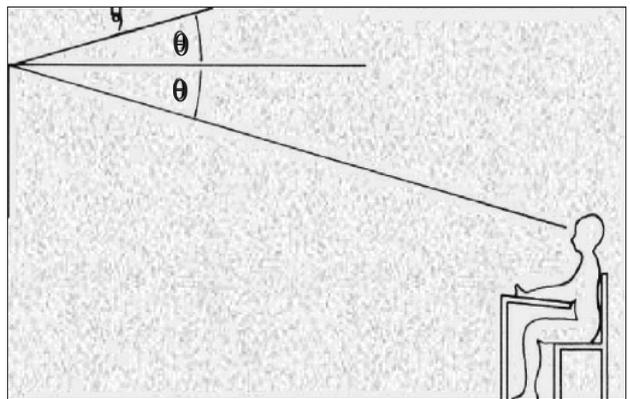


Figura 1

Si las luminarias son colocadas más próximas al tablero, la luz puede no ser suficiente en el pie del mismo. Si son colocadas más alejadas, los brillos serán observados desde los pupitres de los alumnos, es decir, la luminaria se situará a una distancia tal que los ángulos θ , según se define en la Figura 1, coincidan.

Para evitar reflejos en la pizarra que dificulten la visión total o parcial de la misma, se utilizarán luminarias tipo "bañador" de pared.

Se deben considerar también los brillos producidos por la luz recibida de otras luminarias o desde las ventanas existentes en la sala.

Cocinas.

Si la luz natural proveniente del exterior no es suficiente, las cocinas deben dotarse de un alumbrado artificial adecuado a la tarea a realizar, con luminarias de características especiales, dotadas de un elevado grado de estanqueidad, con protectores plásticos que impidan la caída de cristales por la rotura de alguna lámpara.

Las lámparas habitualmente utilizadas son los tubos fluorescentes.

Gimnasios.

Los gimnasios y espacios destinados a la educación física, ocupan generalmente las salas más amplias del edificio. Por ello pueden ser empleadas como salas polivalentes dedicadas a actividades no relacionadas con la educación física, tales como reuniones generales, auditorio, representaciones dramáticas o musicales, graduaciones, actividades extra escolares o incluso como salón de baile en el caso de centros de enseñanza media y universitaria.



El alumbrado debe diseñarse de acuerdo a estas actividades y ser fácilmente adaptable a sus requerimientos luminosos.

Un buen diseño del alumbrado de un gimnasio debe prever la creación de varios circuitos, para reducir o ampliar los requisitos de iluminación cuando sea necesario.

Así mismo, la utilización de luminarias portátiles o suplementarias, debe ser tenida en cuenta para casos especiales.

Las lámparas habitualmente utilizadas, adecuándolas a la altura de los techos de estas salas, son las de descarga y los tubos fluorescentes.

Las luminarias utilizadas en los gimnasios deben llevar rejillas protectoras, si no existe una red a tal fin que ocupe todo el techo de la sala.

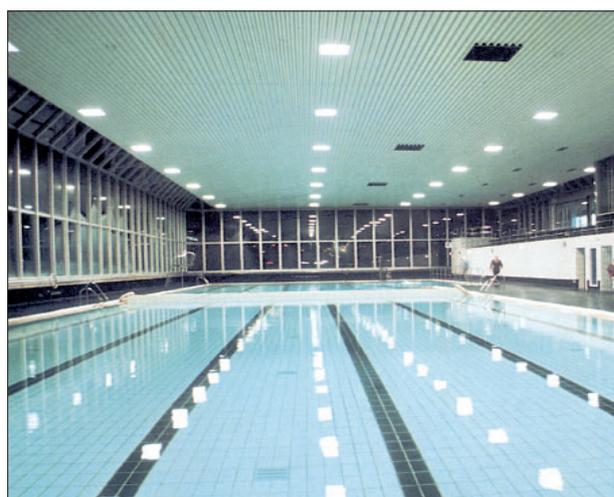
Piscinas.

Si en el centro docente existe piscina, para la iluminación de ésta se debe intentar aprovechar al máximo la luz natural a través de grandes superficies acristaladas situadas en las paredes o en el techo, teniendo especial cuidado con los brillos y reflexiones producidas sobre el agua, que pueden dificultar la vigilancia de los monitores sobre las personas que se encuentran en el interior de la misma.

El alumbrado artificial se realizará situando las luminarias fuera de la vertical de las paredes que forman el vaso de la piscina, para facilitar el mantenimiento.

Las luminarias empleadas, sea cual fuese el tipo, deben poseer un alto grado de estanqueidad, y una gran seguridad contra la rotura de vidrios y lámparas, habida cuenta de la falta de protección contra cortes y heridas de los usuarios de la piscina.

Algunas piscinas pueden incorporar, como elemento fundamentalmente decorativo, iluminación propia a través de las paredes del vaso, utilizando para ello luminarias especiales.



En función de las alturas de implantación de las luminarias, se pueden utilizar lámparas fluorescentes con elevada reproducción cromática o lámparas de halogenuros metálicos.

3) Espacios con actividad visual baja:

- Vestíbulos
- Pasillos y escaleras
- Comedores y cafeterías
- Aseos y duchas
- Almacenes
- Zonas de esperas y paso
- Zonas exteriores

En los espacios de actividad visual baja, los requerimientos del alumbrado no son tan exigentes como en las aulas u otros lugares donde se desarrollan actividades visuales altas o normales.

Las lámparas habitualmente utilizadas son los tubos fluorescentes.

Vestíbulos, pasillos y escaleras.

Los vestíbulos y escaleras no deben iluminarse como meros lugares de paso, ya que pueden considerarse como espacios de ampliación de las aulas, y en algunas ocasiones, sobre todo en las zonas próximas a la puerta de acceso, como continuación de estas.

Donde los pasillos sean utilizados únicamente como lugares de paso o movimiento de personas, se deberá reforzar la iluminación en las uniones de estos, para seguridad y guiado.

Es muy usual que las paredes de los pasillos sean utilizadas para la colocación de tableros de noticias, fotografías, trabajos de los alumnos, obras de arte, etc. En ese caso, los lugares ocupados por estos, deberán tener una iluminación especial.

En el alumbrado de escaleras se debe evitar que los peldaños produzcan sombra en el inmediato inferior, por lo que la iluminación deberá realizarse en los descansillos superior e inferior, y si los tramos fuesen largos, también a lo largo de los mismos.



Comedores.

En el caso de las salas destinadas a comedores, como en los gimnasios, el alumbrado debe ser previsto para las múltiples tareas que además de la habitual, se realizan en ellas (salas de juegos, reuniones, etc.).

Cuando los alumnos no tienen libertad de movimientos, considerar la protección contra el deslumbramiento y radiación directa del sol.

Algunas lámparas de descarga y tubos fluorescentes, pueden provocar que la comida aparezca como poco apetitosa. Es por tanto preferible la utilización de lámparas fluorescentes tubulares y compactas de nueva generación.



Duchas y aseos.

En estas instalaciones, el alumbrado debe ser individual por cada cubículo o bien compartido con luminarias colocadas de forma que puedan iluminar a varios de ellos sin producir sombras acusadas.

Dado el ambiente de gran humedad reinante, son recomendables las luminarias estancas con lámparas fluorescentes tubulares o compactas y la utilización de interruptores temporizados o utilización de detectores de presencia para el control de encendido.

Almacenes.

El tiempo de permanencia en estas salas suele ser corto, pero no por ello debemos dejar de dotarlos con la iluminación adecuada a las tareas a realizar, que en algunos casos, como en los almacenes de material escolar y archivos, requieren niveles similares a los de las aulas.

No es el caso de otros almacenes, como por ejemplo los destinados a material deportivo, artículos de limpieza, etc., donde los requerimientos de luminancia son inferiores.

Exteriores.

En muchos centros docentes la actividad continúa cuando la luz solar ya no existe, y es por ello importante tener en consideración varios aspectos relacionados con el alumbrado de exteriores.

Las fachadas de los edificios, sus alrededores y las áreas para actividades deportivas exteriores, deben ser iluminadas para la realización de la actividad y por seguridad general, así como por la protección contra el vandalismo y robo.

El alumbrado exterior y el de seguridad están tan próximos el uno al otro, que deben ser considerados conjuntamente. A menudo la misma instalación puede servir para los dos propósitos.

El alumbrado exterior de los centros docentes debe facilitar la aproximación y entrada en los mismos durante las horas nocturnas, tanto a pié como en cualquier vehículo, facilitar la seguridad del edificio y de su contenido y realzar la arquitectura del mismo. En muchos casos esto último se consigue como consecuencia de conseguir los anteriores objetivos.

Paseos, caminos, calles interiores y aparcamientos deben ser iluminados durante las horas nocturnas de forma convencional. Las entradas y salidas del edificio deben ser más intensamente iluminadas con fuentes de luz eficientes.

El alumbrado de las fachadas del edificio por medio de proyectores alejados del mismo, es una excelente estrategia para conseguir el alumbrado de seguridad en los siguientes sentidos:

- Facilitando la visión directa de las personas y de la estructura exterior del edificio.
- Permitiendo la observación de los intrusos, bien directamente por sus siluetas recortadas contra los puntos emisores de luz o por la sombra proyectada sobre las paredes del edificio.
- Reduciendo o eliminando el deslumbramiento que a menudo producen los proyectores situados en las paredes del edificio.

Las luminarias y proyectores destinados a la iluminación de seguridad, pueden ser colocadas en postes, árboles, paredes o edificios próximos y en pedestales especiales.

Son necesarias fuentes de luz de alta eficacia, tales como las de alta intensidad de descarga, que instaladas en luminarias estancas y antivandálicas, pueden proporcionar un resultado atractivo, eficiente y funcional al sistema de alumbrado exterior y de seguridad.

El rendimiento de color de las lámparas utilizadas no tienen por qué ser excelente.



4.2.- Espacios de representación

En los centros docentes existen determinados locales o zonas especialmente significativas que requieren soluciones en las que no siempre deba ser predominante la exigencia de la eficiencia energética. Estos pueden ser el salón de actos y la zona de dirección.



4.3.- Actividades especiales

Podemos definir como aulas especiales, aquellas en las que se realiza una actividad con exigencias de iluminación distintas a las habituales. Entre estas podemos resaltar las aulas para alumnos discapacitados, aulas de informática y el salón de actos.

Algunas aulas pueden ser específicamente diseñadas para alumnos discapacitados. En estos casos será necesario un nivel de luminancia inferior o superior al normal, motivado por los problemas de visión de los alumnos.

Los alumnos con dificultades en la audición, a menudo dependen de la comprensión de los gestos o de la lectura de los labios del profesor o de sus compañeros, por lo que es necesario que las caras de estos aparezcan perfectamente iluminadas. La iluminación debe proveer del modelado suficiente para que el movimiento de los labios sea percibido por los alumnos.

En las aulas de informática, la presencia de brillos generados tanto por la luz natural como por la artificial, sobre las pantallas de los ordenadores, se convierte en el principal problema a resolver para la consecución de un buen alumbrado.

Será necesaria la utilización de luminarias dotadas con reflectores y apantallamientos especiales, así como el control riguroso de la luz solar proveniente del exterior.

Estas salas requieren un estudio ergonómico profundo, que trataremos en un próximo apartado.

El salón de actos es el espacio multidisciplinar por excelencia, incluso superando al gimnasio y al comedor. Por lo tanto, los sistemas de iluminación deben adaptarse a las múltiples tareas que se pueden desarrollar en él, proveyendo del suficiente nivel luminoso para tareas como realización de exámenes, y de sistemas de regulación para anular en su totalidad y progresivamente la emisión de luz de las lámparas en el caso de proyección de películas, cintas de vídeo, diapositivas, representaciones teatrales, etc.

Si por problemas de acceso, las luminarias no se pudiesen ubicar en el techo, debemos considerar la posibilidad de colocar las luminarias en las paredes de la sala. Las lámparas utilizadas deben reproducir adecuadamente los colores, aún a costa de su eficiencia energética.



4.4.- Valoración del tiempo anual de la actividad

El tiempo anual de la actividad de cada local o espacio, es muy importante a la hora de valorar el ahorro energético que supondría la implantación de un sistema de iluminación eficiente en cada tipo de espacio.

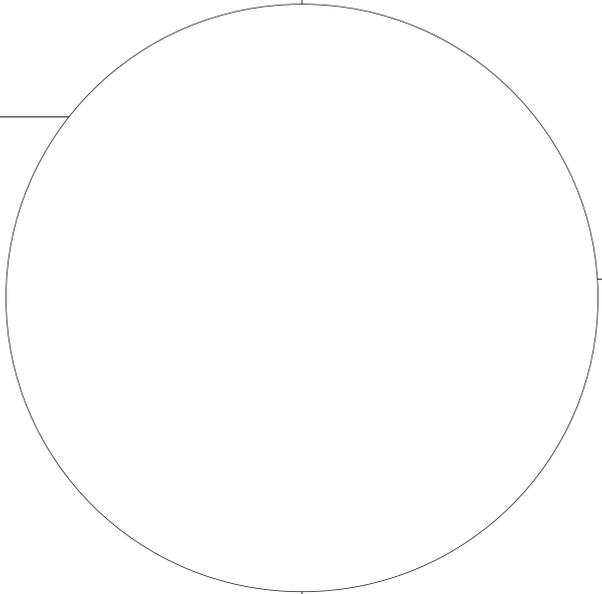
En los centros de enseñanza primaria y secundaria, se han de considerar de 6 a 8 horas diarias durante unos nueve meses al año. En otros tipos de centros, la duración de la actividad puede estimarse entre 10 y 12 horas diarias.

Esto representa una utilización anual de:

- Enseñanza primaria y secundaria
= 7 h x 20 días x 9 meses = 1260 horas año
- Otros centros
= 12 h x 20 días x 9 meses = 2160 horas año

A estos tiempos hay que añadir los empleados en la limpieza, si bien es cierto que en este caso, el encendido de la iluminación se realiza por sectores.

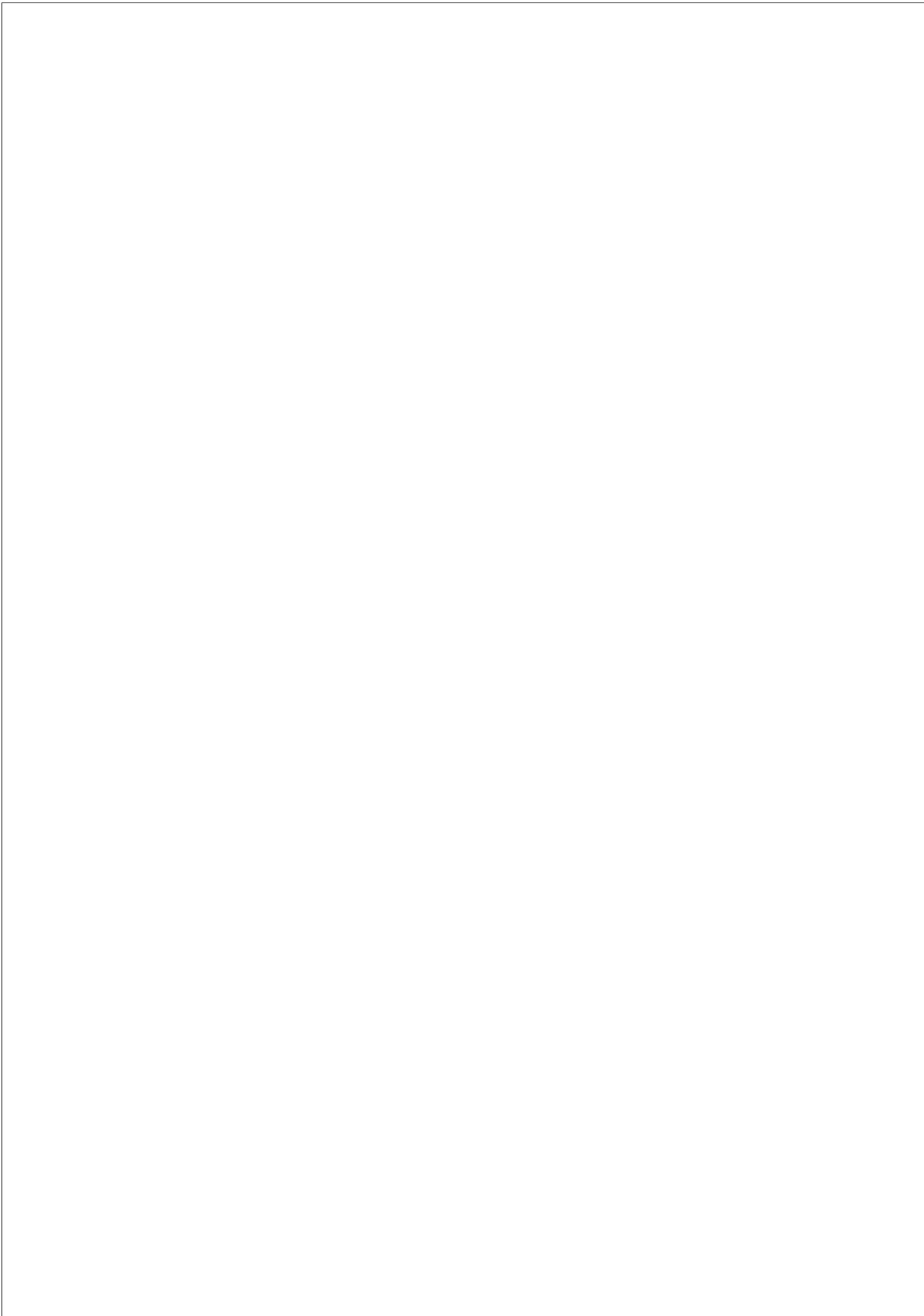




5

Criterios de calidad y diseño





5. Criterios de calidad y diseño

Son los criterios a aplicar en la definición, estudio, proyecto e instalación de un sistema de iluminación.

5.1.- Iluminancia y uniformidad

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

a) El nivel de iluminancia debe fijarse en función de :

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

Según el tipo de actividad, las iluminancias a considerar serán:

- Horizontales
- Verticales

En el plano horizontal la iluminancia media estará definida por el valor medio del sumatorio de puntos. El número mínimo de puntos a considerar estará en función del índice del local (K) y de la obtención de un reparto cuadrulado simétrico.

El cálculo del índice del local es función de:

$$K = L \times A / H \times (L + A);$$

en donde:

L = Longitud del local

A = Anchura del local

H = Distancia del plano de trabajo a las luminarias

El número de puntos mínimo es:

$$K < 1 = 4 \text{ puntos}$$

$$K \ 1 \text{ y } < 2 = 9 \text{ puntos}$$

$$K \ 2 \text{ y } < 3 = 16 \text{ puntos}$$

$$K \ 3 = 25 \text{ puntos}$$

En el plano vertical la iluminancia media estará definida por el valor medio del sumatorio de puntos. El número mínimo de puntos a considerar será función de la actividad a la que este dedicada la superficie y de la obtención de un reparto cuadrulado lo más simétrico posible.

b) Uniformidad de iluminancias:

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

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

$$\text{Uniformidad media (Um)} = \frac{\text{Iluminancia mínima (Emín)}}{\text{Iluminancia media (Em)}}$$

$$\text{Um} = \text{Emín} / \text{Em}$$

5.2.- Control del deslumbramiento

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

El deslumbramiento se puede producir de forma directa por lámparas, luminarias y ventanas o por reflexión producida por superficies de alta reflectancia (brillante), que pueden estar en el campo de visión del observador. El grado de deslumbramiento directo admisible en el campo visual del observador esta función del tipo de actividad que se realiza en el local.

El deslumbramiento directo de lámparas, se elimina con la utilización de luminarias que redistribuyan el flujo de las mismas de forma idónea para la actividad a realizar.

Para validar la idoneidad de las luminarias para la actividad a desarrollar, utilizaremos el criterio C.I.E., este sistema tiene clasificada las tareas o actividades en cinco grupos que definen otras tantas clases de calidad. Cada grado de calidad tiene asignado un índice de deslumbramiento surgido de la evaluación subjetiva del deslumbramiento, llevado a cabo en el laboratorio por un grupo de observadores.

- La clase de calidad "A" será para una actividad visual muy alta, índice de deslumbramiento 1'15.
- La clase de calidad "B" será para una actividad visual alta, índice de deslumbramiento 1'50.
- La clase de calidad "C" será para una actividad visual media, índice de deslumbramiento 1'85.
- La clase de calidad "D" será para una actividad visual baja, índice de deslumbramiento 2'20.
- La clase de calidad "E" será para una actividad visual muy baja (donde los trabajadores no están confinados en un puesto concreto), índice de deslumbramiento 2'55.

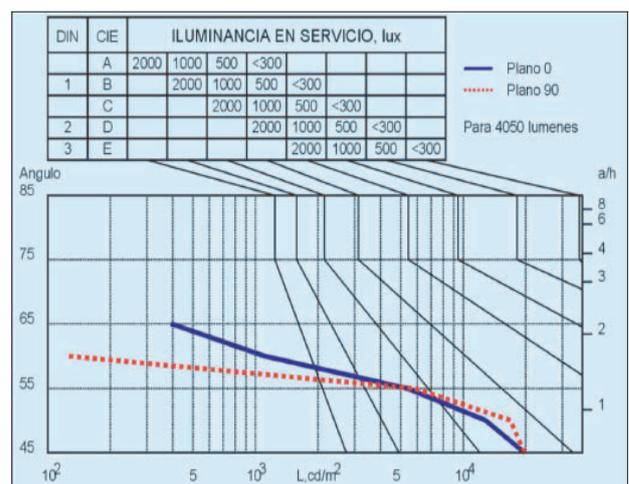
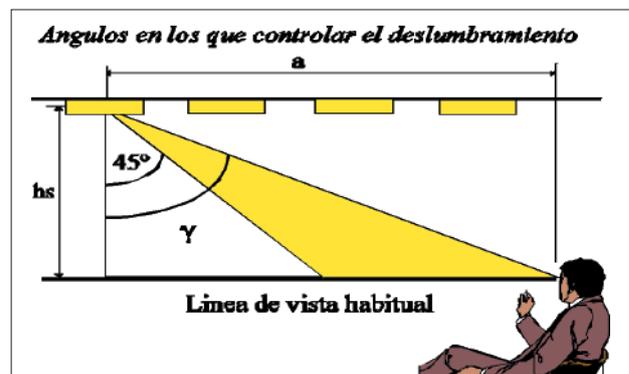
El diagrama C.I.E (Fig.2) que permite comprobar la idoneidad de la luminaria a utilizar esta formado por valores de iluminancia media en servicio (lux), curvas patrón de limitación de la luminancia (línea negra),

escala de índices de deslumbramientos (de 1'15 a 2'55) y clases de calidad (de A a E).

Procedimiento para el uso del diagrama C.I.E. es:

- Selección de la curva patrón adecuada (línea negra) a partir de la clase de calidad (A...D) y el nivel de iluminancia recomendado para la dependencia o actividad (ver capítulo 7).
- Definir el ángulo máximo, para la longitud (a) y altura del local (hs), entre el nivel del ojo del observador más desfavorable y el plano de las luminarias ($\gamma > 45^\circ$).
- Comparación de la curva de luminancia de la luminaria seleccionada (línea azul) con la parte elegida de la curva patrón de limitación (intersección entre la curva patrón y $\gamma > 45^\circ$). Si el valor de la curva de la luminaria (línea azul) no supera a la seleccionada la instalación es correcta.

Figura 2



Por ejemplo, la luminaria definida en el diagrama CIE anterior por la curva de luminancia (línea azul):

- Sería válida para el caso de un pasillo, para un $\gamma > 65^\circ$ y con unos parámetros de iluminación recomendados según el capítulo 7 de: iluminancia media horizontal 150 lux y clase de calidad C.
- No sería válida para el caso de un aula de informática, para un $\gamma > 45^\circ$ y con unos parámetros

de iluminación recomendados según el capítulo 7 de: iluminancia media horizontal 500 lux y clase de calidad A.

Cabe destacar las zonas con pantallas de ordenador o televisión; en estos casos, es necesaria la utilización de luminarias cuya luminancia para ángulos mayores de 60° contados desde la vertical, tanto para plano transversal como longitudinal, sea igual o inferior a 200 cd/m². Estas luminarias se llaman de baja luminancia.

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

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

Especial cuidado hay que prestar a la iluminación de las superficies verticales como pizarras, mapas, pantallas, etc., donde se deben evitar reflejos que dificulten la visión total o parcial. Para su iluminación se debe utilizar luminarias tipo "bañador" de pared.

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

El cumplimiento de los criterios definidos nos garantiza la ausencia de deslumbramiento directo o reflejado, obteniendo el confort visual demandado por la mayoría de las actividades que se desarrollan en los Centros Docentes, donde fundamentalmente la atención se centra en el profesor y la pizarra.

5.3.- Modelado

Con independencia del nivel de educación impartido (primaria, secundaria, universitaria, etc.) en la enseñanza es fundamental la perfecta comunicación (por escrito, vía oral o gestual) entre la persona que imparte la materia y las que la reciben.

Los criterios de modelado son de gran importancia en la iluminación de las volumetrías, ya que la correcta percepción de las tres dimensiones o de la textura de un objeto permite un conocimiento real del mismo. Esto se consigue utilizando el efecto modelador del alumbrado direccional.



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.

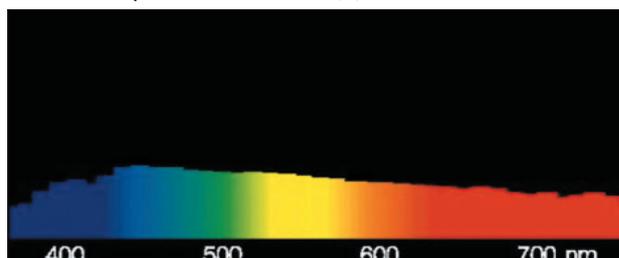
Obtenemos un modelado aceptable cuando la relación entre iluminancia vertical y horizontal es superior a 0'25 en las principales direcciones visuales del observador o posibles observadores. Este modelado nos permite tener un aula con los paramentos estructurales, mobiliario y personas que desarrollan su actividad en la misma, iluminadas para que su acabado superficial y forma resultan nítidas y agradables.

No obstante, las sombras pronunciadas, como las obtenidas por un modelado duro sobre un área pequeña, se pueden usar para producir efectos dramáticos intencionados, esto es útil en la enseñanza de técnicas escultóricas, exposiciones, etc.

5.4. Color

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

- Índice de reproducción cromática (Ra) o Grupo de rendimiento de color según CIE (1A, 2A,1B,2B)
- Temperatura de color (K)



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

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	Fluorescencia lineal y compacta	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	

Los centros docentes en general no precisan una iluminación artificial de elevada reproducción cromática, a excepción de aulas dedicadas a la enseñanza de pintura, algún laboratorio, etc., donde la calidad cromática es importante.

Con carácter general las lámparas tendrán un índice de reproducción cromática (Ra) de los valores comprendidos entre 70 y 85. Para las dependencias que precisan una mayor calidad el valor será ≥ 90 .

La temperatura de color de las lámparas a utilizar teniendo en consideración el rango de niveles de iluminación que pueden precisar las distintas dependencias, se considera adecuado utilizar una temperatura de color ≈ 3500 K.

En cuanto a los acabados superficiales de paramentos y mobiliario es importante tener en consideración el efecto Psicológico de los colores sobre las personas (profesor, alumnos) que desarrollan su actividad en el aula.

En general se recomiendan colores suaves como el verde pálido, azul celeste, gris perla o amarillo en paredes y blanco en el techo. El empleo de colores suaves no excluye la presencia puntual de elementos con colores vivos que eviten la monotonía.

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. 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.
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. No debe obstruir la tarea visual y debe permitir posturas cómodas.
4. Debe limitar la producción de ruido.
5. Debe eliminar el efecto estroboscópico.
6. Debe generar al recinto iluminado poca carga térmica.

1. 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 relaciones óptimas de luminancias entre diferentes superficies de la instalación son las comentadas en la siguiente tabla.

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.

2. La agudeza visual está íntimamente ligada al nivel de iluminación media, y estos niveles deberán cumplir con las recomendaciones que se aportan en el capítulo 7.

3. 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 proporcionaran el cumplimiento de los puntos 2) y 3)

En las dependencias donde se desarrollen actividades con ordenadores, pantallas de visualización, televisores, etc., las luminarias a utilizar serán las denominadas como de baja o muy baja luminancia. En este caso debe cumplir con la clase de calidad "A" con un índice de deslumbramiento (G) de 1'15.

En las aulas dedicadas a sistemas informáticos, los usuarios de ordenadores tienen dos situaciones relacionadas con la luminancia que es importante tener en consideración. Una situación estática, donde la persona mira la pantalla, el teclado o un documento, y otra situación dinámica, cuando la persona está visualizando alternativamente cada uno de los tres elementos mencionados.

Entre estos elementos existe una diferencia de luminancia. En el caso de la situación estática con una reflectancia entre 0,20 ÷ 0,50 para las superficies relevantes, y las pantallas de los monitores con fondo oscuro y caracteres brillantes, se puede estimar que el observador dispondrá de una escena adecuada.

En el caso de pantallas con caracteres oscuros y fondos claros, no se precisan medidas especiales que garanticen un valor de reflectancia definido en las superficies relevantes.

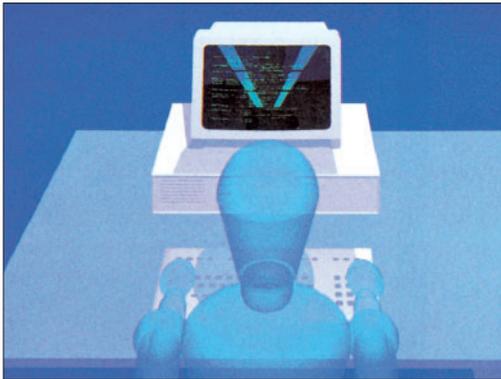
En una situación dinámica, para no producir una fatiga visual importante al observador, es preciso disponer de una escena muy bien equilibrada en luminancias entre el documento, las superficies relevantes y de la pantalla, que es función de la ambiental reflejada por el vidrio y por el fósforo de la misma. Así mismo, es importante tener en consideración que en la escena que se origina tiene tanta importancia el plano horizontal (documento reflectancia entre 0,50 ÷ 0,70 como el vertical pantalla reflectancia entre 0,20 ÷ 0,30 para los fósforos).

Si disponemos de un terminal con contraste negativo (fondo brillante, caracteres oscuros) podemos realizar un ajuste de la pantalla, obteniendo una instalación donde con toda probabilidad no tendremos desequilibrio de la luminancia dinámica.

Con un terminal de contraste positivo (fondo oscuro, caracteres brillantes) para mantener las características idóneas de instalación en cuanto a la luminancia dinámica, es preciso que el documento tenga una luminancia baja, y un equilibrio con el nivel de iluminancia requerido por la tarea a desarrollar en el aula.

Se deben tener en consideración las luminancias en ángulos que pueden ser reflejados por las pantallas, impidiendo el confort requerido por campo de visión del observador. El resultado podrá ser aceptable utilizando luminarias con bajas luminancias en ángulos elevados con la vertical (inferior a 200 cd/m² en el sentido de visión del observador).

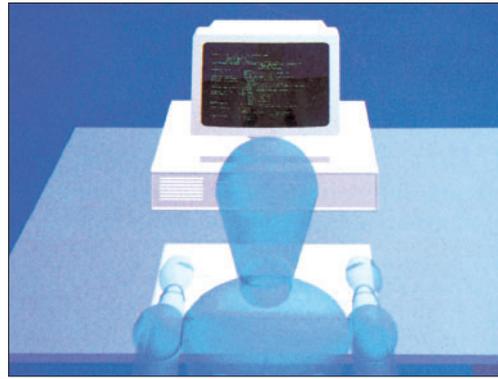
En tareas visuales muy concretas se puede precisar una iluminación indirecta. Con esta solución estamos penalizando la eficacia energética por el cumplimiento del confort visual requerido por el observador para realizar correctamente la tarea definida.

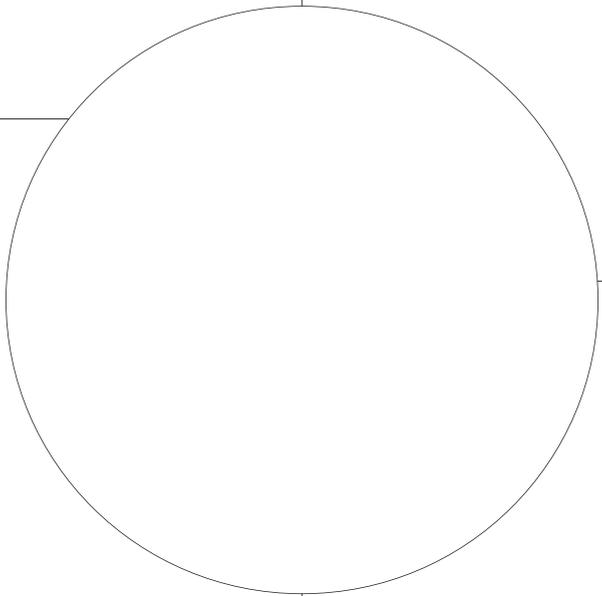


4. 5. 6. Para garantizar que no se producirá ruido por vibración, el efecto estroboscópico (parapadeo de la luz), así como un incremento mínimo de temperatura en el local, es recomendable utilizar balastos electrónicos de alta frecuencia.

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.

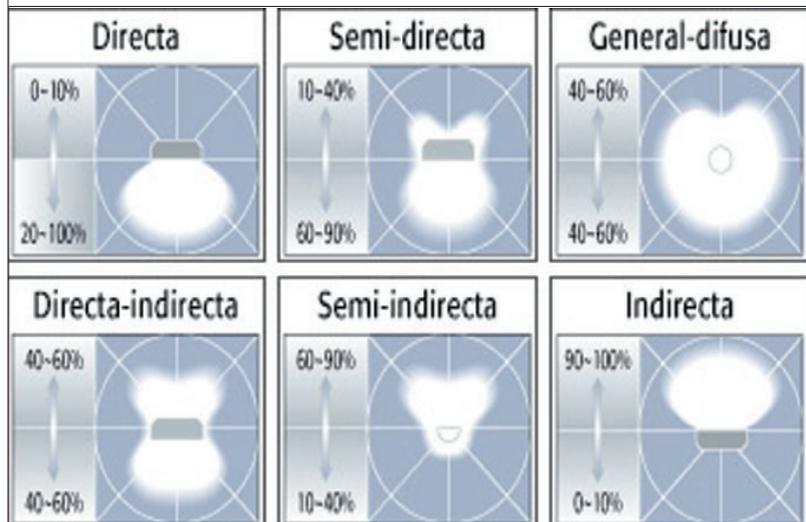
Es posible integrar el sistema de refrigeración con el sistema de iluminación, realizando la extracción de aire a través de las luminarias, con lo que se reduce la radiación térmica emitida por las luminarias, se incrementa la eficacia de las fuentes de luz fluorescentes, se alarga la vida de las fuentes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





6

Sistemas de iluminación





6. Sistemas de iluminación

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

6.1.- Sistemas de alumbrado

Los sistemas de alumbrado que se pueden utilizar en un centro docente son:

- *Alumbrado general.*- Se denomina así al alumbrado de un espacio en el que no se tienen en cuenta las necesidades particulares de ciertos puntos determinados.
- *Alumbrado localizado.*- Es el utilizado para una tarea específica, adicional al alumbrado general y controlado independientemente.
- *Alumbrado general + localizado.*- Es el alumbrado resultante de añadir el alumbrado localizado al alumbrado general.
- *Alumbrado directo.*- Es el obtenido por medio de luminarias con una distribución fotométrica tal que del 90% al 100% del flujo luminoso emitido alcanza directamente al plano de trabajo, suponiendo que dicho plano sea ilimitado.
- *Alumbrado indirecto.*- Es el obtenido por medio de luminarias con una distribución fotométrica tal que no más del 10% del flujo emitido alcanza directamen-

te el plano de trabajo, suponiendo que dicho plano sea ilimitado.

Se utilizará Alumbrado general mediante una distribución estandar de luminarias (tipo empotrar, adosar, suspender, etc.) en los distintos locales que tiene un centro docente, como:

- Vestíbulos, pasillos y escaleras
- Comedor
- Duchas y aseos
- Almacenes

Se utilizará Alumbrado general + localizado, que refuerce la zona de exposición y mejore la captación de imágenes del observador, impidiendo reflejos en :

- Aulas(pizarra, mesa del profesor)
- Aulas de enseñanza práctica(tales como dibujo, pintura, escultura, trabajos manuales)
- Laboratorios.
- Talleres.
- Biblioteca.

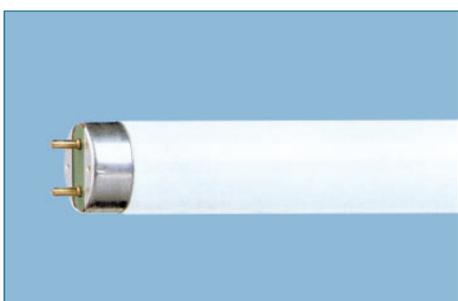
En instalaciones específicas se requieren sistemas de iluminación indirecta que garantice una mejora en el confort visual; esta mejora nos viene proporcionada por la reducción de posibilidades de deslumbramiento directo.

Las aulas especiales, salón de actos, etc., por sus características constructivas o tipo de actividad a desarrollar (proyecciones, exposiciones, etc.) pueden requerir luminarias específicas (tipo spot, carril electrificado, etc.) o conjuntos formados por distintos tipos de luminarias.

6.2.- Tipos de lámparas recomendados

Los tipos de lámparas recomendados para la iluminación de centros docentes 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. Lámparas de descarga de halogenuros metálicos (HM).
7. Sodio de alta presión (SAP), (sólo para los exteriores).



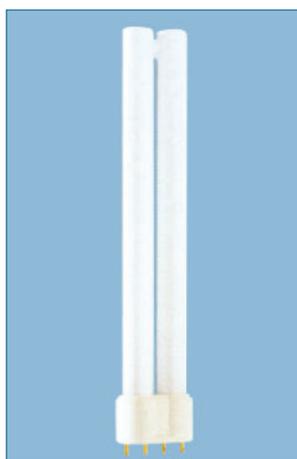
Fluorescente (T8)



Fluorescente (T5)



Fluorescente compacto (TC)



Fluorescente compacto de tubo largo (TC-L)



Fluorescente compacto con equipo incorporado



Halogenuros metálicos (HM)



Vapor de sodio de alta presión (SAP)

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 capítulo 7).
- 2º De aquellos tipos de lámparas que cumplan la condición anterior, seleccionar la de mayor eficiencia energética, es decir, la que tenga un valor mayor del parámetro lúmenes por vatio.
- 3º Seleccionar la lámpara con mayor vida media, medida en horas.

Tipo de Lámpara	Rango de potencias	Tono de luz	Ra	lm / W	Vida media, h	Aplicación
Incandescentes halógenas de baja tensión	5-100	Cálido	100	10-25	2000-3500	Localizada Decorativa
Fluorescencia lineal de 26 mm.	18-58	Cálido Neutro Frío	70-98	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
Vapor de Mercurio	50-1000	Cálido Neutro	50-60	30-60	12000-16000	General
Halogenuros metálicos	35-3500	Cálido Neutro Frío	65-85	70-91	6000-10000	General Localizada
Sodio Alta Presión	30-1000	Cálido	20-80	50-150	10000-25000	General

En aulas y zonas de utilización general, la solución lógica son los tubos fluorescentes y las lámparas fluorescentes compactas, teniendo en consideración la eficacia y el rendimiento de color para la tarea que se desarrollara en la dependencia.

Las dependencias interiores destinadas a la practica de actividades deportivas se utilizarán lámparas de descarga de vapor de mercurio con halogenuros metálicos o vapor de sodio alta presión, siempre que la altura de instalación de las luminarias lo recomienden.

Las superficies exteriores dedicadas a la actividad deportiva, ocio, desplazamiento, etc., y siempre que la altura de montaje de las luminarias así lo recomienden, se utilizarán lámparas de descarga de vapor de sodio alta presión. Si los requisitos cromáticos de la actividad a desarrollar lo requiere, se utilizarán lámparas de vapor de mercurio con halogenuros metálicos.

6.3. - Tipos de equipos auxiliares recomendados

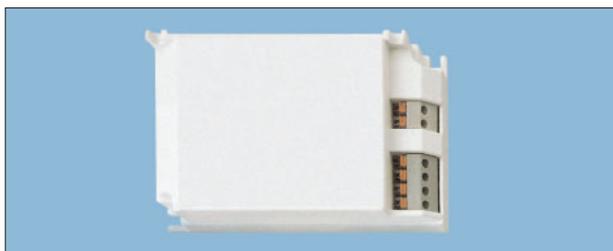
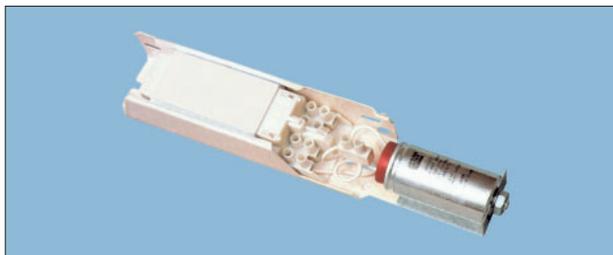
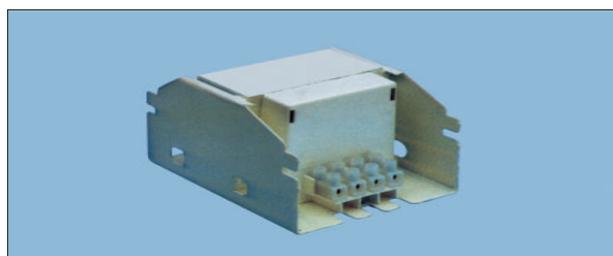
Son los equipos eléctricos asociados a la lámpara y por tanto, diferentes para cada tipo de lámpara, no obstante, con carácter general los equipos auxiliares más comunes son los balastos, arrancadores y condensadores.

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:

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 mercurio	Electromagnético
- Lámpara de halogenuros metálicos	Electromagnético/ Electrónico
- Incandescencia halógenas :	Electromagnético / Electrónico
- Lámparas de inducción electromagnética	Electrónico

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 %

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 tubos 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, con lo que el tubo arranca fácilmente y posteriormente se estabiliza.

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.
- 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 1.

Confort:

- Encendido instantáneo y sin destellos.
- Desconexión automática de lámparas defectuosas, 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 eléctrico.

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 homologadas según la norma de seguridad EN 60928, que incluye las anteriormente 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 de 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

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 tW (temperatura máxima de funcionamiento), t (incremento de temperatura), t_a (temperatura máxima de ambiente) y γ (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 los centros docentes 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: celosía, 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

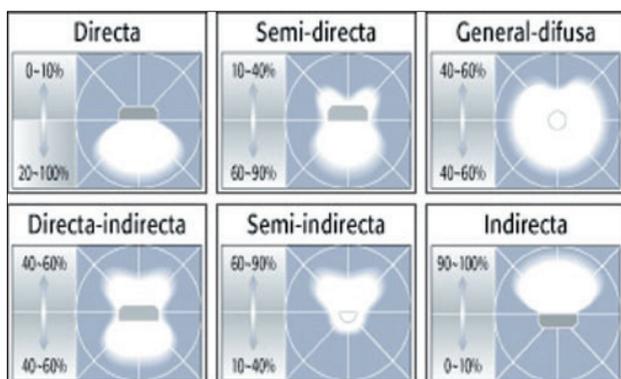
En coordinación con el tipo de distribución de luz, se tienen que analizar las características de deslumbramiento de la luminaria, según los diagramas de curvas límites de luminancias y las clases de deslumbramiento (ver punto 5.2).

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 resaltarán 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, las 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 %.

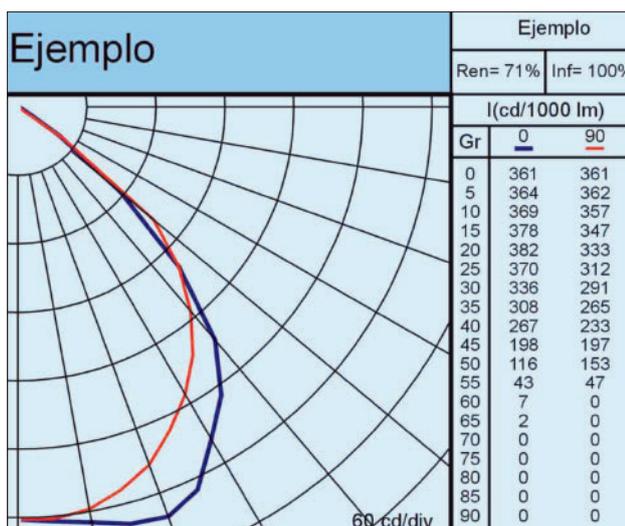
- Directa - indirecta / general difusa: Hemisferio superior del 40 ÷ 60 %, hemisferio inferior 40 ÷ 60 %.
- Semi - indirecta: Hemisferio superior del 60 ÷ 90 %, hemisferio inferior 10 ÷ 40 %.
- Indirecta: Hemisferio superior del 90 ÷ 100 %, hemisferio inferior 0 ÷ 10 %.



Con carácter general y atendiendo a la clasificación C.I.E. podemos establecer que en aulas, laboratorios, oficinas, etc., las luminarias serán de clase directa, y en pasillos, gimnasio, talleres, etc., serán de clase directa, semi - directa o directa - indirecta.

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.



6.4.3 Sistemas de montaje

Por las características de montaje que se presentan en los edificios de hospitales y centros de asistencia primaria, se pueden utilizar las siguientes luminarias:

- Empotradas.
- Suspendidas.
- Adosadas a techo
- De carril

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 aulas, despachos, etc., no necesitan de un grado de estanquidad elevado, al tratarse de luminarias abiertas. Solamente las luminarias destinadas a instalaciones específicas, tales como piscinas, 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.

6.4.7. Tipos de luminarias disponibles

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

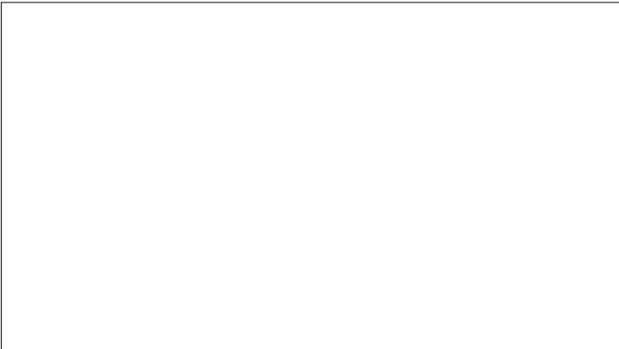
- 1.- Luminarias de adosar con celosías especulares o difusa para lámparas fluorescentes lineales o compactas. Iluminación general de aulas con ordenador, lectura, áreas administrativas, etc. (celosía especular), áreas de utilización general (celosías difusas).



2.- Luminarias de adosar / suspender con celosías especulares o difusa para lámparas fluorescentes lineales. Iluminación general de aulas con ordenador, lectura, áreas administrativas, etc. (celosía especular), áreas de utilización general (celosías difusas).



3.- Luminarias de empotrar con celosías especulares o difusa para lámparas fluorescentes lineales o compactas. Iluminación general de aulas con ordenador, lectura, áreas administrativas, etc. (celosía especular), áreas de utilización general (celosías difusas).



4.- Downlights de empotrar para lámparas fluorescentes compactas. Para zonas representativas como áreas de entrada, cafeterías, pasillos, etc.



5.- Luminarias estancas para lámparas fluorescentes lineales. Iluminación general de almacenes, cocinas, talleres, gimnasios, etc.



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



7.- Luminarias tipo proyector de utilización exterior o interior para lámparas de descarga elipsoidal mate y tubular clara. Iluminación general de zonas deportivas, accesos, almacenes, talleres, gimnasios, polideportivos cubiertos, etc.



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



9.- Luminarias tipo decorativo urbano para lámparas de descarga elipsoidal mate y tubular clara. Iluminación de zonas peatonales, jardines, aparcamientos, accesos, etc.



10.- Luminarias tipo decorativo urbano para lámparas de descarga elipsoidal mate y tubular clara. Iluminación de zonas peatonales, ajardinadas, etc.



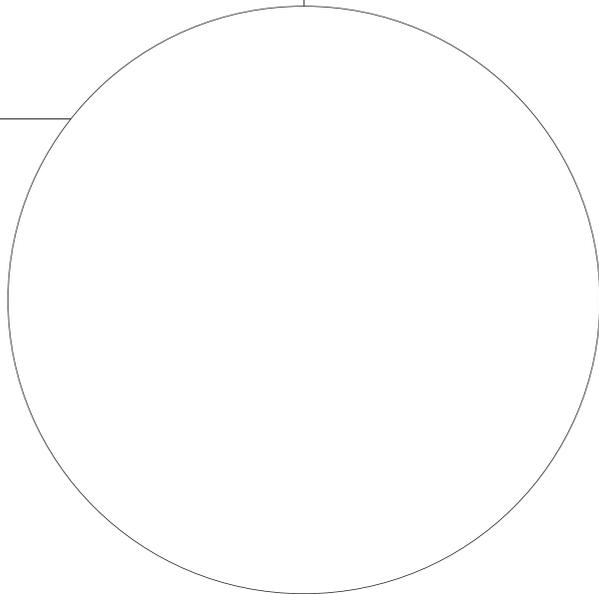
6.5.- Tipos de sistemas de regulación y control

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.





7

Parámetros de iluminación recomendados





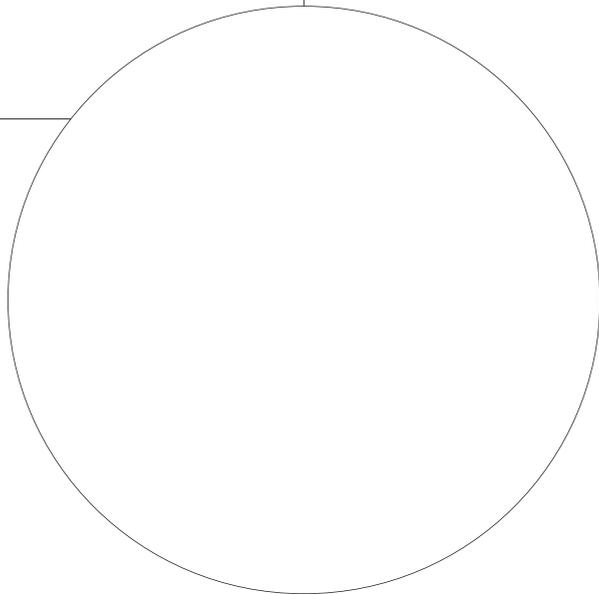
7. Parámetros de iluminación recomendados

Los parámetros de iluminación recomendados para las distintas dependencias de un centro docente son:

Tipo dependencia o actividad	Iluminancia media horizontal (lux)	Clase de calidad al deslumbramiento directo	Grupo de Rendimiento de color
Aula de enseñanza:			
General, trabajos manuales, etc.			
General	300	B	1B
Pizarra (plano vertical)	300		
Aula de informática:			
General	500	A	1B
Pizarra (plano vertical)	300		
Aula de dibujo:			
General	750	A	1A
Pizarra (plano vertical)	300		
Aula laboratorio:			
General	500	B	1B
Pizarra (plano vertical)	300		
Aula taller:			
Trabajo basto	300	D	2A
Trabajo fino	500	B	2A

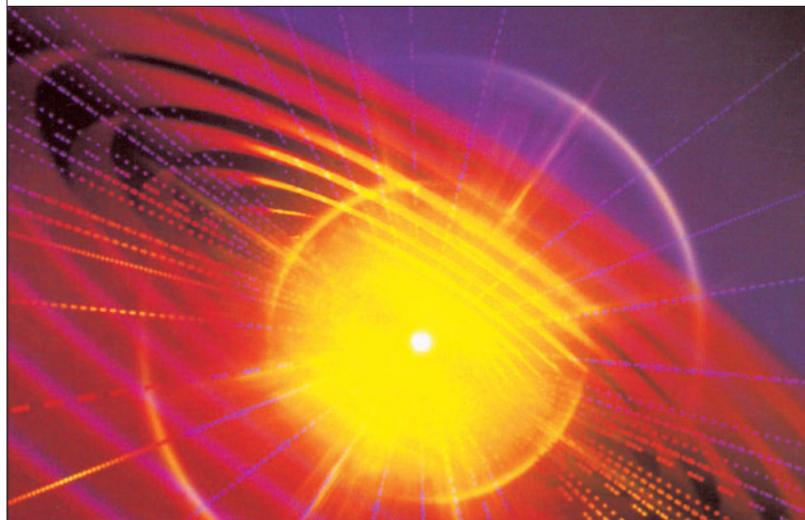
Los parámetros de iluminación recomendados para las distintas dependencias de un centro docente son (Continuación):

Tipo dependencia o actividad	Iluminancia media horizontal (lux)	Clase de calidad al deslumbramiento directo	Grupo de Rendimiento de color
Biblioteca:			
Ambiental	200	B	1B
Zona lectura	500	B	1B
Estantería de libros (pl. vertical)	200	B	1B
Salón de actos			
General	200	C	1B
Escenario	700	-	1B
Gimnasio / polideportivo	300	C	2A
Sala de profesores	300	B	1B
Oficinas administrativas	500	B	1B
Vestíbulos / pasillos	150	C	2A
Comedor	200	C	1B
Cocina:			
General	150	C	1B
Zona de trabajo	300	C	2A
Vestuarios / servicios	150	C	2A
Almacenes	100	E	2A
Botiquín	500	B	1A
Patios exteriores:			
General	50	-	2B
Deportes:			
Fútbol, rugby, balonmano	100	-	2B
Baloncesto, balonvolea, badminton	200	-	2B
Zonas exteriores			
Vigilancia	25	-	



8

Índices de eficiencia de los sistemas de iluminación





8. Índices de eficiencia de los sistemas de iluminación

8.1.- Índice de eficacia de lámparas recomendado

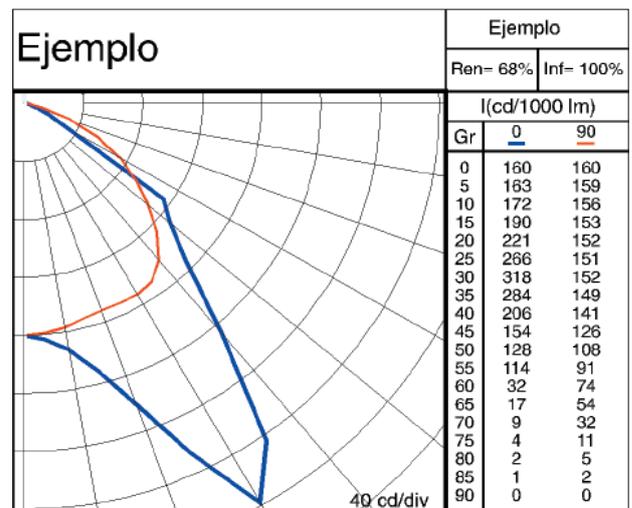
En los Centros Docentes con carácter general, se deben utilizar lámparas con una eficacia ≥ 60 lúmenes / watio. Este rendimiento se debe cumplir independientemente a la calidad cromática requerida por la instalación.

Se admitirán excepcionalmente lámparas con una eficacia lumen watio inferior al 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 locales (aulas, laboratorios, bibliotecas, etc.) 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 $\geq 60\%$, las de alumbrado decorativo $\geq 55\%$ y las de tipo viario $\geq 65\%$.

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 ϕ 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:

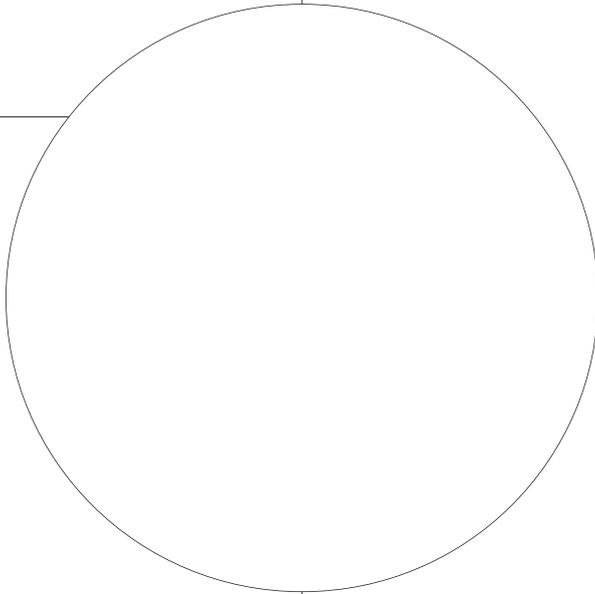
Superficie	Valores de Reflexión
Techos	0,70 - 0,80
Paredes	0,50 - 0,70
Divisiones	0,50 - 0,70
Pizarra oscura	0,05 - 0,20
Pizarra clara	0,50 - 0,70
Suelos	0,15 - 0,20
Mobiliario y equipo	0,20 - 0,40
Cortinas y/o persianas	0,50 - 0,70

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.

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 superior a 0,5, aunque se pueden aceptar otros valores para casos locales.

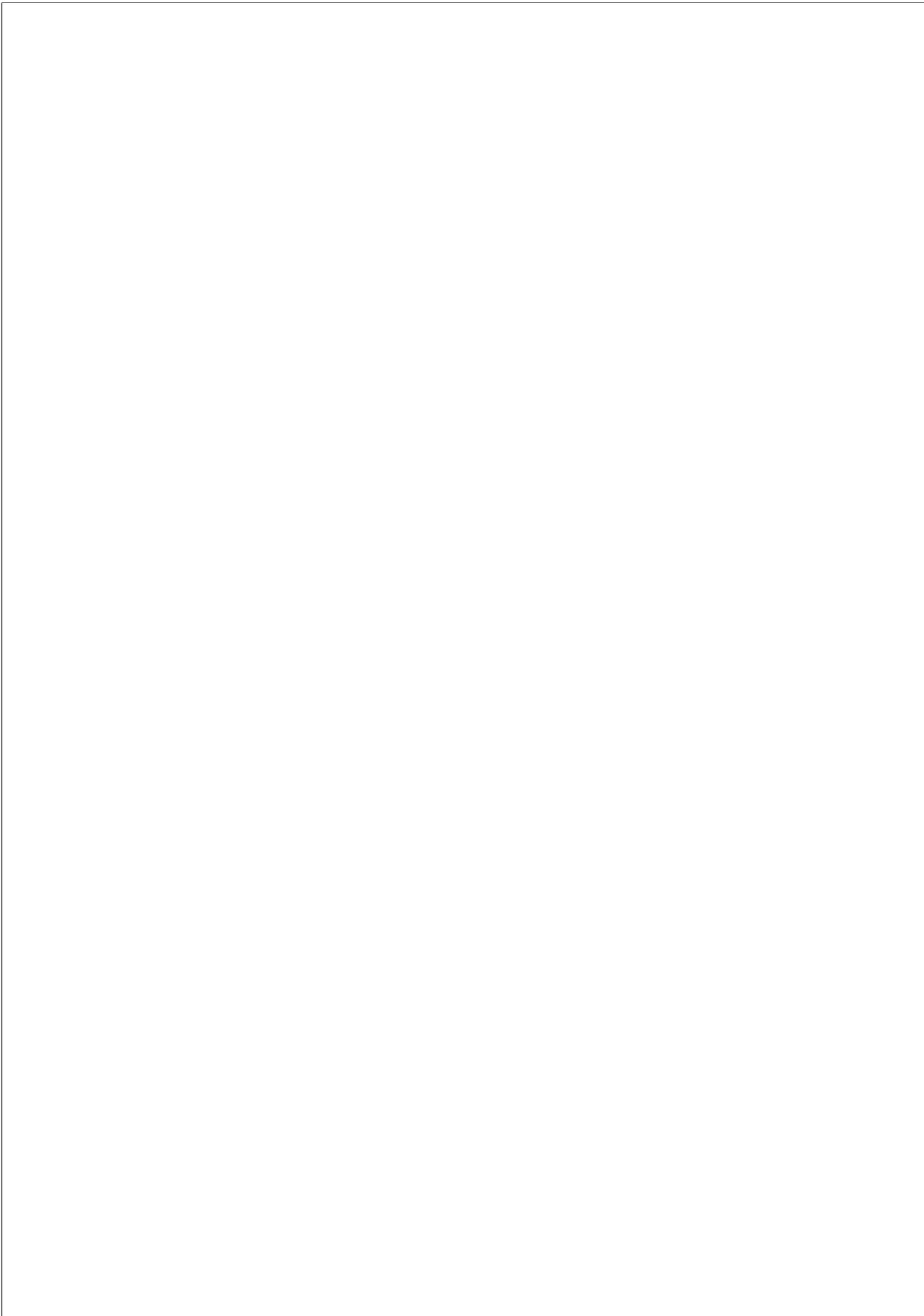




9

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 locales de un centro docente, como pueden ser el salón de actos o en las aulas destinadas a proyecciones, 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 las dependencias del centro, 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

Algunos sistemas de control de la iluminación pueden parecer alienantes. Por ese motivo es esencial para los profesores y alumnos, distinguir como y cuando deben actuar los citados sistemas.

Los empleados (especialmente los profesores) 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.

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 circui-

tos, 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 aula 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 profesores y alumnos 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 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.

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 el mismo color que la luz natural.

Cuando el nivel de luz natural sea excesivo se debe reducir con toldos, apantallamientos, cristales opales, o persianas.

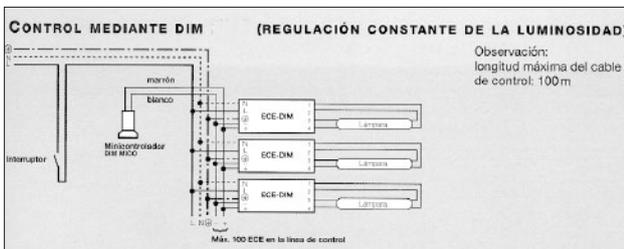
Los sistemas basados en el control de la luz natural que penetra en un local, por medio de fotocélulas consistentes en un sensor de luz, colocado habitualmente en el techo, mide la cantidad de luz natural que reciben las

mesas o pupitres situados debajo de él, y ajusta automáticamente la aportación de luz artificial necesaria para la correcta realización de la tarea que se desarrolla en el aula.

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.

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 aula o 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.

No obstante hay que remarcar que este tipo de sistema de regulación y control resulta muy ambicioso para un centro docente clásico, no obstante, su utilización si es muy recomendable en universidades o complejos de centros de formación.

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

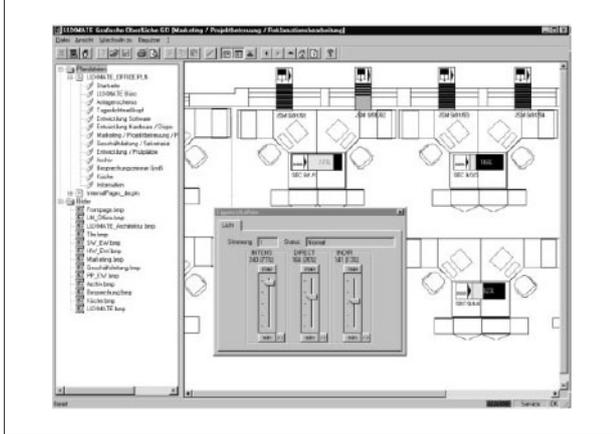
Los locales o espacios donde se recomienda la utilización de alguno de los anteriores sistemas de control y regulación son:

- Aulas, zonas comunes y dependencias con aporte de luz natural y ocupación variable.

En estas zonas, la iluminación al 100 % es sólo necesaria cuando existe ausencia total de aporte de luz natural o durante la limpieza. El aprovechamiento de la luz natural y el control del encendido, ante la falta de ocupación del aula o la zona permite conseguir ahorros de hasta un 60 %.

- Aseos públicos.

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.



- Zonas especiales.

En determinados locales, como pueden ser la sala de actos o las aulas de proyecciones, resulta casi imprescindible el disponer de sistemas de regulación de la iluminación que permitan su ajuste a la situación.

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.

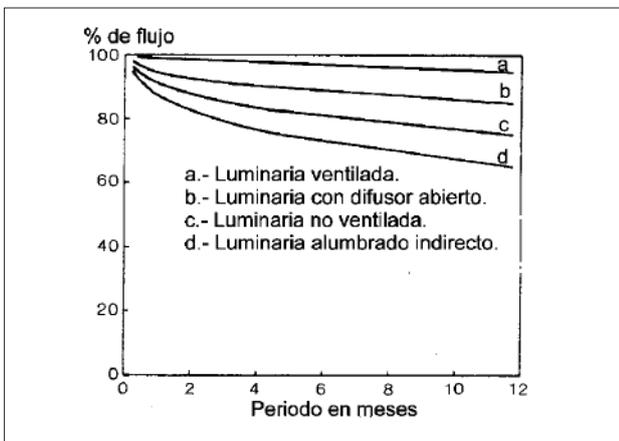
ILUMINANCIA RECOMENDADA BASADA SOBRE	FLUJO LUMINOSO DE LA LÁMPARA EMPLEADA	FACTOR DE DEPRECIACIÓN DEL FLUJO DE LA LÁMPARA	CATEGORÍA DEL LOCAL	FACTOR DEPREC. LUMINARIA Y SUPERFICIES DEL LOCAL	FACTOR TOTAL DE PERDIDA DE LUZ
Valor mínimo de iluminancia	Valor inicial	0,8	Limpio	0,85	0,7
	nominal (100 h.)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

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.

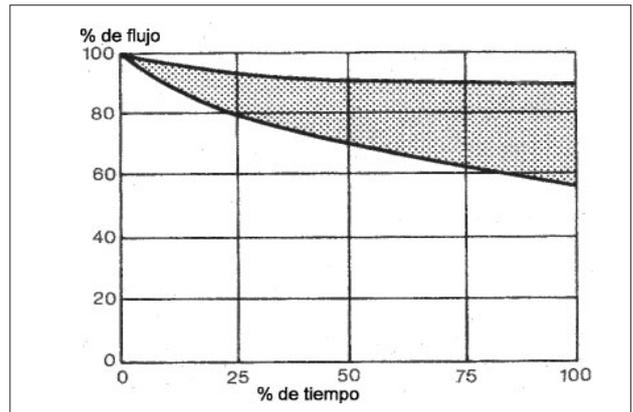
La realización de una limpieza programada a intervalos regulares, nos permitirá mantener de una forma más constante los niveles de iluminación de una sala.

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.

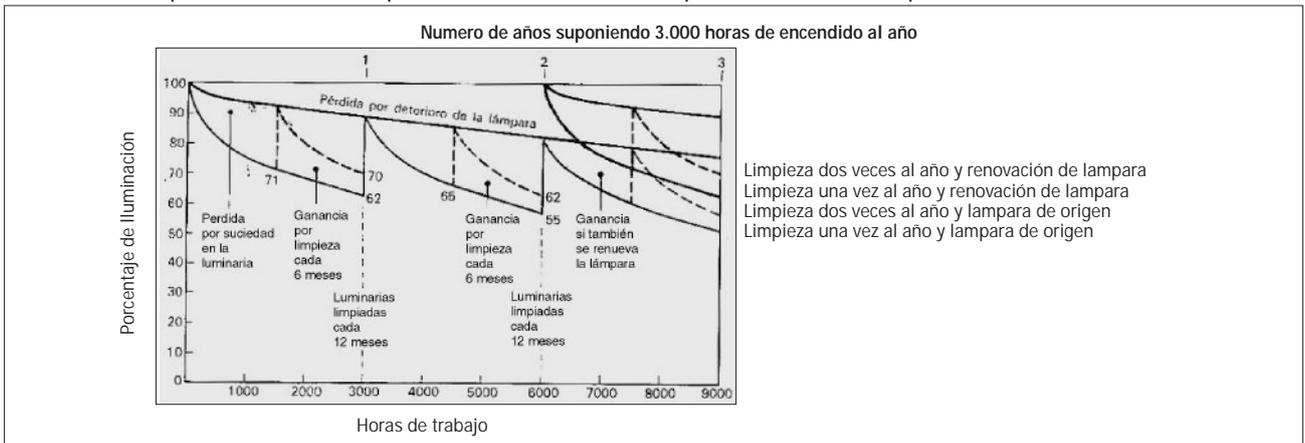
En la siguiente gráfica se muestra el tanto por ciento de depreciación del flujo de las lámparas fluorescentes y de descarga.



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.



Limpieza dos veces al año y renovación de lámpara
 Limpieza una vez al año y renovación de lámpara
 Limpieza dos veces al año y lámpara de origen
 Limpieza una vez al año y lámpara de origen

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 practica, el disponer de lámparas de recambio, para evitar equivocaciones provocadas por la urgencia de la reposición.

En una gran instalación, como es el caso de un hospital, 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 o aulas, 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.

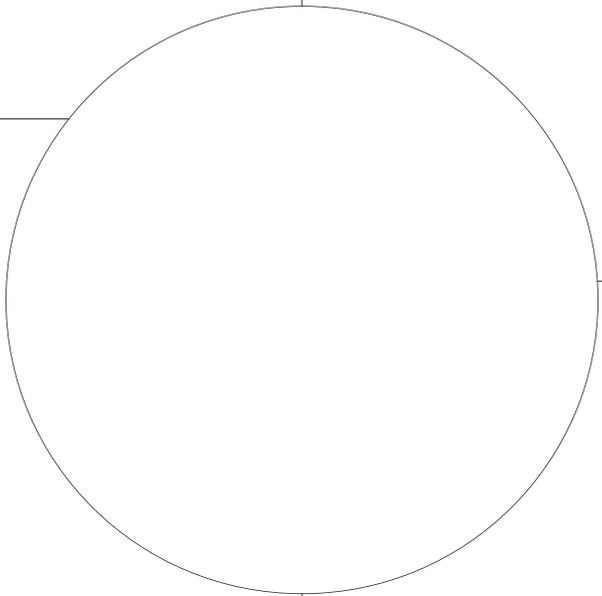
Los watios consumidos por la luminaria, pueden estar especificados por el fabricante; la alternativa a la ausencia de este dato sería:

- 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, Índice de Eficiencia Energética, es un factor que mide la eficiencia energética de una instalación de alumbrado y que, al mismo tiempo, ayuda al responsable del proyecto al permitirle un autocontrol del trabajo realizado.

La unidad de medida del IEE es $W/m^2 - 100 \text{ Lux}$. Al evaluar el proyecto de iluminación se verificará el IEE para el conjunto del proyecto mediante el cociente entre la potencia eléctrica total proyectada y la superficie considerada. Realizada esta operación, se referirá a una iluminancia de 100 lux en servicio para obtener el IEE.

Ejemplo:

Supongamos un aula de longitud 9,00m, ancho 7,00m y alto 3,40m en la que se han instalado para su iluminación general, seis(6) luminarias con unas características fotométricas y de rendimiento determinados que incorporan dos(2) lámparas fluorescentes de 36W cada una, para conseguir un nivel medio de iluminación en servicio de 325 lux

El total de la potencia instalada(lámparas +equipos) es de 444W

El cociente entre la potencia eléctrica instalada y la superficie (440/63) es de 7,047 W/m^2

El IEE ($W/m^2 \cdot 100\text{lux}$) = $7,047 \times (100/325) = 2,168$

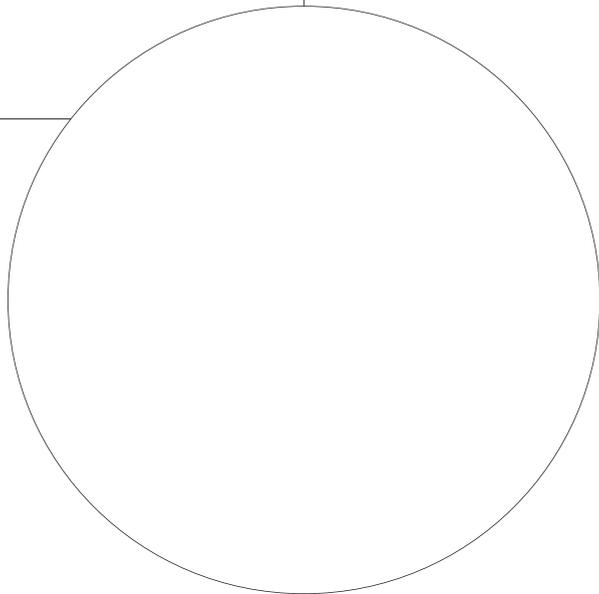
Es conocido que para el resultado final de un proyecto, juega un importante papel el índice del local, que relaciona las dimensiones geométricas del espacio y los factores de reflexión predeterminados para techo, paredes y suelo.

Ello unido a la diferente eficacia de las lámparas, así como de rendimiento de las luminarias, hacen que para cada tipología, el IEE medio recomendado sea un intervalo entre un IEE óptimo y un IEE máximo, según el siguiente baremo para centros docentes:

IEE óptimo	2,0
IEE medio	3,5
IEE máximo	4,5

El valor IEE se debe calcular para cada tipología de recinto, al 100 % de flujo si hubiera un sistema de regulación, y considerando en los consumos el conjunto lámpara-equipo.

El índice IEE es una guía para mantener el diseño de las instalaciones de iluminación en parámetros de eficiencia energética del conjunto adecuados, cuando no óptimos.



11

Procedimiento para la realización de un proyecto energéticamente eficiente

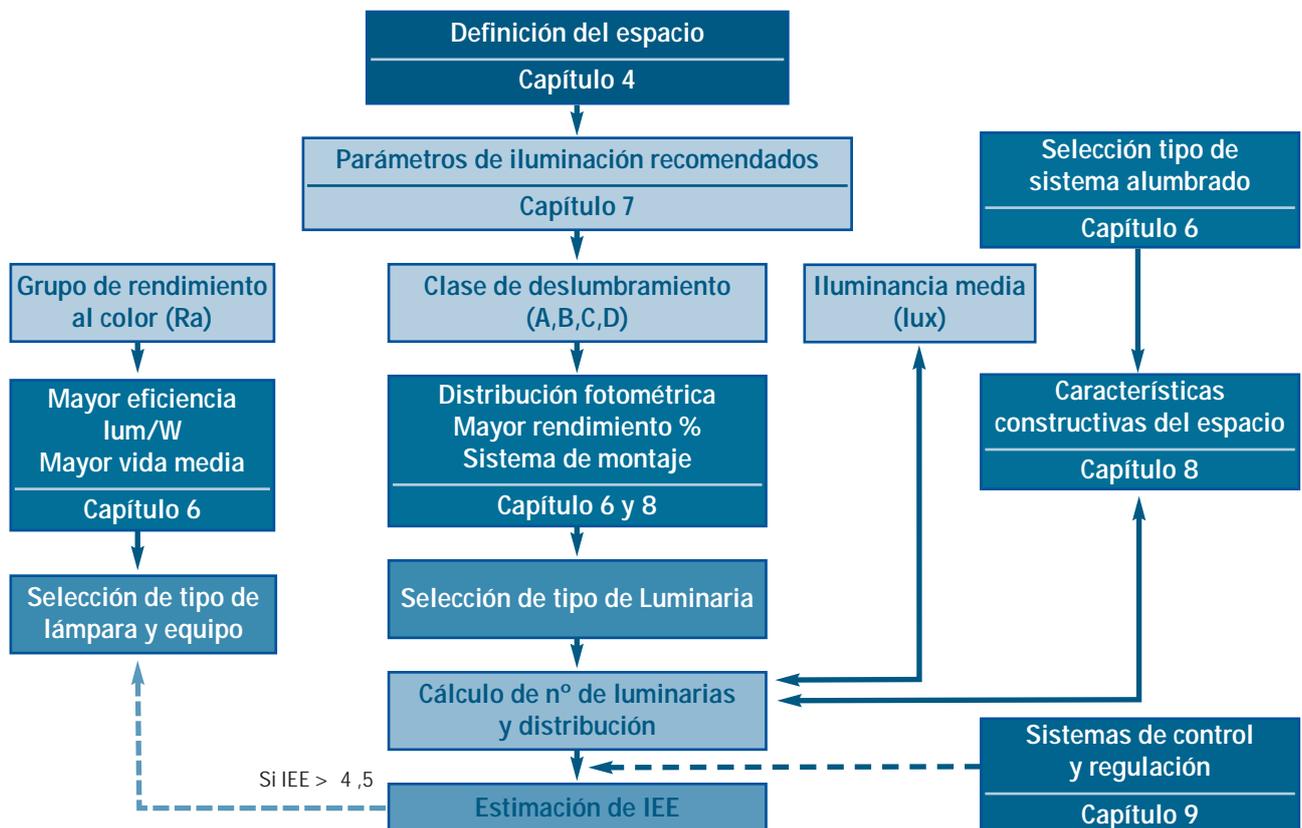




11. Procedimiento para la realización de un proyecto energéticamente eficiente

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 debemos volver al paso indicado y realizar de nuevo el proyecto.



Teniendo en cuenta el esquema anterior para la planificación del proyecto, se deberán considerar los siguientes criterios para optimizar el proyecto desde el punto de vista energético:

Consideraciones básicas:

Características geométricas del local:

- Longitud
- Anchura
- Altura del local (distancia entresuelo y forjado)

En la realización del proyecto de alumbrado, estos parámetros son los utilizados de partida para la definición de los criterios de alumbrado.

Características constructivas del local:

- Forjado o falso techo (escayola, laminar, etc.)
- Ventanas, ventanal corrido, claraboyas, etc.
- Pizarra, pantallas de proyección, mapas.
- Puertas.

Si el proyecto de alumbrado es sobre un edificio existente, estas características serán objeto de análisis para su posible optimización mediante la iluminación artificial. Si el proyecto es para un nuevo desarrollo, el diseño de cada componente enumerado con anterioridad deberá estar acorde con la obtención de un confort visual demandado por la actividad que se prevé desarrollar en el local.

Los adelantos en la iluminación artificial no han eliminado la preferencia generalizada por la luz del día en aquellos lugares donde sea posible. La dependencia de la luz natural es muy importante en las aulas de los centros docentes, donde una gran parte de la actividad se desarrolla en horas diurnas.

Características del mobiliario.

Los componentes habitualmente utilizados en un centro docente son:

- Mesas.
- Pupitres.
- Archivadores.
- Estantes.

El mobiliario tendrá forma y dimensión según tipo de actividad y usuario. Si es un nuevo proyecto la disposición de cada componente en el local será la idónea para obtener el máximo aprovechamiento de la luz natural y del alumbrado artificial.

Si la instalación existe, en el diseño del alumbrado artificial se analizará la posición de profesor y alumnos para realizar el diseño del alumbrado con el confort visual requerido.

Las reflectancias superficiales estarán de acuerdo con lo definido en el apartado 8.4

Puntos de luz (luminarias, lámparas, equipos auxiliares):

El punto de luz está formado por la luminaria (adosar,

empotrar, suspender, ver apartado 6.4), que se adaptará a las características constructivas del local, y siempre cumpliendo con los condicionantes lumino-técnicos que demande la tarea visual que se desarrolle en el local.

La lámpara es el otro componente que se define según las características geométricas del local y la tarea a desarrollar; el tipo de lámpara seleccionado también nos marca características de luminaria.

El equipo auxiliar nos viene definido por tipo de lámpara seleccionado.

Los requisitos mínimos a cumplir por cada uno de estos componentes desde el punto de vista de diseño, y para obtener la calidad luminotécnica demandada por la tarea visual, están considerados en el capítulo 5 puntos 2, 3 y 4, capítulo 6 puntos 2 y 3, y capítulo 7.

Criterios de calidad de materiales y equipos:

En relación con la calidad de los materiales eléctricos empleados, tendremos en consideración los siguientes requerimientos:

Requerimientos de luminarias.

Para la construcción de los cuerpos soportes de las luminarias a utilizar en interiores, se recomienda la utilización de chapa de acero electrocincada o con un tratamiento anticorrosivo adecuado como base a la pintura utilizada en el acabado.

En el caso de luminarias para uso en intemperie, la carcasa o cuerpo soporte de la luminaria, deberá ser construida en aleación de aluminio, utilizando las técnicas de extrusión y fundición, con un tratamiento que la proteja de la corrosión y sirva como base a la pintura del acabado.

En la construcción de reflectores, tanto para las luminarias de interior como para las de intemperie, se utilizarán aleaciones de aluminio laminadas, conformadas mediante embutición o plegado y con tratamiento de anodizado, anterior o posterior al conformado de la pieza.

Especialmente en la construcción de reflectores para luminarias fluorescentes, donde es habitual el uso de los denominados aluminios preanodizados, es necesario un riguroso control del denominado efecto irisación o arco-iris, producido fundamentalmente con la utilización de lámparas con temperaturas de color comprendidas e inferiores a las recomendadas para uso en centros docentes.

La especularidad del aluminio será aquella que se considere adecuada a los requerimientos fotométricos de las luminarias.

Para la fabricación de elementos difusores y de protección, como es el caso de las luminarias para uso exterior o estancas para uso interior, se deberá evitar la utilización de materiales plásticos que se degraden en presencia de los UV.

Los vidrios empleados para tal fin serán de seguridad, de forma que una rotura fortuita no suponga peligro de daño físico para las personas o cosas situadas en su entorno

Todas las luminarias cumplirán con los requisitos de la EN 60598 y relacionadas, así como las directivas de CE y Baja Tensión.

Para asegurar la calidad de las luminarias utilizadas, deberán ser fabricadas por una empresa certificada ISO 9001/9002.

Requerimientos de los equipos eléctricos.

Los equipos eléctricos que incorporan las luminarias, cumplirán con la normativa establecida en el capítulo 6. Para obtener un máximo índice de eficiencia energética en la instalación, así como por requerimientos de niveles luminosos y de mantenimiento, es recomendable la utilización de balastos electrónicos de alta frecuencia.

Dispondrán de marcado de conformidad de alguna de las marcas referidas en el capítulo 6.

Para asegurar la calidad de los componentes del equipo auxiliar, serán fabricados por una empresa certificada ISO 9001/9002

Requerimientos de las lámparas.

Las lámparas a utilizar serán preferentemente fluorescentes tubulares o compactas, de temperatura de color comprendida entre 3000 y 4000 K; eficacia luminosa superior a 60lum/watio y un índice de rendimiento de color (Ra) mayor o igual a 85.

Criterios de explotación.

Criterios de eficiencia energética.

La luz del día es variable y, cuando entra en el aula a través de las ventanas laterales, crea un modelado específico y una distribución de la luminancia en el interior, debido a su flujo de luz casi horizontal. De esta manera contribuye a la satisfacción visual.

Sin embargo, la luz del día puede producir deslumbramientos y afectar de manera negativa a las condiciones climáticas en el interior.

La luz solar es deseable para la iluminación en general, fundamentalmente en climas moderados, pero debe evitarse o controlarse convenientemente en áreas de trabajo.

Como ya se ha indicado anteriormente, desde el punto de vista psicológico, la función de las ventanas es proporcionar el contacto deseado con el mundo exterior.

En interiores con ventanas laterales, disposición típica de las superficies acristaladas en las aulas, la luz del día decrece rápidamente con la distancia a las ventanas.

El uso de la luz del día como iluminante a través de ventanales o lucernarios, puede ahorrar la energía utilizada para la iluminación artificial, pero se debe equilibrar

con la energía requerida para compensar el calor ganado o perdido a través de los cristales.

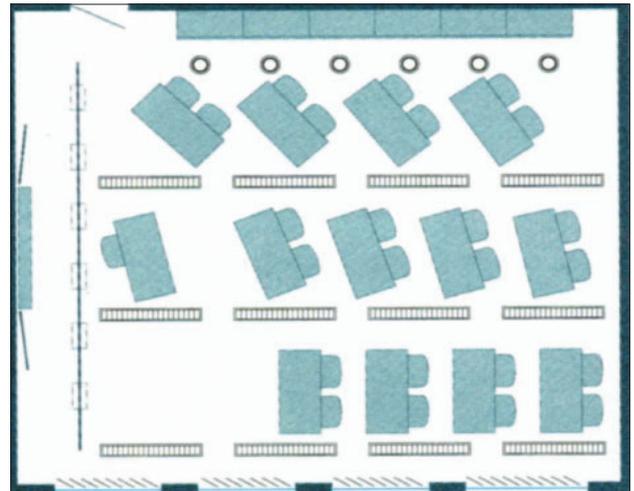
La utilización de ventanales que absorban o reflejen el calor, persianas externas, pantallas, cortinas, etc., pueden resultar muy efectivos para la reducción de la energía calorífica que penetra por las ventanas y para el control luminoso de la luz solar.

Se puede obtener también algún beneficio de la utilización de cortinas interiores, reflectantes del lado de la cristalera y de colores claros por el lado del aula. Durante el día reflejan y sirven de control a la luz natural; durante la noche, pueden ayudar a conseguir una mejor distribución de la luminancia, debido a la ausencia de las ventanas oscuras y a posibles deslumbramientos por las imágenes reflejadas de las luminarias.

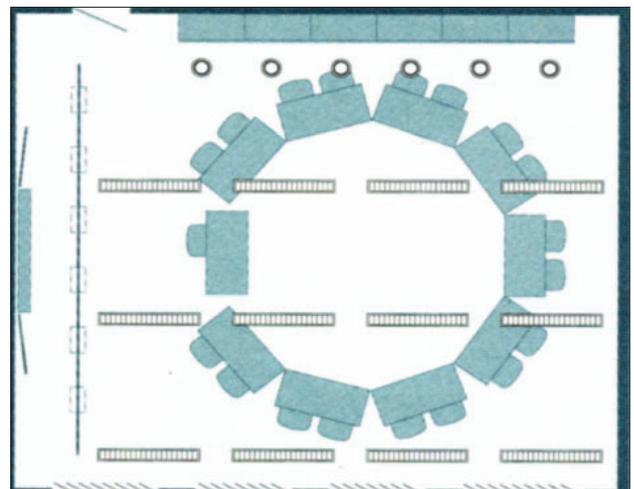
Criterios de direccionalidad de las luminarias.

Como se ha indicado anteriormente, las aulas suelen tener ventanales laterales y suelos generalmente planos. Se pueden distinguir dos tipos:

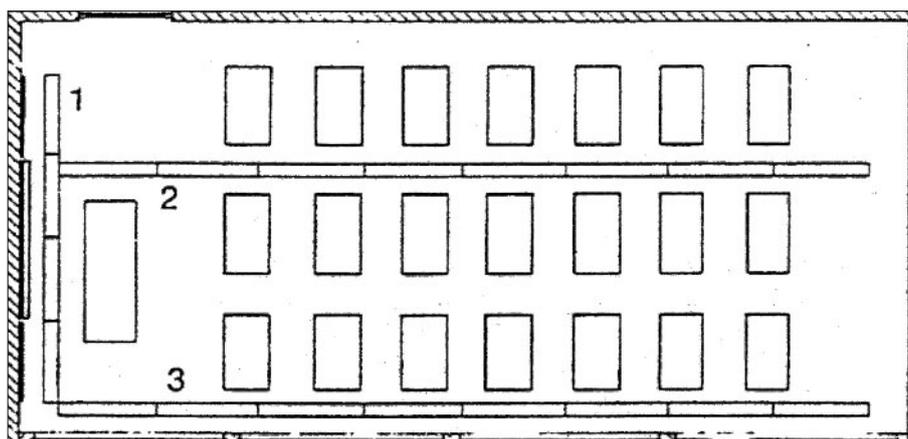
- aulas con asientos fijos, generalmente distribuidos en filas y columnas y con orientación fija.
- aulas con orientación libre, generalmente en grupos y con orientaciones variables.



Disposición regular



Disposición irregular



Disposición del sistema de iluminación en un aula convencional

1: luminarias de iluminación de la pizarra

2: luminarias de iluminación general utilizadas durante el día y la noche

3: Luminarias de iluminación general utilizadas durante la noche.

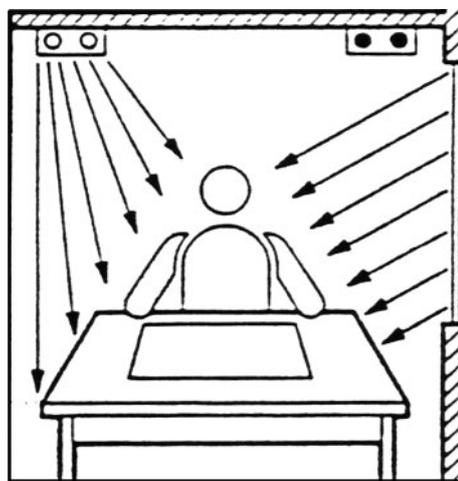
La disposición típica de las figuras de disposición regular e irregular con el número de luminarias adecuado para conseguir los niveles de iluminación requeridos para la tarea a realizar (en el caso de las aulas mayor o igual a 300lux), nos asegura un contraste óptimo y ausencia de sombras molestas, dando lugar a modelados apropiados.

Con las disposiciones anteriormente definidas, se consigue reducir los contrastes de la iluminación por luz natural y una mejora en el modelado. Las luminarias a emplear serán de reparto intermedio.

Luz de día



Luz de día + Luz eléctrica



Con respecto al contraste, no solo debemos considerar los pupitres, sino también la pizarra o tablero y las paredes con planos y mapas. En este caso, las luminarias serán de tipo asimétrico y ubicadas en el techo del aula, en el espacio comprendido entre la pared que soporta el tablero y la primera fila de alumnos

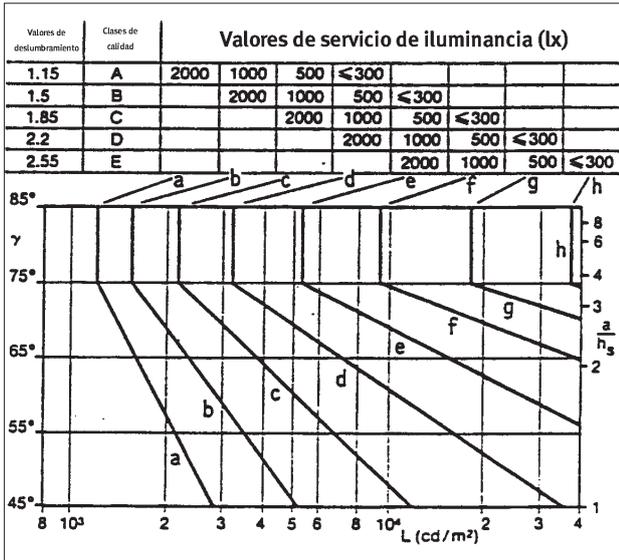
El valor de la iluminancia media vertical sobre la superficie de la pizarra, será de al menos 500 lux y la uniformidad media superior a 0'33

Crterios fotométricos de las luminarias.

Las luminarias comúnmente utilizadas en la iluminación general de las aulas, serán de reparto simétrico.

La luminancia media, bajo los ángulos que aparecen en la tabla, en la que se resumen los valores máximos aceptables para la categoría de curva límite "C" de las curvas de luminancia de protección de deslumbramiento de la CIE.

Gamma	Luminancia media
75	< 2000cd/m ²
65	< 4000cd/m ²
55	< 6500 cd/m ²
45	< 11.000 cd/m ²



Criterios de control y regulación.

En el caso en el que se necesite luz artificial suplementaria durante las horas del día para proporcionar la iluminancia requerida para el trabajo a realizar, se podrán lograr sustanciales ahorros de energía mediante el control de encendidos y apagados de la instalación de iluminación, de acuerdo con la cantidad de luz natural disponible.

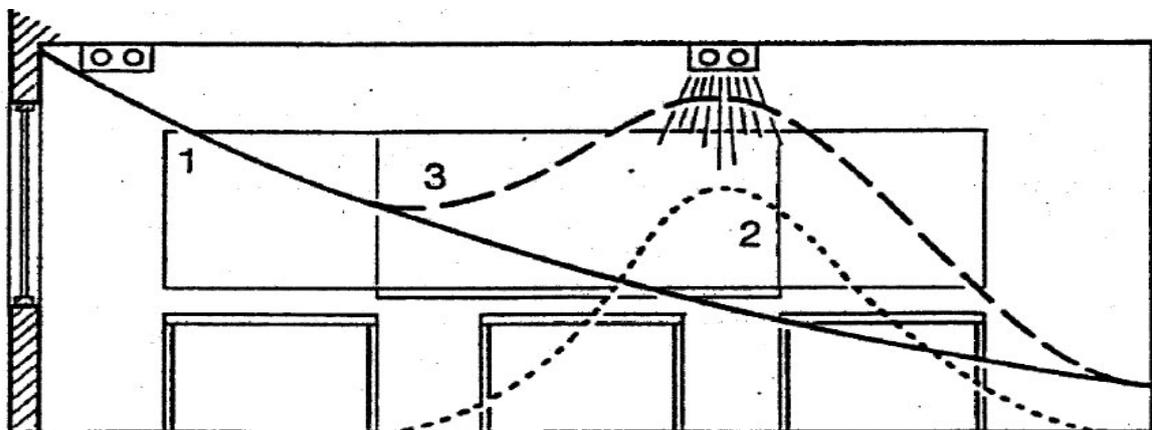
El método más sencillo y económico para la conexión de las instalaciones de iluminación eléctrica con luz del día, es mediante el control de encendidos por fotocélulas. Las luminarias deberán estar encendidas o apagadas en hileras paralelas a las ventanas.

Estos encendidos y apagados deben hacerse por fases, para evitar cambios excesivamente bruscos de la iluminancia, ya que esto daría lugar a quejas. Se ponen menos objeciones si la luz eléctrica varía en forma gradual, que en lugar de encenderse y apagarse de forma brusca.

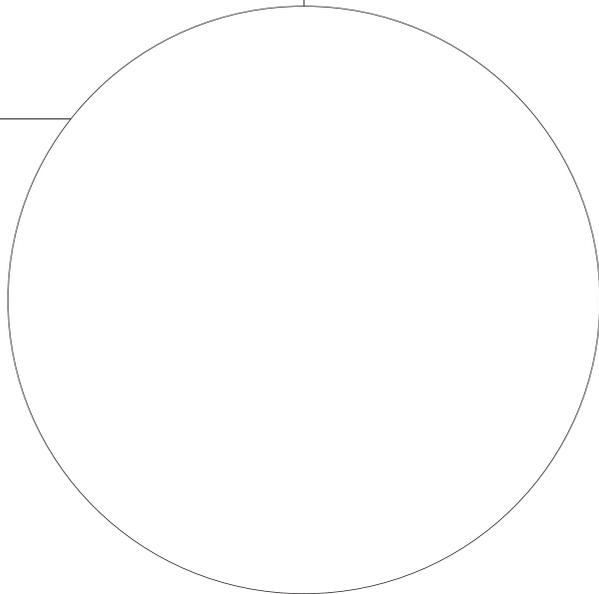
En el caso de utilización de balastos electrónicos con regulación de flujo, se utilizarán, entre otras funciones, para el aprovechamiento de luz natural mediante sensores. Es conveniente para los ocupantes del aula tener la posibilidad de hacer caso omiso del control fotoeléctrico, en el caso de que se utilice el encendido o apagado automático o fotoeléctrico mientras haya luz natural.

Todas las aulas dispondrán de:

- Sensores luminosos que garanticen el nivel de iluminación proyectado.
- Un detector de presencia con apagado temporizado.
- Al menos un interruptor manual por circuito de alumbrado.
- Un programa de mantenimiento adecuado para asegurar que los niveles proyectados permanezcan a lo largo de la vida de la instalación.



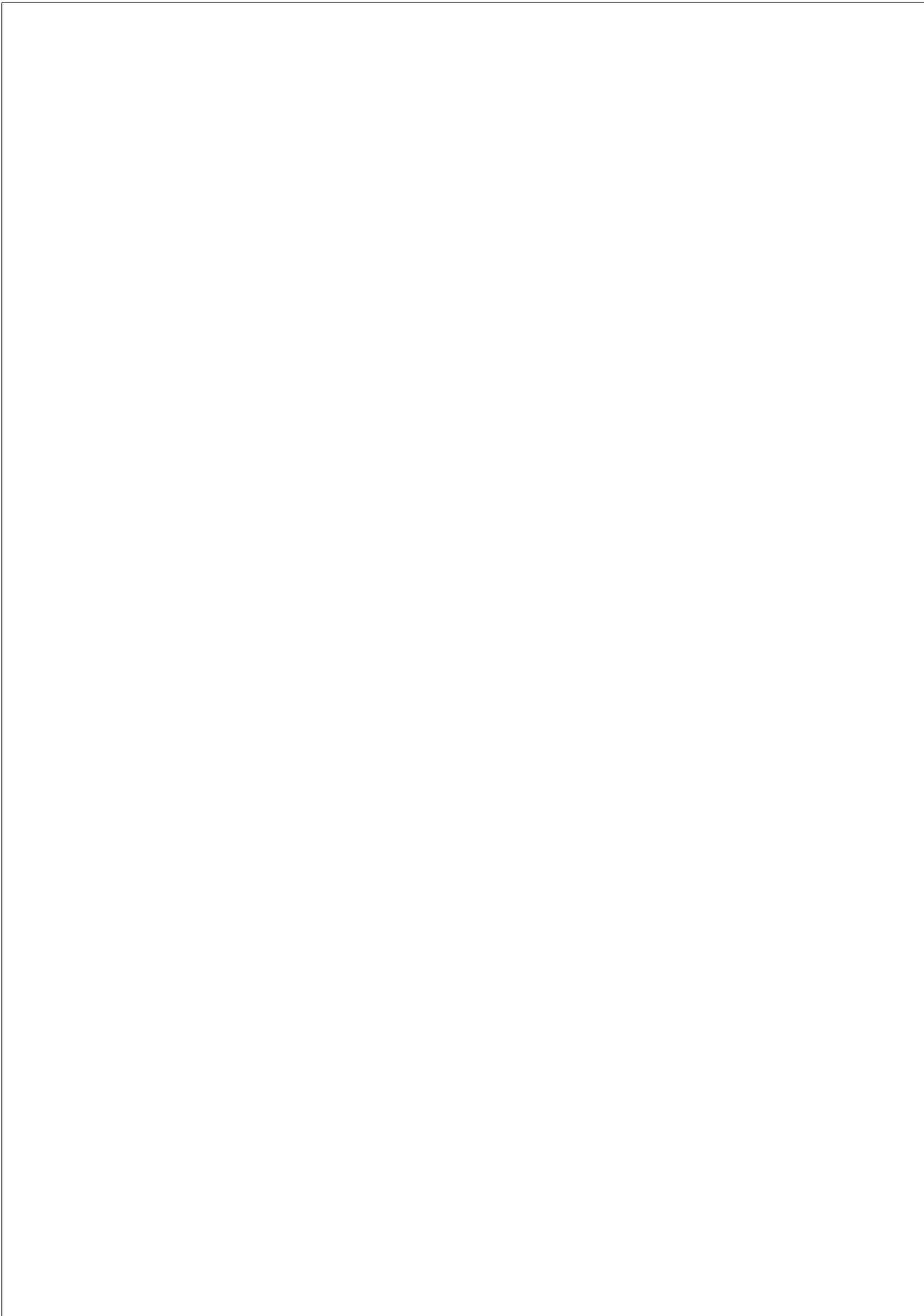
1.- Iluminancia de la luz de día
 2.- Iluminancia del encendido de una fila de iluminación eléctrica
 3.- Iluminancia de luz de día + iluminación eléctrica



12

Casos prácticos de proyectos de rehabilitación





12. Casos prácticos de proyectos de rehabilitación

Se presentan 4 casos prácticos:

1. Aula.
2. Sala de lecturas.
3. Comedor.
4. Polideportivo.

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.

Para cada caso se presenta la distribución de iluminancias en plano de trabajo y rendering de la sala en colores falsos teniendo en cuenta el mobiliario.

En la tabla final, para cada caso se puede observar que en los 4 ejemplos se ha reducido el IEE a valores óptimos que nos proporcionan ahorros de energía, (también en mantenimiento por recambio de lámparas), y los períodos de retorno simple de la inversión.

Los datos tomados para el cálculo económico y energético son:

- Precio del kW-hora = 22 Ptas. (Precio medio para un I.E.S. con IVA incluido).
- Precio de mano de obra instalación y mantenimiento = 5000 Ptas/h.
- Horas de utilización de la instalación de iluminación estimadas según Capítulo 4.
- 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. Aula

Descripción:

Aula de 63 m².

Dimensiones:

Longitud: 9 m.

Anchura: 7 m.

Altura: 3,4 m.

Características constructivas:

Falso techo de escayola (0'30m de forjado a falso techo).

Dos ventanas de 2'50m de longitud y 1'20m de altura, cada una.

Pizarra de 3'0m de longitud y 1,5m de altura.

Dos puertas de 1'10 de anchura y 2'05m de altura.

El estado de las superficies del aula es:

- Falso techo: Acabado color blanco; reflectancia 70%
- Paredes: Acabado color crema; reflectancia 50%
- Suelo: Acabado color gris; reflectancia 20%
- Ventanas: Sin apantallamientos que permitan la matización de la luz natural en determinadas horas.
- Pizarra: Acabado en color negro; reflectancia 20%.
- Puertas: Acabado en color caoba; reflectancia 42%.
- Mobiliario: Mesa profesor en color gris; reflectancia 0'35%.

Pupitres de alumnos en color gris; reflectancia 0'31%.

Archivadores, etc., color gris; reflectancia 0,39%.

Situación actual de la iluminación:

Formado por 9 luminaria para iluminación general, de montaje empotrado difusor de celosía (modulación 30x30x20mm), de 2 lámparas fluorescentes de 40W, con un flujo luminoso teórico inicial de 3000 lúmenes, equipo auxiliar formado por 2 balastos de 40W, y unas pérdidas de 8W cada uno.

Tres luminarias para iluminación de pizarra, de montaje adosado y distribución asimétrica, de 1 lámpara fluorescente de 40W, con un flujo luminoso teórico inicial de 3000 lúmenes, equipo auxiliar formado por balasto de 40W con unas pérdidas de 8W.

Nivel de iluminancia: 325 lux / uniformidad: 75%.

Potencia total instalada (lámpara+equipo): 864 W

Potencia instalada en pizarra (lámpara+equipo) 144 W

IEE = 4,92

Horas de utilización consideradas: 1.200 horas/año

Consumo energía: 1.210 kWh/año.

En cuanto al deslumbramiento directo, la instalación es correcta por el tipo de difusor.

Desde el punto de vista de control de la iluminación, el aula tiene su alumbrado comandado por dos interruptores (alumbrado general, pizarra)

Propuesta de reforma:

Formado por 6 luminarias para iluminación general, de montaje empotrado y difusor de baja luminancia, de 2 lámparas fluorescentes de 36W, con un flujo luminoso teórico inicial de 3350 lúmenes, y un Ra >80. Equipo auxiliar formado por balasto electrónico de 36W con unas pérdidas máximas de 1W.

Dos luminarias para iluminación de pizarra, de montaje adosado y distribución asimétrica, de 1 lámpara fluorescente de 58W, con un flujo luminoso teórico inicial de 5200 lúmenes, equipo auxiliar formado por balasto electrónico de 58W con unas pérdidas máximas de 1W.

Nivel de iluminancia: 372 lux / uniformidad: 73%.

Potencia total instalada (lámpara+equipo): 444 W

Potencia instalada en pizarra (lámpara+equipo):118 W

IEE = 2,39

Horas de utilización consideradas para el 100% de la iluminación: 800 horas/año

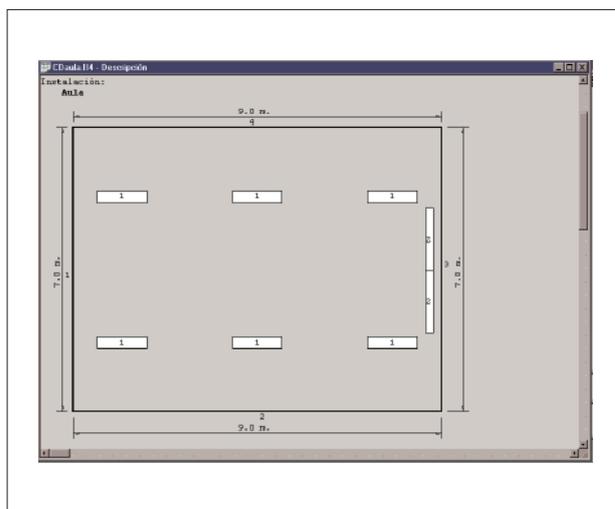
Consumo energía: 450 kWh/año.

Esta instalación proporciona una iluminación media en servicio de 325lux, y una uniformidad media del 83%, sin refuerzo de pizarra.

Con las luminarias de refuerzo de pizarra la iluminación media en servicio es 372lux, y una uniformidad media del 73%.

En cuanto al deslumbramiento directo, la instalación cumple con el grado "B".

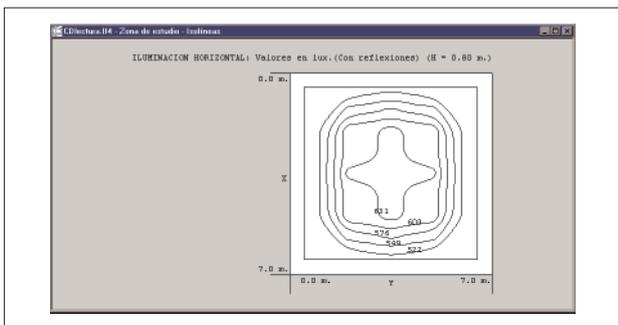
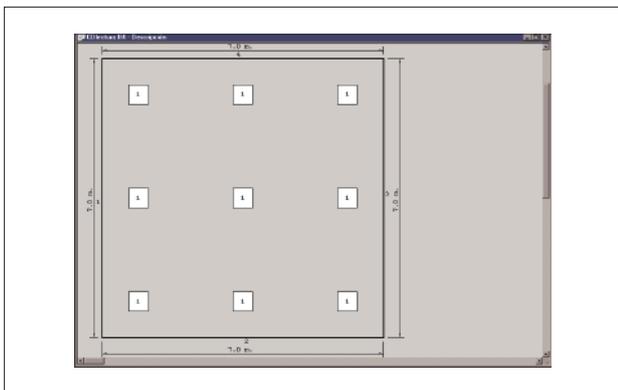
Desde el punto de vista de control y regulación de la iluminación, el aula dispondrá de cuatro interruptores para el alumbrado general y un interruptor para la pizarra para accionamiento manual. Fotocélula y detector de presencia para funcionamiento automático.



Consumo energía: 525 kWh/año.

En cuanto al deslumbramiento directo, la instalación cumple con el grado "B".

Desde el punto de vista de control y regulación de la iluminación, la sala de lectura dispondrá de tres interruptores para accionamiento manual. Fotocélula y detector de presencia para funcionamiento automático.



Resumen reforma:

9 luminarias de 4 x 20 por 9 luminarias de 2 x 36 con balasto electrónico regulable.

Sistema de regulación de nivel de iluminación por fotocélula y encendido por control de presencia.

	Actual	Propuesta
Iluminancia	350 lux	498 lux
IEE	5,03	2,69
Ahorro de energía (%)		50 %
Ahorro anual energía + mantenimiento	17.000 Ptas.	
Coste de reforma	205.000 Ptas	
Período de retorno simple	12,0 años	

3. Comedor

Descripción:

Sala de 102 m².

Dimensiones:

Longitud 17m.

Anchura 6m.

Altura del local 3'10m.

Características constructivas:

Cuatro ventanas de 2'10m de longitud y 1'20m de altura, cada una.

Dos puertas de 1'25 de anchura y 2'05m de altura.

El estado de las superficies del comedor es:

- Techo: Acabado color blanco; reflectancia 70%
- Paredes: Acabado color crema; reflectancia 50%
- Suelo: Acabado color gris; reflectancia 20%
- Ventanas: Sin apantallamientos que permitan la matización de la luz natural en determinadas horas.
- Puertas: Acabado en color caoba; reflectancia 42%.
- Mobiliario: Mesas en color gris; reflectancia 0'50%.

Situación actual de la iluminación:

Formado por 12 luminarias con difusor de metacrilato prismático, de 1 lámpara fluorescente de 40W, con un flujo luminoso teórico inicial de 3000 lúmenes, equipo auxiliar formado por balasto de 40W, y unas pérdidas de 8W.

Nivel de iluminancia: 155 lux / uniformidad: 67%

Potencia total instalada (lámpara+equipo): 576 W
IEE = 3,64.

Horas de utilización consideradas: 1.200 horas/año

Consumo energía: 691 kWh/año.

Desde el punto de vista del control de la iluminación, el comedor tiene su alumbrado comandado por dos interruptores.

Propuesta de reforma:

Formado por 12 luminarias con difusor, de 1 lámpara fluorescente de 36W, con un flujo luminoso teórico inicial de 3350 lúmenes, y un Ra >80. Equipo auxiliar formado por balasto electrónico de 36W con unas pérdidas máximas de 1W.

Nivel de iluminancia: 222 lux / uniformidad: 82%

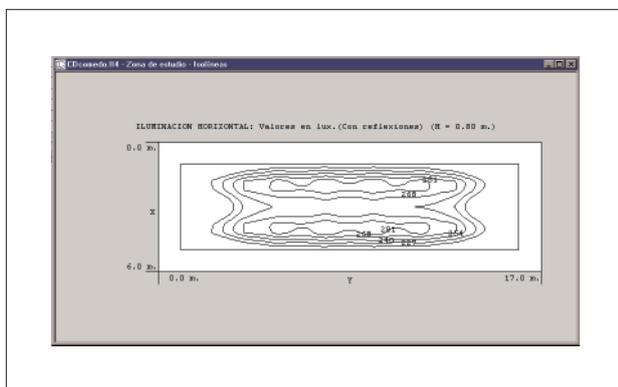
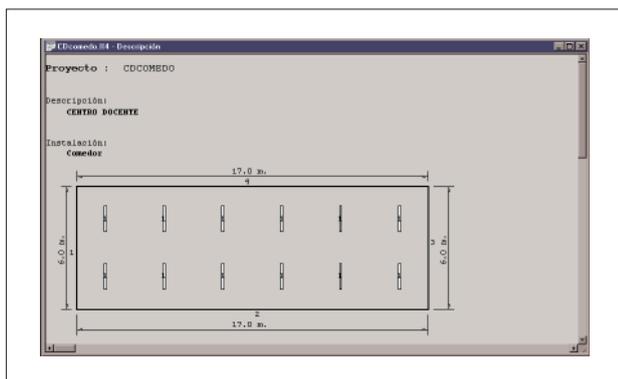
Potencia total instalada (lámpara+equipo): 444 W
IEE = 1,96.

Horas de utilización consideradas para el 100% de la iluminación: 540 horas/año

Consumo energía: 240 kWh/año.

En cuanto al deslumbramiento directo, la instalación cumple con el grado "C".

Desde el punto de vista del control y regulación, el comedor dispondrá de cuatro interruptores para accionamiento manual. Fotocélula y detector de presencia para funcionamiento automático.



Resumen reforma:

12 luminarias de 1 x 40 por 12 luminarias de 1 x 36 fluorescente lineal con balasto electrónico regulable.

Sistema de regulación de nivel de iluminación por fotocélula y encendido por control de presencia.

	Actual	Propuesta
Iluminancia	155 lux	222 lux
IEE	3,64	1,96
Ahorro de energía (%)		65 %
Ahorro anual energía + mantenimiento	15.000 Ptas.	
Coste de reforma	210.000 Ptas	
Período de retorno simple	14,0 años	

4. Polideportivo

Descripción:

Pabellon polideportivo de 1.300 m².

Dimensiones:

Longitud 50m.

Anchura 26m.

Altura del local 8m.

Características constructivas:

Tres puertas de 2,3 de anchura y 2'30m de altura.

El estado de las superficies del polideportivo es:

- Techo: Acabado color blanco; reflectancia 50%
- Paredes: Acabado color crema; reflectancia 30%
- Suelo: Acabado color gris; reflectancia 20%

Situación actual de la iluminación:

Formado por 28 luminarias cerradas, de 1 lámpara de vapor de mercurio color corregido de 400W, con un flujo luminoso teórico inicial de 22000 lúmenes, equipo auxiliar formado por balasto de 400W, y unas pérdidas de 35W.

Nivel de iluminancia: 225 lux / uniformidad: 74%.

Potencia total instalada (lámpara+equipo): 12.180 W
IEE = 4,16

Horas de utilización consideradas: 1.200 horas/año

Consumo energía: 15.360 kWh/año.

Desde el punto de vista del control de la iluminación, el polideportivo tiene su alumbrado comandado por ocho interruptores.

Propuesta de reforma:

Formado por 28 luminarias cerradas, de 1 lámpara de halogenuros metálicos 400W, con un flujo luminoso teórico inicial de 31000 lúmenes, y un Ra >75. Equipo auxiliar formado por balasto de 400W con unas pérdidas máximas de 30W.

Nivel de iluminancia: 312 lux / uniformidad media: 74%
IEE = 2,96

Potencia total instalada (lámpara+equipo):

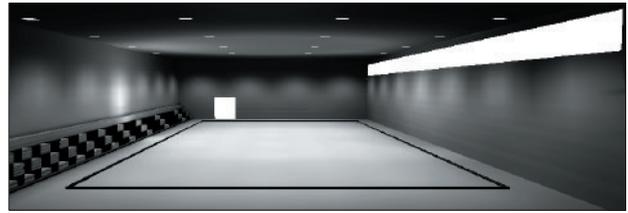
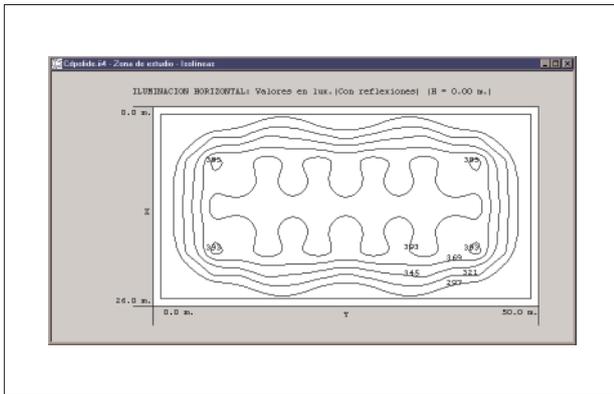
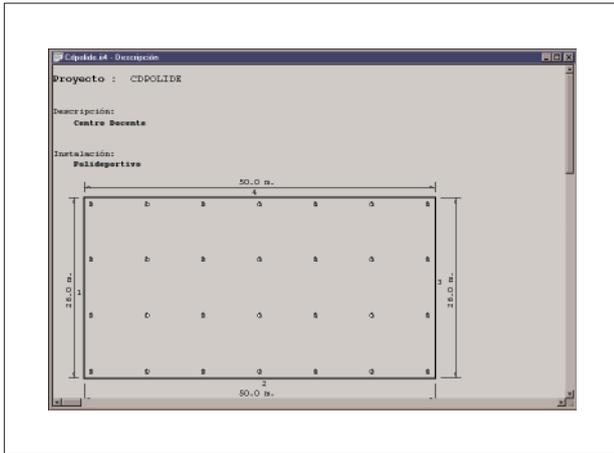
$$28 \cdot (400W + 30W) = 12.040W$$

Horas de utilización consideradas para el 100% de la iluminación: 1.200 horas/año

Consumo energía: 14.448 kWh/año.

En cuanto al deslumbramiento directo, la instalación cumple con el grado "C".

Desde el punto de vista del control de la iluminación, el polideportivo dispondrá de ocho interruptores para accionamiento manual.



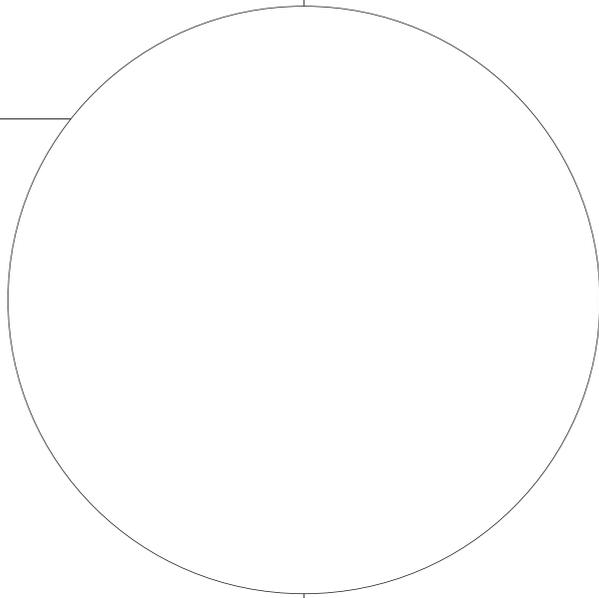
Resumen reforma:

28 luminarias con lámpara de vapor de mercurio de 400 W por 28 luminarias con lámpara de halogenuros metálicos de 400 W.

Sistema de regulación de nivel de iluminación por fotocélula y encendido por control de presencia.

	Actual	Propuesta
Iluminancia	225 lux	312 lux
IEE	4,16	2,96
Ahorro de energía (%)		6 %
Ahorro anual energía + mantenimiento	30.000 Ptas.	
Coste de reforma	900.000 Ptas	
Período de retorno simple	30 años	





13

Normativa y recomendaciones





13. Normativa y recomendaciones

Para los materiales utilizados en la iluminación, se tendrán en consideración las normas relativas a Luminarias, Equipos Auxiliares y Compatibilidad Electromagnética relacionadas a continuación.

En la confección de Proyectos de Alumbrado se considerarán las Recomendaciones aparecidas en las Publicaciones de la CIE referentes a la iluminación de interiores y exteriores.

Generales.

- ISO 9001. Aseguramiento de la Calidad
- EN 60598. Seguridad y ensayos generales en luminarias.
- RBT. Reglamento de Baja Tensión. Directiva Europea 93/68.
- Directiva Europea de Compatibilidad Electromagnética 93/68.

Iluminación.

- DIN 5035. Iluminación artificial de interiores.
- DIN 5044. Alumbrado de viales.
- DIN 67528. Iluminación de aparcamientos.
- CIE 19.21. An analytic model for describing the influence of lightings parameters upon visual performance. Technical foundations. 1981
- CIE 19.22. An analytic model for describing the influence of lightings parameters upon visual performance. Summary and application guidelines. 1981

- CIE 29.2. Guide on interior lighting. 1986
- CIE 40. Calculations for interior lighting. 1978
- CIE 55. Discomfort glare in the interior working environment. 1983
- CIE 117. Discomfort glare in interior lighting. 1995

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 - 60598.2.3 Luminarias de alumbrado público
- 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
- UNE - EN - 60598.2.18 Luminarias para piscinas

Normas relativas a luminarias de emergencia.

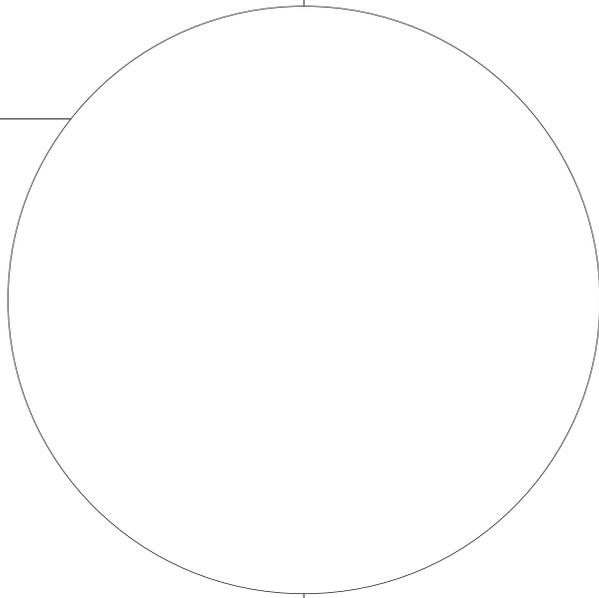
- UNE - EN - 60598.2.22 Luminarias para alumbrado de emergencia
- UNE - 20.062 Aparatos autónomos para alumbrado de emergencia (incandescente)
- UNE - 20.392 Aparatos autónomos para alumbrado de emergencia (fluorescente)

Normas relativas a equipos auxiliares.

- UNE - EN - 60920/921 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.
- 



14

Glosario de definiciones técnicas





- **Iluminancia:** Flujo incidente por unidad de área en una superficie iluminada.

$$E = \Phi / A \quad \text{Unidad: lux, lx.}$$

- **Luminancia:** Medida física de la sensación de brillo. Intensidad luminosa de la luz emitida o reflejada en una dirección dada de un elemento de una superficie dividida por el área de ese elemento proyectada en la misma dirección. Unidad: candela por metro cuadrado, cd/m².

$$\text{Para superficies perfectamente difusas: } L = \rho \cdot E /$$

- **Reflectancia:** Cociente entre el flujo reflejado por una superficie y el recibido:

$$\rho = \Phi_{\text{refl}} / \Phi_{\text{recib}}$$

- **Eficacia luminosa:** Cociente entre el flujo emitido por la lámpara y la potencia consumida. Unidad: lumen por vatio, lm / W

- **Rendimiento de una luminaria:** Cociente entre el flujo emitido por una luminaria y el flujo emitido por las lámparas que incorpora dicha luminaria.

- **Temperatura de color (de una fuente):** Temperatura del cuerpo negro en la que éste emite luz con la misma apariencia cromática que la fuente de luz considerada. Unidad: Kelvin, K

Temperaturas de color de 4000 K o superiores pertenecen a luz blanca y fría; temperaturas de color de menos de 3000 K tienen apariencia cálida.

- **Rendimiento de color:** Efecto de una fuente de luz en la apariencia cromática de un objeto comparada con su apariencia al ser iluminada con iluminantes patrón.

Es la habilidad de una fuente de luz para reproducir un color relativamente a ese mismo color iluminado por una fuente de luz patrón.

Analíticamente, el rendimiento de color de una fuente de luz está definido por el Índice de Rendimiento del Color.

Un buen rendimiento de color está indicado por un Índice de Rendimiento de Color alto; un mal rendimiento de color está indicado por un Índice de Rendimiento de Color bajo.

- **Índice de Reproducción cromática:** Grado con el cual los colores de objetos iluminados con esa fuente están conformes a los observados al iluminar con iluminantes de referencia, IRC o Ra.

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 sobreintensidades por los mismos dispositivos de protección.

- **Luminaria:** Aparato que distribuye, filtra o transforma la luz emitida por una o varias lámparas y que comprende los elementos necesarios para su fijación, protección y conexión al circuito de alimentación.

- **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.

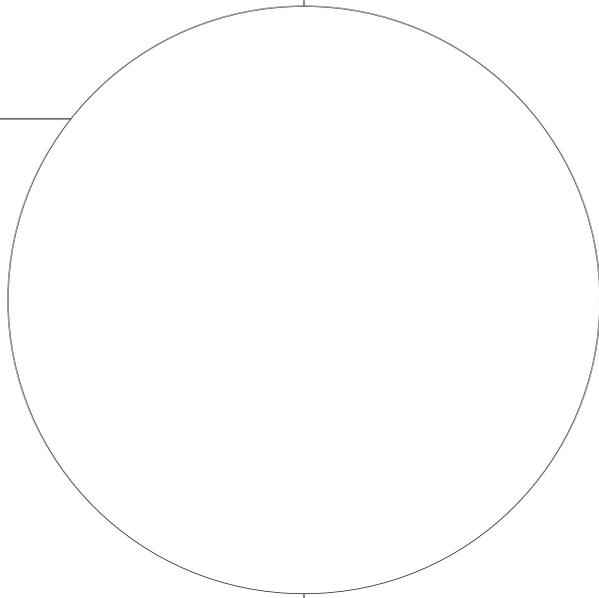
- **Iluminación local:** Iluminación diseñada para iluminar una tarea especial, adicional y controlada separadamente de la iluminación general.

- **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 luminotécnicas necesarias para el desarrollo de una tarea.

- *Factor de mantenimiento:* Cociente entre la iluminación provista por una instalación en un momento dado y cuando fue instalada.
- *Coefficiente de utilización:* Cociente entre el flujo luminoso que llega al plano de trabajo y el emitido por las luminarias.
- *Índice de Eficiencia Energética:* Cociente entre la potencia eléctrica total instalada y la superficie de la instalación referida a una iluminancia de 100 lux en servicio. Unidad: $W / m^2 - 100 \text{ Lux}$.





15 Bibliografía y webs de interés





15. Bibliografía y webs de interés

Bibliografía

- IESNA. IES Lighting Handbook. 8th edition
- De la Cruz Castillo, Antonio. FUENTES DE LUZ. Paraninfo y ADAE. 1992
- Guía sobre la iluminación de interiores. ADAE.
- Good Lighting for Health Care Premises. Fördergemeinschaft Gutes Licht.
- Keitz. CALCULOS Y MEDIDAS EN LUMINOTECNIA. Paraninfo. 1974
- L.C Fernández y J. De Lanza. TÉCNICA E APLICACIONES DE LA ILUMINACIÓN. McGraw-Hill. 1992
- Cuadernos de Eficiencia Energética en Iluminación. IDAE-CEI. 1997.
- Publicaciones CIE.
- Applied Optics.
- Journal of the Illuminating Engineering of North America.
- Educacional Facility Lighting. Lighting Handbook - IES.
- Energy Efficient Lighting y Schools. Commission of the European Communities.
- Guía de Iluminación Interior. Informe Técnico. Publicación de la CIE nº 29.2(1986).
- Good Lighting for Schools and Educational Establishments. Fördergemeinschaft Gutes Licht.

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 Internet de CIBSE
<http://www.cibse.org/>

International Association of Lighting Designers
<http://www.aecnet.com.iald/iald.html>

International Commission 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>

