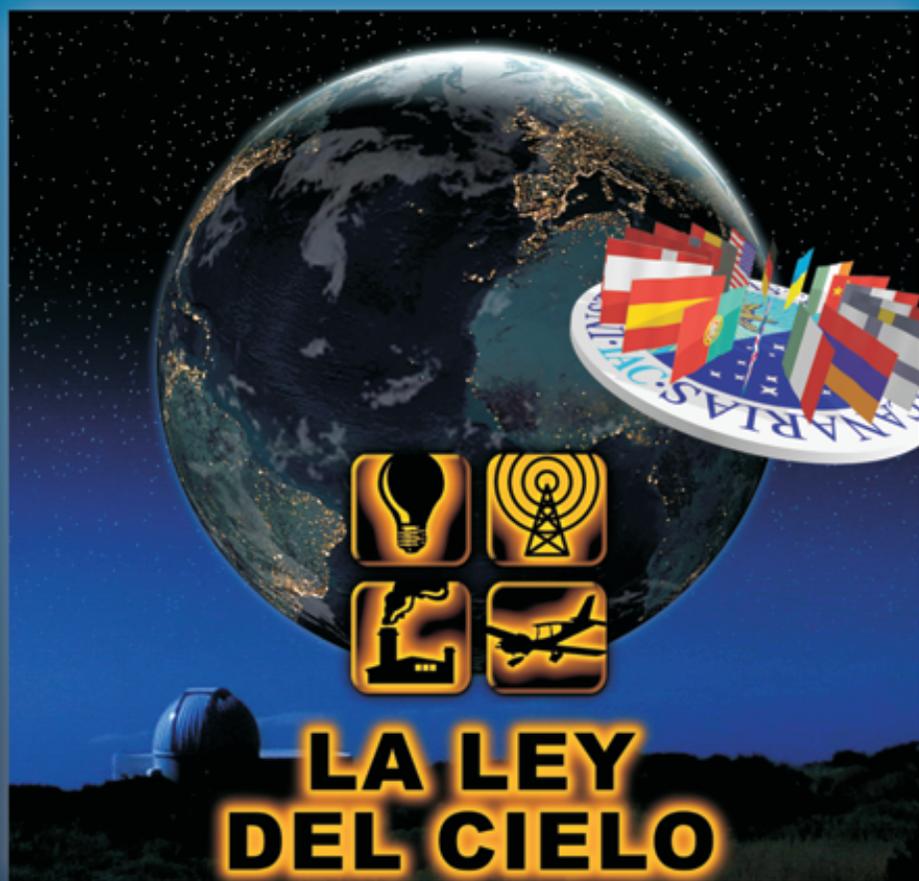


SOLICITE NUESTRO CD-ROM GRATUITO



<http://www.iac.es/proyect/otpc/>



INSTITUTO DE ASTROFÍSICA DE CANARIAS



INSTITUTO DE ASTROFÍSICA DE CANARIAS

USO DE PROYECTORES EN EL ÁMBITO DE LA LEY DEL CIELO



OFICINA TÉCNICA PARA LA PROTECCIÓN DE LA CALIDAD DEL CIELO



INSTITUTO D ASTROFÍSICA D CANARIAS (IAC)

C/ Vía Láctea, s/n

38200 La Laguna. Tenerife. España.

Teléfono: 34-922 605200

Fax: 34-922 605210

Home Page: <http://www.iac.es/>

Ftp: [iac.es](ftp://iac.es)

OFICINA TÉCNICA PARA LA PROTECCIÓN
DE LA CALIDAD DEL CIELO (OTPC)

Teléfono: 34-922 605365

Fax: 34-922 605210

E-mail: fdc@ll.iac.es / fpaz@ll.iac.es

Home Page: <http://www.iac.es/proyect/optc/>

Edición y textos: Javier Díaz Castro

Diseño y confección: Federico de la Paz G.

Editado por: O.T.P.C. del I.A.C.

Depósito legal: TF-131/2004

Se permite la reproducción del cualquier texto o imagen contenido en este boletín, citando como fuente Boletín Informativo "Uso de proyectores en el ámbito de la Ley del Cielo" del Instituto de Astrofísica de Canarias.



Eclipse de luna en el Observatorio del Teide.
Miguel Bríganti y Gabriel Pérez (SMM/IAC)

INTRODUCCIÓN

Con el fin de garantizar la actividad investigadora que se realiza en el Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC) y en especial, preservar la calidad astronómica de sus observatorios, en el año 1988 el Parlamento español (a iniciativa del Parlamento Canario) aprobó la Ley 31/1988 sobre la Protección de la Calidad Astronómica de los Observatorios del IAC.

La Oficina Técnica para la Protección de la Calidad del Cielo (O.T.P.C.) fue creada en enero de 1992 por el IAC con el objetivo de controlar y evaluar las actividades contaminantes que pudieran obstaculizar las labores de investigación del IAC.

LA CONTAMINACIÓN LUMÍNICA

Actualmente se entiende por contaminación lumínica el conjunto de impactos por la luz artificial en el medio ambiente, paisaje, derroche energético, inseguridad nocturna, molestias a las personas, etc. El impacto que fundamentalmente controla la OTPC es el brillo o resplandor de luz en el cielo producido por la reflexión y difusión de la luz artificial en los gases y en las partículas del aire. Este resplandor, al hacer menos oscura la noche, impide ver los astros más débiles.

La contaminación es producida por el mal apantallamiento de la iluminación de exteriores y/o uso de luminarias inadecuadas y/o sobreiluminación, lo que hace que parte de la luz sea enviada hacia el cielo y, por tanto, no sea aprovechada para iluminar el suelo de nuestras calles, plazas e instalaciones deportivas.

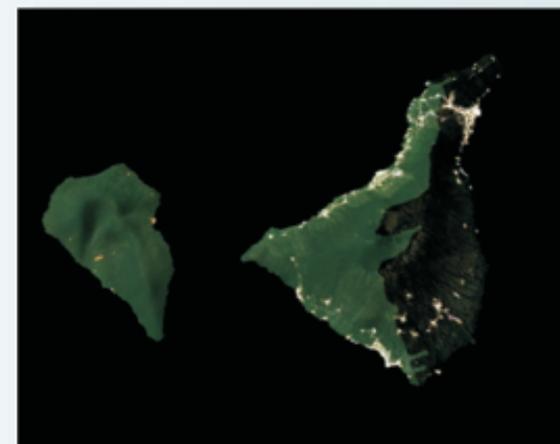
Dirigiendo toda esa luz desperdiciada hacia el suelo se mejora la iluminación o se ahorra energía, todo ello en beneficio de nuestro medio ambiente. Un buen diseño de las instalaciones de alumbrado debe controlar la emisión de luz para iluminar sólo aquello que es preciso y con la cantidad necesaria.

La iluminación ornamental de edificios así como los letreros luminosos publicitarios deben adoptar un diseño que evite la luz hacia el cielo, además de ser apagados cuando no sean contemplados (no más tarde de las 24:00 horas).

Este ha sido un aspecto primordial dentro de la Ley, que protege al Observatorio del Roque de los Muchachos. Su ámbito de aplicación abarca la totalidad de La Palma (donde ha tenido una aplicación retroactiva), aunque también afecta a la parte de Tenerife que tiene visión directa desde aquella isla. Por este motivo y por el ahorro energético se ha estado realizando la adaptación de numerosas instalaciones de alumbrado desde el año 1992.

ÁMBITO DE PROTECCIÓN

El ámbito de protección de la Ley incluye la totalidad de la isla de La Palma con efectos retroactivos y, a partir del 22 de abril de 1992, también afecta a nuevas instalaciones en la parte de Tenerife con visión directa desde la Isla de La Palma entre la costa y, aproximadamente, la línea formada por: Punta del Hidalgo, Las Mercedes, zonas altas de La Laguna, Los Rodeos, Montaña del Aire, Límite T.M. El Rosario con Tacoronte y el Sauzal (Fagundo, Montaña Cabeza de Toro), C-824, Las Cañadas, Vilaflor (Montaña Ciruelita), Adeje (Ifonche, Roque del Conde), Arona (Sabinita, La Florida, La Camella, Montaña de Guaza y Faro de Rasca).



Ámbito de protección de la Ley del Cielo en relación a la contaminación lumínica

El alumbrado del resto de la Isla de Tenerife afecta principalmente al Observatorio del Teide (Izaña), por lo que de acuerdo con la Ley de Procedimiento Administrativo 30/92 y 4/99, el IAC es parte interesada en las resoluciones y actos administrativos relacionados con la instalación de alumbrado de exteriores, al afectar a la rentabilidad de sus instalaciones en el Observatorio del Teide.

RECOMENDACIONES FINALES

En caso de que queramos iluminar algo debemos empezar por preguntarnos o asesorarnos sobre qué cantidad de luz necesitamos y qué tipo de bombilla (lámpara) es la adecuada. A continuación, averiguar qué dispositivo nos proyecta de la forma más eficiente la luz que necesitamos.

Debemos evitar que parte del haz luminoso salga fuera de nuestra zona, especialmente hacia los vecinos (ventanas), hacia las carreteras (deslumbramientos) y hacia el cielo (pérdida de visión del firmamento celeste y pérdida de biodiversidad en ecosistemas del entorno).

Se aconseja utilizar dispositivos de control horario o detección de movimiento si nuestras necesidades de iluminación varían durante la noche.



Simulación informática de la distribución de los puntos de luz en la Isla de La Palma.

Simulación informática de la distribución de los puntos de luz en la Isla de Tenerife.

ALUMBRADO DE ESCAPARATES Y LETREROS PUBLICITARIOS**Escaparates:**

En los escaparates o exposiciones en recintos abiertos (con techos) se podrá utilizar cualquier tipo de lámpara evitando la salida de luz directa sobre el horizonte.

En exposiciones al exterior (sin techo) es posible usar criterios de alumbrado recreativo o deportivo en cuanto a la disposición de proyectores, se usarán lámparas que cumplan con el Art.7 del RD 243/92 o las permitidas en los anuncios/letreros luminosos y se justificará niveles de iluminación superiores a los 300 lux (considerándose normal 50 lux).

En todos los casos, la instalación permanecerá **apagada** no más tarde de las **12h de la noche hasta el amanecer**.

Letreros publicitarios

Estas instalaciones deberán evitar la emisión de luz directa sobre el horizonte (exceptuando casos de neones y letreros opalinos en que esto no sea posible).

En los anuncios luminosos es posible el uso de lámparas a baja presión (neones, fluorescentes, sodio a baja presión) y de incandescencia (incluido cuarzo-yodo). Se **prohíbe** el uso de **lámparas de descarga a alta presión** (sodio, mercurio, halogenuros).

Un caso muy adecuado y recomendado de letrero es el que usa tubos fluorescentes dispuestos en luminarias tipo empotradas en techo dispuestas en lo alto del letrero de forma que se proyecta toda la luz hacia el suelo y letrero. Estos permiten una mejor visibilidad en el interior del inmueble, en la acera y de personas cercanas a la fachada.



En letreros iluminados con proyectores (generalmente de cuarzo-yodo o fluorescentes compactas) se procurará iluminar de arriba hacia abajo evitando que el foco de luz proyecte la luz fuera del letrero y sobre el horizonte (este aspecto debe considerarse en su diseño especialmente para evitar el envío de luz hacia el lado opuesto a iluminar).

Ejemplos prácticos

USAR PROYECTORES
CON LÁMPARAS A
BAJA PRESIÓN Y
DE ARRIBA
HACIA ABAJO

LA LEY Y EL USO DE PROYECTORES**LEY 31/1988****Artículo 2**

Las iluminaciones de exteriores, excluidas las precisas para garantizar la navegación aérea, deberán evitar la emisión de luz por encima del horizonte y habrán de realizarse de forma que produzcan la mínima perturbación de las observaciones astronómicas conforme se determine reglamentariamente.

R.D. 243/1992

Art. 4º Se considera alumbrado de exteriores, a los efectos de este Reglamento, todo tipo de alumbrado realizado con instalaciones estables o esporádicas, en recintos abiertos, para su utilización nocturna. De acuerdo con esta definición, serán considerados fundamentalmente como alumbrados exteriores los siguientes:

Alumbrado vial.

Alumbrado ornamental y de parques.

Alumbrado de instalaciones deportivas.

Alumbrado de instalaciones recreativas.

Anuncios luminosos.

Alumbrado de seguridad.

Alumbrado de escaparates y zonas comerciales.

Alumbrado exterior de viviendas particulares.

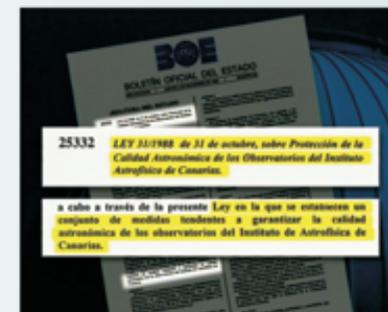
Art. 6º Todos los alumbrados de exteriores deberán evitar la emisión de luz por encima del horizonte y habrán de realizarse de forma y con lámparas que produzcan la mínima perturbación de las observaciones astronómicas.

Art. 12. El alumbrado ornamental de edificios públicos, monumentos y jardines podrá realizarse con cualquier tipo de lámparas, siempre que permanezca apagado después de las doce de la noche. Se procurará que la luz vaya siempre dirigida de arriba hacia abajo.

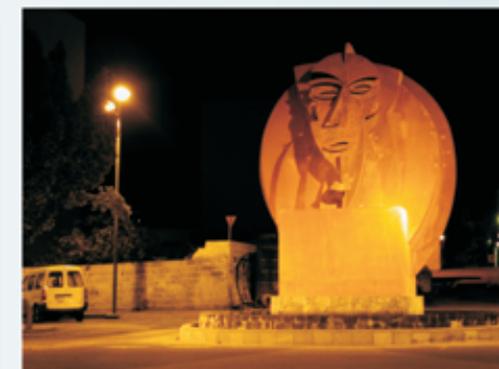
Art. 13. El alumbrado de instalaciones deportivas y de recreo podrá efectuarse con cualquier tipo de lámparas, pero deberá permanecer apagado después de las doce de la noche.

Dicho límite horario podrá prolongarse para actividades singulares, en los términos de la correspondiente autorización.

Art. 14. En los anuncios luminosos se prohíbe el uso de lámparas de descarga de alta presión. Deberán permanecer apagados a partir de las doce de la noche.



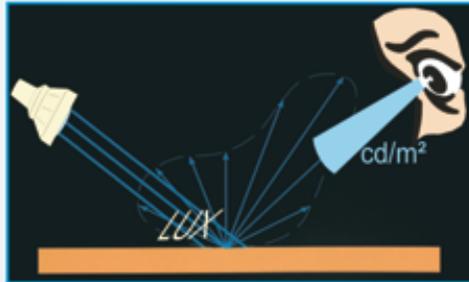
Alumbrado de instalaciones deportivas



Alumbrado ornamental de monumentos.

CONCEPTOS BÁSICOS DE ILUMINACIÓN

Candela: Intensidad luminosa en una dirección dada. (1cd=cuerpo que emite una radiación monocromática a 540×10^{12} Hz, y tiene una intensidad de radiación en esa dirección de 1/683 w por estereorradián.)



Flujo luminoso (lúmenes): Dimensión de potencia. 1 cd = 1 lumen/estereorradián.

Luminancia o brillo (cd/m²): La intensidad luminosa que emite un cuerpo en una dirección determinada por unidad de superficie.

Iluminancia (lux): Nos indica qué cantidad de luz llega a una superficie, no lo que realmente vemos que sería lo reflejado (brillo).



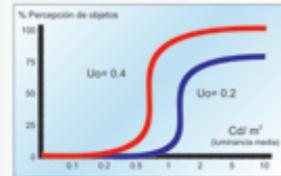
PARÁMETROS DE CALIDAD

Un mayor nivel puede ser más inseguro que un menor nivel con menos potencia pero mejores parámetros de calidad.

Uniformidad media: $U_m = \text{luminancia mínima} / \text{luminancia media}$
 $U_l = \text{iluminancia mínima} / \text{iluminancia media}$

Uniformidad extrema: $U_e = \text{luminancia mínima} / \text{luminancia máxima}$

Uniformidad longitudinal: $U_l = U_l \text{ mínima} / U_l \text{ media}$

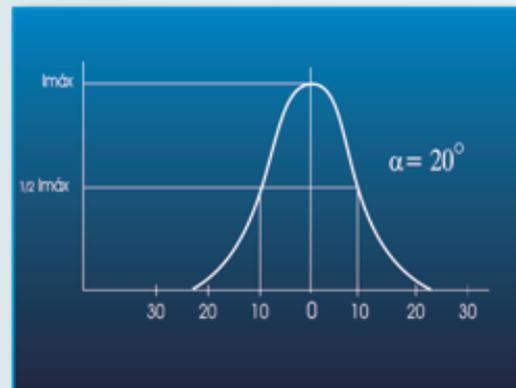


En el ejemplo gráfico se observa la relación entre la Percepción de los objetos, la Luminancia media y la Uniformidad. Nota: TI= 7%.

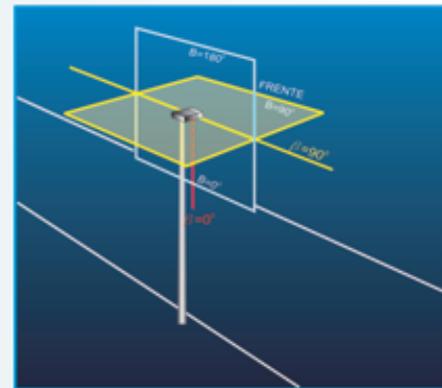
Incremento de Umbral T, % (<10%): Nos indica un factor del deslumbramiento de las luminarias al conductor.

CONCEPTOS ESPECÍFICOS

Apertura de haz principal: Se define como el ángulo en un plano que contiene el eje del haz principal de luz y mide la apertura entre los dos puntos donde la intensidad disminuye hasta el 50% (rara vez el 10%) de su valor máximo.



Ejemplo gráfico de apertura del haz.

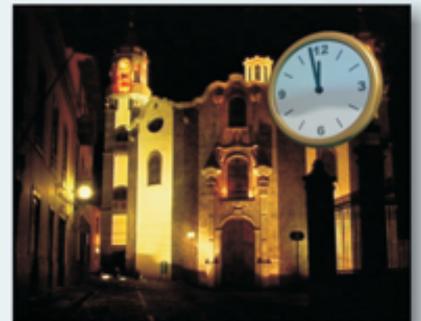


Sistema de representación B-beta.

Consideraciones generales

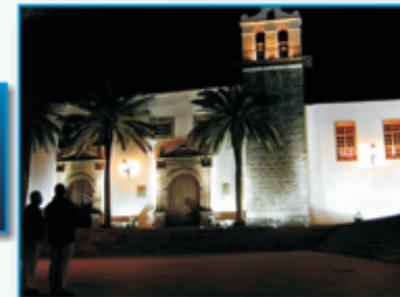
1. Distancia y dirección habitual de contemplación del objeto.
2. Fondo, alrededores y posibles obstáculos.
3. Posición, apuntamiento y óptica de los proyectores.
4. Niveles de iluminación según el color del objeto a iluminar y recomendaciones.
5. Ahorro energético y apagado de la instalación.
6. Reproducción cromática.
7. Garantías de apagado antes de las 24:00 h.

Ejemplos prácticos



Los alumbrados ornamentales deben permanecer apagados después de medianoche.

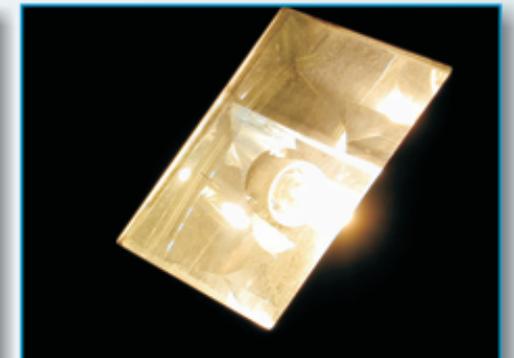
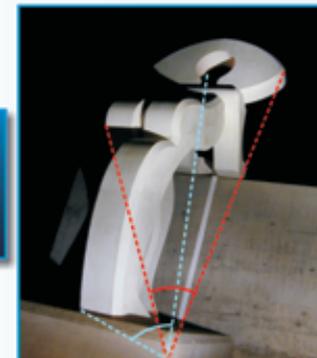
ILUMINAR SÓLO EL OBJETO QUE SE PRETENDE USANDO REJILLAS O VISERAS PARA EVITAR LUZ FUERA



USAR PROYECTORES CON ÓPTICAS Y/O LÁMPARAS ADECUADAS PARA EVITAR LUZ FUERA



USAR PROYECTORES CON ÓPTICAS CON DEFLECTOR INTERIOR PARA EVITAR LUZ FUERA



ALUMBRADO ORNAMENTAL Y DECORATIVO

Se incluyen en estas instalaciones el alumbrado ornamental de edificios públicos, monumentos y jardines. Existe un amplio abanico de dispositivos a utilizar dependiendo de la ubicación y tamaño del objeto a iluminar, pero todos deben evitar el envío de luz fuera de la zona a iluminar. No es aplicable en fachadas con anuncio publicitario o con el nombre de la empresa.

Uso de proyectores

Los proyectores se instalarán preferentemente de arriba hacia abajo. Su óptica deberá adecuarse al tamaño del objeto a iluminar y situación de este respecto al objeto. Si fuera preciso se instalarán viseras, paralúmenes, deflectores o aletas externas que garanticen el control de luz fuera de la zona de actuación. Para su estudio o evaluación se presentarán planos de planta y sección del objeto y situación de los proyectores, con su orientación, junto con los datos fotométricos del proyector (haz vertical y horizontal) con los croquis, en su caso, de los accesorios, que permitan determinar claramente que se evita la emisión de luz fuera del ámbito a iluminar.



Se considera generalmente aceptable cuando más del 80% del flujo luminoso saliente del proyector incide en el objeto a iluminar, limitando en cualquier caso emisiones cercanas al horizonte. En cualquier caso, el haz principal del proyector deberá ser interceptado por el objeto a iluminar.

Cuando se ilumine de abajo hacia arriba, el apuntamiento no deberá superar los 2/3 de la altura del paramento vertical. Si el proyector está muy cerca de la pared será necesario utilizar proyectores con un haz vertical muy concentrado (o usar accesorios si la óptica no es adecuada). Si se ilumina masa vegetal, se utilizará un proyector concentrado que abarque solo la masa vegetal. Para iluminar monumentos se deberá escoger las aperturas adecuadas en los haces del proyector, a la anchura y altura del objeto vistas desde el proyector y según la distancia al proyector; si no se consigue la óptica adecuada, se utilizarán viseras, paralúmenes o proyector entubado para evitar iluminar fuera del monumento. Se recomienda tener especial cuidado en evitar deslumbramientos a los vecinos y usuarios de las instalaciones cercanas.

Niveles de iluminación:

Se seguirán las recomendaciones que existan al respecto en el ámbito nacional e internacional (ver cuaderno de Resumen de Recomendaciones para la Iluminación de Exteriores).

En el proyecto se indicará y describirá el tipo de objeto a iluminar y justificación de los valores de diseño. Para pinchos de jardín con lámpara Par incandescente hasta 80w se limitará su interdistancia a un mínimo en metros según criterio de Uso Especial con un factor de 0,6 (ver cuadernos del IAC).

Cálculos teóricos: A efectos de cálculos teóricos orientativos podrá obtenerse el nivel medio con la siguiente fórmula suponiendo los proyectores repartidos de forma uniforme:

$$\text{Lúmenes totales instalados / en m}^2 \text{ de superficie} \times 0,8 \times 0,7 \times 0,7 \text{ (lux)}$$

(0,8 es el factor de mantenimiento y 0,7 los factores de rendimiento y utilización)

Fotometría de proyectores: Es la distribución de intensidades en un sistema de coordenadas en el formato B- β . Su representación gráfica es normalmente un diagrama cartesiano en el que se dibujan bajo coordenadas B- β dos líneas que representan el plano horizontal y vertical de la distribución del haz principal del proyector.

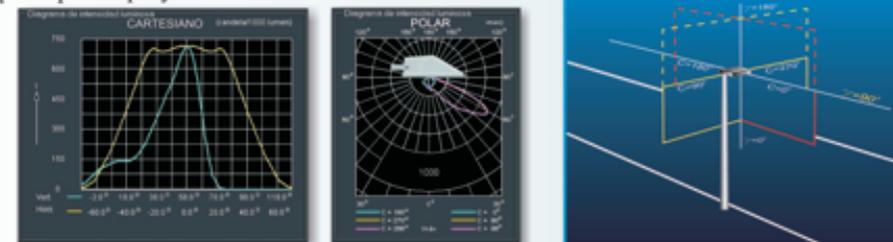


Diagrama de intensidad luminosa

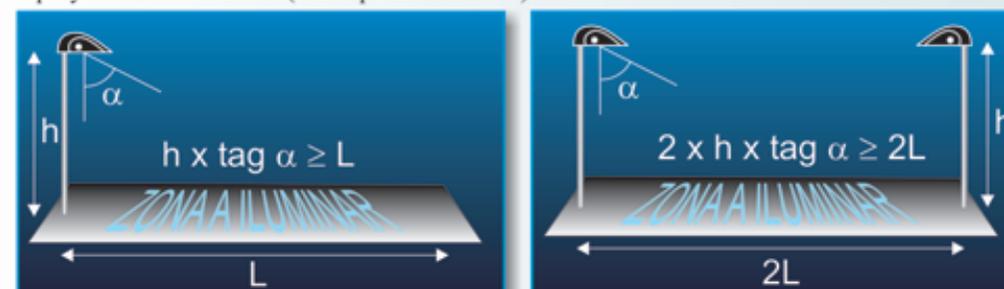
Sistema de representación C- γ .

Ángulo de asimetría frontal: El ángulo del plano B que contiene la intensidad máxima en un proyector frontalmente asimétrico.

Deslumbramiento: Es la sensación producida por una luminancia excesiva dentro del campo visual que altera la sensibilidad del ojo, causando molestia, reduciendo la visibilidad o ambas. El deslumbramiento se puede minimizar prestando especial atención en la elección de los proyectores y altura de instalación y asegurando que los mismos están bien enfocados y sin apuntamientos superiores a 70°, teniendo en cuenta las principales direcciones de visión y los haces que pueden incidir en otros usuarios ajenos a la instalación.

ALUMBRADO DE ÁREAS

Definición: Entendemos por este tipo de alumbrado el destinado a aquellas áreas iluminadas con proyectores situados puntualmente dentro de su perímetro a una altura proporcional a la dimensión del área que se ilumina. Generalmente se utilizarán proyectores cuyo haz principal vertical es asimétrico, es decir, la intensidad máxima de la luz es enviada hacia delante con un ángulo de asimetría α_a estando el proyector sin inclinación (vidrio paralelo al suelo).



La asimetría α_a y la altura (h) del proyector deberá estar acorde con la longitud (L) del área a iluminar frente a cada proyector de forma que $L \leq h \times \text{tag } \alpha_a$. Así, si iluminamos un área con dos torres enfrentadas, éstas no deberán separarse más de $2L \leq 2 \times h \times \text{tag } \alpha_a$.

Existe un límite técnico y práctico para la α_a que es de 70° y por encima de este valor es imposible controlar la luz sobre el horizonte y el efecto deslumbramiento a vecinos y usuarios de la instalación. Esto supone que la distancia máxima que se puede iluminar delante de un proyector es de $h \times \text{tag } 70^\circ \approx 3xh$ (tres veces la altura de instalación). Para evitar excesos de iluminación en torres con más de un proyector deben utilizarse proyectores cuya intensidad hacia la base de la torre (I_{a-0}) sea menor que un tercio de la Intensidad máxima (I_{max}) en I_{a-0} (ver lista de proyectores del IAC I_{max}/I_{a-0}) ya que todos los proyectores suman su contribución en esta zona. Los niveles luminotécnicos, potencias y tipo de lámparas se adaptarán a los criterios publicados por el IAC y recomendaciones CIE (ver cuadernos publicados por la OTC-IAC en su página web.).

Consideraciones generales

1. Niveles de iluminación y lámparas a utilizar.
2. Altura y ubicación de las columnas o torres.
3. Óptica de los proyectores.
4. Deslumbramiento.
5. Eficiencia y ahorro energético.



Ejemplos prácticos



ALUMBRADO DE INSTALACIONES DEPORTIVAS Y RECREATIVAS

Este tipo de alumbrado sigue el mismo criterio indicado para el alumbrado de áreas con la salvedad de que para uso exclusivo hasta medianoche se permite una ligera inclinación de los proyectores (limitando la intensidad en el horizonte para que sea inferior a 10 cd/Klumen) y se puede hacer uso de cualquier tipo de lámparas.



La inclinación máxima de los proyectores viene indicada en la lista de proyectores publicada por el IAC. El apagado de la instalación a partir de medianoche sobre cualquier maniobra manual debe garantizarse con el uso de un interruptor horario programable con reserva mínima de marcha de 100 horas.

Recomendaciones

Debe evitarse la proyección de luz fuera del recinto de actuación y tener especial cuidado con iluminar viviendas anexas o provocar deslumbramientos en las vías de circulación de vehículos en su entorno.

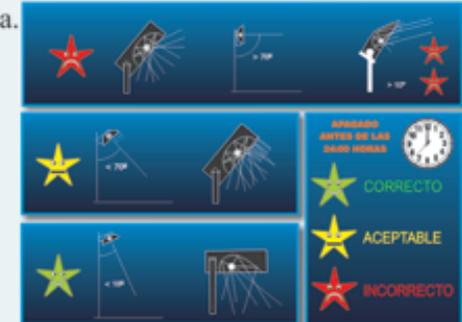


Los niveles y parámetros de calidad de la iluminación necesarios para instalaciones deportivas podrán diseñarse consultando la norma UNE-EN-12193.

Una instalación tendrá una buena eficiencia energética si su factor de eficiencia es inferior a 3w/m²/100lux con lámparas de vapor de mercurio con halógenos metálicos (2,3 con vapor de sodio de alta presión), siendo “w” los vatios instalados en lámparas, “m²” la superficie útil iluminada y “lux” el nivel de iluminación media mantenido (coeficiente de mantenimiento 0,8).

Consideraciones generales

1. Niveles de iluminación según deporte y categoría.
2. Iluminancia vertical y horizontal. Uniformidad.
3. Deslumbramiento a usuarios y público.
4. Modelado y sombras de los usuarios.
5. Color y reproducción de color.
6. Orientación, ubicación y óptica de proyectores.
7. Eficiencia y ahorro energético.
8. Apagado antes de las 24:00 h.



Ejemplos prácticos

