

Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación

Alumbrado Público



Comité Español de Iluminación



MINISTERIO
DE CIENCIA
Y TECNOLOGÍA

IDAE

Instituto para la
Diversificación y
Ahorro de la Energía

Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación

Alumbrado público

Título de la publicación:

“Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación. Alumbrado Público”

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: M-14199-2001
.....

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

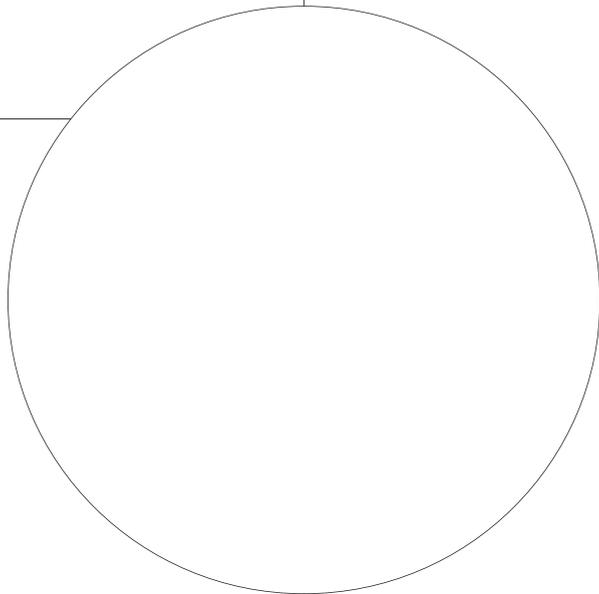
Madrid, marzo de 2001

Índice

| | |
|---|-----------|
| 1. Introducción | 7 |
| 2. Objeto | 9 |
| 3. Campo de aplicación | 11 |
| 4. Clasificación de las situaciones de proyecto | 13 |
| 4.1. Clasificación de las situaciones de proyecto | 15 |
| 4.2. Parámetros específicos para la elección de las clases de alumbrado | 17 |
| 5. Niveles de Iluminación | 21 |
| 5.1. Antecedentes | 21 |
| 5.2. Niveles de iluminación para situaciones de proyecto A y B | 22 |
| 5.3. Niveles de iluminación para situaciones de proyecto C, D Y E | 27 |
| 5.4. Área de referencia | 30 |
| 5.5. Variaciones temporales de la clase de alumbrado | 31 |
| 5.6. Alumbrado urbano | 32 |
| 5.7. Alumbrados específicos | 33 |
| 6. Limitación del resplandor luminoso nocturno | 39 |
| 6.1. Introducción | 39 |
| 6.2. Sistema de zonificación | 40 |
| 6.3. Criterios de elección de lámparas | 40 |
| 6.4. Limitaciones del flujo hemisférico superior | 40 |
| 6.5. Distancias entre zonas y el punto de referencia | 41 |
| 6.6. Características fotométricas de los pavimentos | 42 |
| 6.7. Variaciones temporales de los niveles de iluminación | 42 |
| 6.8. Posibles soluciones para reducir el resplandor luminoso nocturno | 42 |
| 7. Lámparas y equipos auxiliares | 47 |
| 7.1. Lámparas | 47 |
| 7.2. Problemática en la vida de las lámparas de vapor de sodio de alta presión | 51 |
| 7.3. Particularidades de las lámparas de halogenuros metálicos | 53 |
| 7.4. Equipos auxiliares | 54 |
| 8. Sistemas de encendido y apagado, de regulación del nivel luminoso y de gestión centralizada de las instalaciones de alumbrado público | 61 |
| 8.1. Sistemas de encendido y apagado | 61 |
| 8.2. Sistemas de regulación del nivel luminoso | 62 |
| 8.3. Sistemas de gestión centralizada | 67 |
| 8.4. Comportamiento de los componentes electrónicos | 71 |
| 9. Luminarias | 77 |
| 9.1. Luminarias | 77 |
| 9.2. Tipos y características de las luminarias | 81 |
| 9.3. Elección de la luminaria en función de la geometría de la instalación | 84 |

Índice

| | |
|---|------------|
| 10. Implantación de puntos de luz | 91 |
| 10.1. Iluminación tramos singulares | 92 |
| 10.2. Intersecciones | 93 |
| 10.3. Glorietas y rotondas | 95 |
| 10.4. Cruces a distinto nivel: enlaces | 99 |
| 10.5. Puentes | 100 |
| 10.6. Alumbrado pasos a nivel | 101 |
| 11. Criterios de eficiencia energética en el diseño, explotación y mantenimiento de las instalaciones de alumbrado público | 105 |
| 11.1. Criterios de eficiencia energética en el diseño | 105 |
| 11.2. Criterios de eficiencia energética en el diseño en la explotación .. | 106 |
| 11.3. Directrices de eficiencia energética en el mantenimiento .. | 107 |
| 11.4. Auditoria energética de la instalación de alumbrado público .. | 109 |
| 12. Ejemplos de reformas e implantación de nuevas instalaciones de alumbrado público | 113 |
| 12.1. Cálculos económicos | 114 |
| 12.2. Vías de circulación de 6 m de anchura | 119 |
| 12.3. Vías de circulación de 10 m de anchura | 126 |
| 12.4. Cambio de luminaria tipo globo | 132 |
| 12.5. Implantación de sistemas de regulación del nivel luminoso .. | 134 |
| 13. Normativa y recomendaciones | 141 |
| 14. Definiciones técnicas | 145 |
| 15. Bibliografía | 153 |



P

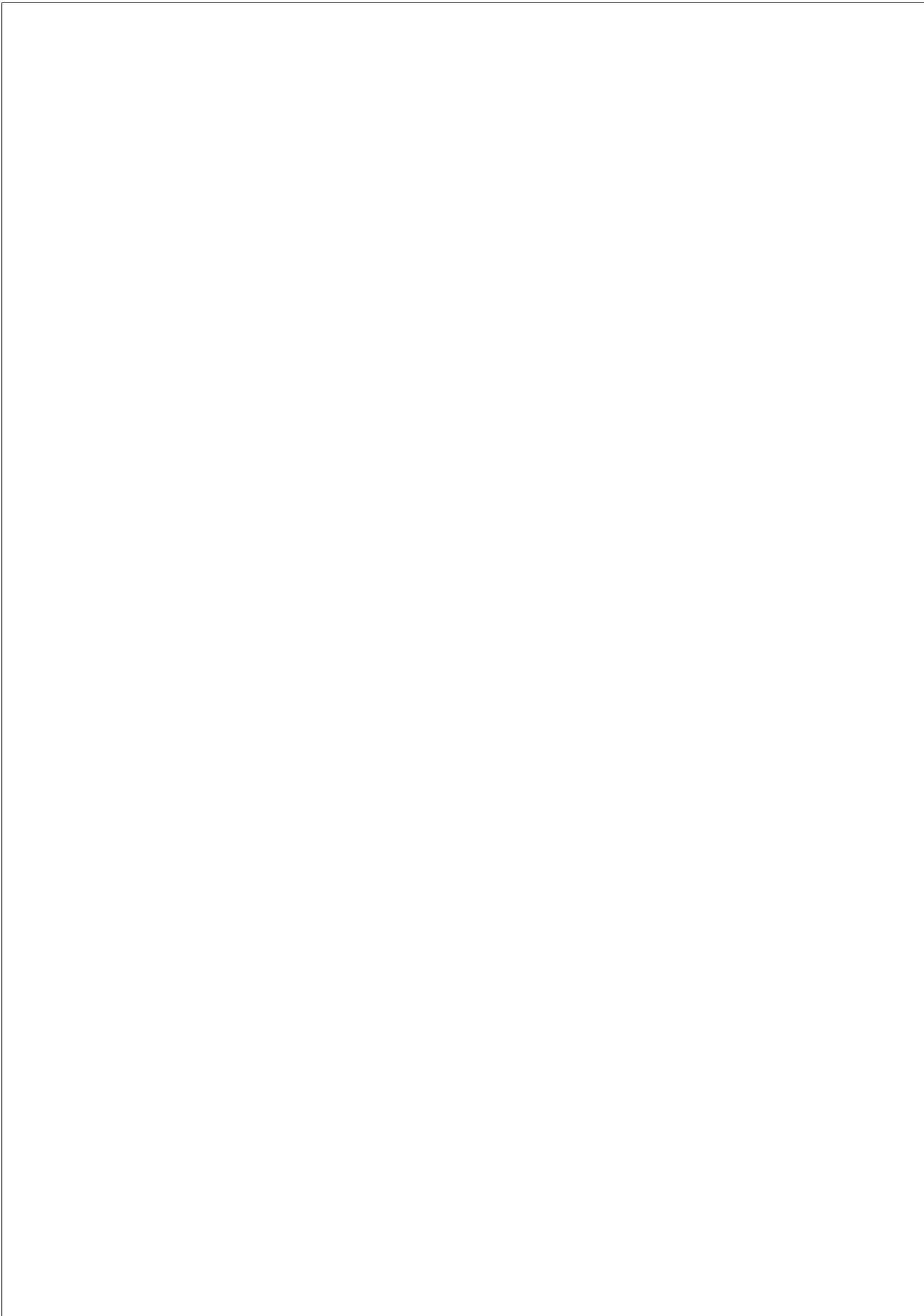
Presentación

1. Introducción

2. Objeto

3. Campo de aplicación





1. Introducción

Conocida es la peligrosidad de la ausencia de luz natural en la circulación de vehículos, dado que en el ámbito de los 15 países de la Unión Europea, aunque el tráfico rodado en su mayor porcentaje se efectúa de día, existe un considerable número de vehículos que circulan por la noche, cuyo valor medio es de un 25%. Asimismo, la proporción de accidentes mortales nocturnos oscila entre un 25% y un 59%, con una media de un 48,5%.

La causa principal de tasas tan elevadas de accidentes nocturnos es la propia oscuridad, ya que las capacidades visuales de los conductores son alteradas desfavorablemente debido a los bajos o nulos niveles luminosos existentes y, en consecuencia, la visibilidad queda muy reducida por la noche.

La realización de la tarea visual del conductor durante la noche se lleva a efecto en condiciones bastante deficitarias para la obtención de un buen resultado, factores tales como: pérdida de agudeza visual, alteración en la apreciación de distancias (visión binocular deficiente), percepción limitada de obstáculos laterales y visión cromática insólita o inexistente, contribuyen a generar muchos problemas de orientación y guiado para los conductores de los vehículos.

Si a esto se añade la escasa y limitada información visual que proporcionan los faros de los vehículos, sobre todo con “luz de cruce”, se estará en un escenario en el que, además de las dificultades fisiológicas y psicológicas propias de la tarea visual realizada en estas condiciones, se agrava la situación como consecuencia del desplazamiento del vehículo propio y los de los otros automovilistas o usuarios de la carretera.

Los estudios realizados, tanto en nuestro país como en otros muchos, han demostrado que el alumbrado público coadyuva en gran medida a la reducción de los accidentes nocturnos. Según datos de la Comisión Internacional de Iluminación CIE, ha quedado demostrado que el alumbrado de las vías de tráfico rodado reduce el total de accidentes en un 30% durante las horas sin luz natural.

La tarea visual y las necesidades de los peatones difieren de las de los conductores en muchos aspectos. La velocidad del movimiento es menor, y la percepción de los objetos que rodean a los peatones tiene más importancia que la visión de los que están más distanciados. Por tanto, los criterios de calidad del alumbrado peatonal no pueden ser iguales a los de las vías de tráfico rodado. En áreas urbanas tiene mayor significación para los peatones la percepción de su entorno inmediato, al objeto de evitar cualquier tipo de atentado o delito, tales como robos, vandalismos, agresiones sexuales, actos de terrorismo, etc.

Desde el punto de vista energético y medioambiental, conviene reflejar que el peso específico del consumo eléctrico del alumbrado público, podría incluso llegar a representar el 50% del consumo eléctrico total de un Ayuntamiento.

Por otro lado, hay que resaltar que el alumbrado público en España supone un consumo eléctrico entorno a 2900 GWh/año, lo que implica el 1,8% del consumo total eléctrico nacional y, por tanto, es responsable de la emisión a la atmósfera de alrededor de 1.740.000 Tm. de CO₂/año.

Pero lo más destacado de este sector es su capacidad de ahorro, que se estima en un potencial medio de un 10%, lo que supondría reducir las emisiones en unas 174.000 Tm. de CO₂/año. Dicho potencial de ahorro es debido, tanto a la carencia de aplicación de tecnologías de eficiencia energética, como a los niveles de iluminación de las instalaciones que están por encima de los recomendados.

Considerando las necesidades expuestas, en esta “Guía Técnica para la Eficiencia Energética en las Instalaciones de Alumbrado Público”, se expone todo lo relativo a la concepción, cálculo, montaje, funcionamiento y conservación que dichas instalaciones de alumbrado público requieren, pero todo ello lógicamente cumpliendo rigurosamente los principios de eficiencia energética.

Como no podía ser de otra forma, esta Guía Técnica se basa en las recomendaciones y normas de la Comisión Internacional de Iluminación (CIE), Comisión Europea de Normalización (CEN), Comisión Electrotécnica Internacional (CEI), etc., así como en las recientes “Recomendaciones para la Iluminación de Carreteras y Túneles” del Ministerio de Fomento de 1999.



2. Objeto

Esta “Guía Técnica para Eficiencia Energética en las Instalaciones de Alumbrado Público”, tiene por objeto establecer las clases de alumbrado o niveles de iluminación para las distintas situaciones de proyecto, que comprenden las vías de tráfico rodado de alta y moderada velocidad, tramos singulares, espacios peatonales, carriles bici y vías de tráfico rodado de baja y muy baja velocidad.

En consecuencia, la presente Guía Técnica pretende servir de base y ayuda a los técnicos para poder diseñar, proyectar, instalar, explotar y mantener instalaciones de alumbrado público, implantando las luminarias, lámparas, equipos, sistemas de regulación y control, etc. idóneos que permitan conseguir los criterios de calidad demandados con la mayor eficiencia y ahorro energético.

Para cada situación de proyecto, la clase de alumbrado fija los niveles de iluminación, tales como la luminancia, uniformidades, deslumbramiento perturbador y molesto, iluminancias horizontal, vertical y semicilíndrica, etc. Todo ello referido al tráfico público de los diferentes tipos de usuarios -tráfico motorizado, vehículos de movimiento lento, ciclistas y peatones, en áreas al aire libre, considerando el comportamiento fotométrico de los pavimentos de la calzada, el guiado visual, así como la apariencia y los aspectos estéticos de las instalaciones de alumbrado público.

Asimismo, en esta Guía Técnica se ha considerado la contaminación luminosa o resplandor luminoso nocturno en el cielo que podrían ocasionar las instalaciones de alumbrado público, adoptando las medidas correctoras necesarias para su reducción, fijando unos criterios de elección de lámparas, de control del flujo hemisférico superior emitido por las luminarias, recomendando unas características fotométricas de los pavimentos y, finalmente, limitando el horario de funcionamiento de determinadas instalaciones o disminuyendo los niveles luminosos a ciertas horas de la noche.

El contenido de esta “Guía Técnica para la Eficiencia Energética en las Instalaciones de Alumbrado Público”

se basa en estudios, informes técnicos, recomendaciones, publicaciones, etc. elaborados por la Comisión Internacional de Iluminación CIE, de total solvencia en la materia de forma que, una vez que se haya adoptado la decisión de acometer la instalación de alumbrado, los criterios de diseño y niveles de iluminación se ajusten a lo establecido en las siguientes publicaciones:

- Publicación CIE 23: 1973
Recomendaciones para la Iluminación de Autopistas.
- Publicación CIE 47: 1979
Alumbrado de Carreteras en Condiciones Mojadas.
- Publicación CIE 66: 1984
Pavimentos de Carreteras y Alumbrado.
- Publicación CIE 95: 1992
Contraste y Visibilidad.
- Publicación CIE 100: 1992
Fundamentos de la Tarea Visual en la Conducción Nocturna.
- Publicación CIE 115: 1995
Recomendaciones para el Alumbrado de Carreteras con Tráfico Motorizado y Peatonal.
- Publicación CIE 126: 1997
Guía para Minimizar la Luminosidad del Cielo.
- Publicación CIE 129: 1998
Guía para el Alumbrado de Áreas Exteriores.
- Publicación CIE 136: 2000
Guía para la Iluminación de Áreas Urbanas.

No obstante y sin que ello resulte habitual, podrán rebasarse los niveles luminosos establecidos en las anteriores Publicaciones hasta en un 20%, salvo en casos excepcionales debidamente justificados en los que sería posible sobrepasar dicho porcentaje.

En lo que respecta a los elementos que constituyen la instalación, cálculos luminotécnicos, mediciones, mantenimiento, etc. se estará a lo dispuesto en las publicaciones de la CIE siguientes:

- Publicación CIE 30.2: 1982
Cálculo y Mediciones de la Luminancia y la Iluminancia en el Alumbrado de Carreteras.
- Publicación CIE 31: 1976
Deslumbramiento y Uniformidad en las Instalaciones de Alumbrado de Carreteras.
- Publicación CIE 32/AB:1977
Puntos Especiales en Alumbrado Público
- Publicación CIE 33: 1977
Depreciación y Mantenimiento de Instalaciones de Alumbrado Público
- Publicación CIE 34: 1977
Luminarias para Alumbrado de Carreteras: Datos Fotométricos, Clasificación y Prestaciones
- Publicación CIE 121: 1996
Fotometría y Goniofotometría de las Luminarias
- Publicación CIE 132: 1999
Métodos de Diseño para el Alumbrado de Carreteras

El marco jurídico español actual en materia de alumbrado público es el siguiente:

- Normas e Instrucciones para Alumbrado Urbano del Ministerio de la Vivienda de 1965.
- Orden Circular 248/4 c y e de noviembre de 1974 del Ministerio de Obras Públicas sobre disminución del consumo de energía eléctrica. Derogada parcialmente.
- Norma NTE-IEE/1978 “Instalaciones de Electricidad” del Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo.
- Recomendaciones para la Iluminación de Carreteras y Túneles del Ministerio de Fomento de 1999. Deroga parcialmente la orden circular de 1974.

En lo que concierne a la normativa relativa al resplandor luminoso nocturno, existe la siguiente:

- La Publicación CIE nº 126 de 1997 “DIRECTRICES PARA LA MINIMIZACIÓN DEL BRILLO DEL CIELO”, completa los documentos anteriores de la CIE y la publicación conjunta CIE-UAI (Unión Astronómica Internacional) de 1984.
- La División 5 de la CIE, a través de su Comité Técnico TC5-12, a finales de 1995 elaboró el borrador de informe técnico “GUÍA SOBRE LA LIMITACIÓN DE LOS EFECTOS DE LA LUZ MOLESTA PROCEDENTE DE INSTALACIONES DE ALUMBRADO EXTERIOR”.

Asimismo, el Comité Español de Iluminación, en Marzo de 1999, aprobó el informe técnico:

- “GUÍA PARA LA REDUCCIÓN DEL RESPLANDOR LUMINOSO NOCTURNO”.



3. Campo de aplicación

La presente “Guía Técnica para la Eficiencia Energética en las Instalaciones de Alumbrado Público” contempla dichas instalaciones en los campos de aplicación más representativos en Ayuntamientos desde el punto de vista energético, tanto por su peso en el consumo energético en el alumbrado público municipal, como por sus posibilidades de ahorro y eficiencia energética. Por tanto, los campos de aplicación que se consideran son los siguientes:

Alumbrado de carreteras y urbano:

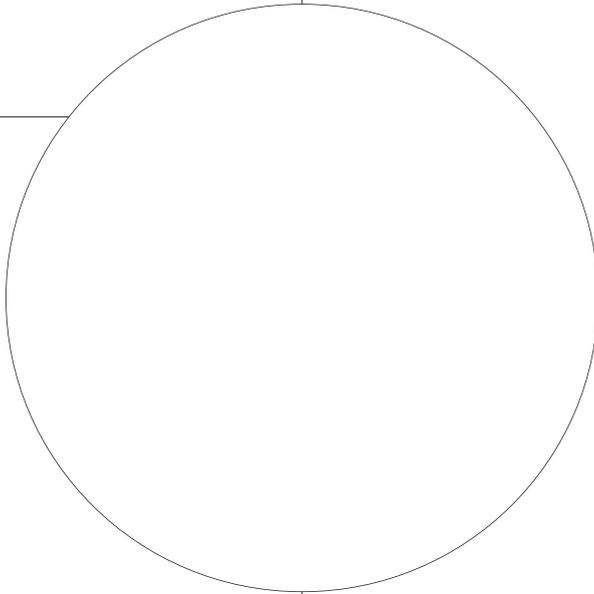
- Vías de tráfico rodado de alta velocidad
- Vías de tráfico rodado de moderada velocidad
- Vías de tráfico rodado de baja, muy baja velocidad y carriles bici.

Alumbrados especiales:

- Pasarelas peatonales
- Pasos subterráneos peatonales
- Aparcamientos al aire libre
- Entradas a las ciudades
- Alumbrado adicional de paso de peatones
- Alumbrado con soportes de gran altura
- Alumbrado de parques y jardines
- Alumbrado de seguridad
- Alumbrado de pasos a nivel de ferrocarril

Alumbrados singulares:

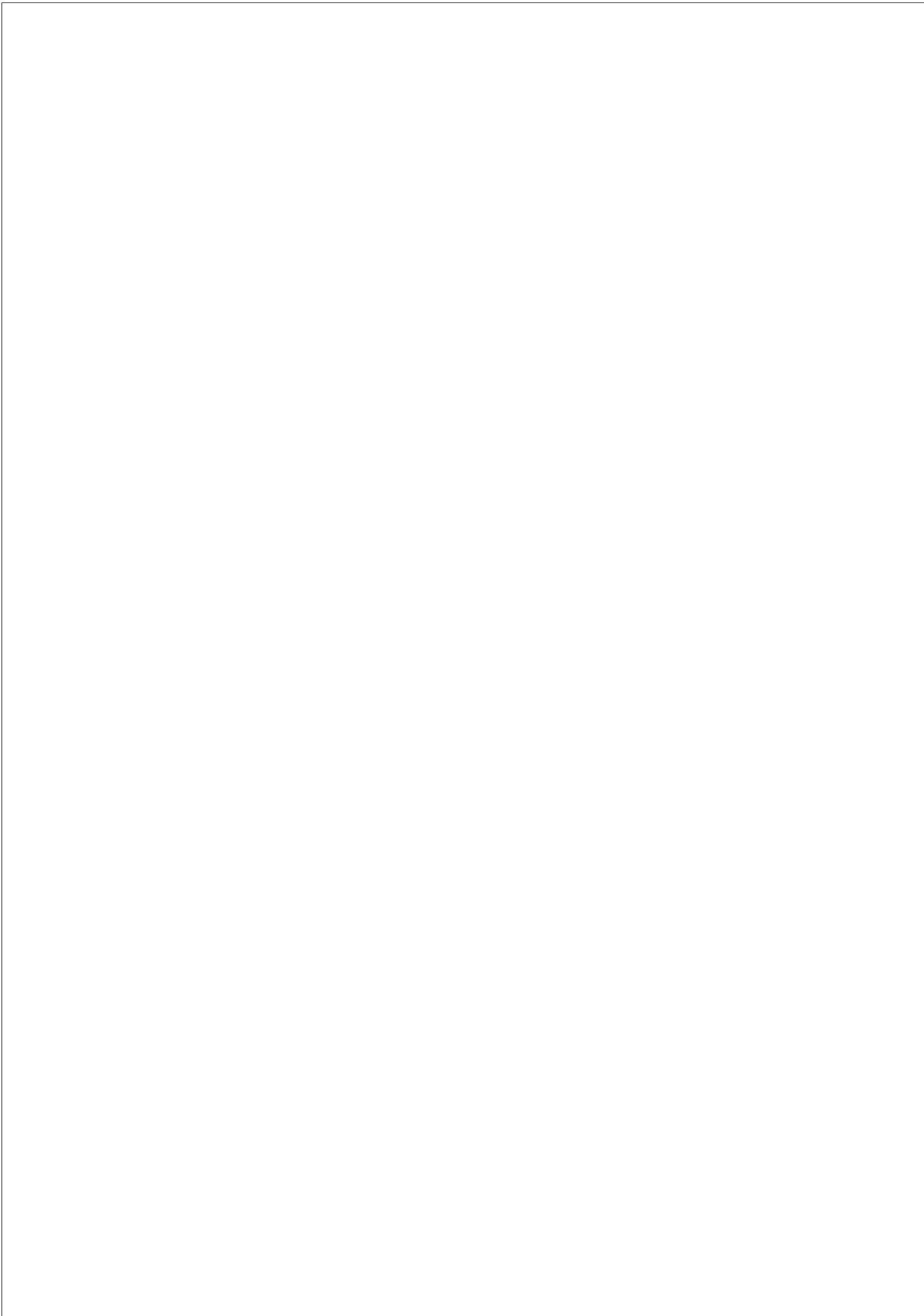
- Curvas y calzadas en pendiente
- Intersecciones
- Glorietas y rotondas
- Cruces a distinto nivel
- Puentes
- Intersecciones aisladas en zonas sin alumbrado



4

Clasificación de las situaciones de proyecto





4. Clasificación de las situaciones de proyecto

4.1. Clasificación de las situaciones de proyecto

A efectos de la presente Guía Técnica los tipos de usuarios son los siguientes:

TIPOS DE USUARIOS

 Usuario principal

 Otros usuarios permitidos

 Usuarios excluidos

M - Tráfico motorizado

S - Vehículos de movimiento lento

C - Ciclistas

P - Peatones

Respecto a la tipología de las vías a iluminar y las situaciones de proyecto o niveles de iluminación, se tienen en cuenta las cuatro tablas siguientes:

TABLA - 4.1

| VÍAS DE TRÁFICO RODADO DE ALTA VELOCIDAD | | | | | |
|--|-------------------|---|---|---|-------------------------|
| TIPOS DE VÍAS | TIPOS DE USUARIOS | | | | SITUACIONES DE PROYECTO |
| | M | S | C | P | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Carreteras de calzadas separadas con cruces a distinto nivel y accesos controlados (autopistas y autovías). • Carreteras de calzada única de doble sentido de circulación y accesos limitados (vías rápidas). | | | | | A1 |
| <ul style="list-style-type: none"> • Carreteras interurbanas sin separación de aceras o carriles bici. | | | | | A2 |
| <ul style="list-style-type: none"> • Vías colectoras y rondas de circunvalación. • Carreteras interurbanas con accesos no restringidos. • Vías urbanas de tráfico importante, rápidas radiales y de distribución urbana a distritos. • Vías principales de la ciudad y travesías de poblaciones. | | | | | A3 |

TABLA - 4.2

| VÍAS DE TRÁFICO RODADO DE MODERADA VELOCIDAD | | | | | |
|--|-------------------|---|---|---|-------------------------|
| TIPOS DE VÍAS | TIPOS DE USUARIOS | | | | SITUACIONES DE PROYECTO |
| | M | S | C | P | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Vías urbanas secundarias de conexión a urbanas de tráfico importante. • Vías distribuidoras locales y accesos a zonas residenciales y fincas. | | | | | B1 |
| <ul style="list-style-type: none"> • Carreteras locales en áreas rurales. | | | | | B2 |

TABLA - 4.3

| VÍAS DE TRÁFICO RODADO DE BAJA, MUY BAJA VELOCIDAD Y CARRILES BICI | | | | | |
|--|-------------------|---|---|---|-------------------------|
| TIPOS DE VÍAS | TIPOS DE USUARIOS | | | | SITUACIONES DE PROYECTO |
| | M | S | C | P | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Carriles bici independientes a lo largo de la calzada, entre ciudades en área abierta y de unión en zonas urbanas. | | | | | C1 |
| <ul style="list-style-type: none"> • Áreas de aparcamiento en autopistas y autovías | | | | | D1 |
| <ul style="list-style-type: none"> • Aparcamientos en general. • Estaciones de autobuses. | | | | | D2 |
| <ul style="list-style-type: none"> • Calles residenciales suburbanas con aceras a lo largo de la calzada. | | | | | D3 |
| <ul style="list-style-type: none"> • Zonas de velocidad muy limitada. | | | | | D4 |

TABLA - 4.4

| VÍAS PEATONALES | | | | | |
|--|-------------------|---|---|---|-------------------------|
| TIPOS DE VÍAS | TIPOS DE USUARIOS | | | | SITUACIONES DE PROYECTO |
| | M | S | C | P | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Espacios peatonales de conexión, calles peatonales, y aceras a lo largo de la calzada. • Paradas de autobús con zonas de espera. • Áreas comerciales peatonales. | | | | | E1 |
| <ul style="list-style-type: none"> • Zonas comerciales con acceso restringido y uso prioritario de peatones. | | | | | E2 |

4.2. Parámetros específicos para la elección de las clases de alumbrado

Son los que definen, dentro de un grupo de situaciones de proyecto o tipo de vía de tráfico, la clase de alumbrado a aplicar, es decir, el nivel luminoso a establecer. Para situaciones de Proyecto A y B, la tabla 4.5 fija los parámetros específicos para la determinación de las clases de alumbrado, mientras que para situaciones C, D y E, la tabla 4.6 es la que establece dichos parámetros.

Los parámetros específicos comprenden los dominantes que implican requerimientos o exigencias, y los complementarios que conllevan recomendaciones. Abarcan los parámetros relativos a la geometría estática del área de referencia, los referentes a la utilización del tráfico en dicha área y los concernientes a las influencias ambientales externas.

Parámetros Relativos a la Geometría del Área de Referencia

- Separación de calzadas (no - si).
- Tipo de cruces (enlaces - intersecciones).

- Distancia entre enlaces y puentes (cada ± 3 Km.).
- Densidad de intersecciones (cada ± 3 Km.).
- Tramos singulares (no - si).
- Medidas geométricas para tráfico tranquilo (no - si).

Parámetros Referentes a la Utilización del Tráfico en el Área de Referencia

- Flujo de tráfico de vehículos (IMD).
- Flujo de tráfico de ciclistas (normal - alto).
- Flujo de tráfico de peatones (normal - alto).
- Dificultad en la tarea de conducción (normal - mayor de lo normal).
- Vehículos aparcados (no - si).
- Reconocimiento facial (innecesario - necesario).
- Riesgo de criminalidad (normal - mayor de lo normal).

Parámetros Concernientes a las Influencias Ambientales Externas

- Complejidad del campo visual (normal - alto).
- Niveles de luminosidad ambiental (baja - media - alta).
- Tipo principal de meteorología (seco - mojado).

PARÁMETROS ESPECÍFICOS PARA LA DETERMINACIÓN DE LAS CLASES DE ALUMBRADO (ME1 A ME6) A APLICAR EN LOS GRUPOS DE SITUACIONES DE PROYECTO A Y B.

TABLA - 4.5

| PARÁMETROS ESPECÍFICOS | GRUPOS DE SITUACIONES DE PROYECTO | | | | |
|--|-----------------------------------|-----|-----|-----|-----|
| | A | | | B | |
| | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 |
| Geometría Área de Referencia | | | | | |
| Separación de calzadas | • | ☐ | • | ☐ | ☐ |
| Tipo de cruces | • | •() | •() | •() | •() |
| Distancia entre enlaces y puentes | • | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ |
| Densidad de intersecciones | • | • | • | • | • |
| Tramo singular | * | * | * | * | * |
| Medidas geométricas para tráfico tranquilo | ☐ | ☐ | ☐ | • | • |

Ver continuación en la página siguiente

PARÁMETROS ESPECÍFICOS PARA LA DETERMINACIÓN DE LAS CLASES DE ALUMBRADO (ME1 A ME6) A APLICAR EN LOS GRUPOS DE SITUACIONES DE PROYECTO A Y B. (Continuación)

| PARÁMETROS ESPECÍFICOS | A | | | B | |
|---|----|----|----|----|----|
| | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 |
| Utilización del Tráfico | | | | | |
| Flujo de tráfico: Vehículos | ●⊕ | ●⊕ | ●⊕ | ●⊕ | ●⊕ |
| Flujo de tráfico: Ciclistas | ☐ | ☐ | ☐ | * | * |
| Flujo de tráfico: Peatones | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ |
| Dificultad en la tarea de conducción | * | * | * | ● | ● |
| Vehículos aparcados | ☐ | ☐ | * | * | * |
| Reconocimiento facial | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ |
| Riesgo de criminalidad | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ |
| Influencias Ambientales Externas | | | | | |
| Complejidad del campo visual | * | * | * | * | * |
| Niveles de luminosidad ambiental | * | * | * | * | * |
| Tipo principal de metereología | ● | ● | ● | ● | ● |

() valor fijo ⊕ rango limitado
 ● Parámetros dominantes (requerimientos) * Parámetros complementarios (recomendaciones) ☐ Parámetros no utilizados en este grupo

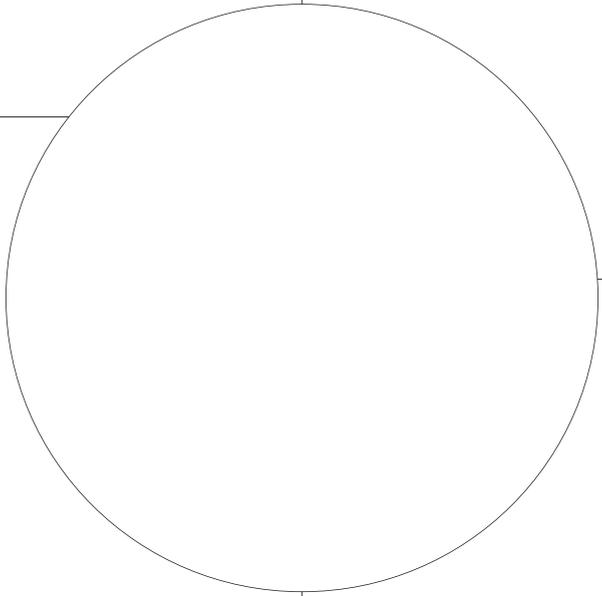
Nota: El flujo de tráfico de vehículos se determina mediante la intensidad media diaria (IMD), que es la media diaria de vehículos que pasan sobre una sección determinada de una calzada o carril.

PARÁMETROS ESPECÍFICOS PARA LA DETERMINACIÓN DE LAS CLASES DE ALUMBRADO (S1 a S4) A APLICAR EN LOS GRUPOS DE SITUACIONES DE ALUMBRADO C-D Y E.

TABLA - 4.6

| PARÁMETROS ESPECÍFICOS | GRUPOS DE SITUACIONES DE PROYECTO | | | | | | |
|--|-----------------------------------|---|---|---|---|---|---|
| | C | D | | | | E | |
| | 1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 |
| Geometría Área de Referencia | | | | | | | |
| Separación de calzadas | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ |
| Tipo de cruces | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ |
| Distancia entre enlaces y puentes | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ |
| Densidad de intersecciones | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ |
| Tramo singular | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ |
| Medidas geométricas para tráfico tranquilo | ● | ● | ● | ● | ● | ☐ | ☐ |
| Utilización del Tráfico | | | | | | | |
| Flujo de tráfico: Vehículos | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ |
| Flujo de tráfico: Ciclistas | ● | ☐ | ☐ | ● | ● | ☐ | ☐ |
| Flujo de tráfico: Peatones | ☐ | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| Dificultad en la tarea de conducción | ☐ | ● | ● | ● | ● | ☐ | ☐ |
| Vehículos aparcados | ☐ | ☐ | ☐ | ● | ● | ☐ | ☐ |
| Reconocimiento facial | ● | ● | ● | * | * | ● | ● |
| Riesgo de criminalidad | ● | ● | ● | * | * | ● | ● |
| Influencias Ambientales Externas | | | | | | | |
| Complejidad del campo visual | ☐ | ☐ | ☐ | * | * | ☐ | ☐ |
| Niveles de luminosidad ambiental* | * | * | * | * | * | * | * |
| Tipo principal de metereología | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ |

() valor fijo ⊕ rango limitado
 ● Parámetros dominantes (requerimientos) * Parámetros complementarios (recomendaciones) ☐ Parámetros no utilizados en este grupo



5

Niveles de iluminación





5. Niveles de iluminación

5.1. Antecedentes

Respecto al establecimiento de los niveles de iluminación más idóneos, a nivel internacional se han realizado múltiples estudios entre los que destaca el efectuado en su día en relación al poder revelador o probabilidad de visión, expresado como el porcentaje de objetos situados en diversos puntos de una calzada, dotada con una determinada instalación de alumbrado, que podían distinguirse por una serie de observadores dentro de un grupo de objetos cuya reflectancia era la típica de la ropa de los peatones.

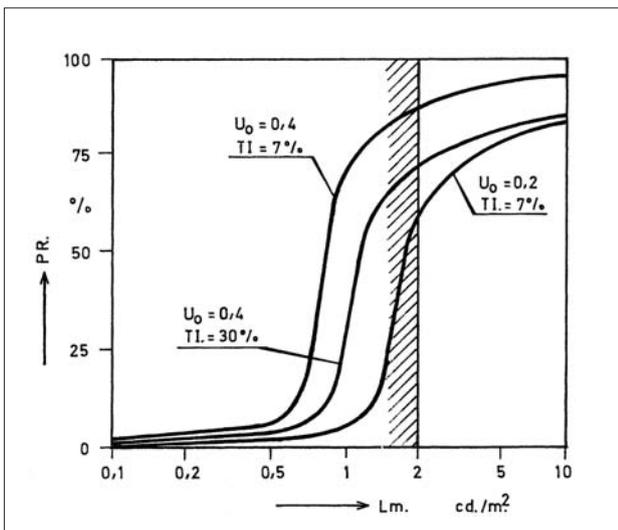


Fig. 5.1.- Probabilidad de visión en función de la luminancia de la calzada

En primer lugar se deducía que el poder revelador o probabilidad de visión era función de 3 factores: la luminancia media de la superficie de la calzada, la uniformidad global de dicha luminancia y el grado de deslumbramiento perturbador o incremento de umbral de contraste TI.

En la figura 5.1 se resumen los resultados del estudio del poder revelador, percibiéndose que la influencia de la luminancia media de la calzada en el poder revelador no es lineal, de manera que por debajo de cierta luminancia la probabilidad de visión es prácticamente nula.

Se observa en primer lugar que para una uniformidad global $U_0 = 0,4$ y limitación del deslumbramiento $Tl = 7\%$ moderado, la figura muestra la gran influencia que el nivel de luminancia media de la calzada tiene sobre el poder revelador, especialmente en el margen de $0,5$ a 2 cd/m^2 . La probabilidad de visión es menor del 10% a $0,5$ cd/m^2 , pero se eleva hasta un 70% para 1 cd/m^2 y alcanza el 85% con 2 cd/m^2 .

En segundo lugar, para una uniformidad global $U_0 = 0,2$ e idéntico deslumbramiento $TI = 7\%$, puede deducirse de la figura 1 que la uniformidad tiene también una gran influencia sobre el poder revelador, particularmente a partir de $0,5 \text{ cd/m}^2$. Por ejemplo, la probabilidad de visión baja desde el 60% para 2 cd/m^2 , hasta un 5% con un nivel de 1 cd/m^2 , a causa de la pérdida de uniformidad.

Finalmente, en dicha figura puede apreciarse que si el deslumbramiento perturbador aumenta desde el valor inicial $TI = 7\%$ hasta $TI = 30\%$, el poder revelador desciende desde un 70% para 2 cd/m^2 , hasta aproximadamente un 30% con 1 cd/m^2 .

5.2. Niveles de iluminación para situaciones de proyecto A y B

Una vez establecida la situación de proyecto, de acuerdo con lo dispuesto en la tablas 4.1 y 4.2, se procede a seleccionar la clase de alumbrado o nivel de iluminación que puede satisfacer las exigencias de alumbrado que se necesitan para la citada situación de proyecto.

La instalación de alumbrado debe proporcionar fiabilidad de percepción y comodidad visual.

Los parámetros que influyen en la fiabilidad de percepción son los siguientes:

- Luminancia media de la superficie de la calzada
- Uniformidad global
- Deslumbramiento perturbador

Los parámetros que inciden en la comodidad visual son:

- Uniformidad longitudinal
- Guiado visual

En vías de tráfico rodado de alta y moderada velocidad correspondientes a situaciones de proyecto A y B, se definen para calzadas secas las siguientes clases de alumbrado o niveles de iluminación de la serie ME: ME1, ME2, ME3 (a, b, c), ME4 (a, b), ME5 y ME6, establecidas en orden de mayor a menor exigencia en los niveles luminosos.

Cada clase de alumbrado serie ME comprende los siguientes niveles de iluminación:

- Nivel de luminancia medio de la superficie de la calzada.
- Uniformidad global de luminancia.
- Uniformidad longitudinal de luminancia.
- Deslumbramiento perturbador (incremento umbral de contraste).
- Relación entorno (iluminación de zonas adyacentes a la calzada).

En la tabla 5.1 se incluyen las clases de alumbrado o nivel de iluminación que corresponden a las situaciones de proyecto A, es decir, las vías de tráfico rodado de alta velocidad, y en la tabla 5.2 se incorporan las clases de alumbrado para vías de tráfico rodado de moderada velocidad relativas a situaciones de proyecto B.

La tabla 5.3 comprende un total de 6 clases de alumbrado o niveles de iluminación ordenadas de mayor a menor grado de exigencia luminotécnica, con expresión de los niveles como valores mínimos en servicio, es decir, con mantenimiento de la instalación a excepción del incremento de umbral TI que son valores máximos iniciales. A la clase de alumbrado ME3 le corresponden los apartados a, b y c cuya diferencia estriba en la uniformidad longitudinal, lo mismo que la clase de alumbrado ME4 con los apartados a y b.

La luminancia se expresa en cd/m^2 mientras que las uniformidades, como relación entre luminancias, carecen de unidades. El deslumbramiento perturbador se detalla en tanto por ciento y, asimismo, tampoco la relación entorno tiene unidades por ser también un porcentaje de la luminancia de la calzada.

Para las situaciones de proyecto A y B (tablas 5.1 y 5.2) la clase de alumbrado o nivel de iluminación que se adopta ME 1 a ME 6 (tabla 5.3), se determina teniendo en cuenta los parámetros específicos (dominantes y complementarios) establecidos en la tabla 4.5.

CLASES DE ALUMBRADO PARA VÍAS DE TRÁFICO RODADO DE ALTA VELOCIDAD

TABLA - 5.1

| SITUACIONES DE PROYECTO | TIPOS DE VÍAS | CLASE DE ALUMBRADO* | | | | | | | | | | |
|--|--|---------------------------|------|--|------|--------------------------------|-------|---------------------|-------|-----------------------------|-------|--|
| A1 | <ul style="list-style-type: none"> • Carreteras de calzadas separadas con cruces a distinto nivel y accesos controlados (autopistas y autovías). <ul style="list-style-type: none"> - Intensidad de tráfico y complejidad del trazado de la carretera (Nota 1). <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 60%;">Alta (IMD) > 25.000</td> <td style="width: 40%; text-align: right;">ME 1</td> </tr> <tr> <td>Media (IMD) -Entre 15.000 Y 25.000</td> <td style="text-align: right;">ME 2</td> </tr> <tr> <td>Baja (IMD) < 15.000</td> <td style="text-align: right;">ME 3a</td> </tr> </table> - Parámetros específicos. (Nota 2) • Carreteras de calzada única de doble sentido de circulación y accesos limitados (vías rápidas). <ul style="list-style-type: none"> - Intensidad de tráfico y complejidad del trazado de la carretera. <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 60%;">Alta (IMD) > 15.000</td> <td style="width: 40%; text-align: right;">ME 1</td> </tr> <tr> <td>Media y baja (IMD) < 15.000</td> <td style="text-align: right;">ME 2</td> </tr> </table> -Parámetros específicos. | Alta (IMD) > 25.000 | ME 1 | Media (IMD) -Entre 15.000 Y 25.000 | ME 2 | Baja (IMD) < 15.000 | ME 3a | Alta (IMD) > 15.000 | ME 1 | Media y baja (IMD) < 15.000 | ME 2 | |
| | Alta (IMD) > 25.000 | ME 1 | | | | | | | | | | |
| Media (IMD) -Entre 15.000 Y 25.000 | ME 2 | | | | | | | | | | | |
| Baja (IMD) < 15.000 | ME 3a | | | | | | | | | | | |
| Alta (IMD) > 15.000 | ME 1 | | | | | | | | | | | |
| Media y baja (IMD) < 15.000 | ME 2 | | | | | | | | | | | |
| A2 | <ul style="list-style-type: none"> • Carreteras locales a campo abierto con accesos no restringidos. <ul style="list-style-type: none"> - Intensidad de tráfico y complejidad del trazado de la carretera. <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 60%;">IMD > 7.000</td> <td style="width: 40%; text-align: right;">ME1</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: right;">ME 2</td> </tr> <tr> <td>IMD < 7.000</td> <td style="text-align: right;">ME 3a</td> </tr> </table> - Control del tráfico (Nota 3) y separación de los distintos tipos de usuarios (Nota 4). - Parámetros específicos. | IMD > 7.000 | ME1 | | ME 2 | IMD < 7.000 | ME 3a | | | | | |
| | IMD > 7.000 | ME1 | | | | | | | | | | |
| | ME 2 | | | | | | | | | | | |
| IMD < 7.000 | ME 3a | | | | | | | | | | | |
| A3 | <ul style="list-style-type: none"> • Vías colectoras y rondas de circunvalación. • Carreteras interurbanas con accesos no restringidos. • Vías urbanas de tráfico importante, rápidas radiales y de distribución urbana a distritos. • Vías principales de la ciudad y travesía de poblaciones. - Intensidad de tráfico y complejidad del trazado de la carretera. <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 60%;">IMD > 25.000</td> <td style="width: 40%; text-align: right;">ME 1</td> </tr> <tr> <td>IMD entre 15.000 y 25.000</td> <td style="text-align: right;">ME 2</td> </tr> <tr> <td>IMD entre 7.000 y 15.000</td> <td style="text-align: right;">ME 3b</td> </tr> <tr> <td>IMD < 7.000</td> <td style="text-align: right;">ME 4a</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: right;">ME 4b</td> </tr> </table> - Control del tráfico y separación de los distintos tipos de usuarios. - Parámetros específicos. | IMD > 25.000 | ME 1 | IMD entre 15.000 y 25.000 | ME 2 | IMD entre 7.000 y 15.000 | ME 3b | IMD < 7.000 | ME 4a | | ME 4b | |
| | IMD > 25.000 | ME 1 | | | | | | | | | | |
| IMD entre 15.000 y 25.000 | ME 2 | | | | | | | | | | | |
| IMD entre 7.000 y 15.000 | ME 3b | | | | | | | | | | | |
| IMD < 7.000 | ME 4a | | | | | | | | | | | |
| | ME 4b | | | | | | | | | | | |

* Para todas las situaciones de proyecto (A1-A2 y A3), cuando las zonas próximas sean claras (fondos claros), todas las vías de tráfico verán incrementadas sus exigencias a las de la clase de alumbrado inmediata superior.

Nota 1: COMPLEJIDAD DEL TRAZADO DE LA CARRETERA

Se refiere a la propia infraestructura y entorno visual. Los factores a tener en cuenta son:

- Número de carriles
- Pendientes
- Señalización

Se deben considerar la entrada y salida de rampas, incorporaciones de tráfico así como:

- Densidad de nudos (enlaces o intersecciones)
 - cada ≤ 3 Km.
 - cada > 3 Km.

Nota 2: PARÁMETROS ESPECÍFICOS

De acuerdo con la tabla 4.5, los parámetros específicos dominantes para el grupo de situaciones de alumbrado A1 son los siguientes:

- Intensidad media de tráfico (IMD)
- Separación de calzadas (no-sí)
- Tipo de cruces (enlaces-intersecciones)
- Distancia entre enlaces y puentes (cada ± 3 Km.)
- Densidad de intersecciones (cada ± 3 Km.)
- Tipo principal de meteorología (seco-mojado)

En consonancia con la tabla 4.5, los parámetros específicos complementarios para dicho grupo A1 se concretan en los siguientes:

- Tramo singular (no-sí)
- Dificultad en la tarea de conducción (normal- mayor de la normal)

- Complejidad del campo visual (normal-alta)
- Niveles de luminosidad ambiental (baja-media-alta)

Para situaciones de alumbrado A2 desaparecen la separación de calzadas y la distancia entre enlaces y puentes, mientras que para situaciones A3 únicamente no figura la distancia entre enlaces y puentes y, sin embargo, se incorpora el parámetro específico complementario vehículos aparcados (no-sí).

Nota 3: CONTROL DE TRÁFICO

Existencia de señalización horizontal, vertical, marcas viales y balizamiento, así como de sistemas de regulación del tráfico:

- Semáforos
- Regulaciones prioritarias
- Normas de prelación

La ausencia o escasez de control de tráfico se considerará pobre y viceversa.

Nota 4: SEPARACIÓN DE LOS DISTINTOS TIPOS DE USUARIOS

Existencia de carriles específicos (carril bus), o restricciones de uso a uno o más tipos de usuarios en una vía de tráfico.

Cuando existe una buena separación de los distintos tipos de usuarios, puede ser apropiada una menor clase de alumbrado o nivel luminotécnico.

CLASES DE ALUMBRADO PARA VÍAS DE TRÁFICO RODADO DE MODERADA VELOCIDAD

TABLA - 5.2

| SITUACIONES DE PROYECTO | TIPOS DE VÍAS | CLASE DE ALUMBRADO* |
|-------------------------|---|-----------------------|
| B1 | • Vías urbanas secundarias de conexión a urbanas de tráfico importante. | |
| | • Vías distribuidoras locales y accesos a zonas residenciales y fincas. | |
| | - Intensidad de tráfico y complejidad del trazado de la carretera. | |
| | IMD > 7.000 | ME 2 ME 3 c |
| | IMD < 7.000 | ME 4b ME 5 ME 6 |
| | - Control del tráfico y separación de los distintos tipos de usuarios. | |
| | - Parámetros específicos. | |
| B2 | • Carreteras locales en áreas rurales. | |
| | - Intensidad de tráfico y complejidad del trazado de la carretera. | |
| | IMD > 7.000 | ME 2 ME 3b |
| | IMD < 7.000 | ME 4b ME 5 |
| | -Control del tráfico y separación de los distintos tipos de usuarios. | |
| | -Parámetros específicos. | |

* Para todas las situaciones de proyecto B1 y B2, cuando las zonas próximas sean claras (fondos claros), todas las vías de tráfico verán incrementadas sus exigencias a las de la clase de alumbrado inmediata superior.

De acuerdo con lo dispuesto en la tabla 4.5, los parámetros específicos (dominantes y complementarios) para la determinación de las clases de alumbrado o niveles de iluminación a aplicar (ME 1 a ME 6) en las situaciones de proyecto B1 y B2 son las siguientes:

Situaciones de proyecto B1 y B2

Parámetros Dominantes

- Tipo de Cruces (enlaces-intersecciones)
- Densidad de intersecciones (cada ± 3 km.)
- Medidas geométricas para tráfico tranquilo
- Dificultad en la tarea de conducción

Parámetros Complementarios

- Flujo de tráfico de ciclistas
- Existencia de vehículos aparcados
- Complejidad del campo visual
- Niveles de luminosidad ambiental

5.2.1. Requerimientos luminotécnicos para las situaciones de proyecto A y B, con calzadas secas

En la tabla 5.3 se detallan los niveles de iluminación que corresponden a cada clase de alumbrado de la serie ME.

Clases de alumbrado serie ME

TABLA - 5.3

| Clase de Alumbrado | Luminancia de la superficie de la calzada en condiciones secas | | | Deslumbramiento Perturbador | Iluminación de alrededores | |
|--------------------|--|--------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|----------------------------|------|
| Incremento * | Luminancia Media | | | Uniformidad | Uniformidad | |
| | Lm (cd/m ²) | Relación Global U ₀ | Longitudinal U ₁ | Umbral TI(%)** | Entorno SR *** | |
| ME1 | 2,00 | 0,40 | 0,70 | 10 | 0,50 | |
| ME2 | 1,50 | 0,40 | 0,70 | 10 | 0,50 | |
| ME3 | a | 1,00 | 0,40 | 0,70 | 15 | 0,50 |
| | b | 1,00 | 0,40 | 0,60 | 15 | 0,50 |
| | c | 1,00 | 0,40 | 0,50 | 15 | 0,50 |
| ME4 | a | 0,75 | 0,40 | 0,60 | 15 | 0,50 |
| | b | 0,75 | 0,40 | 0,50 | 15 | 0,50 |
| ME5 | 0,50 | 0,35 | 0,40 | 15 | 0,50 | |
| ME6 | 0,30 | 0,35 | 0,40 | 15 | -- | |

* Los niveles de la tabla son valores mínimos en servicio con mantenimiento de la instalación de alumbrado, a excepción de TI, que son valores máximos iniciales. A fin de mantener dichos niveles de servicio, debe considerarse un factor de depreciación no mayor de 0,8 dependiendo del tipo de luminaria y grado de contaminación del aire.

** Cuando se utilicen fuentes de luz de baja luminancia (lámparas fluorescentes y de vapor de sodio a baja presión), puede permitirse un incremento de 5% del incremento del umbral (TI).

*** La relación entorno SR debe aplicarse en aquellas vías de tráfico rodado, donde no existan otras áreas adyacentes a la calzada con sus propios requerimientos.

5.2.2. Casos de calzadas mojadas y situaciones de proyecto A y B

En el caso de calzadas mojadas, la superficie refleja la luz de forma mucho más especular o dirigida que difusa (misma luminancia en todas las direcciones del espacio), y la uniformidad de las luminancias de la calzada queda degradada afectando negativamente a la visibilidad de los obstáculos en la carretera.

En aquellas zonas geográficas en las que la intensidad y persistencia de la lluvia provoque que durante una

parte significativa de las horas nocturnas, a lo largo del año, la superficie de la calzada permanezca mojada, se tendrán en cuenta los criterios de calidad que se muestran en la tabla 5.4. Para esta Guía Técnica, a título orientativo se consideran en esta situación aquellas zonas con una media superior a 100 días de lluvia al año. En estos casos, el cálculo de la uniformidad global de luminancias se recomienda realizar de acuerdo con el método que aparece descrito en la publicación CIE N^o 47 (1979), teniendo en cuenta las características fotométricas de los pavimentos normalizados al respecto.

Clases de alumbrado serie MEW

TABLA 5.4

| Clase de Alumbrado | Luminancia de la superficie de la calzada en condiciones secas y húmedas | | | | Deslumbramiento Perturbador | Iluminación de alrededores |
|--------------------|--|-----------------------------------|--|-----------------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| | calzada seca | | húmeda | | | |
| | Luminancia Media Lm (cd/m ²) | Uniformidad Global U ₀ | Uniformidad Longitudinal U ₁ ** | Uniformidad Global U ₀ | | |
| MEW1 | 2,00 | 0,40 | 0,60 | 0,15 | 10 | 0,50 |
| MEW2 | 1,50 | 0,40 | 0,60 | 0,15 | 10 | 0,50 |
| MEW3 | 1,00 | 0,40 | 0,60 | 0,15 | 15 | 0,50 |
| MEW4 | 0,75 | 0,40 | -- | 0,15 | 15 | 0,50 |
| MEW5 | 0,50 | 0,35 | --- | 0,15 | 15 | 0,50 |

* Los valores de la tabla son valores mínimos en servicio con mantenimiento de la instalación de alumbrado, a excepción de TI, que son valores máximos iniciales. A fin de mantener dichos niveles de servicio, debe considerarse un factor de depreciación no mayor de 0,8 dependiendo del tipo de luminaria y grado de contaminación del aire.

** Este criterio es voluntario pero puede aplicarse, por ejemplo, en autopistas, autovías y carreteras de calzada única de doble sentido de circulación y accesos limitados.

5.2.3. Tramos singulares

Se define un tramo como singular por la complejidad de los problemas de visión y maniobras que tienen que realizar los vehículos que circulan por ella. Tal es el caso de:

- Nudos: enlaces e intersecciones
- Glorietas y rotondas
- Zonas de reducción del número de carriles o disminución del ancho de la calzada.
- Áreas en las que se forman embotellamientos.
- Curvas y viales sinuosos en pendiente.
- Zonas de incorporación de nuevos carriles.
- Pasos subterráneos.
- Pasos elevados.
- Pasos a nivel de ferrocarriles.

Asimismo, se consideran tramos singulares aquellos sectores de gran dificultad frecuentados por peatones, ciclistas u otros usuarios de la vía de tráfico.

La instalación de alumbrado debe revelar o poner de manifiesto el propio tramo singular, así como todas las características del mismo, tales como la posición de los bordillos, marcas viales, diferentes señalizaciones, direcciones de tráfico, etc. Del mismo modo, debe evidenciar la presencia de peatones, ciclistas, obstáculos, otros vehículos y el movimiento de los mismos en el entorno del tramo singular. En resumen, debe mejorar en todo lo posible la visibilidad del conductor.

a) Criterio de luminancia

Siempre que resulte posible, en los tramos singulares se aplicarán los criterios de calidad de luminancias, uniformidades global y longitudinal, deslumbramiento perturbador y relación entorno, que han sido definidas para las clases de alumbrado serie ME. En estos casos se tendrá en cuenta que la clase de alumbrado que se defina para el tramo singular será de un grado superior al de la vía de tráfico a la que corresponde dicho tramo singular. Por ejemplo: si a una carretera local le atañe una clase de alumbrado ME4, a un tramo singular incluido en su recorrido le corresponde una clase de alumbrado ME3a. Si confluyen varias vías en un tramo singular, tal y como puede suceder en los cruces, la clase de alumbrado será un grado superior al de la vía que tenga la clase de alumbrado más elevada.

b) Criterio de iluminancia.

Sólo cuando resulte impracticable aplicar los criterios de luminancia, se utilizarán los criterios de iluminancia. Esta situación puede ocurrir cuando la distancia de visión sea inferior a los 60 m (valor mínimo que se utiliza para el cálculo de luminancia), y cuando no se pueda situar adecuadamente al observador debido a la sinuosidad y complejidad del trazado de la carretera.

En estos casos se aplicarán los criterios de calidad de iluminación mediante la iluminancia media y su uniformidad, que corresponden a las clases de alumbrado de la serie CE (tabla 5.5). Se cumplirá también con las limitaciones de deslumbramiento o de control de la contaminación luminosa, representadas por las clases de intensidad serie G (tabla 5.6).

Clases de alumbrado serie CE

TABLA - 5.5

| Clase de Alumbrado * | Iluminancia horizontal | |
|----------------------|----------------------------|----------------------|
| | Iluminancia Media Em (lux) | Uniformidad Media Um |
| CE0 | 50 | 0,40 |
| CE1 | 30 | 0,40 |
| CE1A | 25 | 0,40 |
| CE2 | 20 | 0,40 |
| CE3 | 15 | 0,40 |
| CE4 | 10 | 0,40 |
| CE5 | 7,5 | 0,40 |

* Los niveles de la tabla son valores mínimos en servicio con mantenimiento de la instalación de alumbrado. A fin de mantener dichos niveles de servicio, debe considerarse un factor de depreciación no mayor de 0,8 dependiendo del tipo de luminaria y grado de contaminación del aire.

Considerando, de conformidad con la tabla 5.12, que las clases de alumbrado ME y CE de idéntica numeración (por ejemplo CE3 y ME3 son de similar nivel de iluminación), cuando se utilice el criterio de iluminancia, la clase de alumbrado que se defina para el tramo singular será un grado superior al de la vía de tráfico al que corresponde dicho tramo singular. Por ejemplo, si a una carretera se le atribuye una clase de alumbrado ME3, a un tramo singular incluido en su recorrido le corresponde una clase de alumbrado CE2.

En el supuesto de un tramo singular en el que incide una vía con clase de alumbrado ME1, el tramo singular continuará también como clase de alumbrado ME1 ó su equivalente CE1. Cuando este tramo singular ofrezca una especial complejidad y una elevada potencialidad de riesgo de accidentes, en la más desfavorable de las situaciones y circunstancias, a dicho tramo le corresponderá una clase de alumbrado CE0 (50 lux) o su similar nivel de luminancia 3,3 cd/m². En situaciones intermedias podrán adoptarse clases de alumbrado comprendidas en el intervalo entre las clases de alumbrado CE1 y CE0, correspondientes a niveles de iluminancia de 35, 40 y 45 lux o sus valores similares 2,3-2,7 y 3 cd/m² respectivamente.

En los tramos singulares cuyas aceras o arcenes no estén dotadas de una específica iluminación peatonal, se preverá el alumbrado de las mismas con un nivel luminoso como mínimo del 50% del previsto sobre la calzada.

Clases de intensidad serie G

TABLA - 5.6

| Clase de Intensidad | Intensidad Máxima (cd/Klm) ** | | | Otros requerimientos |
|---------------------|---------------------------------|---------|---------|---|
| | A 70° * | A 80° * | A 90° * | |
| G1 | – | 200 | 50 | Ninguno |
| G2 | – | 150 | 30 | Ninguno |
| G3 | – | 100 | 20 | Ninguno |
| G4 | 500 | 100 | 10 | Intensidades por encima de 95° deben ser cero |
| G5 | 350 | 100 | 10 | |
| G6 | 350 | 100 | 0 | Intensidades por encima de 90° deben ser cero |

* Cualquier dirección que forme el ángulo especificado a partir de la vertical hacia abajo, con la luminaria instalada para su funcionamiento.

** Todas las intensidades son proporcionales al flujo de la lámpara para 1.000 lm.

NOTA: Las clases de intensidad G1, G2 y G3 corresponden a distribuciones fotométricas "semi cut-off" y "cut-off", conceptos utilizados tradicionalmente en los requerimientos luminosos. Las clases de intensidad G4, G5 y G6 se asignan a luminarias con distribución "cut-off" muy fuerte, como por ejemplo luminarias con cierre de vidrio plano, en cualquier posición cercana a la horizontal de la apertura o estrictamente en la posición horizontal.

Cuando no se precise un requerimiento exhaustivo en la limitación del deslumbramiento o en el control de la contaminación luminosa, podrán adoptarse las clases de intensidad G1, G2 y G3. En el supuesto de que la tipología del tramo singular, debido a su configuración, complejidad y potencial peligrosidad, obligue a una mayor limitación del deslumbramiento o del control de la contaminación luminosa, se deberán elegir las clases de intensidad G4 y G5 y, únicamente en casos extremos, se exigirá la clase de intensidad G6.

5.3. Niveles de iluminación para situaciones de proyecto C, D Y E

Fijada la situación de proyecto, de conformidad con lo establecido en las tablas 4.3 y 4.4, se selecciona la clase de alumbrado o niveles de iluminación que puede satisfacer las exigencias de alumbrado que se precisan para la citada situación de proyecto.

En vías de tráfico rodado de baja y muy baja velocidad, carriles bici y vías peatonales, las condiciones visuales difieren significativamente de las que se necesitan en las carreteras de alta y moderada velocidad. En este tipo de vías como la velocidad de movimiento es menor, la percepción de los objetos que rodean a los peatones tiene más importancia que la visión de los objetos más distanciados. Así, los criterios de calidad del alumbrado en las vías peatonales deben ser tales que garanticen que los peatones puedan distinguir la textura y diseño del pavimento, la configuración de

bordillos, escalones, marcas y señales sobre la calzada, y además ayudar a evitar agresiones al transitar por estas vías.

Para vías de tráfico de baja y muy baja velocidad correspondientes a las situaciones de proyecto C, D y E, se establecen las siguientes clases de alumbrado de la serie S: S1, S2, S3 y S4, dispuestas de mayor a menor exigencia en los niveles luminosos. Cada clase de alumbrado de serie S comprende los siguientes niveles de iluminación en la superficie de la calzada:

- nivel de iluminancia media.
- nivel de iluminancia mínima.
- uniformidad media

Los tramos conflictivos también se dan en las vías de tráfico rodado de baja y muy baja velocidad, carriles bici y vías peatonales, como es el caso de los pasos inferiores, zonas de escaleras, pasarelas peatonales, etc., por lo que también son de aplicación las clases de alumbrado serie CE.

En las tablas 5.7 y 5.8 se establecen las clases de alumbrado o niveles luminosos que corresponden a las situaciones de proyecto C, D y E.

CLASES DE ALUMBRADO PARA VÍAS DE TRÁFICO RODADO DE BAJA, MUY BAJA VELOCIDAD Y CARRILES BICI

TABLA - 5.7

| SITUACIONES DE PROYECTO | TIPOS DE VÍAS | CLASE DE ALUMBRADO* |
|-------------------------|--|--------------------------|
| C 1 | <ul style="list-style-type: none"> • Carriles bici independientes a lo largo de la calzada, entre ciudades en área abierta y de unión en zonas urbanas - Parámetros específicos dominantes (Nota 1) | |
| | Flujo de tráfico de ciclistas | S 1 |
| | Alto | S 2 |
| | Normal | S 3 S 4 |
| D 1 - D 2 | <ul style="list-style-type: none"> - Parámetros específicos complementarios (Nota 2) Niveles de luminosidad ambiental | |
| | <ul style="list-style-type: none"> • Áreas de aparcamiento en autopistas y autovías. • Aparcamientos en general. • Estaciones de autobuses. - Parámetros específicos dominantes | |
| | Flujo de tráfico de peatones | CE 1A CE 2 |
| | Alto | CE 3 CE 4 |
| D 3 - D 4 | <ul style="list-style-type: none"> - Parámetros específicos complementarios Niveles de luminosidad ambiental | |
| | <ul style="list-style-type: none"> • Calles residenciales suburbanas con aceras para peatones a lo largo de la calzada • Zonas de velocidad muy limitada - Parámetros específicos dominantes | |
| | Flujo de tráfico de peatones y ciclistas | CE2 |
| | Alto | S 1 S 2 S 3 S 4 |
| | <ul style="list-style-type: none"> - Parámetros específicos complementarios (Nota 2) Complejidad del campo visual Riesgo de criminalidad Reconocimiento facial Niveles de luminosidad ambiental | |

* Para todas las situaciones de alumbrado C1-D1-D2-D3 y D4, cuando las zonas próximas sean claras (fondos claros), todas las vías de tráfico verán incrementadas sus exigencias a las de la clase de alumbrado inmediata superior.

CLASES DE ALUMBRADO PARA VÍAS PEATONALES

TABLA - 5.8

| SITUACIONES DE PROYECTO | TIPOS DE VÍAS | CLASE DE ALUMBRADO* | |
|--|--|--|------------------------------|
| E 1 | <ul style="list-style-type: none"> • Espacios peatonales de conexión, calles peatonales, y aceras a lo largo de la calzada. • Paradas de autobús con zonas de espera • Áreas comerciales peatonales. <ul style="list-style-type: none"> - Parámetros específicos dominantes | Flujo de tráfico de peatones | |
| | Alto | CE 1A CE 2 S 1 | |
| | Normal | S 2 S 3 S 4 | |
| | <ul style="list-style-type: none"> - Parámetros específicos complementarios Niveles de luminosidad ambiental | | |
| | E 2 | <ul style="list-style-type: none"> • Zonas comerciales con acceso restringido y uso prioritario de peatones. <ul style="list-style-type: none"> - Parámetros específicos dominantes | Flujo de tráfico de peatones |
| | Alto | CE 1A CE 2 S 1 | |
| Normal | S 2 S 3 S 4 | | |
| <ul style="list-style-type: none"> - Parámetros específicos complementarios Niveles de luminosidad ambiental | | | |

* Para todas las situaciones de alumbrado E1 y E2, cuando las zonas próximas sean claras (fondos claros), todas las vías de tráfico verán incrementadas sus exigencias a las de la clase de alumbrado inmediata superior.

Nota 1 PARÁMETROS ESPECÍFICOS DOMINANTES
De acuerdo con la tabla 4.6, los parámetros específicos dominantes para las situaciones de proyecto C1 son los siguientes:

- Medidas geométricas para el tráfico tranquilo (no-si)
- Flujo de tráfico de ciclistas (normal-alto)
- Reconocimiento facial (innecesario-necesario)
- Riesgo de criminalidad (normal- mayor de lo normal)

Para situaciones D1 y D2, se sustituye el flujo de tráfico de ciclistas por el de peatones, y se añade la dificultad en la tarea de conducción (normal-mayor de lo normal).
Para situaciones de alumbrado D3 y D4, además de las medidas geométricas para tráfico tranquilo, la dificultad en la tarea de conducción y el flujo de peatones y ciclistas, se incorpora el parámetro específico dominante de vehículos aparcados (no-si).
Finalmente, para situaciones E1 y E2 los parámetros se concretan en: riesgo de criminalidad, reconocimiento facial y flujo de tráfico de peatones.

Nota 2: PARÁMETROS ESPECÍFICOS COMPLEMENTARIOS
De conformidad con la tabla 4.6, en los casos de los grupos de situaciones de proyecto C1, D1-D2 y E1-E2 el único parámetro específico complementario es:

- Niveles de luminosidad ambiental (baja-media-alta)

Para situaciones D3-D4 los parámetros específicos complementarios son:

- Reconocimiento facial (innecesario-necesario)
- Riesgo de criminalidad (normal-mayor de lo normal)
- Complejidad del campo visual (normal-alto)
- Niveles de luminosidad ambiental (baja-media-alta)

Para las situaciones de proyecto C, D y E en las tablas 5.7 y 5.8 existen varias alternativas de elección de la clase de alumbrado o nivel de iluminación, debiendo adoptar la que proceda en cada caso, en función de los parámetros específicos dominantes que suponen exigencias y los complementarios que implican recomendaciones (tabla 4.6).

5.3.1. Requerimientos luminotécnicos para las situaciones de proyecto C, D y E.

Clases de alumbrado serie S

TABLA 5.9.

| Iluminancia horizontal en el área de la calzada | | | |
|---|----------------------------|-------------------------------|--------------------------|
| Clase de Alumbrado | Iluminancia Media Em (lux) | Iluminancia mínima Emin (lux) | Uniformidad Media Um (%) |
| S1 | 15 | 5 | 33 |
| S2 | 10 | 3 | 30 |
| S3 | 7,5 | 1,9 | 25 |
| S4 | 5 | 1 | 20 |

* Los niveles de la tabla son valores mínimos en servicio con mantenimiento de la instalación de alumbrado. A fin de mantener dichos niveles de servicio debe considerarse un factor de depreciación no mayor de 0,8 dependiendo del tipo de luminaria y grado de contaminación del aire.

Cuando se necesite o se considere conveniente limitar el deslumbramiento molesto en las vías de tráfico rodado de baja y muy baja velocidad, carriles bici y vías peatonales, se recomienda aplicar la tabla 5.10 para las clases de índice de deslumbramiento molesto serie D: D0, D1, D2, D3, D4, D5 y D6, establecidas en orden de magnitud de menor a mayor exigencia en la restricción del deslumbramiento molesto, adoptándose en cada caso concreto la clase de índice que se estime pertinente.

Clases de índice de deslumbramiento molesto

TABLA - 5.10

| Clase | D0 | D1 | D2 | D3 | D4 | D5 | D6 |
|------------------------|----|-------|-------|-------|-------|-------|-----|
| Índice* | | | | | | | |
| Deslumbramiento Máximo | - | 7.000 | 5.500 | 4.000 | 2.000 | 1.000 | 500 |

*El índice de deslumbramiento es $D = I \cdot A \cdot 0,5$ cd/m, donde:

I = Valor máximo de la intensidad luminosa en (cd) en cualquier dirección que forme un ángulo de 85° a partir de la vertical hacia abajo.

A = Superficie aparente en (m^2) de la parte luminosa de la luminaria, sobre un plano perpendicular a la dirección de la intensidad I .

Si en la dirección de la intensidad I , fueran visibles partes de la fuente de luz, bien directamente o por reflexión, se aplicará la clase D 0.

NOTA: El área aparente A , determinada como dirección horizontal, puede ser suficientemente precisa.

Cuando se disponga de la tabla de distribución luminosa para la luminaria (matriz de intensidades), en las condiciones de funcionamiento de la misma, la intensidad I podrá ser obtenida a partir de la citada matriz de intensidades.

Determinación de las clases de alumbrado

Para ayudar a determinar la clase de alumbrado o nivel de iluminación en zonas urbanas con calles dotadas de aceras a lo largo de la calzada, espacios peatonales, carriles bici, etc., se deben considerar las característi-

cas de estas vías o situaciones de proyecto C, D y E desde diversos puntos de vista como la propia tipología de la calle, la actividad peatonal, el riesgo de delitos, etc.

En la tabla 5.11 se han establecido 6 clases de alumbrado, desde la CE1A hasta S4. Se aplica la clase de alumbrado CE1A en áreas de muy elevado prestigio, donde se precisa un alto nivel de iluminación para producir un ambiente atractivo. Se opta por la clase de alumbrado CE2 en las calles de elevado prestigio urbano que exigen un nivel de iluminación un poco inferior a la clase CE1A. Igualmente se elige la clase de alumbrado S1 en las vías de prestigio urbano.

Las tres clases restantes (S2 a S4) se adoptan de acuerdo con la utilización que realizan los peatones o ciclistas, y por la necesidad de preservar el carácter del entorno.

Cuando se estime que en determinadas zonas de este tipo de vías correspondientes a situaciones de proyecto C, D y E, existe riesgo de criminalidad superior al normal, o resulte necesaria la identificación de las personas, objetos u obstáculos, en dichas zonas la clase de alumbrado será un grado o dos superior a la clase que se hubiera escogido si no existieran dichos riesgos (por ejemplo S3 ó S2 en lugar de S4). En los casos excepcionales para estas situaciones de proyecto C, D y E se elegirá como máximo la clase de alumbrado CE1 con una iluminancia y una uniformidad media respectivamente de 30 lux y 0,4.

Las clases de alumbrado establecidas en la tabla 5.11 consideran las necesidades asociadas a toda la superficie utilizada, es decir, la superficie de la acera y de la calzada en el caso que exista.

Clases de alumbrado para diferentes. Tipos de calzadas en áreas peatonales

TABLA - 5.11

| DESCRIPCIÓN DE LA CALZADA | Clase de Alumbrado |
|---|--------------------|
| Vías de muy elevado prestigio urbano | CE1A |
| Vías de elevado prestigio urbano | CE2 |
| Calzadas de prestigio urbano | S1 |
| Utilización nocturna intensa por peatones o ciclistas | S2 |
| Utilización nocturna moderada por peatones o ciclistas | S3 |
| Utilización nocturna baja por peatones o ciclistas, únicamente asociada a las propiedades adyacentes. | S4 |

5.4. Área de referencia

Definida como parte del área pública de trabajo, bajo consideración o estudio, y deben distinguirse varios supuestos en función de los grupos de situaciones de alumbrado o tipo de vías de tráfico, que a continuación se especifican.

Grupos de situaciones de proyecto A y B

Si no hay adyacentes a la vía de tráfico rodado carriles de emergencia, carriles bici o vías peatonales (aceras), el área de referencia será la constituida por la totalidad de la anchura de la calzada de la vía de tráfico rodado, entre los bordes externos de la misma. En el caso de vías de tráfico de doble calzada, el área de referencia estará formada por la anchura total de ambas calzadas incluida la mediana, a menos que la anchura de la misma sea tal que cada calzada pueda ser considerada separadamente. La anchura de las bandas adyacentes para la relación entorno SR, será igual como mínimo a la anchura de un carril de tráfico, recomendándose a ser posible 5 m. de anchura. Se exigirá como requerimiento específico la aplicación de dicha relación entorno a las bandas adyacentes a la calzada, de acuerdo con las clases de alumbrado serie ME (Tabla 5.3), serie MEW (Tabla 5.4) o series CE (Tabla 5.5).

Si hay adyacentes a la vía de tráfico rodado carriles de emergencia, vías peatonales (aceras) o carriles bici, existen dos alternativas:

1. Considerar el área total.

El área de referencia estará constituida por la anchura de la calzada de la vía de tráfico rodado, incluyendo los carriles de emergencia, vías peatonales (aceras) o carriles bici, entre los bordes externos de los mismos.

2. Considerar separadamente la calzada y los carriles de emergencia, vías peatonales (aceras) o carriles bici.

El área de referencia de la vía de tráfico rodado será únicamente la anchura de la calzada.

El área de referencia del carril de emergencia será solamente la anchura del mismo. Para las vías peatonales (aceras) o carriles bici, el área de referencia, aparte de la anchura de dichas vías o carriles, deberá incluir 2 metros de banda a cada lado.

Cuando las vías peatonales o aceras y los carriles bici sean adyacentes, la anchura total de ambos se considerará como un área de referencia.

Grupos de situaciones de proyecto C y E

El área de referencia será la anchura total de la vía peatonal, acera o carril bici.

Para vías peatonales, aceras o carriles bici, el área de referencia, aparte de la anchura de dichas vías o carriles, deberá incluir 2 metros de banda a cada lado.

Cuando las vías peatonales o aceras y los carriles bici sean adyacentes, la anchura total de ambos deberá tenerse en cuenta como un área de referencia.

Grupo de situaciones de proyecto D

Será aplicable lo establecido para las situaciones de alumbrado A, B, C y E.

Todos los grupos de situaciones de proyecto

Para todas las situaciones de alumbrado o tipos de vías de tráfico, los niveles luminosos deben especificarse para cada área de referencia, y no deberá existir entre dos áreas adyacentes una diferencia mayor a dos clases de alumbrado comparables o de similar nivel de iluminación, tal y como se establece en la tabla 5.12.

5.4.1. Clases de alumbrado de similar nivel de iluminación

Especificados los valores luminotécnicos correspondientes a las clases de alumbrado serie ME (tabla 5.3), serie MEW (tabla 5.4), serie CE (tabla 5.5) y serie S (tabla 5.9), las clases de alumbrado de similar nivel de iluminación son las que figuran en la tabla 5.12.

CLASES DE ALUMBRADO DE SIMILAR NIVEL DE ILUMINACIÓN

TABLA - 5.12

| Comparable por columnas | | | | | | |
|-------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-----------------|
| | ME ₁ | ME ₂ | ME ₃ | ME ₄ | ME ₅ | ME ₆ |
| | MEW ₁ | MEW ₂ | MEW ₃ | MEW ₄ | MEW ₅ | |
| CE ₀ | CE ₁ | CE ₂ | CE ₃ | CE ₄ | CE ₅ | |
| | | | S ₁ | S ₂ | S ₃ | S ₄ |

5.5. Variaciones temporales de la clase de alumbrado

Al objeto de ahorrar energía y reducir la contaminación luminosa o resplandor luminoso nocturno, en todas las situaciones de proyecto A, B, C, D y E, siempre que quede garantizada la seguridad de los usuarios de las vías de tráfico, podrá variarse temporalmente la clase de alumbrado a otra inferior a ciertas horas de la noche en las que disminuya sustancialmente la intensidad de tráfico, llevándolo a cabo mediante el correspondiente sistema de regulación del nivel luminoso. En tramos singulares no se deberán realizar variaciones temporales de la clase de alumbrado.

Cuando se reduzca el nivel de iluminación, es decir, se varíe la clase de alumbrado a una hora determinada (apagado de media noche), los cambios serán tales que, si la luminancia media se reduce a una clase inferior por ejemplo, pasar de M₂ a M₃, deberán cumplirse los criterios de uniformidad de luminancia y deslumbramiento establecidos en la tabla 5.3. Respecto a la uniformidad longitudinal de luminancia, dentro de la misma clase de alumbrado, siempre que sea posible se elegirá el valor más elevado.

5.6. Alumbrado urbano

El medio urbano se define como un lugar de intercambios y de información. Es un espacio complejo que sirve de soporte para las diversas actividades necesarias en la vida de una ciudad.

En el alumbrado urbano se tendrán en cuenta los criterios del alumbrado de las vías de tráfico rodado y de las vías peatonales, pensando en ambas tipologías simultáneamente. Así cada espacio de la ciudad con vocaciones diferentes: comerciales, viviendas, hoteles, escolares, de ocio, etc., deberá dotársele de un ambiente apropiado a su carácter.

Por otra parte se considerarán los siguientes principios:

- Criterios de vecindad entre vías de diferente naturaleza (callejuelas, calles, avenidas, bulevares), con plazas, caminos peatonales y su mobiliario urbano, señalización, letreros luminosos, etc.
- Elementos de relación: las vías no son de uso exclusivo de los vehículos.
- Factores urbanísticos, de forma que en una ciudad las calzadas no constituyen el único elemento a tener en cuenta, existen otros espacios y elementos arquitectónicos a considerar.

A la hora de concebir una instalación de alumbrado de un espacio urbano se contemplarán las siguientes consideraciones:

1. Integrar el Espacio a Iluminar en su Entorno
Será fundamental concebir y tratar el espacio urbano (vías de tráfico rodado, caminos peatonales, espacios libres, plazas, etc.) como un conjunto coherente indisoluble, situando los lugares a estudiar en dicho conjunto. Resultará deseable conocer el ambiente luminoso de los espacios colindantes antes de empezar el proyecto.
Según la naturaleza y el carácter del lugar tratado, el alumbrado podrá ser el mismo o diametralmente opuesto al de las zonas de los alrededores.
En este último caso, se estudiará cuidadosamente la transición luminosa de una zona a otra, con el fin de poder compaginar sin riesgos los dos espacios.
2. Identificar los usos y el tipo de usuarios
Deberán conocerse los usos de la zona donde se va a implantar la instalación de alumbrado urbano (comercial, administrativo, vivienda, ocio, etc.).
Se comprobará el tipo de usuarios que frecuenta el lugar (peatones, niños, bicicletas, automóviles, etc.).
Será indispensable plantearse estas cuestiones fundamentales en este nivel de reflexión.

3. Analizar lo existente

Esta etapa comprenderá:

- El análisis del lugar y del comportamiento de los usuarios
- El análisis de las insatisfacciones.
- El análisis, en su caso, de la instalación existente.

Todo ello al objeto de conocer las posibilidades que ofrece y los eventuales funcionamientos defectuosos. Se tendrá en cuenta las iluminaciones de carácter privado, tales como escaparates, anuncios, etc. A mayor abundamiento, los análisis reseñados deberán completarse con el censo de accidentes e incidentes que hayan sucedido en el lugar.

El resultado de los diferentes análisis, permitirá conocer un diagnóstico fiable de la situación existente.

4. Introducir los parámetros de calidad luminotécnica
Transcurridas las etapas de información y análisis, procederá introducir los criterios de calidad luminotécnica fijando los parámetros que procedan, tales como la luminancia, uniformidades, deslumbramiento, relación entorno, e iluminancia horizontal, así como el guiado visual.

5. Encajar los Condicionantes

La siguiente fase consistirá en encajar los condicionantes de eficiencia energética, económicos, tecnológicos, eléctricos y de mantenimiento de la propia instalación, así como los estéticos y posibles perjuicios a las instalaciones de los alrededores.

Como aplicación del alumbrado urbano a continuación se van a considerar los casos especiales de las pasarelas y pasos subterráneos peatonales, así como los aparcamientos al aire libre y las entradas en las ciudades.

5.6.1. Pasarelas peatonales

Cualquiera que sea el emplazamiento y el ambiente del entorno de la pasarela peatonal, su instalación de alumbrado deberá integrarse armoniosamente en el conjunto.

La clase de alumbrado o nivel luminoso será CE1 y, en caso de riesgo de criminalidad, podrá adoptarse la clase CEo. Estos mismos niveles se aplicarán a las escaleras y rampas de acceso, en el supuesto de que las precise la pasarela, implantando adecuadamente los puntos de luz, de forma que exista una diferencia de luminancia entre la huella y la contrahuella que asegure una buena percepción de los peldaños.

Cuando la pasarela peatonal atraviese una vía con poca iluminación o sin iluminar, su alumbrado no deberá ser molesto para los usuarios de dicha vía, lo que obligará a la utilización de luminarias con un flujo luminoso convenientemente dirigido.

Cuando la pasarela peatonal cruce vías férreas, su alumbrado deberá responder a las condiciones de visibilidad impuestas por este condicionante.

5.6.2. Pasos subterráneos peatonales

Requieren una correcta iluminación debido a las potenciales necesidades de seguridad, dado que este tipo de pasos subterráneos son espacios cerrados donde huir de una persona hostil, puede ser complicado.

La clase de alumbrado o nivel luminoso nocturno será CEo, pudiendo elevarse a 100 lux con una uniformidad media de 0,5, en el caso de que se estime un riesgo de criminalidad alto.

Asimismo, en el supuesto de que la longitud del paso subterráneo peatonal así lo exija, deberá preverse un alumbrado diurno con un nivel luminoso de 200 lux y una uniformidad media de 0,5.

5.6.3. Aparcamientos al aire libre

Los aparcamientos al aire libre, por razones de seguridad, deben iluminarse de una forma satisfactoria, de manera que constituyan lugares que animen a ser utilizados por los usuarios, y no zonas oscuras a las que exista cierto miedo de entrar.

En consecuencia, el alumbrado será suficiente para que el usuario se sitúe y oriente. Dado que requieren unos niveles de iluminación propios de una tarea visual de tipo medio, no se precisará que dichos niveles sean muy elevados, siendo asimismo el criterio de uniformidad uno de los menos exigentes en este tipo de instalaciones.

La clase de alumbrado será S1, pudiéndose llegar a la clase CE1 cuando la situación del aparcamiento y las propias condiciones del mismo así lo requieran.

En este tipo de instalaciones, tanto el control del deslumbramiento, como la limitación de la contaminación luminosa, deberá ser rigurosa.

5.6.4. Las entradas de las ciudades

En las entradas de las ciudades, el alumbrado público debe ser objeto de un tratamiento especial, ya que además de su propio carácter funcional, debe responder a necesidades relativas a:

- Un efecto de señalización o guiado visual de la entrada de la ciudad.
- Una buena percepción por el conductor desde la entrada de la ciudad- del tipo y características de la vía de tráfico que va a enfilarse, al objeto de poder adaptar su comportamiento a las características de esta vía y del medio que se atraviesa.

- Una revalorización de los conjuntos que participan de la vida de la ciudad, tales como motivos arquitectónicos, obras de arte, lugares históricos, mobiliario de información y señalización, etc.

Mediante soluciones concretas para cada entrada de la ciudad, se alcanzarán en su totalidad o en parte los objetivos señalados. No obstante, de un modo general puede considerarse el alumbrado de las entradas de las ciudades de la forma siguiente:

- Instalar un alumbrado público de base que, en todos los casos, debe permitir alcanzar en la calzada las clases de alumbrado o niveles luminosos recomendados.
- Implantar un alumbrado adicional para la iluminación de los alrededores, mediante una instalación adecuada.
- Prever una iluminación complementaria de los elementos de señalización (paneles, mobiliario urbano, etc.)
- Instalar alumbrado ornamental en los edificios y monumentos emblemáticos.

5.7. Alumbrados específicos

Expuesta la metodología a seguir para la selección de la clase de alumbrado y sus pertinentes niveles de iluminación para las distintas situaciones de proyecto, a continuación se desarrollan los denominados alumbrados específicos: adicional de pasos de peatones, con soportes de gran altura, de parques y jardines, de seguridad y de pasos a nivel de ferrocarril.

5.7.1. Alumbrado adicional de pasos de peatones

Cuando un peatón se dispone a atravesar una calle, todavía se encuentra en la acera, habiéndose comprobado que el automovilista que se apercibe de un paso de peatones, mira a la derecha para ver si alguien se dispone a pasar. La visibilidad del peatón en esta porción de espacio es pues primordial. Precisamente esta información sobre la presencia del peatón, es la que permite al conductor del vehículo anticiparse, si es necesario, efectuando una maniobra.

En general, se recomienda la implantación de sistemas adicionales de alumbrado en pasos de peatones, siendo prioritaria su instalación en aquellos pasos no semaforizados. Dichos sistemas tienen por objeto iluminar directamente al peatón sobre el cruce, de forma que se consiga un elevado contraste entre el peatón y el fondo sobre el que destaca, llamando la atención de los conductores de los vehículos de la presencia del peatón sin causar, por otra parte, deslumbramiento a los mencionados conductores mediante la utilización de luminarias con fotometría "cut-off" adecuada.

En el alumbrado adicional de los pasos de peatones se recomienda una iluminancia mínima en el plano vertical de 40 lux, y una limitación en el deslumbramiento o en el control de la contaminación luminosa G2 en la dirección de circulación de vehículos y G3 en la dirección opuesta, correspondientes a las clases de intensidad serie G de la tabla 5.6.

En calzadas de circulación en un único sentido, la solución consistirá en instalar una luminaria en un lado, si la calzada es estrecha, o dos luminarias una a cada lado si la calzada es ancha, muy cerca del paso de peatones, pero antes del mismo en la dirección de aproximación del tráfico de vehículos, iluminando directamente el lateral del peatón que se sitúa frente a los conductores de los vehículos que se acercan, tal y como se indica en la figura 5.2. No obstante, cuando la fotometría de las luminarias sea adecuada, podrán instalarse en el propio paso de peatones, siempre que la circulación de los mismos en función de su seguridad no resulte dificultada por el soporte (columna o báculo).

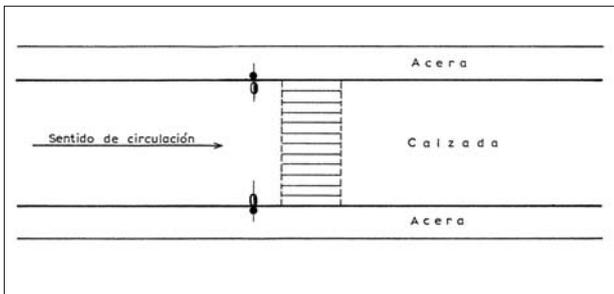


Fig. 5.2.- Situación del alumbrado adicional en un paso de peatones de una calzada con circulación en un sentido

Cuando se trate de una vía de tráfico rodado de doble sentido de circulación, se instalarán dos luminarias, una a cada lado de la calzada y ambas muy próximas al paso de peatones, pero antes del mismo en cada una de las dos direcciones de aproximación del tráfico motorizado, de conformidad con la figura 5.3.

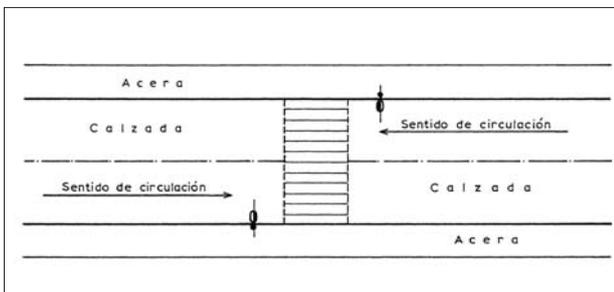


Fig. 5.3.- Situación del alumbrado adicional en un paso de peatones de una calzada con circulación en doble sentido.

Por último, en la figura 5.4 se ha representado la implantación del alumbrado adicional en un paso de peatones muy ancho, con circulación en doble sentido e isleta en el centro.

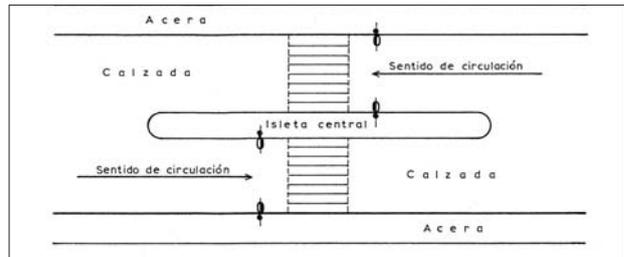


Fig. 5.4.- Situación del alumbrado adicional en un paso de peatones de una calzada con circulación en doble sentido e isleta en el centro.

5.7.2. Alumbrado con soportes de gran altura

Recibe tal denominación el alumbrado ejecutado con puntos de luz cuya altura de montaje es superior a 16 metros, y cuyo mantenimiento no puede ser realizado mediante vehículo dotado de cesta hidráulica.

Este sistema se utiliza cada vez que el empleo de soluciones convencionales de alumbrado no resulta satisfactorio, debido a la multiplicidad de soportes y a la dificultad de su implantación en los correspondientes emplazamientos.

El alumbrado mediante soportes de gran altura se relaciona con la iluminación de grandes superficies, y encuentra su aplicación, entre otros, en los casos siguientes:

- Nudos (enlaces e intersecciones) complejos de autopistas, autovías y carreteras
- Glorietas y rotondas
- Vías de tráfico rodado de gran anchura
- Peajes de autopistas
- Áreas de estacionamiento público de grandes dimensiones
- Zonas espaciosas de amplias superficies
- Grandes superficies industriales
- Playas de vías de ferrocarriles
- Plataformas de aeropuertos
- Muelles portuarios y zonas de contenedores
- Otros

La realización de la instalación de alumbrado mediante soportes de gran altura, es una solución racional cuando la implantación de los báculos o columnas clásicos origina problemas en el entorno tales como:

- Pérdida de perspectiva y separaciones de nivelación entre soportes (cruces de vías de tráfico rodado a distintos niveles).
- Problemas de dimensionamiento (grandes espacios), de estética y de confusión del guiado visual (multiplicidad de soportes).

En este tipo de alumbrado las alturas más frecuentes de implantación son los soportes de 30 y 35 metros, aun cuando en situaciones concretas de cruces complejos puedan superarse los 40 m. El número de fuentes luminosas se reducirá en lo posible, mediante la utilización de lámparas de descarga de potencia y eficacia luminosa elevada. Podrán instalarse luminarias con óptica convencional, orientable o específica, así como proyectores, adoptándose en cada caso las soluciones que se estimen convenientes para lograr los fines previstos.

Para efectuar las operaciones de mantenimiento, la accesibilidad a los aparatos, equipos y lámparas, podrá efectuarse mediante escalas fijas instaladas en los soportes, hasta una altura de 20 metros. Para columnas de alturas mayores, será adecuada la instalación del sistema de corona móvil.

ALUMBRADO CON SOPORTES DE GRAN ALTURA CLASES DE ALUMBRADO

TABLA - 5.13

| DESCRIPCIÓN DE LA VÍA DE TRÁFICO | CLASE DE ALUMBRADO |
|--|--------------------|
| Cruces muy complejos con intensidad de tráfico elevado y alta complejidad del trazado y del campo visual | CE 0 |
| Cruces complejos | CE 0 |
| Rotondas y glorietas | CE 1 |
| Vías de tráfico rodado de gran anchura | CE 1 |
| Áreas de estacionamiento | CE 1 |
| Zonas de peaje | CE 1A |

Nota 1: En situaciones de alumbrado correspondientes a cruces muy complejos con intensidad de tráfico elevado y alta complejidad del trazado y del campo visual, en algunos casos especiales la uniformidad media de iluminancia será 0,5.

Nota 2: En grandes superficies industriales, el nivel de iluminancia media horizontal dependerá del trabajo o tarea a desarrollar, pudiéndose alcanzar valores de hasta 100 lux e incluso 200 lux y una uniformidad del 50%, en zonas de trabajo de detalle.

Al objeto de paliar el deslumbramiento, cuyo control en este tipo de alumbrado debe ser riguroso, el ángulo de inclinación, en el emplazamiento, de la intensidad máxima de los proyectores será 65, limitando en todo lo posible los valores de intensidad por encima de este ángulo. Todo ello sin perjuicio de la instalación, en su caso, de rejillas, paralúmenes u otros dispositivos anti-deslumbrantes. Asimismo, habrán de adoptarse las medidas pertinentes para reducir la contaminación luminosa o resplandor luminoso nocturno que este tipo de alumbrado ocasiona.

5.7.3. Alumbrado de parques y jardines

Tiene por objeto proporcionar durante la noche niveles de iluminación adecuados a cada zona del parque o jardín, permitiendo durante el día su armonización con la estética del mismo e incluso a contribuir en lo posible a realizarlo. Las zonas a contemplar serán los accesos al parque o jardín, sus paseos y andadores, áreas de estancia, escaleras, glorietas, taludes, etc. y se tendrán en cuenta fundamentalmente los criterios y niveles de iluminación del alumbrado de las vías peatonales.

La elección de las fuentes de luz tiene un papel primordial en este tipo de alumbrado a la hora de lograr un idóneo contraste de ambientes, de forma que se seleccionen aquellas lámparas cuya respuesta y reproduc-

ción de colores sea lo más parecida al entorno que sedesea iluminar, considerando también que su explotación resulte lo más económica posible, pero sin que éste sea el criterio decisorio de elección.

El alumbrado de los parques y jardines se proyectará de manera que se obtengan efectos decorativos o se resalten detalles arquitectónicos, conjugando luces y sombras pero previendo unos niveles de iluminación, tales como los establecidos para el alumbrado peatonal, que resulten suficientes en los andadores y diferentes zonas del parque o jardín y que, en todo caso, garanticen la seguridad de los usuarios.

5.7.4. Alumbrado de seguridad

En zonas residenciales suburbanas, fundamentalmente en viviendas unifamiliares situadas en urbanizaciones alejadas del centro de las ciudades, así como en polígonos industriales, con independencia del alumbrado viario debe acometerse la iluminación de los edificios y de sus inmediaciones, ya que una propiedad sin alumbrado o poco iluminada es casi una invitación al delito. Esta iluminación, instalada principalmente en edificios de viviendas o domésticos, se denomina alumbrado de seguridad y su objetivo es disuasorio.

A este respecto, tanto los expertos en la prevención de la delincuencia, como la policía y las compañías de seguros están de acuerdo en afirmar que el alumbrado es un arma eficaz para prevenir la delincuencia, al tiempo que aumenta la sensación de seguridad y, por tanto, la tranquilidad de los ocupantes.

ALUMBRADO DE SEGURIDAD NIVELES DE ILUMINANCIA MEDIA

TABLA - 5.14

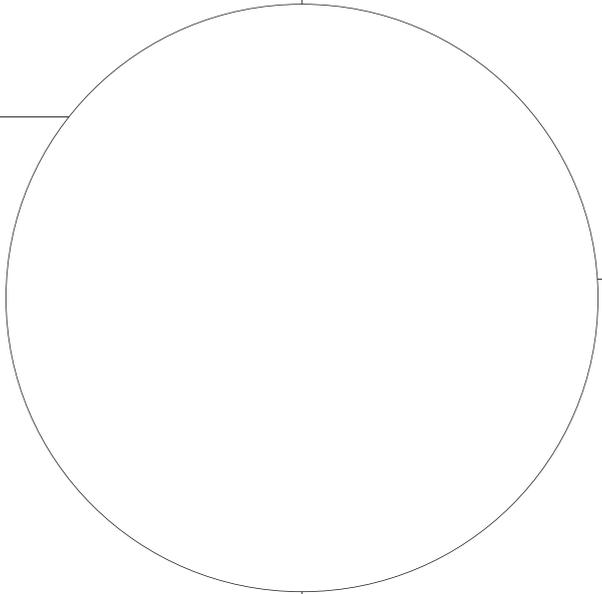
| Reflectancia Fachada Edificio | Iluminancia Media Em (lux)** | |
|-------------------------------|------------------------------|----------------|
| | Fachada | Inmediaciones* |
| Muy clara ρ = 0,60 | 1 | 1 |
| Normal ρ = 0,30 | 2 | 2 |
| Oscura ρ = 0,15 | 4 | 2 |
| Muy oscura ρ = 0,075 | 8 | 4 |

* Iluminancia horizontal

** Los niveles de la tabla son valores mínimos en servicio con mantenimiento de la instalación de alumbrado. A fin de mantener dichos niveles de servicio, debe considerarse un factor de depreciación no mayor de 0,8 dependiendo del tipo de luminaria y grado de contaminación del aire.

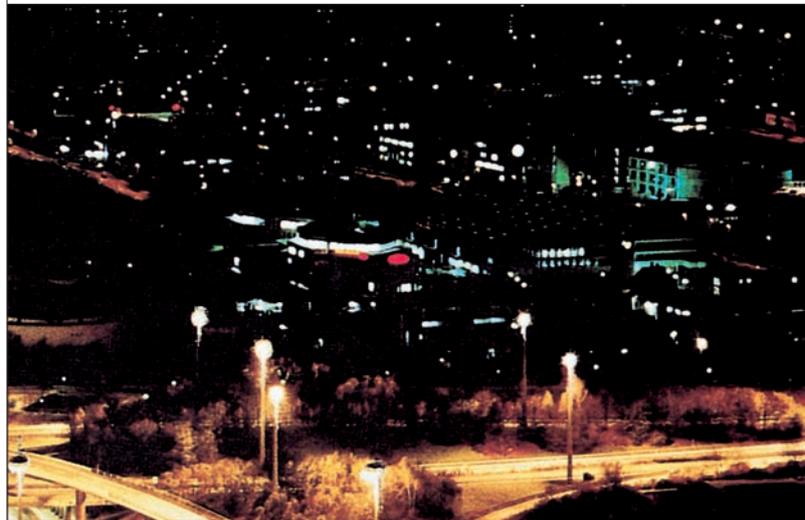
Nota: La uniformidad media de iluminancia recomendable para este tipo de alumbrado de seguridad será de 0,3.

En la tabla 5.14 se establecen los niveles de iluminancia media en fachada del edificio y en las inmediaciones del mismo, en función de la reflectancia o coeficiente de reflexión de dicha fachada. Se trata de valores mínimos en servicio con mantenimiento de la instalación de alumbrado.



6

Limitación del resplandor luminoso nocturno





6. Limitación del resplandor luminoso nocturno

6.1. Introducción

El resplandor luminoso nocturno en el cielo o contaminación luminosa, producido por la difusión y reflexión de la luz artificial en los gases y partículas en suspensión de la atmósfera, constituye un inconveniente para la observación astronómica.

Debe distinguirse el brillo natural, atribuible a la radiación de las fuentes u objetos celestes y a la luminiscencia de las capas altas de la atmósfera, del resplandor luminoso debido a las fuentes de luz artificial instaladas en las zonas exteriores. En este último caso, tienen que considerarse las emisiones directas hacia arriba de diversas fuentes de luz artificial, así como la radiación reflejada por las superficies iluminadas por dichas fuentes de luz.

El resplandor luminoso nocturno o contaminación luminosa, da lugar a que se incremente el brillo del fondo natural del cielo, dificultando las observaciones astronómicas de los objetos celestes.

La limitación del resplandor luminoso nocturno significa reducción de la emisión de luz hacia arriba, que no resulta útil en el alumbrado viario, lo que implica mayor eficiencia energética en la instalación.

La visibilidad de un objeto situado sobre un fondo, depende de la diferencia de luminancias entre el objeto y el fondo. Un objeto claro sobre fondo oscuro, su contraste será positivo (valores entre 0 e infinito), en cam-

bio un objeto más oscuro que su fondo se verá en silueta y su contraste será negativo, variando entre 0 y -1.

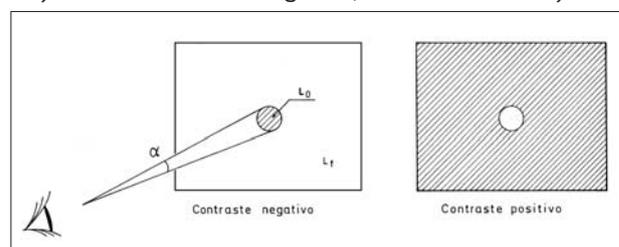


Fig. 6.1.- Visión de contraste de un objeto

Por definición, el contraste se expresa de la siguiente forma:

$$C = \frac{L_o - L_f}{L_f}$$

Siendo: L_o = Luminancia del objeto
 L_f = Luminancia de fondo

El contraste C puede ser positivo o negativo:

Si $L_o > L_f$ $C > 0$ contraste positivo (objeto más claro que el fondo)

Si $L_o < L_f$ $C < 0$ contraste negativo (objeto más oscuro que el fondo)

El contraste puede adquirir los siguientes valores:

Contraste Positivo (Objeto claro) $0 < C < \infty$

Contraste Negativo (Objeto oscuro) .. $-1 < C < 0$

El resplandor luminoso nocturno en el cielo produce un velo en el campo de observación que tiene su propia luminancia L_v , que se añade a la luminancia del objeto y del fondo, de forma que el nuevo contraste C' es el siguiente:

$$C' = \frac{(L_o + L_v) - (L_f + L_v)}{L_f + L_v}$$

$$C' = \frac{L_o - L_f}{L_f + L_v}$$

Siempre se verifica que $C' < C$, dado que el numerador es el mismo y el denominador es siempre mayor.

Cuando la luminancia de velo L_v aumenta, el objeto observado puede desaparecer del campo visual, particularmente en el caso de observaciones astronómicas cuando se trata de una estrella u objeto celeste con una luminancia L_o muy débil.

6.2. Sistema de zonificación

Las supuestas contradicciones entre las exigencias fotométricas relativas a la actividad humana nocturna, seguridad en la circulación de vehículos y peatones, calidad de vida, integridad del entorno, propiedades, bienes, etc. y el resplandor luminoso nocturno en el cielo, que dificulta las observaciones astronómicas de los objetos celestes, deben abordarse para adoptar las soluciones factibles.

En materia de medio ambiente, cuando una actividad potencialmente contaminante no puede ser totalmente controlada, la idea básica que se utiliza consiste en evitar que las consecuencias ambientales, debidas a esta presunta contaminación perjudiquen igualmente en todas las localizaciones o situaciones. Por tanto, el sistema de zonificación debe servir de marco de referencia para regular y resolver los posibles conflictos, que pudieran derivarse de la hipotética dicotomía iluminación - observación astronómica.

Para limitar las posibles interferencias producidas por el resplandor luminoso nocturno en el cielo a los observatorios astronómicos denominados “punto de referencia”, la introducción del sistema de zonificación responde a dos propósitos. Por una parte, permite establecer los requisitos de iluminación en una zona donde se encuentra el “punto de referencia”. Por otro

lado, posibilita fijar las exigencias de iluminación en otras zonas, adyacentes o no, a la zona particular donde está ubicado el “punto de referencia”.

DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE ZONIFICACIÓN

TABLA - 6.1

| CLASIFICACIÓN DE ZONAS | DESCRIPCIÓN |
|------------------------|---|
| E 1 | ÁREAS CON ENTORNOS OSCUROS: Observatorios astronómicos de categoría internacional. |
| E 2 | ÁREAS DE BAJO BRILLO: Áreas rurales |
| E 3 | ÁREAS DE BRILLO MEDIO: Áreas urbanas residenciales |
| E 4 | ÁREAS DE BRILLO ALTO: Centros urbanos con elevada actividad nocturna. |

Los parques nacionales y áreas de especial belleza natural tendrán el mismo tratamiento que la zona E 1, en lo que respecta a las limitaciones del flujo hemisférico superior instaladas establecidas en la tabla 6.2, no siendo de aplicación el régimen de distancias al resto de zonas recogido en la tabla 6.4.

6.3. Criterios de elección de lámparas

Se recomienda la utilización de lámparas del tipo de descarga. En vías de tráfico rodado y zonas urbanas se utilizarán preferentemente lámparas de vapor de sodio a alta presión (v.s.a.p.), debido a su elevada eficacia luminosa (lm/W) y mejor rendimiento de color que las lámparas de vapor de sodio a baja presión (v.s.b.p.), cuyo uso podría ser también recomendable en carreteras a cielo abierto, zonas rurales y áreas que requieran alumbrado de seguridad. Asimismo, en zonas ajardinadas, cascos históricos, etc. podrían emplearse lámparas de vapor de mercurio a alta presión, halogenuros metálicos, etc.

En la zona E 1 donde se encuentra el “punto de referencia” (observatorios astronómicos de categoría internacional), se recomienda instalar lámparas de vapor de sodio de alta y baja presión, implantando con preferencia estas últimas.

6.4. Limitaciones del flujo hemisférico superior

Se define el flujo hemisférico superior instalado FHS_{inst} emitido por una luminaria como el dirigido por encima del plano horizontal. Dicho plano corresponde al ángulo $\gamma = 90^\circ$ en el sistema de representación (C, γ) . El flujo hemisférico se expresa en tanto por ciento del flujo total emitido por la luminaria.

En la tabla 6.2 se establecen los límites o valores máximos del flujo hemisférico superior instalado FHS_{inst} , para cada una de las zonas.

VALORES LÍMITE DEL FLUJO HEMISFÉRICO SUPERIOR INSTALADO

TABLA - 6.2

| CLASIFICACIÓN DE ZONAS | FLUJO HEMISFÉRICO SUPERIOR INSTALADO FHS_{inst} (%) |
|------------------------|---|
| E 1 | 0 |
| E 2 | 0 - 5 |
| E 3 | 0 - 15 |
| E 4 | 0 - 25 |

A modo de ejemplo en la tabla 6.3 se hace constar el tipo de observaciones astronómicas realizables en cada zona.

ACTIVIDADES ASTRONÓMICAS REALIZABLES EN CADA ZONA

TABLA - 6.3

| CLASIFICACIÓN DE ZONAS | ACTIVIDADES ASTRONÓMICAS |
|------------------------|---|
| E 1 | Observatorios de categoría internacional |
| E 2 | Observatorios de estudios académicos y postgrados |
| E 3 | Observatorios amateurs |
| E 4 | Observaciones esporádicas |

No obstante, en el caso de iluminación de autopistas y autovías, vías urbanas importantes, rondas de circunvalación, etc. se recomienda instalar luminarias con un flujo hemisférico superior instalado $FHS_{inst} \leq 3\%$. En el resto de vías de tráfico rodado se aconseja un $FHS_{inst} \leq 5\%$.

En el caso de alumbrados peatonales, así como artísticos con faroles, aparatos históricos, etc., se sugiere un flujo hemisférico superior instalado $FHS_{inst} \leq 25\%$.

Cuando se agote la vida de las instalaciones de alumbrado, o por cualquier causa se proceda a su renovación, se recomienda implantar luminarias con las limitaciones de flujo hemisférico superior señaladas en este apartado.

Se aconseja el establecimiento de programas de sustitución de luminarias existentes cuyo flujo hemisférico superior instalado sea mayor del 25% ($FHS_{inst} \geq 25\%$), por luminarias que cumplan los valores recomendados en este epígrafe.

6.4.1. Otras características de las luminarias

Considerando que el rendimiento de una luminaria es la relación entre el flujo emitido por la luminaria y el flujo producido por la lámpara, en el caso de instalaciones de alumbrado de vías de tráfico rodado, se propone implantar preferentemente luminarias con rendimientos iguales o superiores al 70% (lámpara tubular clara) ó al 60% lámpara ovoide opal de vapor de sodio a alta presión (v.s.a.p.).

En el caso de proyectores, el rendimiento será igual o superior al 60 y 55% para lámpara tubular y ovoide respectivamente de v.s.a.p. y vapor de mercurio, mientras que dicho rendimiento será igual o superior al 55% para lámpara de vapor de sodio a baja presión (v.s.b.p.).

Asimismo, se sugiere que las luminarias a emplear en alumbrados peatonales, los faroles artísticos, aparatos históricos, etc. estén provistos de bloque óptico, de forma que al tiempo que se controla la emisión de luz en el hemisferio superior, se aumente el factor de utilización en el hemisferio inferior.

En el caso de proyectores, además de cuidar con esmero su apuntamiento, se preverá la instalación de rejillas, paralúmenes y otros dispositivos que controlen la dirección del flujo luminoso emitido, reduciendo el deslumbramiento y la contaminación luminosa.

En todos los supuestos, la distribución fotométrica de las luminarias y proyectores se considera deberá ser la adecuada para obtener la máxima eficiencia energética de la instalación.

6.5. Distancias entre zonas y el punto de referencia

El resplandor luminoso nocturno en el cielo o contaminación luminosa de una zona específica, por ejemplo, la zona particular donde se encuentra el "punto de referencia" (observatorios astronómicos de categoría internacional), es debido a las dimensiones de esa zona y su propia iluminación, así como a la iluminación de las zonas vecinas o colindantes. Por tanto, también debe considerarse la iluminación de las zonas de alrededor de la que contiene el "punto de referencia".

La influencia de la iluminación de estas zonas vecinas o colindantes, sobre el total de la contaminación lumínica en el "punto de referencia", depende de las distancias entre las fronteras de las zonas y el "punto de referencia".

En la tabla 6.4 se establecen las distancias en km recomendadas entre los límites de cada zona (E 1, E2, E 3 Y E 4) y el "punto de referencia".

Para la correcta utilización de la tabla 6.4, en primer lugar debe seleccionarse la zona donde se encuentra situado el "punto de referencia" y a continuación, en la tabla 6.4, se obtiene la distancia mínima en km donde comienza la zona siguiente, y así sucesivamente para el resto de zonas colindantes.

Los valores consignados en la tabla 6.4 se han deducido de la experiencia práctica, aun cuando el número de casos estudiados ha sido limitado.

DISTANCIAS MÍNIMAS EN KM ENTRE LOS LÍMITES DE CADA ZONA

TABLA - 6.4

| ZONA DEL PUNTO DE REFERENCIA | DISTANCIAS ENTRE LOS LÍMITES DE LAS ZONAS | | |
|------------------------------|---|-----------|-----------|
| | E 1 - E 2 | E 2 - E 3 | E 3 - E 4 |
| E 1 | 1 | 10 | 100 |
| E 2 | | 1 | 10 |
| E 3 | | | 1 |
| E 4 | SIN LÍMITES | | |

6.6. Características fotométricas de los pavimentos

Siempre que las características constructivas, composición y sistema de ejecución resulten idóneas respecto a la textura, resistencia al deslizamiento, lisura, drenaje de la superficie, etc., en las calzadas de las vías de tráfico se recomienda utilizar pavimentos cuyas características y propiedades reflexivas resulten adecuadas para las instalaciones de alumbrado público, al objeto de lograr la máxima luminancia y uniformidad a igualdad de iluminancia consiguiéndose, por tanto, una mayor separación entre puntos de luz.

La luminosidad del pavimento de una calzada está estrechamente relacionada con las propiedades fotométricas del mismo y, en concreto, con el coeficiente de luminancia medio Q_0 del pavimento, de forma que cuanto más elevado es dicho coeficiente, a idéntica iluminancia, mayor es la luminancia de la calzada y menor resulta, el deslumbramiento perturbador TI. El factor especular S_1 determina en que medida las características del pavimento, respecto a la reflexión de la luz incidente, se separan de las de una superficie que asegure una reflexión difusa perfecta de forma que, a igualdad de iluminancia, cuanto más bajo es el factor especular S_1 mayores son las uniformidades de luminancia.

De todo lo anterior se deduce que, siempre que sea factible, en las calzadas de las vías de tráfico se aconseja utilizar pavimentos con un coeficiente de luminancia medio o grado de luminosidad Q_0 lo más elevado posible, y cuyo factor especular S_1 sea bajo.

Las características fotométricas de los pavimentos cumplirán lo dispuesto en el capítulo 4 de las "Recomendaciones para la Iluminación de Carreteras y Túneles" del Ministerio de Fomento de 1999.

6.7. Variaciones temporales de los niveles de iluminación

En las vías de tráfico, zonas peatonales, carriles bici, etc., podrán reducirse los niveles luminosos a ciertas horas de la noche, siempre que quede garantizada la seguridad de los usuarios.

En puntos concretos con elevados porcentajes de accidentalidad nocturna, zonas peatonales con considerable riesgo de criminalidad, etc., se recomienda por razones de seguridad no llevar a cabo variaciones temporales de los niveles de iluminación.

En ningún caso la reducción descenderá por debajo del nivel de iluminación aconsejable para la seguridad de tráfico y para el movimiento peatonal.

La reducción de los niveles luminosos mediante apagado de puntos de luz no es recomendable, y en el supuesto de utilizar dicho procedimiento, deben mantenerse las uniformidades mínimas establecidas en las tablas del capítulo 5 de la presente Guía Técnica.

La reducción con sistemas de regulación, se estima es el procedimiento más adecuado ya que evita zonas de sombra y muros de luz que dificultan la visión manteniendo las uniformidades.

6.8. Posibles soluciones para reducir el resplandor luminoso nocturno

Las posibles soluciones que permiten reducir el resplandor luminoso nocturno son, entre otras, las siguientes:

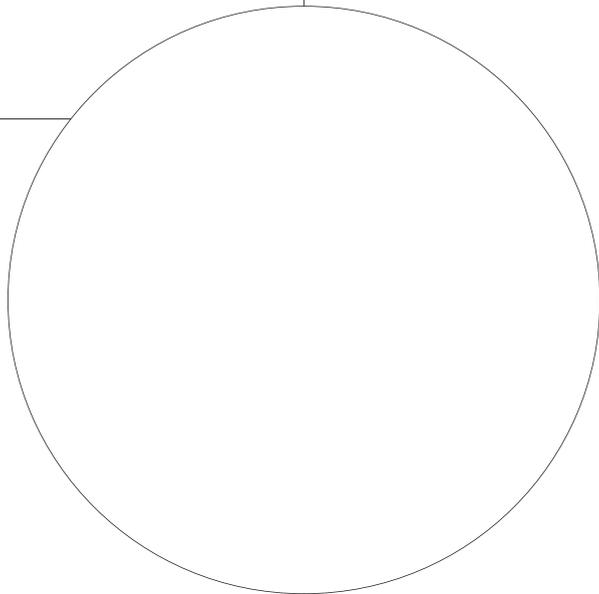
- Apagar las iluminaciones publicitarias y ornamentales a partir de una hora determinada.
- Dirigir la luz en sentido descendente y no ascendente, sobre todo en iluminación de edificios y monumentos.
- Si no existiera posibilidad de cambiar el sentido de iluminación hacia abajo y no hacia arriba, emplear pantallas y paralúmenes para evitar la dispersión del haz luminoso.
- No usar luz en exceso, cumplir las normas que determinan los niveles recomendables para iluminar casi todas las tareas.
- Utilizar en el alumbrado público luminarias con valores mínimos de emisión de luz por encima de la horizontal.

Para adoptar las soluciones anteriores, tiene que considerarse el tipo de luminaria a utilizar, su altura de montaje y su implantación de la forma siguiente:

- No deben emplearse en la iluminación de edificios y fachadas o monumentos, proyectores que no permanezcan ocultos a la visión directa.
- Lo mismo es aplicable a las instalaciones de alumbrado de zonas deportivas que se realizan con proyectores.
- En alumbrado público, debería huirse de la implantación de columnas de gran altura, salvo cuando otras exigencias así lo aconsejen.

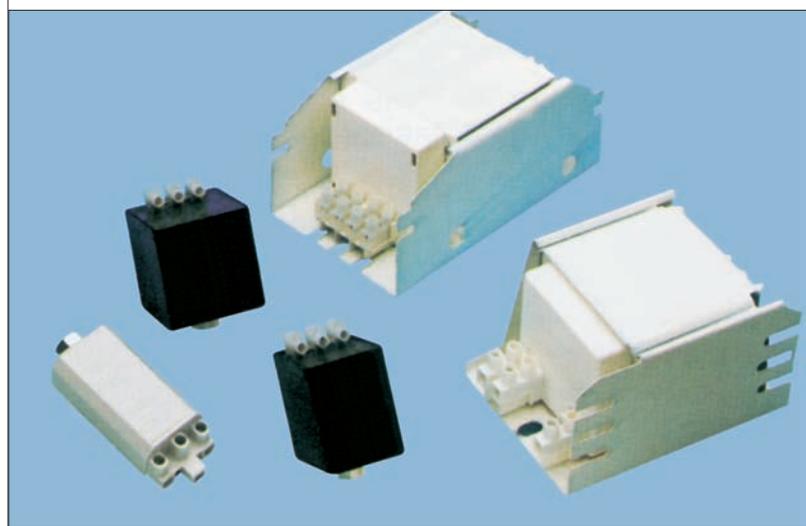
- En alumbrado público, no deben emplearse luminarias que emitan un determinado porcentaje de luz por encima del plano horizontal de las mismas.
- Para que el deslumbramiento sea mínimo, dirigir hacia abajo el haz de los rayos luminosos manteniéndolo por debajo de 70° . Si se eleva la altura de montaje, debería disminuirse el ángulo del haz de los rayos luminosos.
- Dado que en lugares con luz ambiental baja, el deslumbramiento puede ser muy molesto, se deberá cuidar con esmero el posicionamiento y el apuntamiento u orientación de los aparatos de iluminación.
- Cuando resulte posible, se recomienda implantar aparatos con reflector asimétrico que permitan mantener su cierre frontal paralelo o casi paralelo a la superficie horizontal que se quiere iluminar.





7

Lámparas y equipos auxiliares





7. Lámparas y equipos auxiliares

7.1. Lámparas

Las lámparas utilizadas en alumbrado público deben caracterizarse por ciertas cualidades que vienen impuestas por las propias exigencias específicas de funcionamiento. Las dos características esenciales que deben reunir las lámparas son las siguientes:

- 1.-Eficacia Luminosa: una eficacia luminosa elevada disminuye a la vez los costes de instalación (potencia instalada) y los gastos de explotación o funcionamiento (energía consumida).
- 2.-Duración de la Vida Económica: definida como la duración de vida óptima desde el punto de vista de su coste de funcionamiento (el precio más bajo del lumen-hora). Esta duración depende de un cierto número de factores técnicos tales como:
 - La duración de la vida real de las lámparas en las condiciones de utilización y de instalación.
 - El flujo luminoso de la lámpara y su evolución en el transcurso del tiempo.

Todo ello depende igualmente de factores económicos como el precio inicial de la lámpara y su coste de instalación y de reemplazamiento.

La duración de la vida económica de una lámpara varía de un tipo a otro, e incluso para un mismo modelo de lámpara, cambia con las características de la propia instalación de alumbrado.

Además de estas dos cualidades o características esenciales deben considerarse, sin embargo otros parámetros de menor importancia para las instalaciones de alumbrado público:

Temperatura de Color: color de la luz emitida por la lámpara

- Cálido: aspecto blanco-amarillento $T_c \leq 3300^\circ \text{K}$
- Intermedio: apariencia blanco-neutro $3300^\circ \text{K} < T_c \leq 5300^\circ \text{K}$
- Frío: tonalidad blanco-azulado $T_c > 5300^\circ \text{K}$

Rendimiento de Color: esta característica que es esencial en el alumbrado interior, en cambio en el alumbrado público no resulta fundamental en la mayoría de los casos. En el alumbrado ornamental sí debe tenerse en cuenta el rendimiento de color.

7.1.1. Tipos y parámetros significativos de las lámparas

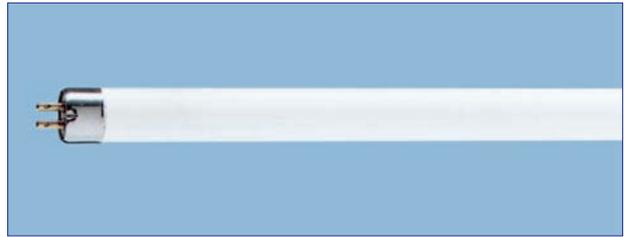
Los tipos de lámparas utilizadas en instalaciones de alumbrado público, en el orden de aparición en el mercado, son los siguientes:

- Lámparas fluorescentes
- Lámparas de vapor de mercurio a alta presión
- Lámparas de vapor de sodio a baja presión
- Lámparas de vapor de sodio a alta presión
- Lámparas de mercurio con halógenos metálicos
- Lámparas de descarga por inducción

En las tablas siguientes se especifican los valores medios nominales de flujo y eficacia luminosa, temperatura y rendimiento de color, así como la duración para las distintas potencias y tipos de lámparas más utilizadas en iluminación de carreteras y túneles, así como en alumbrado urbano.



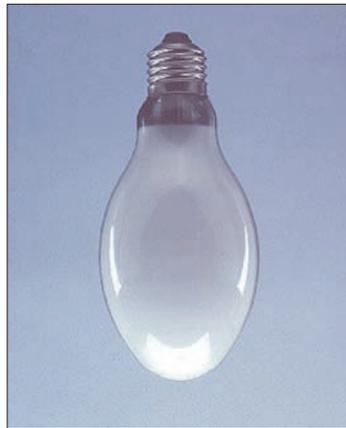
Fluorescente (T8)



Fluorescente(T5)



Inducción electromagnética



Vapor de Mercurio



Halógenos metálicos (HM)



Vapor de Sodio de Alta (S.A.P) y Baja Presión (S.B.P)

LÁMPARAS DE FLUORESCENCIA

TABLA - 7.1

| Tipo | Potencia W | Flujo lm. | Eficacia lm/W | Temperatura Color | Rendimiento Color | Duración Horas |
|----------------------------|------------|-----------|---------------|-------------------|-------------------|----------------|
| Estándar con cebador 26 mm | 18 | 1.050 | 58,3 | 6.500 K | 75 (2A) | 10.000 |
| | 36 | 2.500 | 69,4 | | | |
| | 58 | 4.000 | 69 | | | |
| | 18 | 1.150 | 63,9 | | | |
| | 36 | 2.950 | 81,9 | | | |
| Alta frecuencia 26 mm | 58 | 4.700 | 81,0 | 3.000 K | 65 (2B) | 12.000 |
| | 16 | 1.500 | 93,7 | | | |
| | 32 | 3.400 | 106,2 | | | |
| Compactas | 50 | 5.400 | 108 | 3.000 K | 85 (1B) | 9.000 |
| | 18 | 1.200 | 66,7 | | | |
| | 24 | 1.800 | 75 | | | |
| | 36 | 2.900 | 80,5 | | | |
| | 55 | 4.800 | 87,2 | | | |

LÁMPARAS DE VAPOR DE MERCURIO A ALTA PRESIÓN

TABLA - 7.2

| Tipo | Potencia W | Flujo lm. | Eficacia lm/W | Temperatura Color | Rendimiento Color | Duración Horas |
|-----------------------|------------|-----------|---------------|-------------------|-------------------|----------------|
| Estándar | 50 | 1.800 | 36 | 4.000 K | 47(3) | 16.000 |
| | 80 | 3.750 | 41,7 | | | |
| | 125 | 6.250 | 50 | | | |
| | 250 | 12.850 | 51,4 | | | |
| Ovoide | 400 | 22.000 | 55 | 4.000 K | 47(3) | 16.000 |
| | 700 | 39.250 | 56,1 | | | |
| | 1.000 | 58.250 | 58,2 | | | |
| Ovoide Color Mejorado | 50 | 2.000 | 40 | 3.500 K | 55(3) | 16.000 |
| | 80 | 4.050 | 50,6 | | | |
| | 125 | 6.600 | 52,8 | | | |
| | 250 | 14.000 | 56 | | | |
| Con Reflector | 400 | 24.000 | 60 | 4.000 K | 43(3) | 12.000 |
| | 125 | 5.700 | 45,6 | | | |
| | 250 | 13.750 | 55 | | | |
| | 400 | 20.250 | 50,6 | | | |

LÁMPARAS DE VAPOR DE SODIO A BAJA PRESIÓN

TABLA - 7.3

| Tipo | Potencia W | Flujo lm. | Eficacia lm/W | Temperatura Color | Rendimiento Color | Duración Horas |
|-------------------|------------|-----------|---------------|-------------------|-------------------|----------------|
| Estándar | 18 | 1.800 | 100 | 1.700 K | - | 14.000 |
| | 35(37) | 4.650 | 125,7 | | | |
| | 55(53) | 7.900 | 149 | | | |
| | 90(89) | 13.750 | 154,5 | | | |
| | 135(129) | 21.600 | 167,4 | | | |
| Eficacia Mejorada | 180 | 32.650 | 181,4 | 1.700 K | - | 14.000 |
| | 18(17,5) | 1.800 | 102,8 | | | |
| | 26(27) | 3.700 | 137 | | | |
| | 36(35) | 5.800 | 165,7 | | | |
| | 66(65) | 10.700 | 164,6 | | | |
| | 91(90) | 17.000 | 188,9 | | | |
| | 131(127) | 25.800 | 203,1 | | | |

LÁMPARAS DE VAPOR DE SODIO A ALTA PRESIÓN

TABLA - 7.4

| Tipo | Potencia W | Flujo lm. | Eficacia lm/W | Temperatura Color | Rendimiento Color | Duración Horas |
|------------------------|------------|-----------|---------------|-------------------|-------------------|----------------|
| Estándar Ovoide | 70 | 5.600 | 80 | 1.950 K | 25 | 16.000 |
| | 100 | 10.000 | 100 | | | |
| | 150 | 15.750 | 105 | | | |
| | 250 | 30.250 | 121 | | | |
| | 400 | 54.000 | 135 | | | |
| Ovoide Color Mejorado | 1.000 | 130.000 | 130 | 2.200 K | 60 | 16.000 |
| | 150 | 12.125 | 80,8 | | | |
| | 250 | 22.000 | 88 | | | |
| Estándar Tubular | 400 | 36.500 | 91,2 | 1.950 K | 23 | 16.000 |
| | 50 | 4.000 | 80 | | | |
| | 70 | 6.650 | 95 | | | |
| | 100 | 10.500 | 105 | | | |
| | 150 | 16.500 | 110 | | | |
| | 250 | 31.600 | 126,4 | | | |
| Tubular Color Mejorado | 400 | 55.250 | 138,1 | 2.200 K | 60(2B) | 16.000 |
| | 600 | 90.000 | 150 | | | |
| | 1.000 | 125.000 | 125 | | | |
| Sodio Blanco | 150 | 12.600 | 84 | 2.200 K | 80(1B) | 10.000 |
| | 250 | 23.000 | 92 | | | |
| | 400 | 38.000 | 95 | | | |
| Sodio Xenón | 50(53) | 2.300 | 43 | 2.200 K | 80(1B) | 10.000 |
| | 100(97) | 4.700 | 48 | 2.200 K | 80(1B) | 10.000 |
| | 55 | 3.800 | 69 | 2.800 K | 45(3) | 8.000 |
| | 33 | 2.100 | 64 | 2.800 K | 45(3) | 8.000 |
| | 80 | 6.100 | 76 | 2.800 K | 45(3) | 8.000 |
| | 50 | 3.300 | 66 | 2.600 K | 83(1A) | 8.000 |
| | 80 | 4.500 | 58 | 3.000 K | | |

LÁMPARAS DE MERCURIO CON HALOGENUROS METÁLICOS

TABLA - 7.5

| Tipo | Potencia W | Flujo lm. | Eficacia lm/W | Temperatura Color | Rendimiento Color | Duración Horas |
|----------------------------|----------------------|-----------|---------------|--------------------|-------------------|----------------|
| Estándar Ovoide Recubierta | 250(256) | 19.000 | 74,2 | 4.000 K 5.000 K | 65(2B) | 9.000 |
| | 400(390) | 31.000 | 79,5 | 4.000 K 5.000 K | | |
| | 1.000 | 80.000 | 80 | 4.300 K | | |
| Tubular Clara | 250(245) | 19.500 | 79,6 | 4.000 K 6.500 K | 95/65 | 9.000 |
| | 400(390) | 32.500 | 83,3 | 4.000 K 6.500 K | 95/65 | |
| | 1.000(965) | 80.000 | 82,9 | 4.000 K 6.500 K | 95/65 | |
| | 2.000(196) | 175.000 | 89,3 | 4.000 K 6.500 K | 95/65 | |
| | 3.500 | 310.000 | 88,6 | 6.000 K | 95 | |
| Lineal Doble Casquillo | 70(75) | 5.500 | 73,3 | 3.000 K 4.000 K | 65/85 | 8.000 |
| | 150 | 12.000 | 80 | 3.000 K 4.000 K | 65/85 | |
| | 250 | 20.000 | 80 | 3.000 K 4.000 K | 65/85 | |
| | 1.800 | 150.000 | 83 | 5.600 K | 92 | |
| Tubular Un Casquillo | 70(75) | 5.100 | 68 | 4.000 K 6.500 K | 80 | 9.000 |
| | 150(147) | 11.000 | 74,8 | 4.000 K 6.500 K | 80 | 9.000 |
| Con Reflector | 35(30 ⁹) | 6.500 cd | - | 3.000 K | 81 | 5.000 |
| | 70(40 ⁹) | 7.000 cd | - | 3.000 K | 83 | |
| | 250 | 11.000 cd | - | 4.500 K | 95 | |

LÁMPARAS DE DESCARGA POR INDUCCIÓN

TABLA - 7.6

| Tipo | Potencia W | Flujo lm. | Eficacia lm/W | Temperatura Color | Rendimiento Color | Duración Horas |
|----------------|------------|-----------|---------------|-------------------|-------------------|----------------|
| Forma Esférica | 55 | 3.500 | 64 | 2.700 K | 82(1B) | 60.000 |
| | 55 | 3.500 | 64 | 3.000 K | | |
| | | | | 4.000 K | | |
| | 85 | 6.000 | 71 | 2.700 K | | |
| | 85 | 6.000 | 71 | 3.000 K | | |
| | 150 | 11.000 | 73 | 4.000 K | | |
| | 165 | 12.000 | 73 | | | |

7.1.2. Criterios de elección de lámparas

Se recomienda la utilización de lámparas del tipo de descarga, cuya elección deberá ser adecuada para lograr los fines previstos dentro de la economía disponible. En carreteras se utilizarán preferentemente lámparas de vapor de sodio a alta presión, debido a su adecuada eficacia luminosa (lm/W) y mejor rendimiento de color que las lámparas de vapor de sodio a baja presión, cuyo uso podría ser también recomendable en carreteras a campo abierto, zonas rurales y áreas que requieran alumbrado de seguridad. Asimismo, en determinados casos podrían emplearse lámparas de vapor de mercurio a alta presión, halogenuros metálicos, etc., adoptando las potencias idóneas para cada tipo de instalación. Todo ello de conformidad con la eficacia luminosa de las lámparas y sus parámetros significativos.

7.1.3. Características eléctricas de las lámparas normalizadas

A continuación se reflejan las Normas que especifican las características eléctricas a las que deberá acomodarse cada tipo de lámpara:

- Fluorescentes UNE-EN 60.081
UNE-EN 60.091
UNE-EN 60.968
UNE-EN 60.969
- Vapor de Mercurio a Alta Presión UNE - 20.354
- Vapor de Sodio a Baja Presión UNE-EN 60.192
- Vapor de Sodio a Alta Presión UNE-EN 60.662
- Halogenuros Metálicos UNE-EN 61.167

En lo que respecta a las características eléctricas de las lámparas normalizadas, características fotométricas, colorimétricas, de duración y seguridad, así como el control de la calidad de las lámparas, se estará a lo dispuesto en las "Recomendaciones para la iluminación de carreteras y túneles" del Ministerio de Fomento 1999.

7.2. Problemática en la vida de las lámparas de vapor de sodio de alta presión.

Durante la vida de la lámpara de sodio a alta presión, aumenta su tensión de arco sobre el valor inicial hasta que alcanza valores en torno a 140 V, para los cuales la lámpara deja de ser estable, produciéndose apagados intempestivos de la misma, y la lámpara se considera agotada.

Resulta deseable que la vida de las lámparas sea lo más larga posible ajustándose a los valores fijados por los propios fabricantes. En las lámparas de vapor de sodio a alta presión para lograr dicho objetivo, hay que tener muy en cuenta todos los elementos y causas que influyen en el crecimiento de la tensión de arco de la lámpara, procurando paliar en lo posible sus efectos, lo que requiere considerar lo siguiente:

- Balasto
- Tensión de la Red
- Tensión de Arco de la Lámpara
- Eficiencia Energética del Equipo Auxiliar
- Luminaria
- Posición de Lámpara respecto a Reflector.

7.2.1. Balasto.

En el caso de instalar un balasto electromagnético la impedancia será lo más ajustada posible a la nominal y con buena regulación, de forma que su característica deberá estar dentro de los límites de trabajo establecidos para cada lámpara.

7.2.2. Tensión de la red.

Cuando se utilizan balastos serie de tipo inductivo, debido a su limitada capacidad de regulación, un 10% de aumento de la tensión de la red, ocasiona un incremento de potencia en lámpara entre el 20 y 25%, pudiéndose alcanzar incluso un 30%, lo que supone un considerable exceso de consumo energético.

Es deseable que no existan desviaciones en la tensión de alimentación superiores a un 5% sobre el valor para el que está previsto el balasto. Se puede paliar este problema exigiendo a las Empresas suministradoras de energía eléctrica el control de la tensión de la red, como mínimo a los valores establecidos en la reglamentación vigente.

Como esto en muchos casos no es posible conseguirlo, resulta adecuado instalar bien balastos serie de tipo inductivo con dos tomas de corriente y conectarlos a la toma más próxima a la tensión de la red, o implantar balastos autorreguladores o bien balastos electrónicos o, en su caso, instalar estabilizadores de tensión en cabeza de las líneas eléctricas de alimentación.

En la figura 7.1, incluida en la página 66 del Cuaderno de Eficiencia Energética en Iluminación Nº 3 del IDAE (Noviembre de 1996), puede comprobarse el efecto sobre la potencia en lámpara de la sobretensión en la red, de forma que en el caso de una lámpara de 400 W a nivel de pleno funcionamiento, una tensión de 225 V origina una sobrepotencia de 50 W.

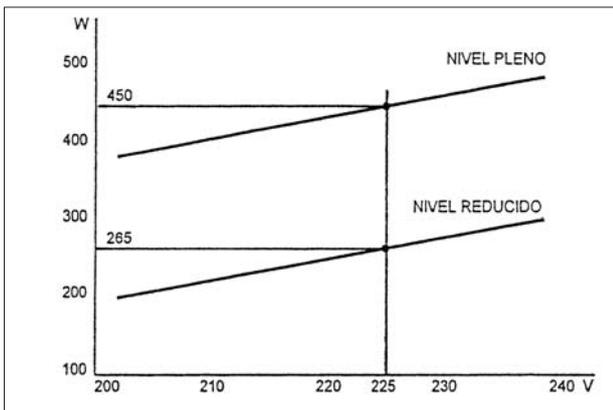


Fig. 7.1.- Repercusión de la sobretensión sobre la potencia

Asimismo, en la figura 7.2, incorporada en la página 76 del Cuaderno de Eficiencia Energética en Iluminación Nº 3 del IDAE (Noviembre 1996), para la misma lámpara de 400 W, se representa la influencia de los excesos de potencia sobre la vida media de la lámpara.

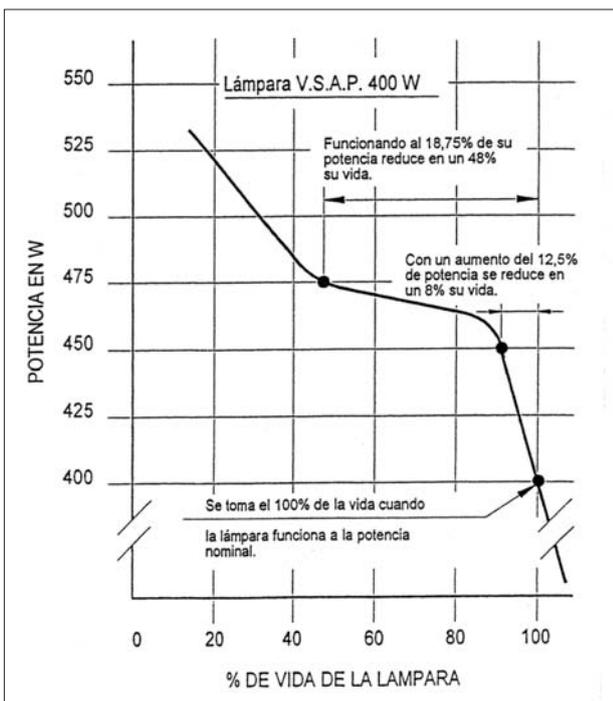


Fig. 7.2.- Influencia del exceso de potencia sobre la vida de la lámpara.

7.2.3. Tensión de arco de la lámpara.

Las normas EN 60.662 y CEI - 662 sobre lámparas de vapor de sodio alta presión, admiten una tolerancia de ± 15 v. sobre la tensión de arco establecida, lo que supone un 30% de margen en el caso de lámparas de 150 y 250 W., lo cual en principio parece excesivo, ya que si la tensión nominal de arco es de 100 v., que se admitan como válidas tensiones entre 85 y 115 v., con una diferencia de 30 v., no es de extrañar que ello implique alguna repercusión en la vida útil de las lámparas. Como máximo resulta aconsejable admitir una tolerancia de ± 10 v.

Las lámparas a lo largo de su vida útil, sufren un envejecimiento natural, que se manifiesta en incrementos de la tensión de arco, a la vez que una disminución del desfase entre la tensión de arco y la tensión de red, tal y como se representa en la figura 7.3, obtenida mediante ensayos en el Laboratorio Oficial del Ayuntamiento de Zaragoza acreditado por ENAC.

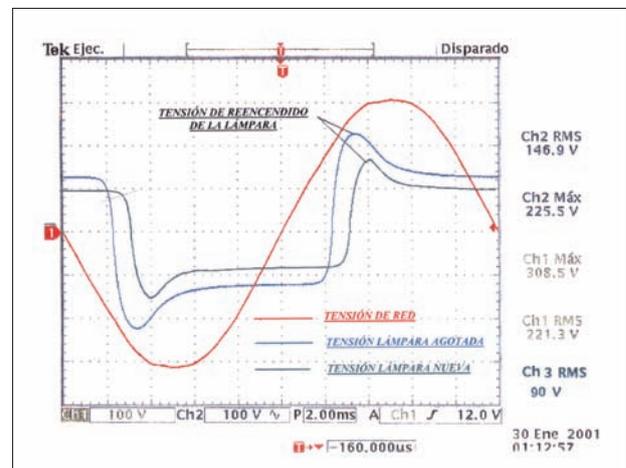


Fig. 7.3.- Aumento de la tensión de arco de la lámpara

Cuando la tensión de reencendido de la lámpara iguala o supera el valor instantáneo correspondiente en la tensión de red, se produce la extinción del arco de la lámpara y se alcanza el final de la vida útil de la misma que pasa a ser una "lámpara agotada".

7.2.4. Eficiencia energética del equipo auxiliar

En los equipos auxiliares (balasto, condensador y arrancador) necesarios para el funcionamiento de las lámparas se generan pérdidas que, solamente en los balastos electromagnéticos estándar, pueden evaluarse entre el 8 y 25%. A ello hay que añadir las pérdidas que corresponden al condensador que oscilan entre un 0,5 y un 1%, y las que son achacables al arrancador que varían entre un 0,8 y un 1,5%.

Si se efectúa una estimación ponderada en función del tipo de alumbrado, potencia utilizada y componentes del equipo auxiliar, el consumo real de potencia en la red, debido a las pérdidas originadas por dicho equipo, se incrementa entre un 9,3% y un 27,5% sobre la potencia nominal de la lámpara, tal y como se representa en la figura 7.4.

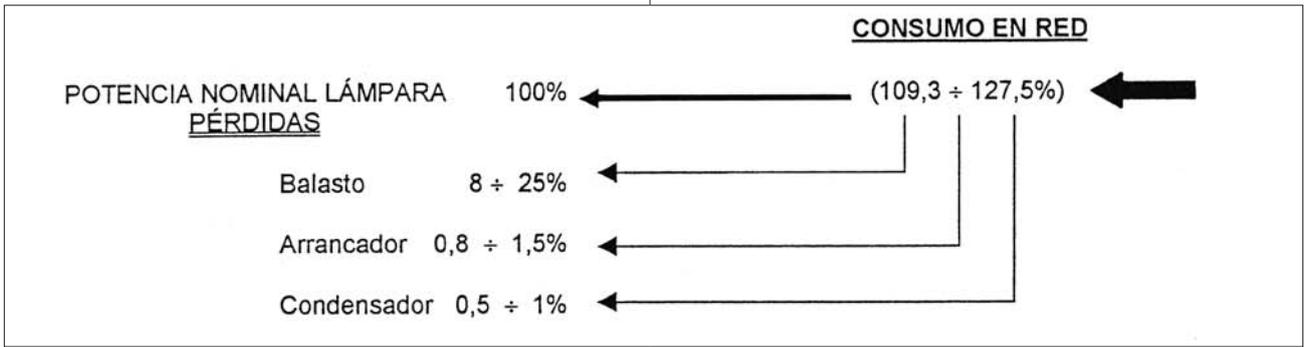


Fig. 7.4.- Consumo real de potencia en red del conjunto lámpara - equipo auxiliar

7.2.5. Luminaria.

Como consecuencia de la situación de la lámpara encerrada en el interior de la luminaria entre el reflector y el cierre, se origina un aumento de la temperatura de la lámpara y de la tensión de arco en la misma. Las normas EN 60.662 y CEI - 662 establecen como máxima una elevación de dicha tensión de 5 v. para la lámpara de 150 W., 10v para la de 250 W. y 12 v. para la de 400 W y hasta 20 v para lámpara de 1000 W.

La instalación de lámparas de potencias superiores a las nominales para las que se han diseñado las luminarias, aumenta la temperatura y tensión de arco de la lámpara considerablemente, acortándose la vida útil de la misma.

7.2.6. Posición de lámpara respecto al reflector.

Debe cuidarse la posición de la lámpara con relación al reflector, al objeto de evitar la concentración por reflexión de la energía emitida por la propia lámpara sobre ella misma, lo cual aumenta su temperatura y con ello la tensión de arco, en perjuicio de su vida útil, pudiéndose llegar incluso a su destrucción.

7.3. Particularidades de las lámparas de halogenuros metálicos.

Aún cuando sus condiciones de funcionamiento son similares a las lámparas de vapor de mercurio, la adición de los halogenuros hace necesaria una tensión de encendido elevada, por lo que necesitan, salvo raras excepciones, de un arrancador que proporcione tensiones de pico entre 0,8 y 5 Kv. Estas lámparas reúnen unas determinadas particularidades cuyo conocimiento evita posibles problemas. Dichas particularidades son:

- Temperatura de Color
- Posición de Funcionamiento
- Tensión de la Red
- Balasto y Arrancador
- Circuitos de Doble Nivel de Potencia
- Luminaria
- Fabricante de la Lámpara

7.3.1. Temperatura de color.

Por la propia naturaleza de estas lámparas y al objeto de evitar una apariencia cromática dispar, que resulte desagradable para la visión, se hace necesario controlar su temperatura de color. Para ello es conveniente exigir una tolerancia máxima de un $\pm 5\%$ en la temperatura de color

7.3.2. Posición de funcionamiento.

Para lograr el rendimiento previsto de la lámpara, es importante tener en cuenta la posición de funcionamiento de la misma, ya que son más sensibles que otras lámparas de descarga y deben respetarse los condicionamientos establecidos por los fabricantes para cada caso concreto.

7.3.3. Tensión de la red.

Estas lámparas se ven más afectadas por las variaciones de la tensión de la red que otras de descarga, no debiendo diferir en más de un 5% del valor nominal de red, ya que además de actuar de forma negativa sobre la vida de la lámpara, acortando su duración, varía el rendimiento de color de la misma, lo cual es grave dado que dicho parámetro es un factor fundamental en la elección de este tipo de lámparas. Por ello, si se prevén tensiones distintas de 220 ó 230 v., deben instalarse balastos para esa tensión de red o bitensiones o bien un balasto electrónico o, en su caso, un sistema de estabilización de tensión bien en cabeza de las líneas de alimentación o en el propio punto de luz.

7.3.4. Balasto y arrancador.

Dado el efecto rectificador que suelen producir las lámparas de forma transitoria en el encendido y de forma permanente al final de su vida, conviene dimensionar de forma idónea los balastos y adoptar determinadas precauciones en los arrancadores de tipo independiente a instalar.

Para su protección es recomendable colocar en el circuito de la lámpara un disyuntor térmico.

7.3.5. Circuitos de doble nivel de potencia.

Este tipo de lámparas no admite la utilización de circuitos de doble nivel de potencia (balastos de doble nivel y reguladores en cabecera de línea). Reducir la intensidad de arco, origina el descenso de la temperatura y presión del tubo de descarga, dando lugar a un acortamiento en la vida útil de la lámpara y una disminución del rendimiento de color de la misma, así como posibles cambios irreversibles en la temperatura de color.

7.3.6. Luminaria.

La temperatura idónea que debe alcanzar la lámpara es aproximadamente de 150^o C, por lo que resulta conveniente el uso de luminarias cerradas, al objeto que pueda alcanzarse dicha temperatura y se evite su enfriamiento, de forma que la lámpara pueda proporcionar las prestaciones adecuadas.

7.3.7. Fabricante de la lámpara.

Teniendo en cuenta que no existe normativa para toda la gama de este tipo de lámparas, para una misma potencia los distintos fabricantes ofertan características eléctricas diferentes. Por ello, deben tenerse en cuenta los parámetros de cada lámpara para instalar el balasto y arrancador adecuados.

7.4. Equipos auxiliares

Las lámparas de descarga en general tienen una característica tensión-corriente no lineal y ligeramente negativa, que da lugar a la necesidad de utilización de un elemento limitador de la intensidad que se denomina genéricamente balasto, tanto electromagnético como electrónico, para evitar el crecimiento ilimitado de la corriente y la destrucción de la lámpara cuando ésta ha encendido. Asociado al balasto electromagnético deberán preverse los elementos adecuados para la corrección del factor de potencia.

Además de los dispositivos de regulación de la corriente de lámpara y de corrección del factor de potencia, requeridos por todas las lámparas de descarga para su funcionamiento, algunos tipos de lámparas de alta corriente de descarga, como son las de vapor de sodio a alta presión (VSAP), lámparas de mercurio con halógenos metálicos (HM) de tipo europeo y vapor de sodio a baja presión (VSBP), necesitan una tensión muy superior a la de la red para iniciar o "cebar" la corriente de arco. Se precisa, por tanto, incluir en el equipo auxiliar un dispositivo que proporcione y soporte en el instante de encendido la alta tensión necesaria para el cebado de la corriente de arco de la lámpara. Dicho dispositivo se denomina arrancador. Las lámparas fluorescentes necesitan para su funcionamiento un cebador, mientras que las de vapor de sodio a baja presión también pueden funcionar con un balasto autotransformador.

En general, para todos los equipos auxiliares de las lámparas de descarga se tendrán en cuenta las partes aplicables de la norma CEI-61347 (Lamp Controlgear).

7.4.1. Balastos

Son dispositivos limitadores y estabilizadores de la corriente de arco o de lámpara, que impiden que dicha corriente crezca indefinidamente hasta la destrucción de la propia lámpara. Comprenden dos grandes grupos: los balastos electromagnéticos y los electrónicos, cuyos tipos más utilizados son los siguientes:

- Balasto serie de tipo inductivo
- Balasto serie de tipo inductivo para dos niveles de potencia
- Balasto autorregulador
- Balasto autotransformador
- Balasto electrónico

Aun cuando el balasto serie de tipo inductivo es el más utilizado, proporciona una baja regulación de corriente y de potencia frente a las oscilaciones de la tensión de la red de alimentación, por lo que su uso será adecuado siempre que dicha tensión no fluctúe más del 5 %. Cuando se prevean variaciones constantes o permanentes a lo largo del tiempo superiores en la tensión de la red, resultará idónea la instalación de balastos serie de tipo inductivo con dos tomas de tensión, aplicando la más conveniente. Si dichas oscilaciones de tensión son variables en el tiempo, bien durante las horas de encendido diario, a lo largo del fin de semana y/o estacionales, será adecuado utilizar balastos autorreguladores, electrónicos o un sistema de estabilización de tensión en cabecera de línea.

Los balastos autorreguladores, al presentar una buena regulación de la corriente y potencia de lámpara en relación a las alteraciones de tensión de la red de alimentación, se utilizarán cuando dicha tensión oscile más del 10 %. En el caso de que la mencionada tensión sea insuficiente para un funcionamiento estable de la lámpara, se instalarán balastos autotransformadores que elevarán la tensión y regularán la corriente, y su uso se preverá generalmente cuando la tensión de la red de alimentación resulte inferior a 200 V,

Características de los Balastos

Los balastos deberán cumplir unas determinadas exigencias básicas referentes a las calidades y tipos de materiales utilizados en los aislamientos, bobinados y núcleos. Su idónea construcción garantizará la protección contra contactos eléctricos y el correcto funcionamiento de las lámparas a las que se asocia. Además se adecuarán a concretas especificaciones térmicas, geométricas, etc., ajustándose en todo momento a las exigencias de las normas UNE - EN de seguridad y aptitud a la función 60.920 y 60.921 para lámparas tubulares fluorescentes, 60.922 y 60.923 para lámparas de descarga, 60.924 y 60.925 en el caso de balastos electrónicos para tubos fluorescentes en corriente continua, así como

60.928 y 60.929 en corriente alterna y, por último, 60.968 y 60.969 para lámparas fluorescentes con balasto propio.

En las tablas 7.7 y 7.8 se establecen los valores máximos admisibles de la potencia perdida en los balastos serie de tipo inductivo y autorreguladores expresados en vatios (W) para cada potencia y tipos de lámparas.

POTENCIA PERDIDA EN LOS BALASTOS

TABLA - 7.7

| BALASTOS SERIE DE TIPO INDUCTIVO | | | | | | | |
|----------------------------------|-------------|---------------------|-------------|---------------------|-------------|-----------------|-------------|
| V.S.A.P. CONSUMO | | V.M.A.P. CONSUMO | | V.S.B.P. CONSUMO | | H.M. CONSUMO | |
| Lámpara W | Equipo W | Lámpara W | Equipo W | Lámpara W | Equipo W | Lámpara W | Equipo W |
| 50 | 9 | 50 | 9 | 18 | 4,5 | 35 | 9 |
| 70 | 11 | 80 | 11 | 35 | 6,5 | 70 | 11 |
| 100 | 13 | 125 | 13 | 55 | 10 | 100 | 13 |
| 150 | 20 | 250 | 20 | 90 | 13 | 150 | 20 |
| 250 | 29 | 400 | 23 | 135 | 28 | 250 | 29 |
| 400 | 33 | 700 | 33 | 180 | 28 | 400 | 33 |
| 600 | 50 | 1000 | 44 | | | 1000 | 55 |
| 1000 | 66 | | | | | 1800 | 77 |
| | | | | | | 2000 | 83 |
| | | | | | | 3500 | 149 |

POTENCIA PERDIDA EN LOS BALASTOS

TABLA - 7.8

| BALASTOS AUTORREGULADORES | | | | | |
|---------------------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|
| V.S.A.P. | | V.M.A.P. | | H.M. | |
| Lámpara W | Equipo W | Lámpara W | Equipo W | Lámpara W | Equipo W |
| 50 | - | 50 | - | 35 | - |
| 70 | 22 | 80 | 16 | 70 | - |
| 100 | 25 | 125 | 20 | 100 | - |
| 150 | 28 | 250 | 32 | 150 | - |
| 250 | 35 | 400 | 40 | 250 | 45 |
| 400 | 60 | 700 | - | 400 | 60 |
| 600 | - | 1000 | - | 1000 | - |
| 1000 | - | | | 1800 | - |

Balastos Electrónicos

Respecto a los requisitos de eficiencia energética de los balastos de lámparas fluorescentes, el conjunto lámpara - equipo no deberá sobrepasar los valores señalados en la tabla 7.10, que recoge lo dispuesto en la Directiva Europea 2000/55/CE, de 18 de septiembre.

La categoría de los balastos para lámparas fluorescentes se expresa en la tabla 7.9.

CATEGORÍA DE LOS BALASTOS

TABLA - 7.9

| 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 2 D |

Una vez situado el balasto en su categoría, en la tabla 7.10 se establece la potencia máxima 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.

BALASTOS PARA LÁMPARAS FLUORESCENTES

TABLA - 7.10

| 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 |

El balasto electrónico es un dispositivo compacto que realiza las funciones del equipo auxiliar y, por tanto, sustituye al balasto electromagnético, condensador y arrancador en las lámparas de sodio a alta presión.

El balasto electrónico estabiliza la potencia en lámpara y, consecuentemente, el consumo en red frente a variaciones de tensión comprendidas entre 180 y 250 V. Como resultado, al estabilizar la potencia, mantiene la vida media de la lámpara de acuerdo con lo indicado en el apartado 7.2.2 (véase fig. 7.2), lo que implica una ventaja sobre los balastos electromagnéticos. Por el contrario, los balastos electrónicos son equipos más sensibles y menos robustos que los electromagnéticos.

En las condiciones de funcionamiento las pérdidas propias del balasto electrónico no superan el 4 ó 5% de la potencia eléctrica consumida en lámpara, lo cual resulta ventajoso frente al consumo real del equipo auxiliar (balasto electromagnético, condensador y arrancador) que, tal y como se indica en el apartado 7.2.4, oscila entre un 9,3 y un 27,5% sobre la potencia nominal de la lámpara (véase fig. 7.4).

El inconveniente de los balastos electrónicos frente a los electromagnéticos, dada su mayor sensibilidad, es la especial protección que debe tenerse en cuenta en relación específicamente a las tormentas meteorológicas entre nubes y tierra con sobrecargas eléctricas (rayos), elevadas temperaturas, perturbaciones eléctricas, etc.

7.4.2. Condensadores

En equipos para lámparas de descarga el condensador deberá ir asociado al balasto, bien en conexión a la red de alimentación para corregir el factor de potencia, o bien instalado en serie con el balasto y la lámpara sirviendo como elemento regulador de corriente y compensación, tal como es el caso de los balastos autorreguladores.

Algunos balastos electrónicos no requieren dispositivos adicionales para la corrección del factor de potencia, al incluir un circuito electrónico diseñado a tal efecto.

Características de los Condensadores

Todos los condensadores deberán cumplir unas determinadas especificaciones básicas, eléctricas, térmicas, de terminales para el conexionado y geométricas. Estos se adecuarán a lo exigido en las normas UNE-EN 61.048 y 61.049 relativas a condensadores para utilización en los circuitos fluorescentes tubulares y otras lámparas de descarga.

7.4.3. Arrancadores

El arrancador es un dispositivo eléctrico, electrónico o electromecánico que por si mismo o en combinación con el balasto, genera y superpone a la tensión de la red el impulso o los impulsos de alta tensión necesarios para el cebado o encendido de la lámpara.

Los tipos de arrancadores para lámparas de descarga, excepto las lámparas fluorescentes tubulares, son los siguientes:

- En serie con la lámpara (de impulsos independientes)
- En semiparalelo (de impulsos dependientes del balasto al que va asociado)
- En paralelo (independiente de dos hilos)

En el caso de lámparas fluorescentes tubulares se instalarán cebadores, ya sean de efluvios o electrónicos.

Características de los Arrancadores

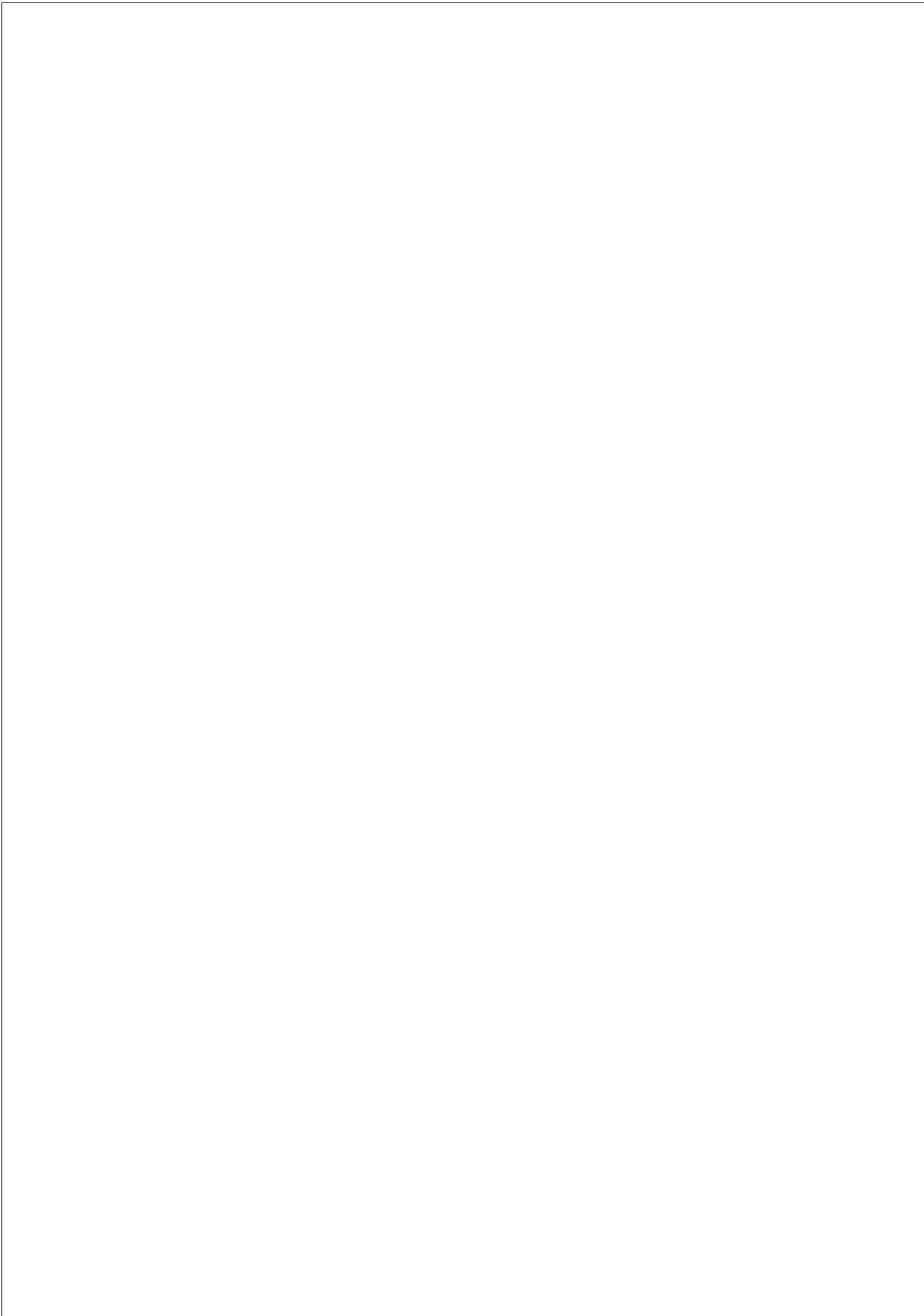
En lo que respecta a las prescripciones generales y de seguridad, así como prescripciones de funcionamiento, los arrancadores y cebadores, excepto los de efluvios, se ajustarán a lo exigido en las normas UNE-EN 60.926 y 60.927, mientras que los cebadores de efluvios para lámparas fluorescentes tubulares cumplirán lo establecido en la norma UNE-EN 60.155



8

Sistemas de encendido y apagado, de regulación del nivel luminoso y de gestión centralizada de las instalaciones de alumbrado público





8. Sistemas de encendido y apagado, de regulación del nivel luminoso y de gestión centralizada de las instalaciones de alumbrado público

8.1. Sistemas de encendido y apagado

Los ciclos de funcionamiento de las instalaciones de alumbrado público vienen determinados por el encendido y apagado de las instalaciones, así como por la reducción del nivel luminoso.

El encendido y apagado de las instalaciones debe efectuarse adecuadamente, sin que se adelante el encendido ni se retrase el apagado, de forma que el consumo energético sea el estrictamente necesario.

Además de los sistemas de gestión centralizada que se desarrollarán más adelante, el encendido y apagado de las instalaciones se lleva a cabo mediante:

- Interruptor crepuscular
- Interruptor horario astronómico

Respecto al comportamiento de los componentes electrónicos, los sistemas de encendido y apagado se ajustarán a lo establecido en el apartado 8.4.

8.1.1. Interruptor crepuscular

El interruptor crepuscular genera las órdenes de maniobra en función de la luminosidad ambiental, al estar constituido por una célula fotoeléctrica que detecta la cantidad de luz natural que existe en una determinada ubicación geográfica, transformando las variaciones de luminosidad en modificaciones de parámetros eléctricos, como pueden ser tensión, intensidad o resistencia.

Al comparar los parámetros eléctricos con un valor de referencia o umbral, y cuando el valor medido es diferente al de referencia, se acciona un contactor que enciende, bien el punto de luz, o la instalación de alumbrado, apagándose la misma cuando el valor medido es asimismo distinto al de referencia o umbral.

El sistema de interruptor crepuscular está provisto de una temporización o histéresis en la conmutación que permite eliminar fallos de encendidos o apagados, debidos a fenómenos meteorológicos transitorios, tales como el paso de nubes y el ocultamiento de la luz solar.

Aun cuando este sistema puede ser de utilización individual, normalmente su uso es global, situándose la célula cerca del armario de mando para accionar el encendido y apagado de un cuadro de alumbrado de sector.

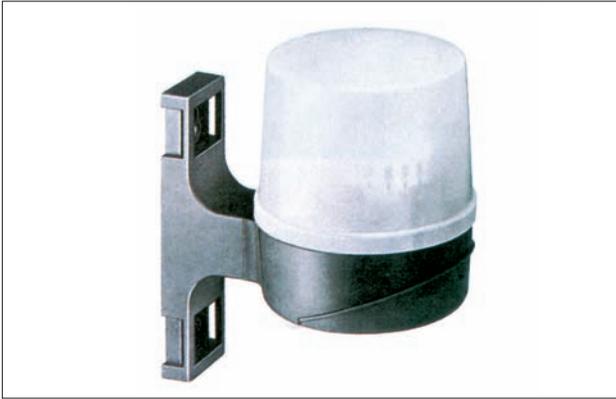


Fig. 8.1.- Célula fotoeléctrica

8.1.2. Interruptor horario astronómico

Es un programador electrónico - digital diseñado para la maniobra automática de encendido y apagado de las instalaciones de alumbrado público.



Fig. 8.2.- Interruptor horario astronómico

El reloj horario astronómico se basa en el cálculo de los ORTOS y OCASOS en función de la longitud y latitud donde está situada la instalación de alumbrado. Las fechas de cambio automático verano / invierno están programadas en la memoria.

En lo que concierne a la compatibilidad electromagnética, el interruptor horario astronómico debe cumplir la norma EN 55015 relativa a perturbaciones radioeléctricas y las normas UNE EN 60555.P2 y UNE EN 61000.3.2 respecto a perturbaciones en redes (armónicos y límites), así como la norma UNE EN 61547 sobre requisitos de inmunidad. Asimismo deben ajustarse a la norma UNE EN 61038 sobre interruptores horarios.

8.2. Sistemas de regulación del nivel luminoso

Las instalaciones de alumbrado público están previstas para que durante las horas de tráfico intenso de vehículos y peatones, el nivel medio de iluminación tenga un valor suficiente para satisfacer las necesidades visuales. (ver Capítulo 5).

Cuando dicho tráfico disminuye y, por tanto, la circulación y la tarea visual se desarrollen en otras circunstancias, debe existir la posibilidad de poder regular el nivel luminoso de las instalaciones de alumbrado público, reduciéndolo con la consiguiente disminución del consumo energético.

Para conseguir este ahorro energético la técnica a priori más simple podía ser, bien la de apagar alternatively puntos de luz, o apagar los de un lado de la calzada. Ello se llevaba a cabo instalando algunas veces dobles circuitos eléctricos de alimentación de los puntos de luz, otras efectuando el apagado manualmente mediante retirada de fusibles, o instalando luminarias bi-lámpara y apagando una de ellas.

Estos sistemas en la actualidad están prácticamente descartados, por cuanto se producen zonas oscuras que pueden afectar tanto a la visibilidad como a la seguridad, con unas uniformidades en la iluminación inaceptables.

Una mala uniformidad en la iluminación viaria implica una inversión del contraste positivo a negativo o viceversa, lo que supone la creación de zonas de invisibilidad con grave pérdida de la seguridad vial. Además, una deficiente uniformidad en el alumbrado, alternando zonas de la calzada con fuerte iluminación con otras con débil alumbrado, fatiga al conductor e influye negativamente sobre el deslumbramiento y, por tanto, no se garantiza la visibilidad de los obstáculos, disminuyendo considerablemente la seguridad de los usuarios, tanto de conductores como de peatones.

En la actualidad se han desarrollado sistemas que solucionan los citados inconvenientes y que tienen como finalidad común reducir simultáneamente el flujo emitido por todas las lámparas, disminuyendo el nivel de iluminación pero manteniendo la uniformidad de dicha iluminación.

Los tres sistemas de regulación del nivel luminoso son los siguientes:

- Balastos serie de tipo inductivo para doble nivel de potencia
- Reguladores - estabilizadores en cabecera de línea
- Balastos electrónicos para doble nivel de potencia

A la hora de establecer el porcentaje de ahorro energético proporcionado por los diferentes sistemas de regulación del nivel luminoso, deberán tenerse en cuenta:

- 1º Las variaciones de tensión de la red

- 2º El estado de las líneas eléctricas de alimentación de los puntos de luz: secciones, equilibrio de fases, armónicos, etc.
- 3º El tipo de lámpara: vapor de sodio o vapor de mercurio.
- 4º Las horas de funcionamiento: en el caso de las lámparas de vapor de sodio, los porcentajes de ahorro de energía no son constantes a lo largo de la vida de la lámpara, ya que cuanto mayor es la tensión de arco menor es el ahorro.

Con las salvedades reflejadas, con carácter informativo y a título simplemente orientativo y sin que ello implique que siempre se alcancen los valores que se indican, con los sistemas de regulación del nivel luminoso y durante el período de funcionamiento de los mismos, se pueden alcanzar los siguientes valores:

SISTEMAS DE REGULACIÓN DEL NIVEL LUMINOSO AHORRO MÁXIMO DURANTE EL PERÍODO DE FUNCIONAMIENTO DEL NIVEL O POTENCIA REDUCIDA

TABLA - 8.1

| PARÁMETROS | NIVEL MÁXIMO | NIVEL REDUCIDO |
|-------------------------------|----------------|-----------------|
| Potencia absorbida por la red | $W = 100\%$ | 60 - 64% W |
| Flujo lámpara | $\phi = 100\%$ | 45 - 55% ϕ |
| Ahorro | - | 40 - 36% |

Nota.- Es importante destacar que el ahorro consignado en la tabla 8.1, comprendido entre un 36 y un 40%, corresponde solamente al período de funcionamiento del nivel o potencia reducida.

Una instalación de alumbrado público, dependiendo de la latitud y longitud del lugar donde esté ubicada, permanece encendida en torno a 4000 horas al año, mientras que el tiempo de permanencia del nivel o potencia reducida es aproximadamente de un 55%, lo que significa un total de horas anuales de funcionamiento de dicho nivel reducido de unas 2200.

Respecto al ahorro energético referido a la totalidad de las horas anuales de funcionamiento de las instalaciones de alumbrado, el mismo es aproximadamente un 55% del establecido en la tabla 8.1, es decir, el ahorro producido por los sistemas de regulación del nivel luminoso supone aproximadamente entre un 20 y un 22% del consumo total anual de la instalación.

Asimismo, debe considerarse la distinta velocidad de respuesta de la lámpara de vapor de sodio a alta presión, que tiende a mantener sus valores, y la de los diferentes sistemas de regulación del flujo luminoso durante la conmutación al nivel reducido, ya que en las instalaciones equipadas con sistemas cuya respuesta es inmediata (balastos electromagnéticos para doble nivel y reguladores - estabilizadores en cabecera), pue-

den producirse apagados momentáneos de las lámparas en el transcurso de dicha conmutación, y cuya duración corresponde al tiempo necesario para su reencendido.

También es de señalar que, en función del sistema de regulación del nivel luminoso adoptado, existe diferente variación del factor de potencia a lo largo de la vida de la lámpara, de forma que para los balastos serie de tipo inductivo para doble nivel de potencia se produce una caída por debajo de 0,8, con los reguladores estabilizadores en cabecera de línea dicha caída está por debajo de 0,9, mientras que en los balastos electrónicos para doble nivel de potencia se mantiene por encima de 0,95.

Nota: Todos los valores que se exponen en este apartado 8.2 responden a ensayos concretos efectuados en el Laboratorio Oficial del Ayuntamiento de Zaragoza acreditado por ENAC, en unas condiciones ideales de ausencia de armónicos en la red y valores asimismo ideales de tensión, capacidad e impedancia. En condiciones reales probablemente los valores obtenidos podrían variar a peor, debido fundamentalmente a las corrientes armónicas.

8.2.1. Balastos serie tipo inductivo con doble nivel de potencia

Se trata de los primeros equipos que aparecieron en el mercado europeo para ahorro energético, aportando una primera solución adecuada para la regulación del nivel luminoso de las instalaciones de alumbrado público. Estos balastos para su instalación pueden estar dotados con línea de mando, o sin línea de mando (temporizados), aplicándose a las lámparas de vapor de sodio a alta presión y de vapor de mercurio.

Los balastos para doble nivel, son balastos serie de tipo inductivo de construcción semejante a los modelos estándar, pero a los que se ha añadido un bobinado adicional sobre un mismo núcleo magnético, de manera que pueda obtenerse la impedancia nominal para la potencia nominal de lámpara (primer nivel), y por conmutación a la conexión del bobinado adicional, una impedancia superior que da lugar a la potencia reducida en lámpara (segundo nivel).

Un esquema representativo del conexionado y funcionamiento del balasto serie tipo inductivo con doble nivel de potencia con línea de mando es el de la figura 8.3.

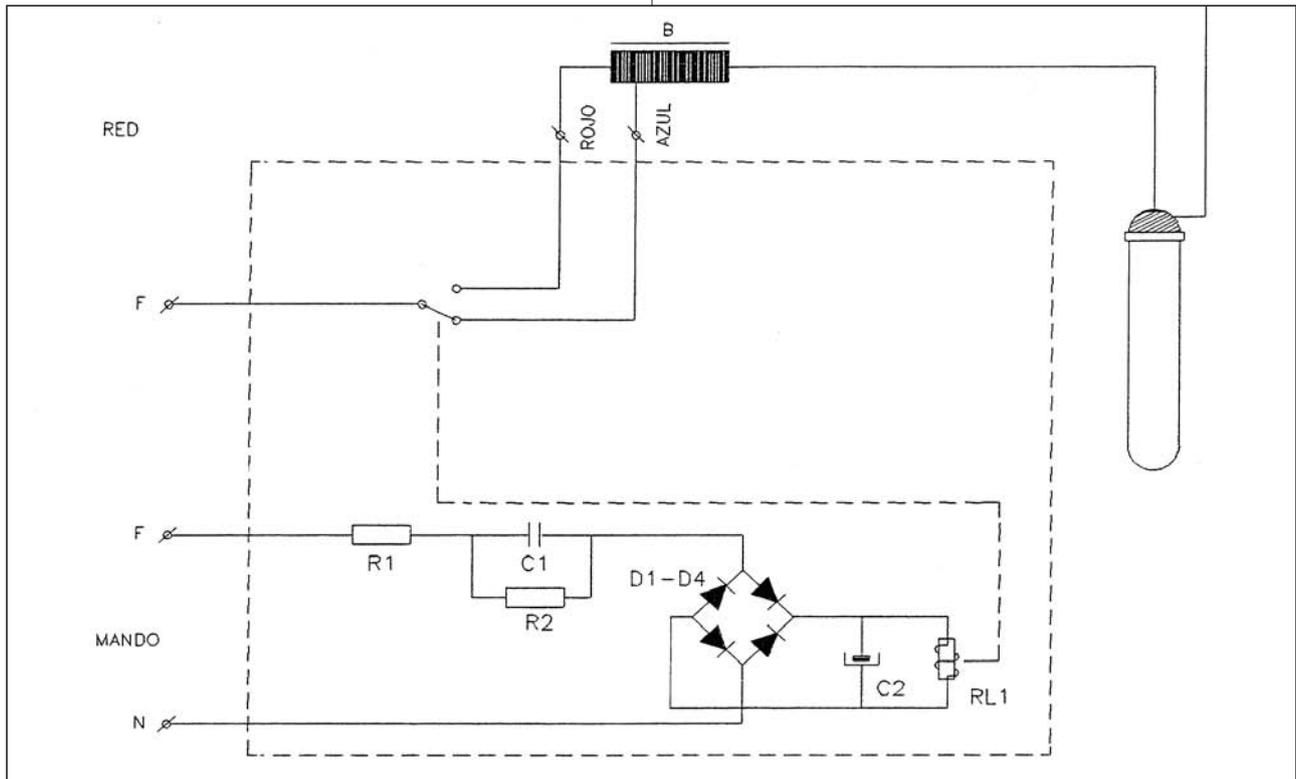


Fig. 8.3.-Esquema del conexionado y funcionamiento de un balastro serie tipo inductivo, con doble nivel de potencia, con línea de mando

La conmutación se lleva a cabo mediante un relé que a su vez está comandado a través de una línea de mando auxiliar, por un programador de tiempo, o un reloj calendario astronómico.

Una versión posterior alternativa de este sistema es la denominada “sin línea de mando” en la que se ha dotado al relé de conmutación de un temporizador con retardo a la conexión de forma que, al cabo de un tiempo predeterminado a partir de la puesta en servicio del alumbrado, se conmuta automáticamente a la posición de nivel reducido. El perfeccionamiento de los balastos de doble nivel temporizados en relación a los anteriores con línea de mando, consiste en la economía en la instalación y en el mantenimiento posterior de dicha línea de mando.

Ventajas e inconvenientes

En las instalaciones de alumbrado público existentes, la implantación de los balastos de doble nivel de potencia con o sin línea de mando (temporizador) requiere una intervención punto a punto de luz, lo que supone un coste económico a considerar.

En el caso de los balastos de doble nivel de potencia debe tenerse en cuenta lo expuesto, para lámparas de sodio a alta presión, en relación a la tensión de la red y de arco de la lámpara (apartados 7.2.2 y 7.2.3) y respecto a la eficiencia energética del equipo auxiliar (apartado 7.2.4).

Por tanto, es necesario considerar la influencia de la tensión de la red sobre la potencia en la lámpara (fig. 7.7) y, como consecuencia, las pérdidas adicionales por exceso de consumo energético, así como la reducción de la vida útil de las lámparas (fig. 7.8), lo que conlleva no alcanzar el anhelado ahorro en torno al 40% (tabla 8.1) debido a las razones expuestas durante las horas de funcionamiento de nivel reducido, que equivalen aproximadamente a un 22% del consumo total anual de la instalación.

Normativa

Los balastos serie tipo inductivo con doble nivel de potencia deberán cumplir lo dispuesto en las normas UNE EN 60922 y 60923, además de la especificación técnica del Comité Técnico de Certificación CTC-007 “Lámparas y Equipos Asociados” (AENOR). Asimismo, se ajustarán a lo establecido en las normas UNE EN 60555.P.2 y 61000.3.2 en lo relativo a perturbaciones en redes (armónicos y límites), así como la norma UNE EN 61547 sobre requisitos de inmunidad.

8.2.2. Reguladores estabilizadores en cabecera de línea

Los reguladores estabilizadores en cabecera de línea se fundamentan en una técnica que consiste básicamente en reducir la tensión de alimentación al conjunto lámpara - balastro, con lo que se obtienen disminuciones de potencia en torno al 40% para reducciones del flujo luminoso de la lámpara aproximadamente del 50%.

En la actualidad son equipos electrónicos estáticos, que actúan de forma independiente sobre cada una de las fases de la red, al objeto de estabilizar la tensión de cada una de éstas respecto al neutro común en el circuito de salida o utilización, y disminuir el nivel de dicha tensión a partir de la orden apropiada, para finalmente producir una reducción del flujo luminoso de la lámpara y el consiguiente ahorro energético.

Para tensiones de alimentación nominales al conjunto lámpara - balasto de 220 V, la reducción de tensión es a 175 V pudiendo admitirse hasta 180 V para el vapor de sodio a alta presión, y a 195 V para el vapor de mercurio a alta presión.

Se instalan en cabecera de línea, alojándose en el propio armario de maniobra y medida, que deberá sobredimensionarse, o bien ubicarse en un armario independiente junto a éste, siendo muy importante que las líneas eléctricas estén bien dimensionadas (secciones adecuadas), para evitar apagados en los puntos de luz más alejados del regulador - estabilizador en cabecera, debidos a la caída de tensión en las líneas.

A la misión fundamental de estabilización y reducción de tensión, distintos fabricantes añaden diferentes funciones complementarias, como pueden ser protecciones o dispositivos de seguridad, elementos de maniobra, medida, telecontrol, etc.

Con objeto de informar sobre las posibilidades de utilización práctica de estos sistemas, a continuación se recogen en la tabla 8.2 las potencias más usuales ofrecidas por los diferentes fabricantes de los reguladores estabilizadores en cabecera de línea.

TABLA DE POTENCIAS E INTENSIDADES EFICACES POR FASE

TABLA - 8.2

| POTENCIA | TENSIÓN RED | FASES | Imáx POR FASE |
|----------|-------------|---------|---------------|
| 7,5 KVA | 380 V | III + N | 11,4 A |
| 15 KVA | 380 V | III + N | 22,8 A |
| 22 KVA | 380 V | III + N | 33,5 A |
| 30 KVA | 380 V | III + N | 45,5 A |
| 45 KVA | 380 V | III + N | 68,5 A |
| 60 KVA | 380 V | III + N | 91,2 A |
| 7,5 KVA | 220 V | III | 19,7 A |
| 15 KVA | 220 V | III | 39,4 A |
| 22 KVA | 220 V | III | 58 A |
| 30 KVA | 220 V | III | 78,7 A |
| 45 KVA | 220 V | III | 118,5 A |
| 2,5 KVA | 220 V | I + N | 11,4 A |
| 5 KVA | 220 V | I + N | 22,8 A |

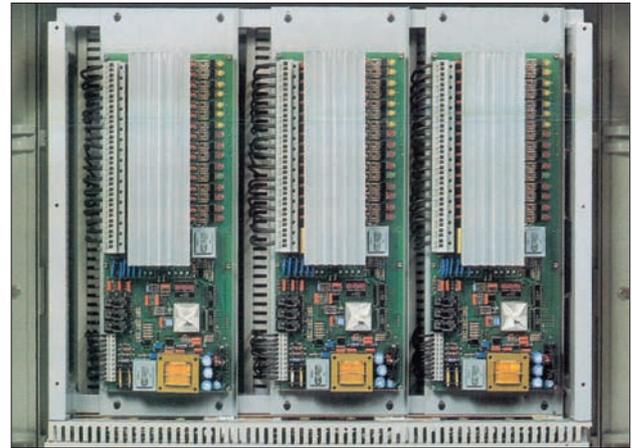


Fig. 8.4.- Regulador estabilizador en cabecera de línea

Ventajas e inconvenientes

La primordial ventaja de los reguladores estabilizadores en cabecera de línea sobre los balastos serie tipo inductivo de doble nivel de potencia, es la estabilización de la tensión de alimentación, tanto en el nivel máximo de plena potencia, como en el nivel reducido o segundo nivel.

Esta ventaja tiene importancia, por cuanto al mantenerse estabilizada la tensión de alimentación en los dos niveles reducido y pleno, no se ocasiona un incremento de potencia en lámpara y, en consecuencia, no existe influencia sobre la vida de la lámpara (fig. 7.7 y 7.8) que no se sobrecalienta, ni exceso de consumo energético por sobrepotencia.

También cabe destacar como preeminencia de los reguladores estabilizadores en cabecera de línea, respecto de los balastos electromagnéticos de doble nivel en instalaciones de alumbrado públicos existentes, que su implantación es relativamente fácil y sencilla sin que se precise una intervención, siempre costosa, en cada uno de los puntos de luz del alumbrado.

Por el contrario, de acuerdo con lo expuesto en el apartado 7.2.3 (véase fig. 7.9), la reducción del valor instantáneo de la tensión de la red producida por el regulador estabilizador en cabecera de línea, unida al incremento de la tensión de arco de la lámpara debido a su envejecimiento, da lugar a un cierto recorte de la vida útil de las lámparas, evaluable en un 10% aproximadamente, en consonancia con los resultados obtenidos en el referido Laboratorio de Ensayos. Ello impide se alcance el pretendido ahorro del 40% (tabla 8.1) durante el funcionamiento del nivel reducido.

Por otra parte, cabe señalar la incompatibilidad, o cuando menos, el bajo aprovechamiento de los reguladores estabilizadores en cabecera de línea en aquellas instalaciones de alumbrado en las que se mezclan las lámparas de vapor de sodio y las de vapor de mercurio, ambas a alta presión.

El efecto reseñado de las dos acciones de incremento de la tensión de arco de la lámpara y de disminución del valor instantáneo de la tensión de la red, se acentúa o aumenta en aquellas lámparas más alejadas del equipo regulador estabilizador en cabecera de línea, debido a las caídas de tensión a lo largo de los conductores eléctricos que alimentan los puntos de luz de la instalación de alumbrado público.

La precisión propia de cada equipo de regulación va a influir también en el ahorro energético, dado que si la tensión es inferior a 175 V podrían producirse apagados aleatorios de lámparas en la instalación de alumbrado público, y en el caso contrario de que dicha tensión sea superior a 175 V no se obtendría el ahorro energético óptimo previsto.

Normativa

Aun cuando los reguladores estabilizadores en cabecera de línea en la actualidad carecen de normativa específica que los regule, se recomienda se apliquen las partes concernientes de la norma UNE EN 60439 “Conjuntos de Aparata de Baja Tensión”.

En lo que atañe a la compatibilidad electromagnética cumplirán la norma EN 55015 relativa a perturbaciones radioeléctricas y las normas UNE EN 60555.P.2 y UNE EN 61000.3.2 respecto a perturbaciones en redes (armónicos y límites), así como la norma UNE EN 61547 sobre requisitos de inmunidad.

Respecto al comportamiento de los componentes electrónicos, los reguladores estabilizadores en cabecera de línea se ajustarán a lo dispuesto en el apartado 8.4 en lo referente a exigencias técnicas relativas a ensayos de compatibilidad electromagnética, temperaturas, seguridad, funcionamiento y hermeticidad.

8.2.3. Balastos electrónicos

De conformidad con lo expuesto en el apartado 7.4.1, el balasto electrónico es un dispositivo compacto que realiza las funciones del equipo auxiliar y, por tanto, sustituye al balasto electromagnético, condensador y arrancador (en las lámparas de sodio a alta presión). Lleva incorporado los elementos necesarios para efectuar de forma autónoma y automática y, en consecuencia, sin necesidad de una línea auxiliar de mando, la reducción del flujo luminoso de la lámpara y la potencia en determinados períodos de funcionamiento del alumbrado (potencia reducida o segundo nivel), con el consiguiente ahorro energético.

El balasto electrónico estabiliza la potencia en lámpara y, consecuentemente, el consumo en red tanto en funcionamiento a régimen reducido como a máxima potencia, frente a variaciones de tensión comprendidas entre

180 y 250 V. Como resultado, al estabilizar la potencia, mantiene la vida media de la lámpara de acuerdo con lo indicado en el apartado 7.2.2 (véase fig. 7.2).

En todas las condiciones de funcionamiento (máxima potencia y nivel reducido), las pérdidas propias del balasto electrónico no superan el 4 ó 5% de la potencia eléctrica consumida en lámpara, lo cual resulta ventajoso frente al consumo real del equipo auxiliar (balasto electromagnético, condensador y arrancador) que, tal y como se indica en el apartado 7.2.4, oscila entre un 9,3 y un 27,5% sobre la potencia nominal de la lámpara (véase fig. 7.10).

El balasto electrónico controla la intensidad de arranque de la lámpara, de forma que no se producen sobreintensidades durante el arranque en frío, y la corriente y potencia absorbida de la red crecen desde un valor reducido hasta el valor nominal, durante el período de estabilización térmica de la lámpara.

Ventajas e inconvenientes

Frente a los reguladores estabilizadores en cabecera de línea, los balastos electrónicos presentan, además de menores pérdidas propias por consumo del equipo auxiliar (apartado 7.2.4), cierta ventaja en el mantenimiento de la vida útil de las lámparas al no influir negativamente sobre la misma.

En cambio, respecto a los reguladores estabilizadores en cabecera de línea en instalaciones de alumbrado existentes, la implantación de los balastos electrónicos tiene la desventaja de que precisan una intervención punto a punto de luz, lo que implica un coste económico a considerar, además de resultar, más sensibles a las tormentas meteorológicas (rayos), elevadas temperaturas, perturbaciones eléctricas, etc., tal y como se indica en el apartado 8.4.

Normativa

En lo que concierne a la normativa a cumplir, los balastos electrónicos se ajustarán a lo dispuesto en las partes aplicables de las normas:

- UNE EN 60928 y UNE EN 60929
- EN 55015 respecto a compatibilidad electromagnética y perturbaciones radioeléctricas.
- UNE EN 60555.P.2 y UNE EN 61000.3.2 relativa a perturbaciones en redes (armónicos y límites)
- UNE EN 61547 sobre requisitos de inmunidad.

Asimismo, se tendrá en cuenta lo dispuesto en el apartado 8.4, en lo relativo a las exigencias técnicas respecto a los ensayos de compatibilidad electromagnética, de temperaturas y ciclos de las mismas, ensayos de seguridad, funcionamiento y hermeticidad, así como pruebas en instalaciones reales.

8.3. Sistemas de gestión centralizada

El paulatino deterioro de las instalaciones de alumbrado público solamente puede paliarse mediante un mantenimiento preventivo y correctivo idóneo, que requiere el ejercicio de funciones de vigilancia periódica para poder comprobar el estado de los distintos componentes de la instalación, y posteriormente a la vista de su estado, establecer las decisiones pertinentes en orden a efectuar operaciones de reposición de los elementos deteriorados o reparación de las averías acaecidas.

Considerando que las acciones de vigilancia tienen un carácter repetitivo y se llevan a cabo en áreas muy extensas (término municipal), la implantación de un sistema que evite las rondas de vigilancia del personal y permita obtener una información fiable, completa y continua del estado de los diferentes elementos de las instalaciones de alumbrado público, será esencial para una vez tratada adecuadamente dicha información, previa validación de la misma, efectuar las acciones y operaciones de mantenimiento, así como las actuaciones de ahorro energético que se estimen procedentes.

Ventajas

- 1º Ahorro energético, al ajustar los encendidos y apagados parciales o totales.
- 2º Ahorro de económico:
 - Por adopción de tarifas adecuadas
 - Reducción de los gastos de reposición y mantenimiento.
 - Supresión del servicio de personal para vigilancia nocturna.

Inconvenientes

- 1º- Costes del personal especializado que opera el sistema de gestión.
- 2º- Coste del mantenimiento del propio sistema de gestión.

8.3.1. Tipos de sistemas de gestión centralizada

Según el contenido y la nomenclatura establecida por el IDAE en el Cuaderno de Eficiencia Energética en Iluminación nº 5 (Noviembre de 1996), el sistema de gestión centralizada de instalaciones de alumbrado público que dicha publicación considera más completo consta de los siguientes dispositivos:

- Nivel Inferior: Constituido por la unidad de punto de luz (UPL), que recoge, entre otras, la información de lámpara, equipo auxiliar y fusible, así como la detección de portezuela del soporte abierta.
- Nivel Intermedio: Formado por la unidad de cuadro de alumbrado (UCA) que controla el cuadro eléctrico y mide sus magnitudes.
- Nivel Superior: Compuesto por la unidad de control remoto (UCR) que recibe la información completa de los dos niveles anteriores UPL y UCA, integrando la misma para su posterior gestión y generación de órdenes de actuación.

8.3.2. Funcionamiento del sistema

Las redes eléctricas que alimentan los puntos de luz de las instalaciones de alumbrado público, presentan una estructura que arranca del cuadro de alumbrado, conectado mediante acometida eléctrica en baja tensión a un centro de transformación. Del cuadro de alumbrado parten diferentes circuitos eléctricos abiertos, tendidos a lo largo de las distintas calles donde están implantados los puntos de luz, tal y como se refleja en la figura 8.5.

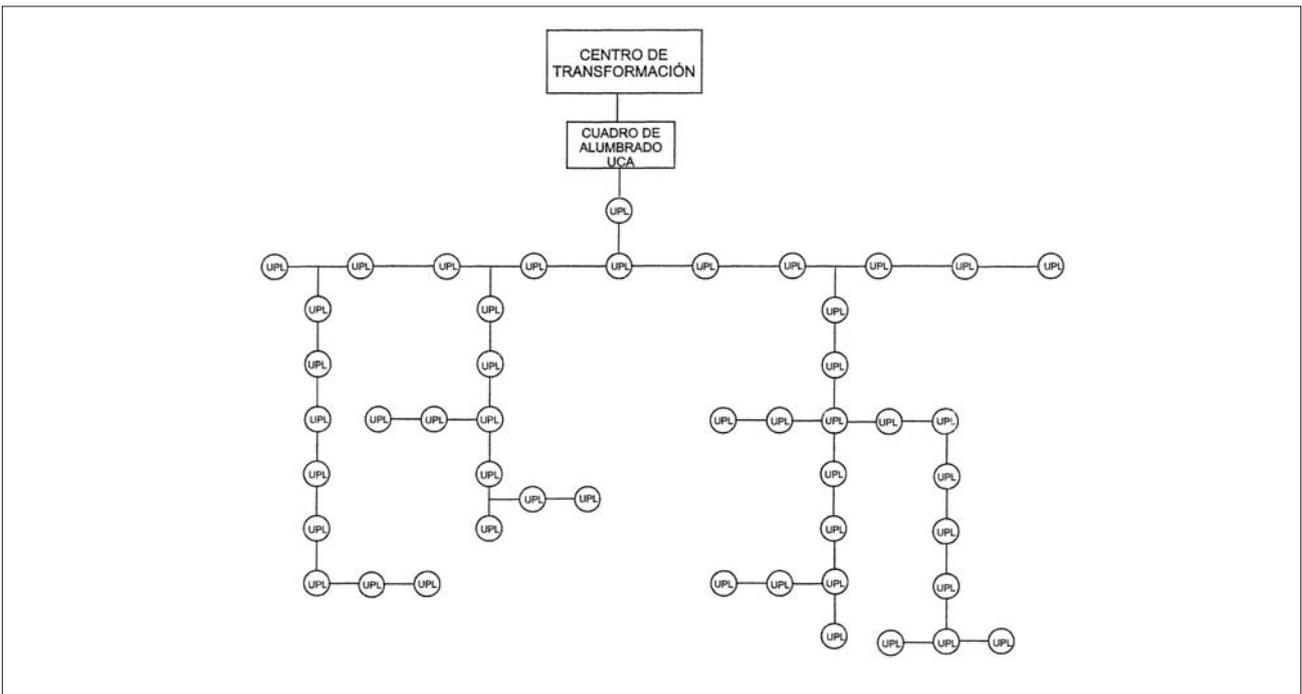


Fig. 8.5.- Estructura de las redes eléctricas de las instalaciones de alumbrado público

Los sistemas de gestión centralizada deben reproducir la estructura de las instalaciones de alumbrado público, tanto en el nivel inferior constituido por la unidad de punto de luz UPL, como en el nivel intermedio formado por la unidad de cuadro de alumbrado UCA y, finalmente, el nivel superior compuesto por la unidad de control remoto UCR, como se muestra en las figuras 8.5 y 8.6.

Según lo expuesto en el Cuaderno de Eficiencia Energética en Iluminación nº 5 (Noviembre 1996) del IDAE, el sistema de gestión centralizada de instalaciones de alumbrado que la mencionada publicación estima más completo es el que se expone a continuación.

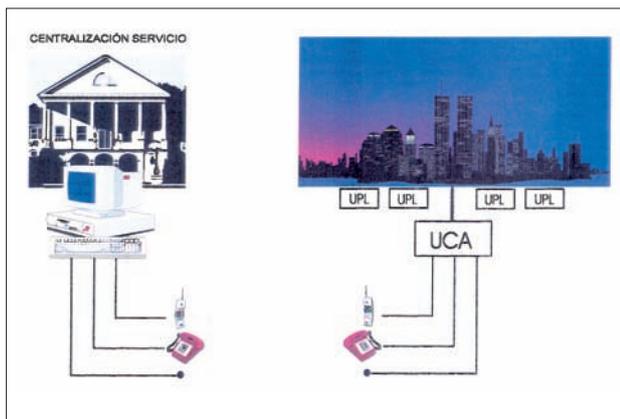


Fig. 8.6.- Sistema de gestión centralizada de las instalaciones de alumbrado público

Unidad de Punto de Luz

A instalar en cada punto de luz, bien en el alojamiento del equipo auxiliar, en el soporte o en la arqueta, de forma que si se apaga el mismo discriminará el fallo y proporcionará la información de si el elemento averiado es la lámpara, balasto, arrancador, condensador o fusible, así como la detección de la portezuela del soporte abierta. Asimismo, medirá la tensión de arco de la lámpara.

La unidad de punto de luz transmitirá los datos recogidos al nivel intermedio o unidad de cuadro de alumbrado a través de:

- 1º La propia red eléctrica de baja tensión que alimenta los puntos de luz, en presencia de tensión y para cualquier tipo de suministro ($3 \times 380 \text{ V} + \text{N}$; $3 \times 220 \text{ V}$; $2 \times 380 \text{ V} + \text{N}$; $220 \text{ V} + \text{N}$), salvo en el momento del encendido de la instalación (impulso de tensión de los arrancadores).
- 2º A través de la red eléctrica cuando la misma no está en tensión, es decir, se encuentra apagada, con lo cual la comunicación no se hace en tiempo real.
- 3º Mediante la instalación de cables específicos para ejecutar dicha tarea.

Unidad de Cuadro de Alumbrado

A implantar en cada cuadro de alumbrado y mide las tensiones de suministro, intensidades, potencia activa, energía consumida diariamente y acumulada, así como la energía reactiva.

Además la unidad de cuadro de alumbrado pone de manifiesto el apagado del cuadro de alumbrado público, su apertura y detecta los fallos del contactor y de aislamiento, controla el encendido y apagado de la instalación de alumbrado público y, finalmente, establece la comunicación con el nivel superior o unidad de control remoto.

La transmisión de la información de la unidad de cuadro de alumbrado a la unidad de control remoto puede llevarse a cabo mediante:

- Módem telefónico.
- Sistema GSM o de telefonía móvil.
- Sistema de radio.

En el caso de disponer de cableado específico que conecte las distintas UCA con la UCR la comunicación puede realizarse mediante:

- Salidas RS-485.
- Salidas RS-232, que permita la extracción de la información almacenada en la UCA, por medio de un ordenador portátil localmente en el propio cuadro de alumbrado.

Unidad de Control Remoto

A ubicar en el local previsto al respecto, bien en el propio Ayuntamiento o dependencia del Servicio Municipal de Alumbrado. Está formado por un PC con sus periféricos y el software específico. Recibe diariamente todos los datos suministrados por las unidades de cuadros de alumbrado que, una vez procesados y validados, dan lugar a la emisión de los partes de reparación con los elementos averiados y reposiciones precisas, sin necesidad de establecer un servicio con personal para vigilancia nocturna.

El software, dotado de diferentes bloques funcionales, deberá permitir seleccionar el modo de comunicaciones y establecer el correspondiente protocolo con el módem necesario, así como configurar todos los parámetros correspondientes a cada una de las unidades de cuadro de alumbrado UCA. Además, tendrá un módulo para obtener información en tiempo real de cada UCA y otro de supervisión que servirá para establecer monitorizaciones periódicas.

El software mediante un bloque funcional de alarmas, supervisará en tiempo real la producción de cualquier alarma en las instalaciones de alumbrado público. Asimismo, estará dotado de un módulo de estadística que se encargará de realizar un estudio estadístico de cada uno de los parámetros medidos a lo largo de un período de tiempo previamente establecido.



Fig. 8.7.- Unidad de control remoto del sistema de gestión centralizada de las instalaciones de alumbrado público

Expuesto el sistema que el IDAE en su publicación “Cuaderno de Eficiencia Energética en Iluminación nº 5” (Noviembre 1996)” considera más completo, dicha publicación contempla también otros sistemas en los que la unidad de punto de luz efectúa menos funciones e incluso no se implanta dicha unidad. Asimismo, describe otros sistemas que, tanto a nivel de cuadro de alumbrado como de unidad de control remoto, realizan también menos funciones que las referidas anteriormente.

8.3.3. Fiabilidad de funcionamiento

Para garantizar la fiabilidad de funcionamiento de los sistemas de gestión centralizada de las instalaciones de alumbrado público, deberán:

- Ajustarse a lo dispuesto en la normativa vigente.
- Someterse a diversos ensayos aceptación de compatibilidad electromagnética, temperaturas, seguridad, funcionamiento y hermeticidad (ver punto 8.4.2).
- Superar diversas pruebas de control y funcionamiento en instalaciones reales en las más variadas condiciones posibles (ver punto 8.4.2).

Todo ello se considera conveniente y recomendable teniendo en cuenta, en lo relativo a la transmisión de datos por la red eléctrica en tensión, que dicha red es un medio oscuro, hostil y muy cambiante, con oscilaciones de tensión, armónicos y sobretensiones, variabilidad de la impedancia característica de la red, etc., y que se deben cubrir determinadas distancias entre la unidad de punto de luz y la unidad de cuadro de alumbrado en la transmisión de datos.

Además, el entorno de las instalaciones de alumbrado público es agresivo, dado que las mismas se encuentran implantadas a la intemperie y, por tanto, sometidas a la cambiante meteorología, el polvo, viento, agentes contaminantes (corrosión), etc. Asimismo, deben tenerse presentes las tormentas meteorológicas con descargas eléctricas (rayos), así como las propias solicitaciones térmicas (alojamiento de equipos auxiliares) de las instalaciones de alumbrado público.

Normativa

Aun cuando los sistemas de gestión centralizada de las instalaciones de alumbrado público carecen de normativa específica que los regule, se recomienda se apliquen las partes concernientes de la normas:

- UNE EN 60439 “Conjuntos de Aparata de Baja Tensión”.
- UNE EN 60958 en lo relativo a la hermeticidad y las normas EN 61038 y UNE 20553.
- EN 55015 relativa a perturbaciones radioeléctricas, en lo que corresponde a la compatibilidad electromagnética.
- UNE EN 60555.P2 y UNE EN 61000.3.2 respecto a las perturbaciones en redes (armónicos y límites).
- UNE EN 61547 sobre requisitos de inmunidad.

Con carácter específico la unidad de punto de luz UPL deberá cumplir además:

- UNE EN 50065 “Transmisión de Señales por la Red Eléctrica de Baja Tensión: Reglas Generales, Bandas de Frecuencia y Perturbaciones Electromagnéticas”.

Además la unidad de cuadro de alumbrado UCA deberá ajustarse a la norma UNE EN 61038 sobre interruptores horarios.

En consecuencia, las unidades de punto de luz y cuadro de alumbrado deben superar, por una parte, los ensayos sobre temperaturas y ciclos de temperatura establecidos en el apartado 8.4.2 y, por otra parte, los ensayos de seguridad, funcionamiento y hermeticidad incluidos en idéntico apartado, además de las pruebas en instalaciones reales.

8.3.4. Requerimientos y criterios de selección de sistemas de gestión centralizada

La implantación de sistemas de gestión centralizada en las instalaciones de alumbrado público, requiere tener en cuenta una serie de requisitos a la hora de abordar dicha implantación.

Revisión de la Instalación

Debe procederse a un examen de la instalación de alumbrado público efectuando un inventario de los puntos de luz con especificación de su tipología, características y potencia, así como de los cuadros de alumbrado, constatando, en su caso, el cumplimiento del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.

En la instalación así como en cada cuadro de alumbrado, además de las comprobaciones de los tipos de armarios con los espacios disponibles, se realizarán las siguientes mediciones.

Equilibrio de Cargas.

Medición en la salida del interruptor automático de control de potencia (IPC) y en las salidas de los conductores, las intensidades de las tres fases y el neutro.

Medición de Aislamientos.

Se efectuarán entre neutro y tierra, así como entre neutro y fases, debiendo cumplir lo establecido en la Instrucción Técnica MI-BT-017.

Medición de Tierras.

Se ejecutará entre líneas de enlace con la tierra en sección mínima de 16 mm² y electrodos de tierra situados a unos 15 m.

Factor de Potencia.

Mediante la lectura de consumos entre los contadores de energía eléctrica activa y reactiva, se obtiene el $\cos \varphi$.

Caídas de Tensión.

Se comprobarán las caídas de tensión en los puntos más desfavorables de la red eléctrica de alimentación de los puntos de luz, midiéndose las tensiones entre las tres fases y neutro.

Comprobación de Protecciones.

Se verificarán las protecciones contra sobrecar-

gas y cortacircuitos, tanto en la acometida al cuadro de alumbrado, como en las salidas de la red de alimentación de los puntos de luz y cajas de protección de líneas.

Verificación de Conexiones.

Se examinará un porcentaje suficiente de conexiones y empalmes.

Evaluación de Necesidades y Análisis de Recursos

Considerando la magnitud de la instalación de alumbrado público, deberá concretarse el sistema de gestión centralizada a instalar, teniendo en cuenta que la complejidad del sistema debe estar estrechamente relacionado con los medios humanos y materiales de que se disponga.

Por tanto, si se carece de técnicos preparados para el manejo de los puestos centralizados de la unidad de control remoto UCR, puede ser más útil obtener los datos de forma manual en las unidades de cuadro de alumbrado.

Asimismo, si la instalación de alumbrado público no tiene las dimensiones suficientes en número de unidades, puede resultar innecesario o de escasa rentabilidad la implantación de un sistema de gestión centralizada de dichas instalaciones.

Dimensionamiento y Modulación del Sistema

En primer término, deben establecerse los criterios que servirán de base para la adopción de la decisión de implantar o no un sistema de gestión centralizada de las instalaciones de alumbrado público para, en un segundo término, dimensionar dicho sistema si la decisión de su implantación ha sido positiva.

Los criterios a considerar que se estiman básicos, son tanto de carácter económico con los ahorros que puedan obtenerse, como de seguridad, fiabilidad de funcionamiento, vigilancia y adecuado mantenimiento de las instalaciones de alumbrado público.

En la evaluación de la economía a obtener mediante la gestión centralizada del alumbrado deben cuantificarse los ahorros energéticos, de facturación, de reducción de costes de reposición y mantenimiento, así como de medios personales y materiales de vigilancia nocturna. Por otra parte, también deben valorarse los gastos del personal especializado que deberá operar el sistema de gestión centralizada (unidad de control remoto) y el gasto de mantenimiento del propio sistema de gestión centralizada.

Para adoptar un concreto dimensionamiento del sistema de gestión centralizada debe considerarse el tama-

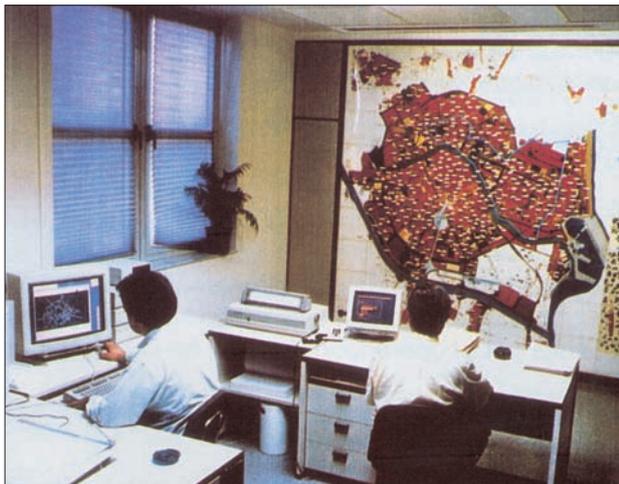


Fig. 8.8.- Sistema de gestión centralizada de instalaciones de alumbrado público

ño de las instalaciones de alumbrado público, teniendo en cuenta el número de cuadros de alumbrado y el número total de puntos de luz.

8.4. Comportamiento de los componentes electrónicos

Respecto al comportamiento de los componentes electrónicos incluidos en:

- Distintos dispositivos de encendido y apagado.
- Sistemas de regulación del nivel luminoso.
- Sistemas de gestión centralizada.

además de exigir el cumplimiento de la normativa vigente sobre compatibilidad electromagnética, debe tenerse un especial cuidado en su protección frente a:

- Los agentes atmosféricos y tormentas meteorológicas, principalmente entre nubes y tierra con sobrecargas eléctricas (rayos).
- Las variaciones del suministro de energía eléctrica, microcortes, perturbaciones eléctricas y radioeléctricas en la red.
- Elevadas temperaturas.

Asimismo, a la hora de prever la transmisión de datos a través de la propia red eléctrica de la instalación de alumbrado público, debe tenerse presente que dicha red es un medio oscuro, hostil y muy cambiante, por lo que los ensayos de aceptación de dispositivos deben ser exhaustivos y muy rigurosos.

8.4.1. Transmisión de información

La transmisión de datos puede ser de tipo monofuncional, es decir, elementos que tan solo emiten, o bien tan solo reciben información, o de tipo polifuncional, es decir, que emiten y reciben o viceversa.

En la transmisión de información o datos debe contemplarse la distancia entre emisor y receptor, la velocidad de transmisión de la información, el comportamiento frente a condiciones ambientales adversas y la posibilidad de ampliación del sistema en el futuro.

Además del sistema de conexión directa del emisor y el receptor mediante un conductor, de acuerdo con la magnitud eléctrica empleada, existen los sistemas de transmisión de datos por corriente, tensión y frecuencia.

Transmisión por Corriente

Se realiza por medio de una onda portadora periódica alterna como soporte de la información, sobre la cual se emiten una serie de impulsos de corriente de amplitud o frecuencia modulada, que debidamente filtrados se recogen en un receptor. El inconveniente de este sistema es que la caída de tensión limita las distancias de transmisión, y como los receptores están en serie, cada uno introduce caídas de tensión adicionales. No se utilizan potencias excesivas y solo se puede transmitir información en un sentido.

Transmisión por Tensión

Existen dos tipos, los que utilizan una sola línea para cada señal con un conductor común de retorno para todas y se emplean generalmente para distancias cortas y velocidades de transmisión bajas, y las denominadas diferenciales que utilizan dos líneas para cada señal y los receptores aplican sólo las diferencias entre ambas.

Entre los primeros pueden distinguirse los siguientes:

- *RS 232*.- Transmisión en serie, con un solo conductor para cada dato y retorno común, con transmisión punto a punto para distancias cortas y bajas velocidades.
- *RS 423*.- Mismo sistema, pero mejorado para posibilitar instalar varios receptores en la línea, y con forma de onda de señal controlada.

Respecto a los segundos sistemas pueden señalarse los siguientes:

- *RS 422*.- Sistema que permite detecciones de una señal de 200 mV en presencia de una señal de ± 7 V. Tiene el inconveniente de que si hay varios receptores conectados sobre el mismo par de conductores, tan solo uno puede emitir información.
- *RS 485*.- Supera los inconvenientes del anterior y está dotado de una protección para el caso de que se realice un intento de transmisión simultánea, permitiendo la presencia de 32 emisores y 32 receptores sobre la misma línea.

Transmisión por Frecuencia

Se trata de sistemas de modulación de frecuencias de una señal portadora que se utilizan para transmitir datos e información a cierta distancia y de una forma segura, pero con limitaciones de velocidad.

Se transmiten los datos mediante la modulación de dos frecuencias bien definidas correspondientes a dos niveles lógicos de la señal digital. El receptor de estas señales las amplifica, las filtra y extrae solamente información de frecuencia, que es mucho menos susceptible de interferencias que cualquier otro sistema basado en niveles de tensión o de corriente.

Se puede efectuar la transmisión simultánea de varios emisores por medio de la codificación de distintos canales de frecuencia para cada uno, y disponiendo después de los filtros pasabanda adecuados. El sistema de comunicación requiere el desarrollo de los correspondientes dispositivos, protocolos e interfaces.

8.4.2. Exigencias técnicas

En lo concerniente al comportamiento de los componentes electrónicos de los sistemas de encendido y apagado y de los sistemas de regulación del nivel luminoso, así como de los dispositivos que constituyen los sistemas de gestión centralizada de instalaciones de alumbrado público, se recomienda efectuar como mínimo los ensayos de aceptación de compatibilidad electromagnética, temperaturas, seguridad, funcionamiento y hermeticidad que se señalan a continuación.

Compatibilidad Electromagnética

Deben cumplirse las normas UNE EN 55022 sobre las características de las perturbaciones radioeléctricas y UNE EN 50065 "Transmisión de Señales por la Red Eléctrica de Baja Tensión: Reglas Generales, Bandas de Frecuencia y Perturbaciones Electromagnéticas", así como la norma UNE 20801 sobre compatibilidad electromagnética y, además, las normas UNE EN 60801 y UNE EN 61000 también sobre compatibilidad electromagnética.

Ensayos de Temperaturas

Se recomienda que se garantice que los componentes y balastos electrónicos, así como las unidades de punto de luz UPL, soporten la misma temperatura que los condensadores y arrancadores alojados en las luminarias, es decir 85-90° C, mientras que las unidades de cuadro de alumbrado UCA deben soportar como mínimo 60° C, o cuando menos aquellas temperaturas declaradas por los fabricantes del equipo y la luminaria.

Se considera que las pruebas deberían ser similares a los ensayos de durancia de arrancadores, es decir, a los que al respecto se establecen en las normas EN-60926 y EN-60927, o lo que es lo mismo, mantener dichos dispositivos durante 720 horas ininterrumpidas a la máxima temperatura ambiente para la que han sido diseñados. Los componentes, balastos electróni-

cos y la UPL a 85-90° C y la UCA a 60° C, o cuando menos aquellas temperaturas declaradas por los fabricantes del equipo y la luminaria, estando todos los elementos y dispositivos en funcionamiento.

Ensayos de Ciclos de Temperaturas

Se propone someter a los componentes y balastos electrónicos y a las unidades de punto de luz UPL, así como a las de cuadro de alumbrado UCA a ensayos de ciclos de temperaturas mínima y máxima simulando una instalación real, tal como sucede en climas fríos al encenderse la instalación de alumbrado, en la que dichas unidades pasan de una temperatura baja a una elevada. El ensayo a realizar podría ser el mismo que se llevaba a cabo en los balastos electrónicos para lámparas fluorescentes, es decir, 5 ciclos de una hora a la mínima temperatura (-10° C) para la que está proyectada la unidad de punto de luz UPL y la de cuadro de alumbrado UCA, así como los componentes y balastos electrónicos y una hora a la máxima temperatura: 85-90° C para la UPL, componentes y balastos electrónicos, y 60° C para la UCA, o cuando menos aquellas temperaturas declaradas por los fabricantes del equipo y la luminaria, estando los mencionados elementos y dispositivos en funcionamiento.

Ensayos de Seguridad

Se estima conveniente para las unidades de punto de luz UPL, que están previstas para funcionar junto a los equipos auxiliares para lámparas de descarga, que las citadas UPL superen los mismos ensayos de seguridad previstos para dichos equipos auxiliares en las normas EN-60926 y EN-60928. Igual recomendación se estima aplicable para los componentes y balastos electrónicos que se encuentren en las mismas circunstancias, debiéndose ajustar también la UPL a la norma UNE 20553 sobre reglas de seguridad para aparatos de medida electrónicos.

Ensayos de Funcionamiento

Se aconseja, asimismo para los componentes y balastos electrónicos, así como para las unidades de punto de luz UPL, que se sometan a ensayos de verificación de funcionamiento de acuerdo con los límites definidos para dichos componentes y unidades, dentro del rango de tensión de alimentación establecido que, como mínimo, deberá estar comprendido entre 0,92 Vn y 1,06 Vn, correspondiendo a Vn el valor de la tensión nominal de la red de alimentación de los equipos.

Convendría valorar en los ensayos de funcionamiento de los componentes electrónicos y de la unidad de punto de luz UPL, prever todos los casos posibles que puedan darse en la práctica, como por ejemplo la instalación de regulador - estabilizador de tensión en cabe-

cera de línea, la existencia en el mercado de todo tipo de lámparas a veces con características “sui géneris”, etc.

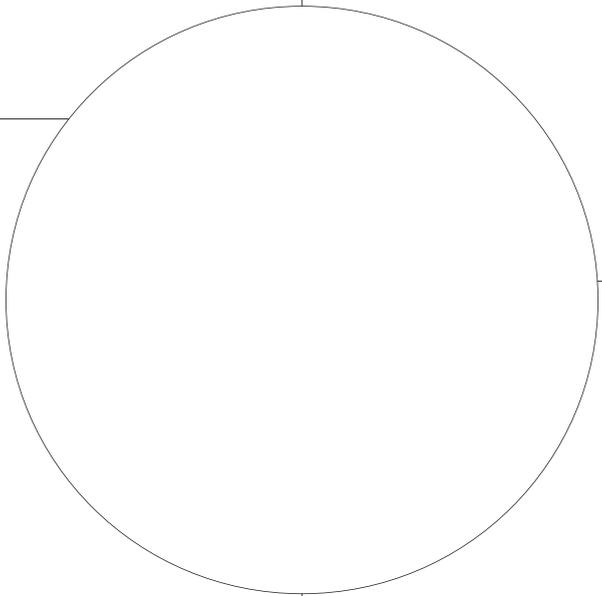
Ensayos de Hermeticidad

Se precisa que, tanto los componentes y balastos electrónicos como las unidades de punto de luz UPL y de cuadro de alumbrado UCA, se sometan a ensayos de hermeticidad de conformidad con lo dispuesto en la norma EN-60598, recomendándose se garanticen unos grados de protección IP67 para los componentes y balastos electrónicos y las unidades de punto de luz UPL, y de IP65 para el cuadro de alumbrado UCA, o en ambos casos los grados adecuados o suficientes, teniendo en cuenta que dentro de la luminaria pueden producirse procesos de condensación, depósitos de polvo, entrada de agua, etc.

Pruebas en Instalaciones Reales

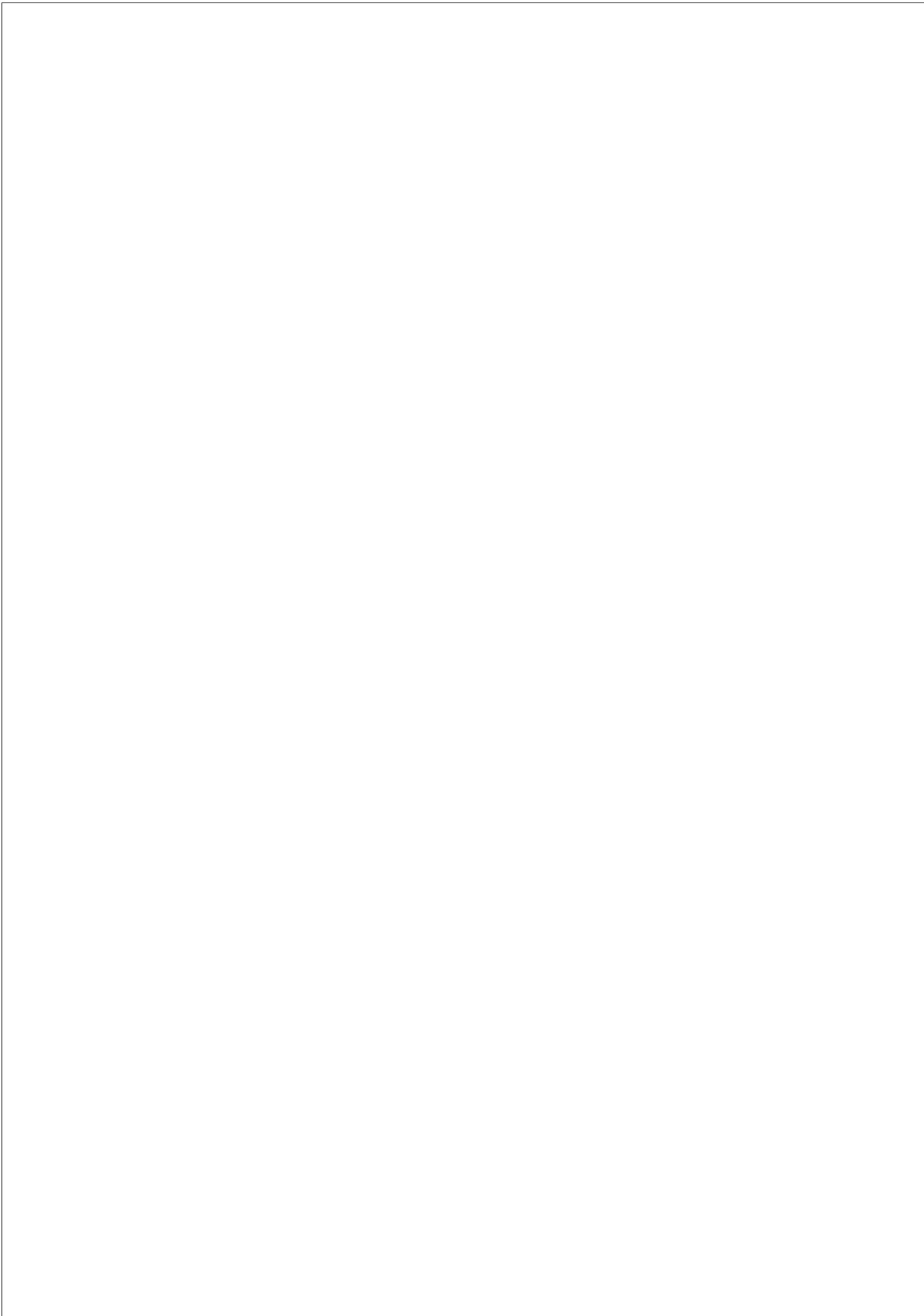
Se entiende apropiado efectuar ensayos exhaustivos de operación de los componentes y balastos electrónicos, así como de las unidades de punto de luz UPL y de cuadro de alumbrado UCA, para todos los casos y supuestos que puedan presentarse en la realidad.





9 Luminarias





9. Luminarias

9.1. Luminarias

Son aparatos que distribuyen, filtran o transforman la luz emitida por una o varias lámparas. Contienen todos los accesorios necesarios para fijarlas y protegerlas y, cuando resulta necesario, disponen de los circuitos y dispositivos necesarios para conectarlas a la red de alimentación eléctrica.

9.1.1. Constitución de las luminarias

La luminaria se compone de cuerpo o carcasa, bloque óptico y alojamiento de auxiliares, además de las juntas de hermeticidad, cierres, etc., tal y como se representa en la figura 9.1.

El cuerpo o envolvente principal es la parte que estructuralmente soporta a los conjuntos óptico y eléctrico de la luminaria y, por tanto, debe ser resistente mecánicamente, ligero de peso y con excelentes propiedades de dispersión, resistencia térmica y duración, además de cumplir una misión estética. Aun cuando existen cuerpos de plásticos técnicos y chapa de aluminio, se consideran en principio como los más idóneos los cuerpos o carcasas de aleación ligera, como es el caso de la inyección de aluminio.

El bloque óptico puede estar formado por reflector, refractor y difusor. Los reflectores son normalmente de aluminio de máxima pureza, pulido, abrillantado y tratado normalmente mediante oxidación anódica. El refractor de calidad habitualmente es de vidrio de ele-

vada transmitancia e inalterabilidad a la luz natural o artificial, debiendo ser pequeño su coeficiente de dilatación térmica, obteniéndose los refractores bien por prensado o soplado.



Fig. 9.1.- Luminaria con especificación de las partes que la constituyen

Los alojamientos de auxiliares deben ser mecánicamente resistentes para soportar adecuadamente el peso del equipo eléctrico y térmicamente han de disipar muy bien el calor generado por el propio funcionamiento del equipo eléctrico, con unas dimensiones suficientes para dicho equipo, de fácil accesibilidad y seguridad, que permita con comodidad realizar las reparaciones y reposiciones que se precisen.

Las juntas de hermeticidad han de ser flexibles, resistentes a alta temperatura y a los agentes atmosféricos, empleándose normalmente cauchos silicónicos, policloroprenos, termopolímeros de etileno-propileno, juntas de poliéster calandrado, etc.

La luminaria y, en concreto, el bloque óptico debe estar dotado de los correspondientes dispositivos de reglaje, de forma que pueda variarse la posición de la lámpara respecto al reflector, de acuerdo con el tipo de implantación y prestaciones que se requieran de la luminaria.

Se entiende por reglaje de una luminaria, en general, la posición de la lámpara respecto al reflector. Uno de los sistemas más utilizados para situar la lámpara en relación al reflector es el que se ha representado en la figura 9.2, a base de diversas posiciones del portalámparas.

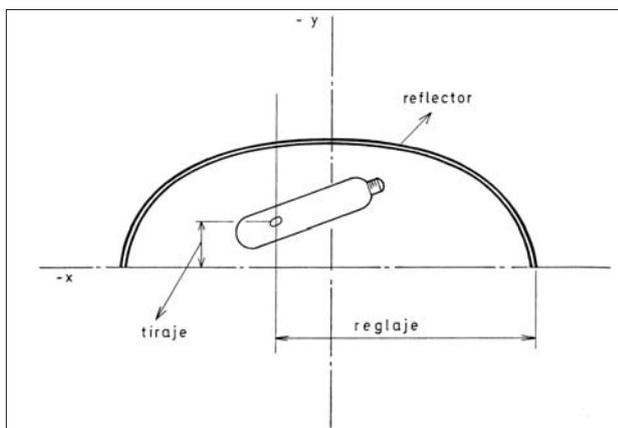


Fig. 9.2.- Reglaje de una luminaria

9.1.2. Normativa y control de calidad

Una luminaria es un aparato eléctrico y, consecuentemente se le debe exigir que cumpla los mismos requisitos de seguridad que el resto de aparatos eléctricos:

- UNE-20314, de protección de las personas contra los contactos eléctricos.

Pueden utilizarse luminarias Clase I y Clase II, recomendándose la instalación de éstas últimas, por considerarlas con un mayor grado de protección contra los contactos eléctricos.

Para especificar el grado de hermeticidad se lleva a cabo mediante unas siglas IP seguida de 2 cifras, la primera de las cuales corresponde a la protección contra la penetración de cuerpos sólidos, partículas y polvo, y la segunda cifra indica el grado de protección contra la entrada de líquidos, agua, lluvia, etc.

- EN-60598, relativa a los ensayos para la comprobación de cada uno de los grados de protección.
- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, las Instrucciones Complementarias del mismo MI-BT.
- Demás reglamentaciones nacionales y de la unión europea concordantes en la materia.

El control de calidad comprenderá la realización de ensayos sobre características constructivas que garanticen el cumplimiento de las normas UNE-EN 60.598 de luminarias para alumbrado público y UNE-20.314 referente a protección contra los choques eléctricos, así como ensayos sobre características fotométricas tales como la medición de la matriz de intensidades, del factor F ó superficie aparente del área de emisión de la luminaria vista bajo un ángulo de 76° expresada en m^2 , etc.

9.1.3. Clasificación fotométrica de las luminarias

Fotometría

Como definición más idónea y con la finalidad de simplificar los cálculos fotométricos, se define el centro fotométrico de una luminaria como el punto donde se sitúa la fuente luminosa puntual imaginaria que tiene la misma distribución espacial de intensidades luminosas que la luminaria.

Existen tres sistemas de coordenadas fotométricas: A- α , B- β y C- γ , definidos según la distinta posición en el espacio del eje polar.

Si el eje polar es el OX se define el sistema A- α que apenas tiene aplicación práctica. Si el eje polar es el OY se establece el sistema B- β utilizado por los proyectores y, por último, si el eje polar es el eje OZ se define el sistema de coordenadas C- γ , que se emplea en las luminarias de alumbrado público.

En el sistema de coordenadas (C, γ), c son los planos verticales que giran alrededor del eje polar, correspondiendo los ángulos $c=0^\circ$ y $c=180^\circ$ al plano paralelo al eje longitudinal de la calzada y los ángulos $c=90^\circ$ y $c=270^\circ$ (al plano perpendicular a este eje. Los ángulos γ representan los ángulos de elevación en cada uno de los semiplanos verticales c, correspondiendo el valor $\gamma=0^\circ$ al eje vertical descendente que pasa por el centro fotométrico y $\gamma=180^\circ$ al eje vertical ascendente.

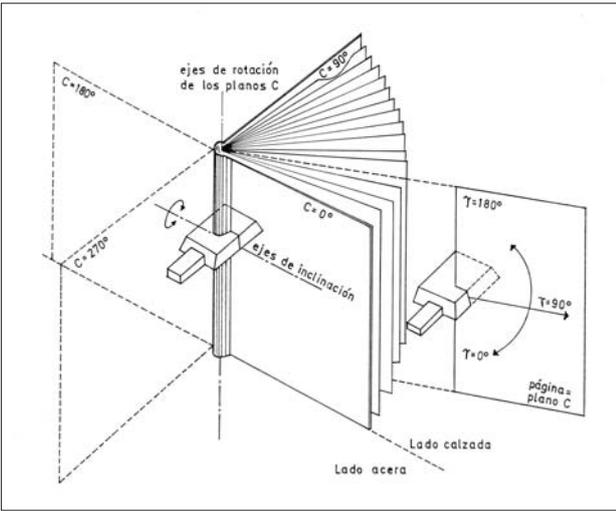


Fig. 9.3.- Sistema de representación C-γ

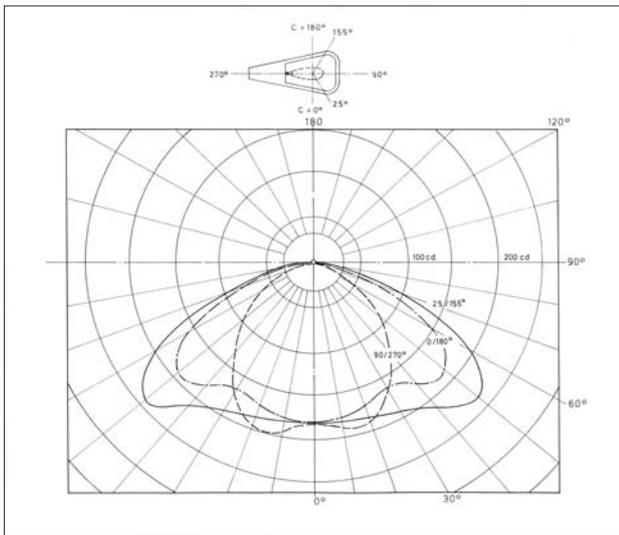


Fig. 9.4.- Curvas polares de distribución de la intensidad luminosa.

Otra forma de representar las intensidades de una luminaria son las curvas de distribución de la intensidad luminosa, que son curvas polares en las que se representan los valores de las intensidades luminosas en candelas, correspondientes a un flujo nominal de 1.000 lm, medidos sobre uno o varios planos verticales "C".

Se representan las intensidades luminosas en los planos verticales siguientes: paralelo al eje longitudinal de la calzada $C = 0^\circ$ y $C = 180^\circ$, perpendicular al eje longitudinal de la calzada $C = 90^\circ$ y $C = 270^\circ$, y plano "C" de máxima intensidad luminosa o plano principal.

En la figura 9.4 se adjunta un ejemplo de este tipo de curvas polares, en el que el plano de máxima intensidad corresponde a $C = 25/155^\circ$.

Las luminarias se clasifican fotométricamente en función del alcance, la dispersión y el control del deslumbramiento.

Alcance

Es la distancia a la que la luz de la luminaria queda distribuida a lo largo de la calzada y queda definida por el ángulo de elevación del centro del haz γ máx. Es el valor medio entre los dos ángulos de elevación del 90 % de la intensidad máxima, correspondientes al plano principal o plano de máxima intensidad luminosa.

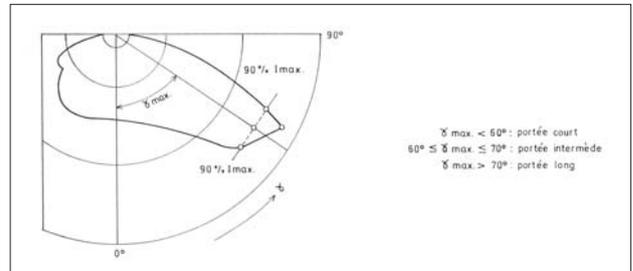


Fig. 9.5.- Alcance longitudinal

Los distintos grados de "alcance" que se establecen para las luminarias son los siguientes:

- Alcance Corto: γ máx. $< 60^\circ$
- Alcance Intermedio: $60^\circ \leq \gamma$ máx. $\leq 70^\circ$
- Alcance Largo: γ máx. $> 70^\circ$

Dispersión

Es la distancia a la que la luz de la luminaria queda distribuida a lo ancho de la calzada, y se define mediante la posición de la línea, paralela al eje de la calzada, que es tangente al contorno de la curva del 90 % de la intensidad máxima de la calzada, $\gamma 90^\circ$. De las dos posibles líneas tangentes al contorno de la curva del 90 % $I_{máx}$, se adoptará la más alejada.

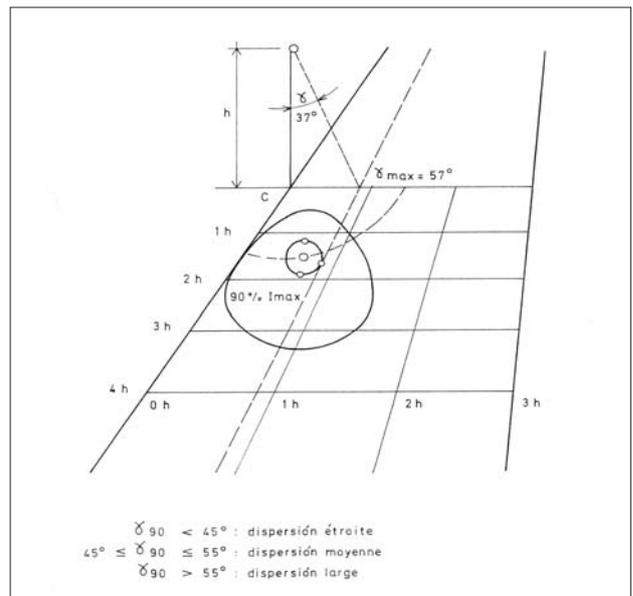


Fig. 9.6.- Dispersión transversal

Los distintos grados de “dispersión” que se establecen para las luminarias son los siguientes:

| | |
|----------------------|---|
| Dispersión Estrecha: | $\gamma_{90^\circ} < 45^\circ$ |
| Dispersión Media: | $45^\circ \leq \gamma_{90^\circ} \leq 55^\circ$ |
| Dispersión Ancha: | $\gamma_{90^\circ} > 55^\circ$ |

Control del Deslumbramiento

Se define por el índice específico de la luminaria (IEL), que viene establecido por la siguiente expresión:

$$IEL = 13,84 - 3,31 \log I_{80^\circ} + 1,3 (\log I_{80^\circ} / I_{88^\circ})^{0,5} - 0,08 \log I_{80^\circ} / I_{88^\circ} + 1,29 \log F + C$$

siendo:

I_{80° = Intensidad luminosa con un ángulo de elevación de 80° en dirección paralela al eje de la calzada, expresada en candelas (cd)

$I_{80^\circ} / I_{88^\circ}$ = Razón de la intensidad luminosa en 80° y 88° , denominada razón de retroceso.

F = Superficie aparente del área limitada de la luminaria vista bajo un ángulo de 76° , expresada en m^2 .

C = Factor cromático que depende del tipo de lámpara: sodio de baja presión + 0,4; otras 0.

Los distintos grados de control del deslumbramiento que se establecen para las luminarias son los siguientes:

| | |
|---------------------------|---------------------|
| Control Débil o Limitado: | $IEL < 2$ |
| Control Moderado: | $2 \leq IEL \leq 4$ |
| Control Fuerte o Intenso: | $IEL > 4$ |

9.1.4. Rendimiento de una luminaria

El flujo producido por una lámpara instalada en una luminaria sufre ciertas pérdidas, de manera que únicamente una parte del mismo es emitida por la luminaria. Se define rendimiento de una luminaria a la relación entre el flujo emitido por la luminaria y el flujo producido por la lámpara o las lámparas instaladas en la misma.

$$\eta = \frac{\text{Flujo Luminaria}}{\text{Flujo Lámpara}} \%$$

Por otra parte, el flujo emitido por la luminaria no se distribuye totalmente en la superficie de referencia o zona de iluminación, denominándose utilización a la relación entre el flujo que llega a dicha zona de iluminación y el flujo emitido por la luminaria.

$$U = \frac{\text{Flujo zona}}{\text{Flujo Luminaria}} \%$$

Se define factor de utilización de una luminaria a la relación existente entre el flujo incidente en la superficie de referencia o zona de iluminación y el flujo emitido por la lámpara o lámparas alojadas en la luminaria.

$$Fu = \frac{\text{Flujo zona}}{\text{Flujo Lámpara}} \% = \eta \times U$$

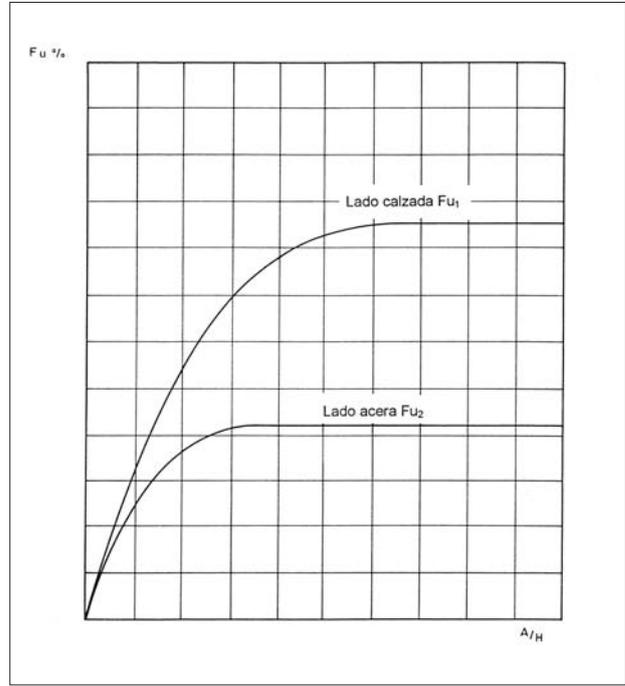


Fig. 9.7.- Curvas del factor de utilización

El factor de utilización F_u se expresa en forma de curvas en función de la relación anchura de calzada/altura de implantación de la luminaria, y dichas curvas se establecen por integración del flujo útil sobre la superficie a iluminar, obteniéndose un valor F_{u1} , para el semiplano de la calzada hacia adelante desde la luminaria y F_{u2} el correspondiente semiplano hacia atrás. Tal y como se representa en la figura 9.7, en ordenadas se obtiene el factor de utilización F_u en tanto por ciento y en abscisas se representa la relación anchura de calzada/altura de implantación de la luminaria.

Las colas horizontales de las curvas del factor de utilización de la luminaria nos señalan los límites de la zona de distribución del flujo luminoso, de forma que la suma de los valores correspondientes a ambas colas, nos indica el rendimiento de la luminaria.

$$\eta = F_{u1} + F_{u2} \%$$

Además, los puntos en los que se llega a iniciar las colas horizontales señalan los límites de la zona en que se distribuye el flujo emitido por la luminaria y, por tanto, corrigiendo la inclinación altura o saliente de la luminaria, se pueden conseguir mejores condiciones de utilización.

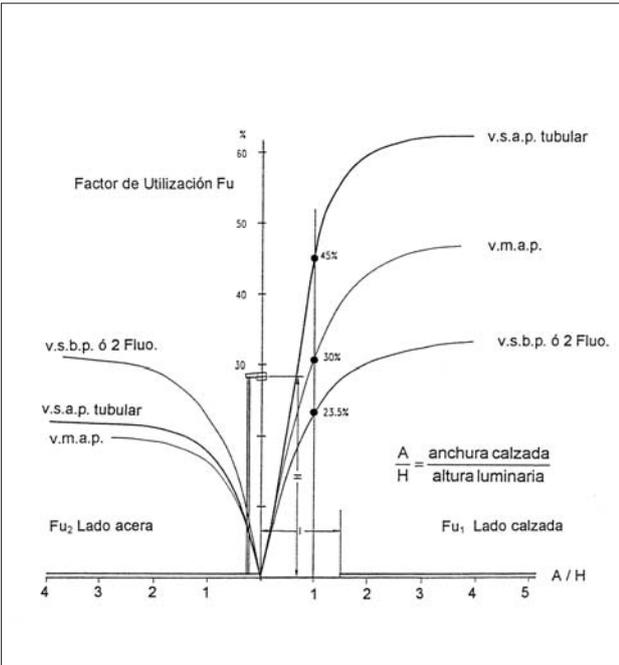


Fig. 9.8.- Diversas curvas del factor de utilización

En la figura 9.8, para una relación anchura calzada/altura punto de luz igual a la unidad, puede observarse que las luminarias equipadas con lámpara de vapor de sodio a alta presión (v.s.a.p.) tubular en el lado de la calzada tienen un factor de utilización del 45%, mientras que las dotadas con lámpara de vapor de mercurio a alta presión (v.m.a.p.) el factor de utilización es del 30%. Por último, en el caso de luminarias con lámpara de vapor de sodio a baja presión (v.s.b.p.) o con 2 tubos fluorescentes el factor de utilización alcanza el 23,5%.

9.1.5. Factor de depreciación o mantenimiento

El factor de depreciación o mantenimiento se define, como la relación entre la iluminancia media en la calzada después de un período determinado de funcionamiento de la instalación de alumbrado público, y la iluminancia media obtenida al inicio de su funcionamiento como instalación nueva.

La iluminancia proporcionada a una calzada por una instalación de alumbrado público, decrece con el tiempo debido fundamentalmente a las siguientes causas:

- Disminución del flujo emitido por las lámparas debido a su envejecimiento.
- Descenso del flujo distribuido por la luminaria debido a su ensuciamiento, por penetración y acumulación de polvo, agua, humedad, etc. en el interior del bloque óptico de la luminaria.

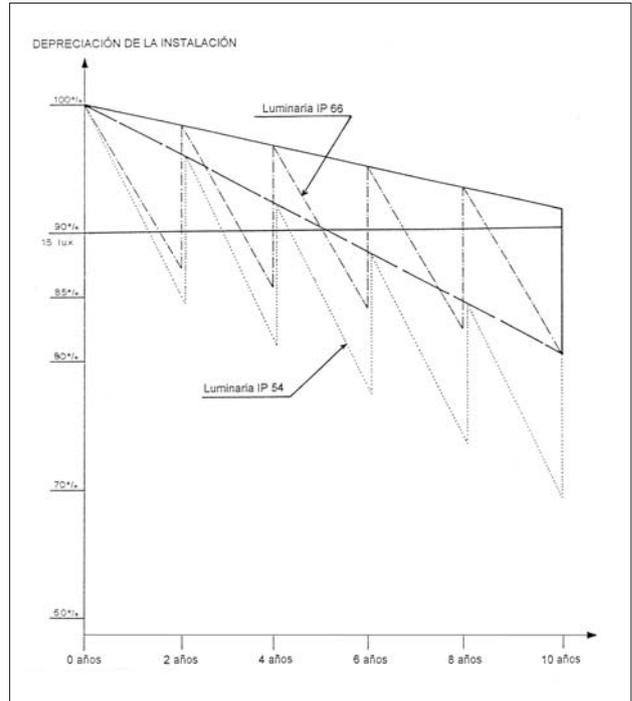


Fig. 9.9.- Depreciación o mantenimiento de la instalación de alumbrado

Una instalación de alumbrado público dotada de luminarias con un grado de hermeticidad en el bloque óptico de IP54, se deprecia por ensuciamiento bastante más que otra instalación con luminarias con una hermeticidad IP65 ó IP66 (véase fig. 9.9), de forma que en este segundo caso el factor de depreciación o mantenimiento resulta considerablemente mejor, lo cual debe considerarse no solamente cuando se realiza el cálculo luminotécnico de la instalación, sino también debe tenerse presente en la explotación y mantenimiento de la misma.

9.2. Tipos y características de las luminarias

Las luminarias para instalaciones de alumbrado público en calzadas con tráfico de vehículos se pueden clasificar en Tipo I, Tipo II y Tipo III, esta última abierta con fotometría fija, cuerpo de chapa de aluminio o de plásticos técnicos y con equipo eléctrico incorporado.



Fig. 9.10.- Luminaria "Tipo I"

La luminaria Tipo I, como la Tipo II, serán de primera calidad entre las existentes en el mercado, con sistema óptico cerrado, fotometría regulable, cuerpo de inyección de aluminio. La luminaria Tipo I con cierre de vidrio tendrá una mayor capacidad y grado de hermeticidad que la Tipo II, cuyo cierre podrá ser bien de vidrio metacrilato o policarbonato, y también abierta o sin cierre.

Para caminos peatonales en urbanizaciones en manzana abierta podrá utilizarse una luminaria Tipo Peatonal, con fotometría regulable o fija, cuerpo de inyección o plásticos técnicos y cierre de vidrio o policarbonato. Asimismo, en jardines, andadores y caminos peatonales podrán implantarse globos de metacrilato o policarbonato y aparatos similares, siempre y cuando se limite la emisión de flujo luminoso hacia el cielo.



Fig. 9.11.- Luminaria "Tipo II"



Fig. 9.13.- Luminaria "Tipo Peatonal"



Fig. 9.12.- Luminaria "Tipo III"



Fig. 9.14.- Luminaria "Tipo Artístico"

En zonas monumentales o artísticas y en cascos históricos podrán preverse luminarias Tipo Monumental o Artístico, de cuidada estética, siendo recomendable que los faroles lleven incorporado en su interior un sistema óptico que permita dirigir la luz adecuadamente y reducir la contaminación luminosa.

Para calles peatonales comerciales o de ocio modernas podrá optarse por luminarias Tipo Proyector o Futurista, de líneas estéticas adecuadas que se integren en su entorno.

Las características que como mínimo deben cumplimentar las luminarias a instalar en las vías de tráfico de alta y moderada velocidad correspondientes a los grupos de situaciones de alumbrado A y B, se resumen en la tabla siguiente:

TABLA - 9.1

| TIPO DE LUMINARIA | TIPO I - G | TIPO I | TIPO II - V | TIPO II - P | TIPO II - A | TIPO III |
|--------------------------------|------------------------------|------------------------------|---|---|---|---------------------------------|
| Sistema óptico | Cerrado | Cerrado | Cerrado | Cerrado | Abierto | Abierto |
| Fotometría | Regulable | Regulable | Regulable | Regulable | Regulable | Fija |
| Capacidad | Hasta 600 W s.a.p. 400 W (R) | Hasta 400 W s.a.p. 250 W (R) | Hasta 250 W s.a.p. 150 W (R) | Hasta 250 W s.a.p. 150 W (R) | Hasta 250 W s.a.p. 150 W (R) | Hasta 250 W s.a.p. 150 W (R) |
| Composición Cuerpo | Inyección aluminio | Inyección aluminio | Inyección aluminio (R) Plásticos Técnicos | Inyección aluminio (R) Plásticos técnicos | Inyección aluminio (R) Plásticos técnicos | Aluminio (R) Plásticos técnicos |
| Hermeticidad EN-60.598 | IP 66 IP 65 (R) | IP 66 IP 65 (R) | IP 66 IP 65 (R) | IP 65 (R) IP 55 | IP 23 | IP 23 |
| Equipo eléctrico incorporado | Si | Si | Si | Si | Si | Si |
| Seguridad eléctrica UNE-20.314 | Clase II (R) Clase I | Clase II (R) Clase I | Clase II (R) Clase I | Clase II (R) Clase I | Clase I | Clase I |
| Cierre | Vidrio (R) | Vidrio (R) | Vidrio (R) | Metacrilato (R) Policarbonato | Sin cierre | Sin cierre |
| Rendimientos: Lámpara s.a.p. | | | | | | |
| Tubular clara | ≥ 0,70 | ≥ 0,70 | ≥ 0,70 | ≥ 0,70 | ≥ 0,65 | ≥ 0,65 |
| Ovoide opal | ≥ 0,60 | ≥ 0,60 | ≥ 0,60 | ≥ 0,60 | ≥ 0,60 | ≥ 0,60 |
| Flujo Hemisferio Superior (*) | ≤ 3 % | ≤ 3 % | ≤ 3 % | ≤ 5 % | ≤ 5 % | ≤ 5 % |

Las características a las que deben ajustarse las luminarias a instalar en vías de tráfico rodado de baja y muy baja velocidad, carriles bici y vías peatonales correspondientes a los grupos de situaciones de alumbrado C, D y E, se especifican en la tabla 9.2 que se expone a continuación:

TABLA - 9.2

| TIPO DE LUMINARIA | TIPO II - P | TIPO PEATONAL | TIPO ARTÍSTICO | TIPO PROYECTOR | TIPO GLOBO |
|--------------------------------|--|--|---|--|--|
| Sistema Óptico | Cerrado | Cerrado | Cerrado | Cerrado | Cerrado |
| Fotometría | Regulable | Regulable (R) Fija | Regulable (R) Fija | Regulable (R) Fija | Fija |
| Capacidad | Hasta 250 W s.a.p. 150 W (R) | Hasta 250 W s.a.p. 100 W (R) | Hasta 150 W s.a.p. 100 W (R) | Hasta 250 W s.a.p. 150 W (R) | Hasta 150 W s.a.p. 100 W (R) |
| Composición Cuerpo | Inyección aluminio (R) Plásticos técnicos | Inyección aluminio (R) Plásticos técnicos | Aluminio (R) Acero galvan. Plásticos técnicos | Inyección aluminio (R) Inoxidable Plásticos técnicos | Inyección aluminio (R) Plásticos técnicos |
| Hermeticidad EN-60.598 | IP 65 (R) IP 55 | IP 65 (R) IP 55 | IP 65 (R) IP 33 | IP 65 (R) IP 54 | IP 54 (R) IP 44 |
| Equipo Eléctrico Incorporado | Si | Si | Si | Si | Si |
| Seguridad Eléctrica UNE-20.314 | Clase II (R) Clase I | Clase II (R) Clase I | Clase II (R) Clase I | Clase II (R) Clase I | Clase II (R) Clase I |
| Cierre | Metacrilato (R) Policarbonato | Vidrio (R) Policarbonato | Metacrilato (R) Policarbonato | Vidrio (R) Policarbonato | Policarbonato (R) Otros plásticos |
| Rendimientos: Lámpara s.a.p. | | | | | |
| Tubular clara | ≥ 0,70 | ≥ 0,65 | ≥ 0,40 | ≥ 0,65 | ≥ 0,40 |
| Ovoide opal | ≥ 0,60 | ≥ 0,60 | ≥ 0,40 | ≥ 0,50 | ≥ 0,40 |
| Flujo Hemisferio Superior (*) | ≤ 5 % | ≤ 5 % | ≤ 25 % | ≤ 5 % | ≤ 25 % |

(*) La instalación de las luminarias se efectuará con la inclinación y reglajes establecidos por el fabricante, de forma que el Flujo Hemisferio Superior instalado, no supere los valores de las tablas.

Nota 1: Recomendable

El símbolo (R) significa que, entre las posibilidades establecidas en la tabla, resultan recomendables las que llevan dicho símbolo

Nota 2: Luminaria Tipo II - P

El cierre de esta luminaria será de metacrilato dada su mayor transmitancia y estabilidad frente a la radiación ultravioleta, salvo en zonas contrastadas de vandalismo donde el cierre deberá ser de policarbonato.

Nota 3: Luminaria Tipo Peatonal

Se recomienda que las luminarias tipo peatonal estén provistas de bloque óptico incorporado, de forma que se controle la emisión de luz en el hemisferio superior para reducir la contaminación luminosa, dirija el flujo hacia la zona que se ilumina y al mismo tiempo se pueda aumentar el grado de hermeticidad hasta el de una luminaria de alumbrado viario convencional.

Nota 4: Luminaria Artística

Corresponde a faroles y aparatos de carácter histórico de cuidada estética, idóneos para la implantación en cascos antiguos y zonas monumentales, así como aparatos de diseño de carácter vanguardista. Además, para este tipo de faroles y aparatos de carácter histórico o vanguardista, se recomienda dotarlos de bloque óptico incorporado y, en cualquier caso, se procurará evitar la emisión de luz en el hemisferio superior para reducir la contaminación luminosa.



Fig. 9.15.- Luminaria "Tipo Proyector"

9.2.1. Documentación fotométrica

La documentación fotométrica exigible para cada tipo de luminaria con su correspondiente inclinación y para cada reglaje, así como para cada tipo y potencia de lámpara será la siguiente:

- Matriz de intensidades en cd/1000 lm
- Curvas polares de distribución de intensidad luminosa en cd/1000 lm en los planos 0° - 180° , plano de máxima intensidad (plano principal) y plano 90° - 270°
- Factor F, superficie aparente del área de emisión de la luminaria vista bajo un ángulo de 76° expresada en m^2
- Índice específico de la luminaria (IEL), e intensidades para los ángulos de elevación de 80° y 88°
- Diagrama de curvas isolux unitaria para 1000 lm
- Curvas del factor de utilización o curvas iso-K
- Inclinación y reglaje idóneo de la luminaria recomendado para cada tipo y potencia de lámpara, así como para cada sistema de implantación, tanto unilateral como bilateral tresbolillo y bilateral oposición o pareada, central y en catenaria.



Fig. 9.16.- Luminaria "Tipo Globo"

9.3. Elección de la luminaria en función de la geometría de la instalación

Según el sistema de implantación y anchura de las calzadas, se recomienda instalar las luminarias cuya inclinación y reglaje permita los siguientes alcances y dispersiones establecidos en la tabla 9.3.

TABLA - 9.3

| Nº | Tipo de Implantación | Anchuras calzadas | Alcance | Dispersión |
|----|----------------------|--------------------------|------------------------------------|-------------------------------|
| 1 | Unilateral | Anchura < Altura montaje | Intermedio ($A \geq 60^{\circ}$) | Estrecha ($D < 45^{\circ}$) |
| 2 | Unilateral | Anchura = Altura montaje | Corto ($A < 60^{\circ}$) | Media ($D \geq 45^{\circ}$) |
| 3 | Tresbolillo | Anchura > Altura montaje | Intermedio ($A \geq 60^{\circ}$) | Estrecha ($D < 45^{\circ}$) |
| 4 | Pareada | Anchura > Altura montaje | Intermedio ($A \geq 60^{\circ}$) | Estrecha ($D < 45^{\circ}$) |

En el caso de calles cuya anchura es intermedia entre el nº 1 y el 2, e implantación unilateral, se puede optar por el mismo alcance y dispersión que en el supuesto nº 3.

Es sabido que al aumentar la potencia de la lámpara el índice específico de la luminaria (IEL) disminuye y viceversa. En el caso de pasar de una lámpara de v.s.a.p. de 250 W a otra de 400 W, en el supuesto nº 2 para calzadas de anchura del orden de la altura de montaje e implantación unilateral, puede optarse por un alcance intermedio, es decir, $A \geq 60^\circ$, manteniendo idéntica dispersión media ($D \geq 45^\circ$).

En el supuesto nº 3, al pasar de una lámpara de v.s.a.p. de 250 W a otra de 400 W, se puede optar por una dispersión media, es decir $D \geq 45^\circ$, manteniendo idéntico alcance intermedio ($A \geq 60^\circ$).

Respecto al control del deslumbramiento, se recomienda que el índice específico de la luminaria (IEL) sea superior a 3. En todo caso se adoptarán las luminarias cuya distribución luminosa, variable según su inclinación y reglaje, permita lograr la máxima interdistancia entre los puntos de luz, siempre que se cumplimenten los requerimientos luminotécnicos para las correspondientes situaciones de alumbrado o tipos de vías.

Implantación de los puntos de luz

En los tramos rectos de las vías de tráfico se consideran 5 tipos básicos de distribución de los puntos de luz, que se pueden reducir a los 3 supuestos fundamentales siguientes:

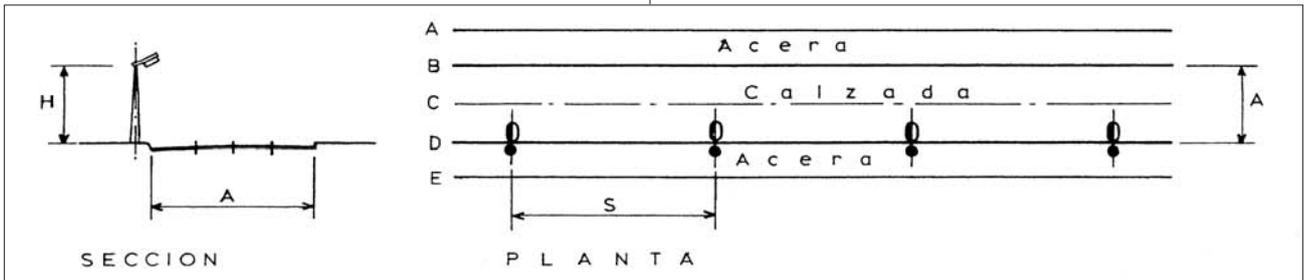


Fig. 9.17.- Implantación unilateral.

Unilateral

Cuando los puntos de luz se sitúan en un mismo lado de la vía de tráfico (fig. 9.17). Se utilizará generalmente cuando la anchura A de la calzada sea igual o inferior a 1,2 veces la altura H de montaje de las luminarias.

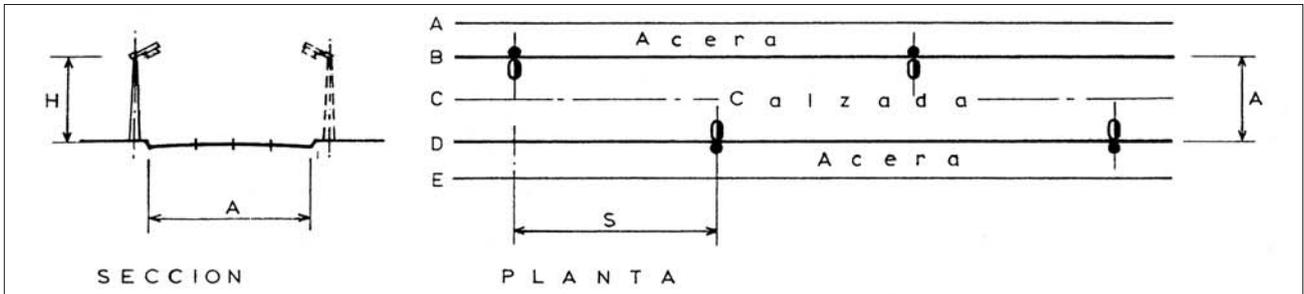


Fig. 9.18.- Implantación bilateral tresbolillo.

Bilateral Tresbolillo

Cuando los puntos de luz se sitúan en ambos lados de la vía de tráfico a tresbolillo o en zigzag (fig. 9.18). Se utilizará principalmente cuando la anchura de la calzada A sea de 1,2 a 1,5 veces la altura H de montaje de las luminarias.

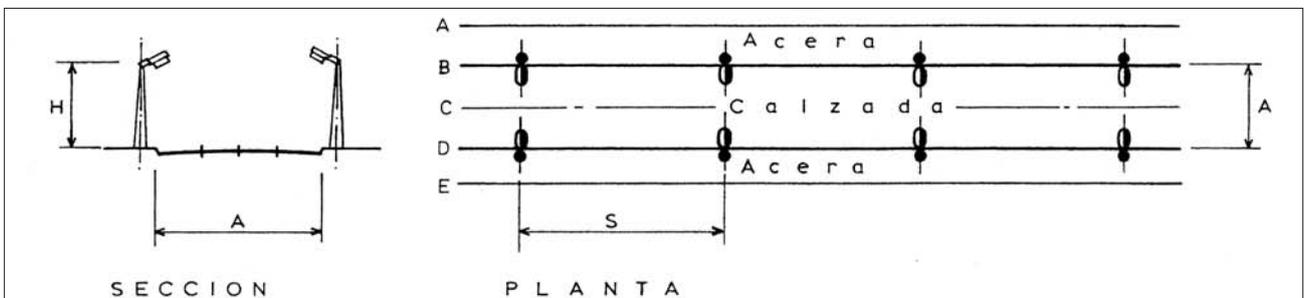


Fig. 9.19.- Implantación bilateral pareada.

Bilateral Pareada

Cuando los puntos de luz se sitúan en ambos lados de la vía de tráfico, uno opuesto al otro (fig. 9.19). Se utilizará normalmente cuando la anchura de la calzada A sea mayor de 1,5 veces la altura H de montaje de las luminarias, considerándose más recomendable utilizarlo cuando la anchura supere 1,3 veces la altura H.

En resumen, se recomiendan las distintas implantaciones: unilateral, bilateral tresbolillo y bilateral pareada, en los casos siguientes:

| | |
|-------------|----------------------|
| Unilateral | $A \leq 1,2 H$ |
| Tresbolillo | $1,2 < A \leq 1,5 H$ |
| Pareada | $A > 1,5 H$ |

Si se divide por la altura H, se obtiene:

| | |
|-------------|------------------------|
| Unilateral | $A / H \leq 1,2$ |
| Tresbolillo | $1,2 < A / H \leq 1,5$ |
| Pareada | $A / H > 1,5$ |

Los otros 2 tipos básicos de implantación de los puntos de luz en tramos rectos son la distribución central o axial y en catenaria.

Central o Axial

En las vías de tráfico con mediana de separación entre los dos sentidos de circulación, los puntos de luz se implantarán en columnas o báculos de doble brazo, situados en la mediana central, cuando la anchura de ésta esté comprendida entre 1 y 3 m. (fig. 9.20).

Para anchuras de medianas superiores a 3 m. no se utilizarán báculos dobles. En cualquier caso, la disposición se estudiará como si se tratara de dos calzadas independientes, dando lugar a las implantaciones de las figuras siguientes, recomendándose la de la figura 9.21 sobre la 9.22, ya que en este último caso se incita a los conductores de los vehículos para que circulen por el carril de tráfico más próximo a la mediana (carril de la izquierda).

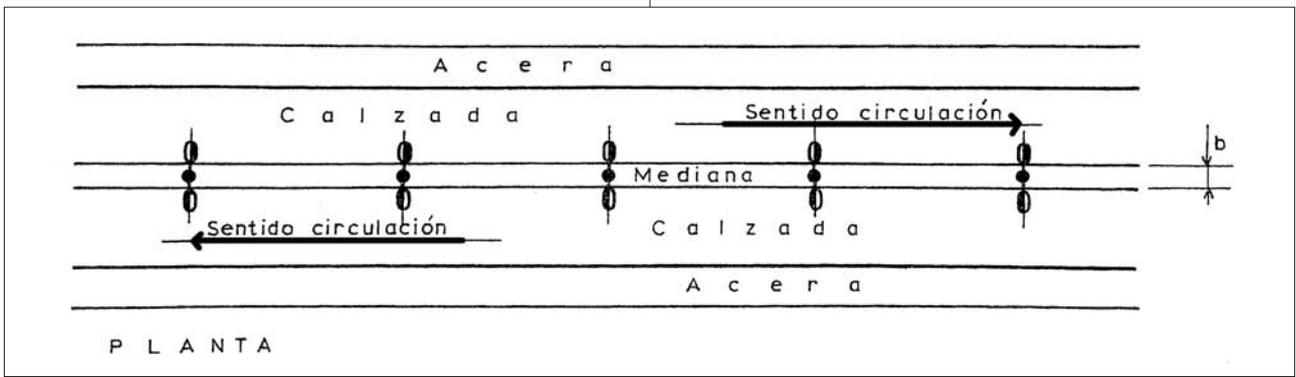


Fig. 9.20.- Implantación para valores de b entre 1 y 3 m.

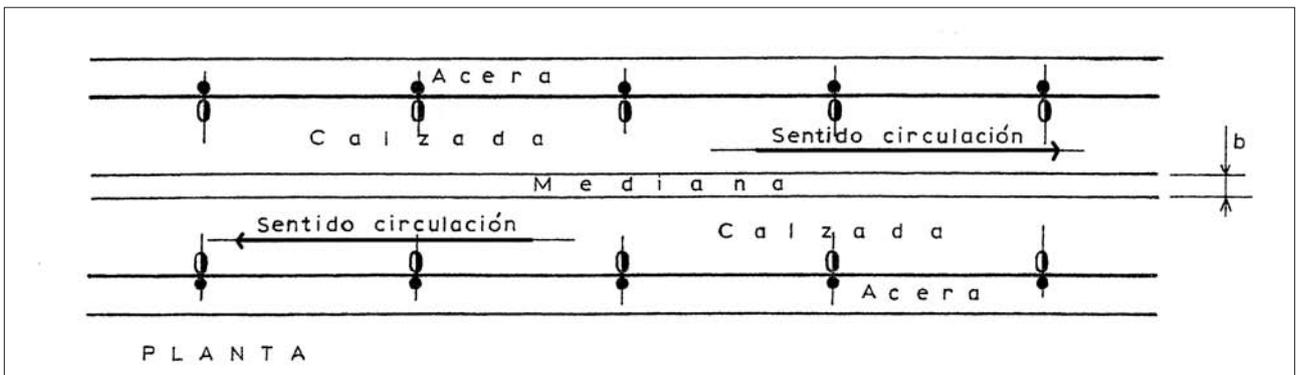


Fig. 9.21.- Implantación para valores de b cualesquiera.

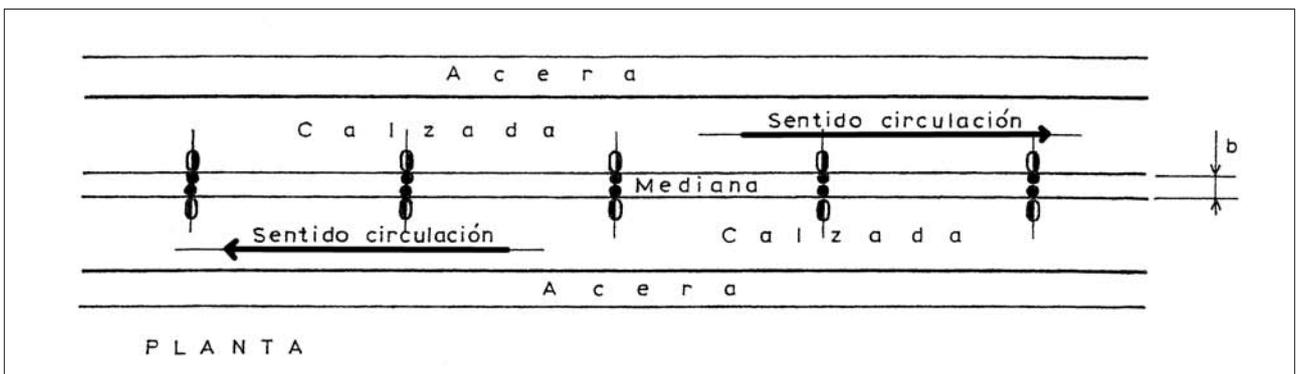


Fig. 9.22.- Implantación para valores de b mayores de 3 m.

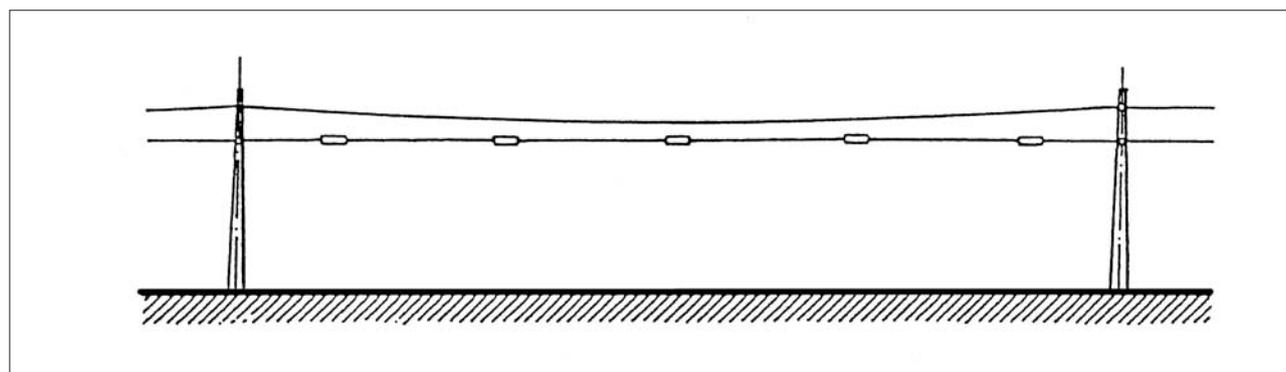


Fig. 9.23.- Implantación en catenaria.

Catenaria

Los puntos de luz se fijan axialmente a los cables longitudinales de la catenaria, tendida entre dos sólidos soportes implantados en la mediana central y situados a una gran distancia uno del otro, del orden de 50 a 100 m. (fig. 9.23).

Altura Mínima de los Puntos de Luz

En las vías de tráfico la altura mínima de los puntos de luz depende de la anchura A de la calzada. Para asegurar una uniformidad media de iluminación suficiente, se recomiendan las siguientes alturas de implantación:

- Luminarias con lámpara de vapor de sodio a alta presión (v.s.a.p.): $H_{min} \geq 0,8 A$
- Luminarias con lámpara de vapor de mercurio a alta presión (v.m.): $H_{min} \geq 1 A$
- Luminarias con lámpara de vapor de sodio a baja presión (v.s.b.p.): $H_{min} \geq 1,2 A$

Relación Separación / Altura

Para alcanzar una uniformidad longitudinal de luminancia adecuada ($U_l > 0,7$ para la iluminación de situaciones de alumbrado A), se recomiendan las siguientes relaciones entre la separación S entre puntos de luz y la altura H de implantación de los mismos.

- Luminarias con lámpara v.s.a.p.: $S / H \approx 4$
- Luminarias con lámpara v.m.: $S / H \approx 3,5$
- Luminarias con lámpara v.s.b.p.: $S / H \approx 3 - 3,5$

Elección del Tipo de Lámpara con la Altura de Implantación

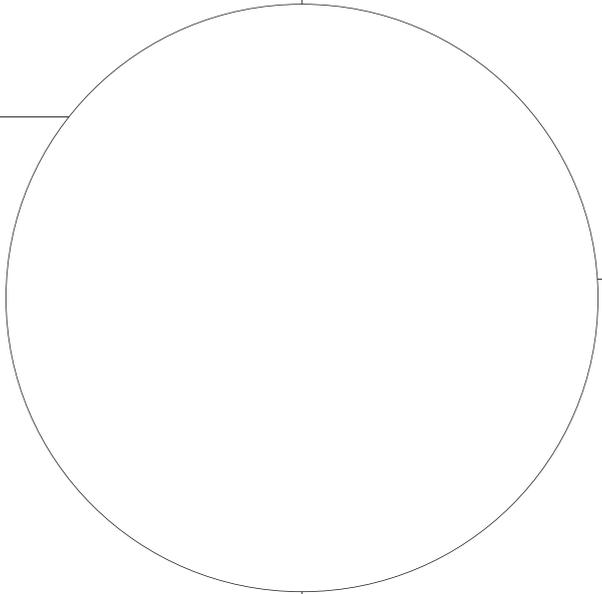
Al objeto de reducir los problemas de deslumbramiento e implantar instalaciones de alumbrado eficientes, se aconseja limitar las potencias de las fuentes de luz en función de la altura de montaje de los puntos de luz.

En consecuencia, siguiendo el código de buenas prácticas y la experiencia al respecto, se recomienda la potencia y tipo de lámpara en función de la altura de implantación de la tabla 9.4.

TIPO Y POTENCIA DE LÁMPARAS EN FUNCIÓN DE LA ALTURA DE IMPLANTACIÓN

TABLA - 9.4

| ALTURA IMPLANTACIONES (m) | FLUJO LUMINOSO (lm) | TIPO DE LÁMPARA | | |
|---------------------------|---------------------|-----------------|---------------|--------------|
| | | v.s.a.p. (W) | v.m. (W) | v.s.b.p. (W) |
| 5 | 5.000 | 50 - 70 | 50 - 80 - 125 | 18 - 35 |
| 8 | 7.500 - 17.000 | 100 - 150 | 250 | 55 - 90 |
| 10 | 17.000 - 32.000 | 150 - 250 | 400 | 135 |
| 12 | 32.000 - 56.000 | 250 - 400 | 700 | 180 |
| 15 | 56.000 - 90.000 | 400 - 600 | 1000 | - |
| 20 | 90.000 - 130.000 | 600 - 1000 | - | - |



10 Implantación de puntos de luz





de puntos de luz en la parte exterior de las curvas, deberá llevarse a cabo después de realizar un minucioso examen de las posibilidades de colisión de los vehículos en el caso de que los conductores pierdan el control de los mismos en las curvas. En todo caso será necesaria la instalación de barreras de seguridad y protección.

La geometría de las curvas cerradas, tales como las que se producen en las interconexiones y muchas zonas de tráfico, requieren un análisis pormenorizado. La iluminación propia del vehículo no es efectiva en estas situaciones, y el contorno de los objetos visualizados por el conductor en algunos casos no puede ser percibido, tal y como puede comprobarse en la fig. 10.2. Las luminarias deben estar situadas de forma que proporcionen suficiente cantidad de luz sobre los vehículos, recovecos y barreras de protección.

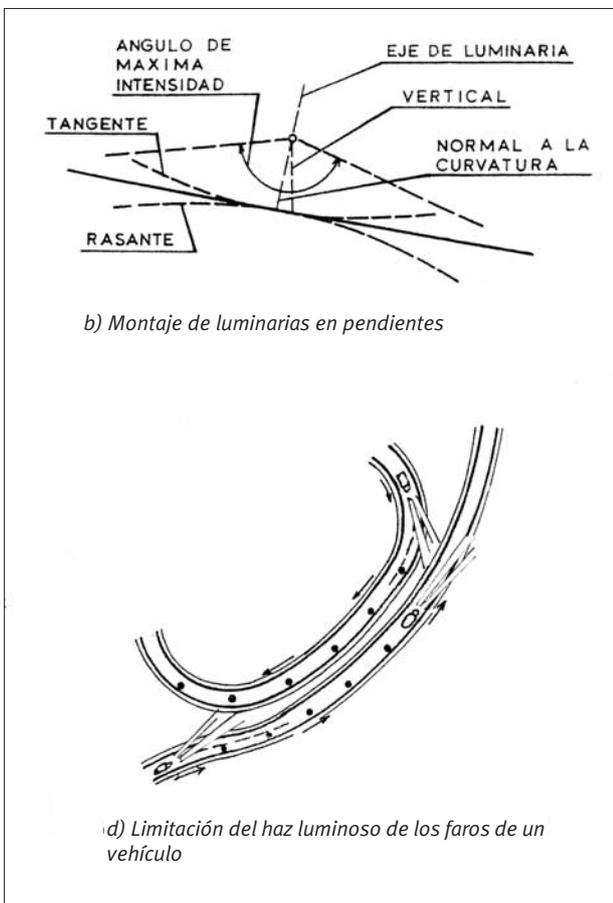


Fig. 10.2.- Limitación del haz luminoso de los faros de un vehículo

Las columnas o báculos deben emplazarse de forma adecuada y segura, detrás del balizamiento o barrera natural, si ésta existiese. Es evidente que las columnas y báculos son una fuente de posibles accidentes si se instalan en el exterior de las curvas. Muchos conductores pueden desconocer el trazado de la calzada, pero la iluminación de los alrededores de la curva ayuda de una forma considerable a mantener la trayectoria dentro de la calzada.

En la figura 10.3 se representa la implantación de los puntos de luz en curvas de radio reducido. En el exterior de la curva la interdistancia entre puntos de luz pasa a ser 0,7 veces la separación en zona recta, mientras que la implantación en el interior de la curva requiere una interdistancia de 0,55 veces la separación entre puntos de luz en la parte recta de la calzada.

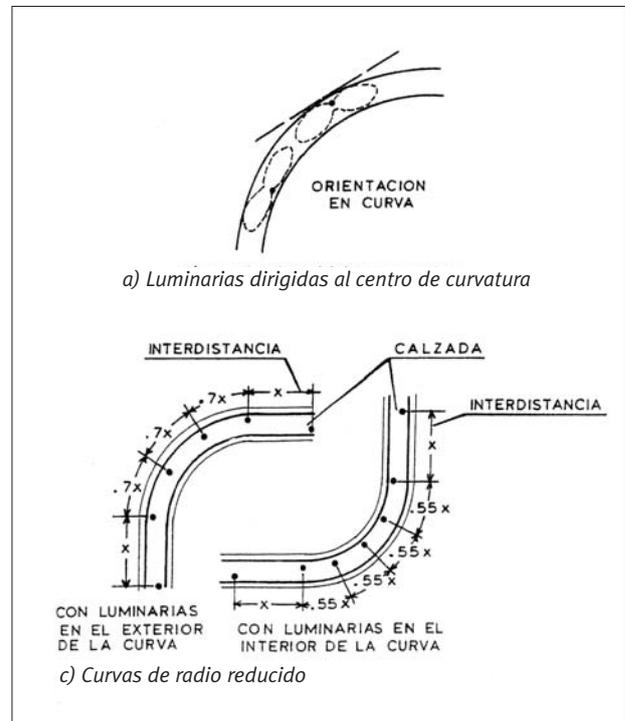


Fig. 10.3.- Implantación de puntos de luz en curvas de radio reducido

10.1. Iluminación de tramos singulares

El alumbrado viario, en muchas situaciones, puede plantear problemas muy complicados en cuanto a visión y maniobra de los vehículos, como ocurre en los casos de cruces que comprenden tanto intersecciones como enlaces, glorietas, zonas de incorporación de nuevos carriles, áreas en las que se forman embotellamientos, así como tipos de interconexiones complejas de tráfico, etc. El diseño en estas áreas requiere una especial consideración.

Cuando se analizan estos casos, puede observarse la presencia de tres factores básicos, distintos a los de las situaciones estándar:

- Los conductores sufren un incremento de las tareas mentales y visuales cuando se acercan y tratan de circular por estas zonas.
- El contorno de los objetos no se reconoce muchas veces, debido a parámetros como la localización del vehículo, peatones, obstáculos y la geometría general de las calzadas. Muy frecuentemente suele presentarse un problema de deslumbramiento, provocado por las luminarias o proyectores que dirigen la luz en sentido contrario al vehículo.

c) Generalmente no se dispone de una buena iluminación con los faros del vehículo. Esto se debe a la geometría de la calzada y la dificultad de detenerse de forma efectiva a velocidades superiores a los 60 km/h, además se constata el hecho de que el haz luminoso de los faros del vehículo se aparta de la dirección de desplazamiento al entrar en una curva pronunciada.

Los niveles de iluminación a establecer en el alumbrado de situaciones especiales serán los fijados en el apartado 5.2.3 de la presente Guía Técnica para tramos singulares, tanto si aplica el criterio de luminancia como si obligadamente se utiliza el criterio de iluminancia.

En el alumbrado de estas situaciones especiales se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones:

- Desde el comienzo del estudio de la situación especial o tramo singular, se requerirá efectuar un reconocimiento in situ de la situación al objeto de verificar las posibilidades reales de implantación de la instalación de alumbrado. En casos muy complejos se recomienda realizar un estudio sobre maqueta del tramo singular.
- Se evitará la implantación de puntos de luz en isletas de pequeñas dimensiones separadoras o direccionales del tráfico de vehículos.
- En las zonas de transición en los extremos de las calzadas iluminadas, los niveles luminosos corresponderán a lo establecido en la tabla 5.3 para la relación entorno.
- Los soportes de igual altura instalados en una situación especial o tramo singular corresponderán al mismo modelo, o como mínimo presentarán la misma silueta.

El alumbrado de situaciones especiales o tramos singulares tiene como finalidad la legibilidad, es decir la lectura o comprensión de dichas áreas por parte de los usuarios de las mismas. En este sentido, el alumbrado de un tramo singular aislado situado en un itinerario que carece de iluminación, deberá permitir al automovilista lo siguiente:

- A larga distancia (800 a 1000 m.), ver una zona luminosa llamando su atención.
- A media distancia (300 a 500 m.), comenzar a percibir una idea de la configuración del tramo singular, mediante un guiado visual llevado a cabo merced a una disposición juiciosa de los puntos de luz.
- A corta distancia, ver sin ambigüedad los obstáculos y la trayectoria a seguir.
- Saliendo de la zona iluminada, no sufrir el efecto “agujero negro”, al pasar súbitamente de la luz a la sombra, estableciendo un decrecimiento progresivo de la luminancia, durante una longitud de al menos 200 m.

10.2. Intersecciones

Son cruces al mismo nivel de distintas vías de tráfico, que pueden ser en ángulo recto, en Y, en T, así como intersecciones complejas, además de las glorietas y rotondas que merecen un apartado específico. Se han seleccionado una serie de intersecciones, pudiendo recabarse más información en las “Recomendaciones para la Iluminación de Carreteras y Túneles” del Ministerio de Fomento de 1999.

10.2.1. Intersecciones en ángulo recto con una calzada iluminada

Los vehículos que circulan por una calzada que carece de alumbrado, normalmente abordan la intersección con las luces de cruce del vehículo encendidas. al objeto de señalar su presencia a los otros automovilistas. Por el contrario, los vehículos que circulan por la calzada iluminada son bien visibles.

La visibilidad de dichos vehículos se acentúa cuando la distribución luminosa de las luminarias que encuadran o enmarcan la intersección se orienta lo más posible hacia el corazón de la intersección de las calzadas, de forma que se produzca una iluminancia vertical elevada sobre el vehículo que circula, facilitando su visibilidad.

La obtención de la elevada iluminancia vertical en la intersección requiere que la separación entre los puntos de luz que encuadran la intersección se reduzca, tal y como se puede comprobar en las figuras 10.4 a 10.8 con los puntos de luz dibujados en la intersección en blanco, con una separación reducida e' inferior a la separación normal e ($e' < e$).

Los puntos de luz que delimitan la zona crítica de la intersección (puntos dibujados en blanco), se denominan puntos de luz o luminarias básicas, ya que en la realización del estudio de iluminación de la intersección se partirá de dichos puntos para la implantación del resto del alumbrado.

Se debe señalar, que esta reducción de la separación de los puntos de luz que enmarcan la intersección ($e' < e$), no establece la obligatoriedad de realizar una implantación de los puntos de luz perfectamente simétrica encuadrando la intersección.

Como se ha indicado, los puntos de luz dibujados en la intersección en blanco sirven de base para la implantación del resto.

$e =$ separación normal
 $e' =$ separación reducida

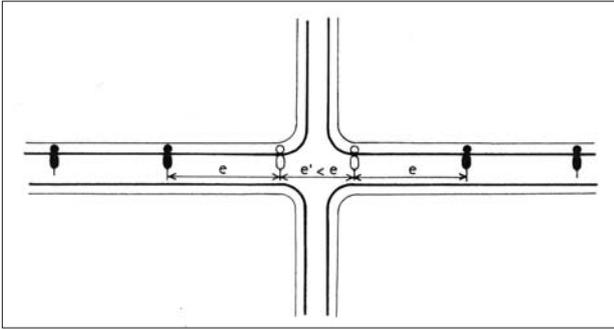


Fig. 10.4.- Intersección en ángulo recto: Implantación recomendada unilateral con soporte equipado con una luminaria.

10.2.2. Intersecciones en "T" de dos calzadas iluminadas parcialmente canalizadas

En este tipo de intersecciones se recomienda valorar la continuidad de las vías de tráfico rodado, asegurando un buen guiado óptico. La figura 10.5 establece una implantación de puntos de luz recomendada para que los usuarios que llegan de la calzada que se enlaza (palo de la "T"), vean delante de ellos un fondo iluminado.

Esta solución no es la única conveniente y posible: también se puede, en función de las condiciones locales, reducir el número de puntos de luz, utilizando otros de mayor potencia y altura de implantación (figura 10.6)

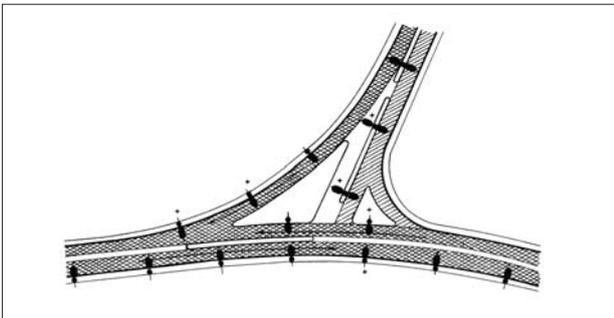


Fig. 10.5.- Intersección en "T": ejemplo de implantación. Las zonas de doble rayado simbolizan el efecto del guiado visual que debe procurar el alumbrado. Puede ser útil dotar a los puntos de luz señalados con + de una potencia superior.

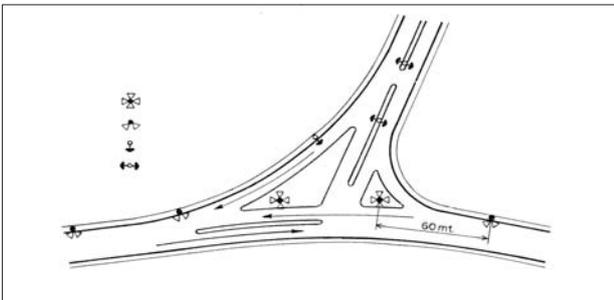


Fig. 10.6.- Intersección en "T": ejemplo de implantación con puntos de luz de mayor potencia y altura de soportes que el de la figura 10.5
 Punto de luz de 18 m. de altura con 4 luminarias
 Punto de luz de 18 m. de altura con 2 luminarias
 Punto de luz de 12 m. de altura con 1 luminaria
 Punto de luz de 12 m. de altura con 2 luminarias

10.2.3. Intersecciones en "Y" o "T" de dos calzadas importantes totalmente canalizadas

En la proximidad de tales intersecciones, generalmente los dos sentidos de circulación de vehículos están separados por isletas direccionales de grandes dimensiones, a lo largo de las cuales la implantación de los puntos de luz es unilateral (figura 10.7). Asimismo, se pueden emplazar puntos de luz más potentes y de mayor altura (figura 10.8)

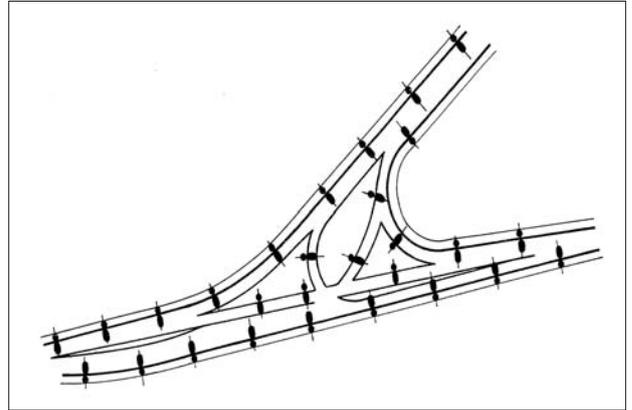


Fig. 10.7.- Intersección en "Y" o "T": Ejemplo de implantación unilateral sobre dos calzadas importantes totalmente canalizadas mediante isletas.

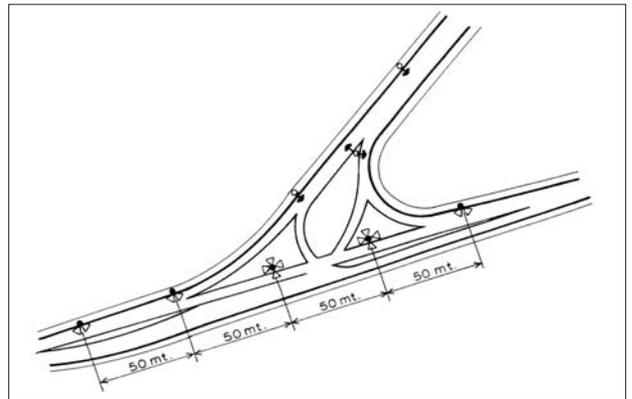


Fig. 10.8.- Intersección en "Y" o "T": Ejemplo de implantación unilateral con puntos de luz de mayor potencia y altura de soportes que el de la figura 10.7.

10.2.4. Intersecciones complejas

Cuando se trata de intersecciones complejas, se recomienda comenzar por tratar separadamente el alumbrado de cada uno de los elementos de la intersección en "X", en "Y" o en "T", siguiendo las indicaciones dadas para cada una de estas categorías. Después, una vez efectuados los oportunos tanteos, el número total útil de puntos de luz se ajustará a las necesidades reales.

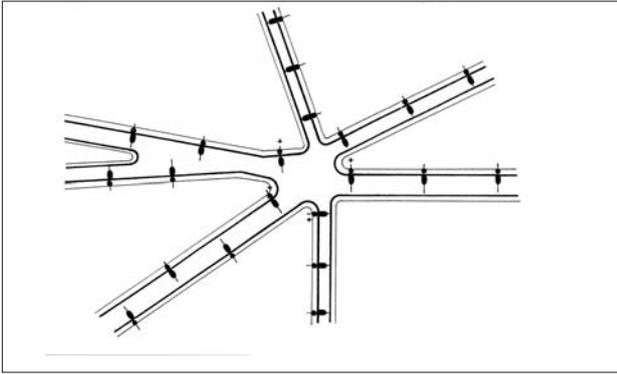


Fig. 10.9.-Intersección compleja sin isletas separadoras:
Puede ser útil dotar a los puntos de luz señalados con + de una potencia superior.

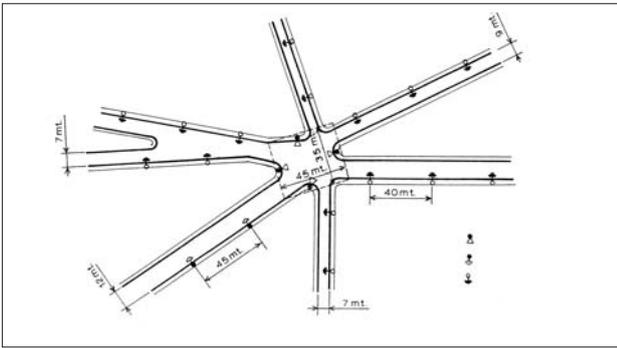


Fig. 10.10.-Intersección compleja sin isletas separadoras:
Ejemplo de implantación con puntos de luz de mayor potencia y altura de soportes que el de la figura 10.9
Punto de luz de 18 m. de altura con 1 luminaria
Punto de luz de 14 m. de altura con 1 luminaria
Punto de luz de 12 m. de altura con 1 luminaria

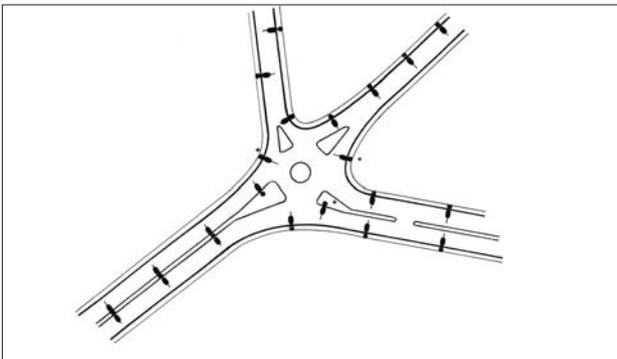


Fig. 10.11.- Intersección compleja con isletas separadoras
Puede ser útil dotar a los puntos de luz señalados con + de una potencia superior.

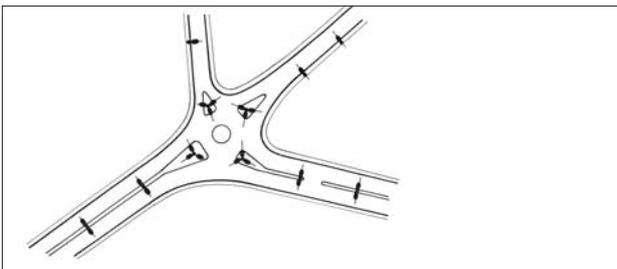


Fig. 10.12.-Intersección compleja con isletas separadoras:
Ejemplo de implantación con puntos de luz de mayor potencia y altura de soportes que el de la fig. 10.11.

10.3 Glorietas y rotondas

Bajo la denominación de glorieta se designa a un tipo especial de nudo (intersección), caracterizado porque los tramos que en él confluyen se comunican a través de un anillo en el que se establece una circulación rotatoria alrededor de una isleta central. Las trayectorias de los vehículos no se cruzan, sino que convergen y divergen.

El funcionamiento de una glorieta se basa en la prioridad de paso de los vehículos que circulan por la calzada anular, frente a los que pretenden entrar en ella desde los tramos o accesos.

La mayoría de los accidentes en intersecciones o cruces a nivel cuya circulación está ordenada por prioridad de paso están relacionados con los conflictos de cruce debidos a giros a la izquierda, que no tienen lugar en las glorietas y rotondas, por lo que existe una fuerte reducción del número de accidentes en las glorietas frente a las intersecciones convencionales.

Las isletas centrales demasiado grandes (de más de 50 m de diámetro) o no circulares presentan un nivel de seguridad menor. La presencia de peatones o vehículos de dos ruedas puede aumentar los problemas de circulación.

Debe tenerse en cuenta que en las glorietas y rotondas en las que se producen accidentes suelen terminar por instalarse semáforos, con lo que pasa a ser considerada como una intersección con semáforos.

Existen tres tipos principales de glorieta: normal, mini-glorieta y doble. Las demás son variantes de estos tipos básicos: intersección anular, glorieta a distinto nivel, glorieta de dos puentes, etc.

Una glorieta normal tiene una isleta central -dotada de bordillos- de 4 m ó más de diámetro, y generalmente cuatro entradas abocinadas que permiten una penetración múltiple de vehículos, tal y como se indica en la figura 10.13. Los radios interiores máximos suelen ser no superiores a 40 m, siendo recomendables en áreas suburbanas los radios entre 12 y 30 m. En áreas urbanas se recomiendan radios inferiores.

La anchura de la calzada suele ser de 5 a 6 m en calzadas de un carril, de 8 a 10 m en calzada con doble carril, con un máximo de anchura aproximadamente de 15 m. La máxima inclinación de rasante recomendable es de un 3%.

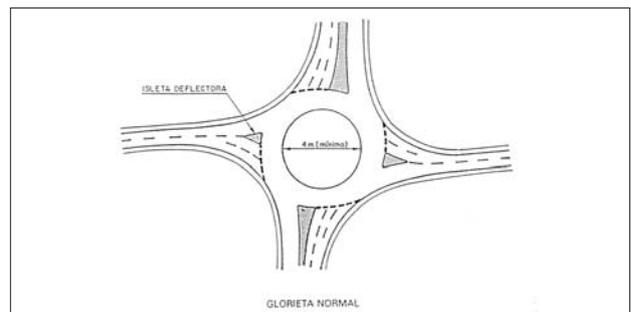


Fig. 10.13.- Glorieta normal

Una miniglorieta tiene una isleta circular -a nivel o ligeramente abombada- de menos de 4 m de diámetro y entradas abocinadas o sin abocinar. Solo deben usarse si todos los accesos tienen su velocidad limitada a 50 Km/h.

Una glorieta doble es una intersección compuesta por dos glorietas normales o miniglorietas, contiguas o conectadas por un tramo de unión o mediante una isleta alargada materializada por un bordillo, tal y como se representa en la fig. 10.14.

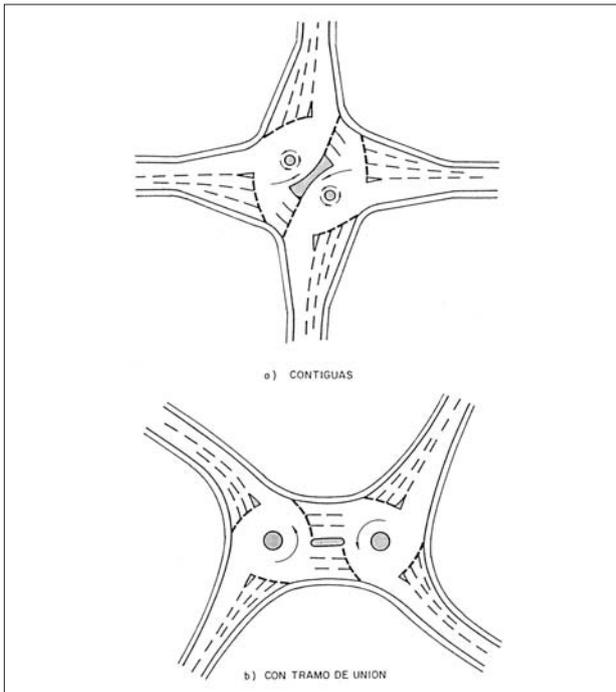


Fig. 10.14.- Glorietas dobles: contiguas y con tramo de unión

10.3.1. Visibilidad

Una glorieta representa una obstrucción física en la trayectoria del tráfico que la atraviesa y además en el tráfico que se aproxima, teniendo que ceder el paso al tráfico que se encuentra ya girando. Por tanto, es fundamental que la visibilidad sea la adecuada para que los conductores puedan prevenir los riesgos potenciales y aumentar la seguridad.

Por la noche si no existe alumbrado público resulta imposible conocer la configuración de la glorieta, aunque ésta pueda ser imaginada en la zona de aproximación, gracias a las señales de tráfico, pero cuando el conductor del vehículo se encuentra en el anillo de la glorieta, percibe una dificultad en la orientación. El peligro viene sobre todo en el hecho de la propia curvatura de la carretera, ya que la presencia de otros automovilistas es advertida por el conductor mediante sus propios faros.

Efectivamente el haz luminoso de los faros del vehículo no es operativo para iluminar la vía de tráfico a la

distancia de visión habitual en la dirección de la mirada, dada la curvatura de la carretera. Hace años, algunos automóviles tenían un sentido de orientación de los faros ligado a las ruedas delanteras del vehículo. Dicho sistema permitía en el caso del anillo circular de las glorietas eliminar la causa de confusión originada por la curvatura de la calzada, pero de cualquier forma no conseguía establecer lo que a fin de cuentas garantizaba la seguridad, a saber, el guiado visual global para una visión de conjunto.

En muchos casos la circulación nocturna a velocidad normal en glorietas sin alumbrado público no impide la existencia de instantes de pánico, seguidos eventualmente de un frenazo intempestivo, para volver a encontrar los puntos de referencia o hitos y, en particular, la salida de la glorieta.

Todavía es peor el caso de las glorietas sin alumbrado público situadas cerca de zonas urbanas iluminadas. La frecuencia de los accidentes contabilizados en el sentido de circulación de campo abierto hacia zona urbana, confirma el hecho siguiente: en la zona de aproximación a la glorieta y a pesar de una adecuada señalización viaria, el conductor ve en imagen de fondo la zona urbana iluminada, que llega a ser su referencia y su hito exclusivo de orientación.

El conductor no distingue ni se imagina en primer plano la desviación que origina la glorieta y no ralentiza a tiempo la velocidad del vehículo, produciéndose lo irreparable cuando el conductor resulta incapaz de acometer adecuadamente el viraje de entrada en la glorieta.

Todo lo expuesto, así como los datos de accidentes ocasionados demuestran la necesidad de instalar alumbrado público en las glorietas, lo que requiere en primer término conocer las necesidades visuales del conductor, para posteriormente adoptar las soluciones luminotécnicas pertinentes.

10.3.2. Necesidades visuales

Es necesario volver a considerar al automovilista para traducir sus necesidades visuales. Cuando se aproxima a la glorieta deben cumplirse dos funciones: reconocimiento del entorno y de la señalización preventiva. Durante el día esas dos funciones se cumplen. Por la noche, la primera de las dos funciones (reconocimiento del entorno) no queda asegurada y únicamente la señalización preventiva sufre el riesgo de dejar al automovilista un tiempo muy corto para reconocer la configuración de los lugares.

Paralelamente puede existir una dificultad de adaptación del ojo al nivel de iluminación de la glorieta si la zona de aproximación no está iluminada. Así, a campo abierto debe evitarse una transición brutal entre la zona no iluminada y la zona iluminada y, por

tanto, el alumbrado de la zona de aproximación resulta indispensable.

El conductor que se aproxima a la entrada de la glorieta por la noche necesita distinguir claramente el tráfico que se encuentra en la entrada precedente situado a su izquierda y al que se encuentra girando en los carriles de la glorieta, así como una adecuada visibilidad delantera para que una vez en la glorieta sea capaz de ver el tráfico de vehículos que le rebasan por la izquierda y proceder en consecuencia.

Todo ello implica que el trabajo visual que debe efectuar el conductor del vehículo sea más complejo y difícil que en una carretera recta y, por tanto, el nivel de iluminación en la glorieta debe ser superior al de las carreteras que se aproximan.

10.3.3. Soluciones luminotécnicas

La función de reconocimiento del entorno y la de la percepción visual de la glorieta deben tener en cuenta los parámetros siguientes:

- Visión de los paneles de señalización vertical.
- Visión de la calzada.
- Visión del fondo sobre el cual se perfilan los eventuales obstáculos.
- Visión de los otros vehículos que circulan.

Todas estas funciones se realizan gracias a la iluminación natural de la luz diurna que inunda de luz la "escena" que se presenta al conductor bajo todos los ángulos.

Aunque desgraciadamente por razones físicas, tecnológicas y económicas fáciles de comprender, no es posible en su totalidad reconstruir esta relativa perfección por la noche, si resulta factible proporcionar mediante alumbrado público unas condiciones de visibilidad suficientes a los conductores de los vehículos.

Existen tres soluciones o sistemas diferentes de iluminación de glorietas que a continuación se exponen:

Primera Solución: Iluminación Periférica

Se trata de una disposición clásica de los soportes (fig. 10.15), mediante la implantación de los puntos de luz en la periferia de la glorieta, situados 1 m detrás del bordillo y orientadas las luminarias perpendicularmente a la vía de tráfico, es decir, radialmente.

Las luminarias instaladas son del mismo tipo que las utilizadas en los tramos rectos de las vías de tráfico y, por tanto, dichas luminarias tienden a iluminar un trozo de "banda o faja" de la calzada.

La coincidencia de los haces luminosos procedentes de las luminarias sobre la calzada del anillo impone una relación entre la separación entre soportes y la altura del punto de luz, que es función de la curvatura de la glorieta.

Normalmente se utilizan luminarias convencionales para carreteras implantadas a 10 ó 12 metros de altura que permiten separaciones razonables entre puntos de luz.

A continuación se exponen las ventajas e inconvenientes de esta primera solución de iluminación periférica de las glorietas.

Ventajas

- Buena luminancia de la calzada.
- Adecuada limitación del deslumbramiento.
- Idóneo factor de utilización de la instalación.
- Luminarias no situadas frente a las entradas.
- Encaminamiento propicio al guiado visual.
- Visión apropiada en contraste positivo de los vehículos y obstáculos sobre un fondo más oscuro.
- Conveniente mantenimiento de la instalación.

Inconvenientes

- Inexistencia de la imagen de la configuración conjunta de la glorieta (el círculo o zona central se ilumina poco).
- Necesidad de protecciones de seguridad para evitar el choque con los soportes.
- Número de soportes relativamente importante.

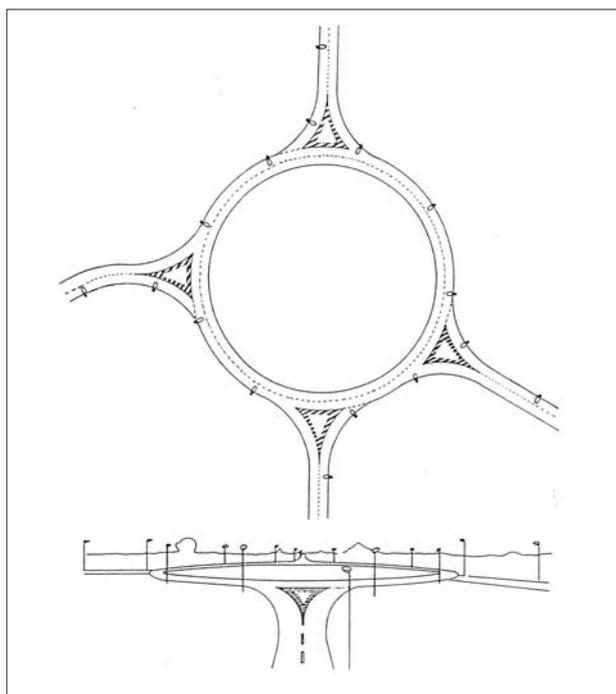


Fig. 10.15.- Iluminación periférica de la glorieta mediante luminarias convencionales, implantadas en soportes de 10 ó 12 metros de altura

Segunda Solución: Iluminación Central con Proyectores Convencionales

Consiste en la implantación de un soporte de gran altura en el centro de la glorieta, dotado de proyectores convencionales con distribución fotométrica "non cut-off" o no desenfocadas, tal y como se representa en la figura 10.16.

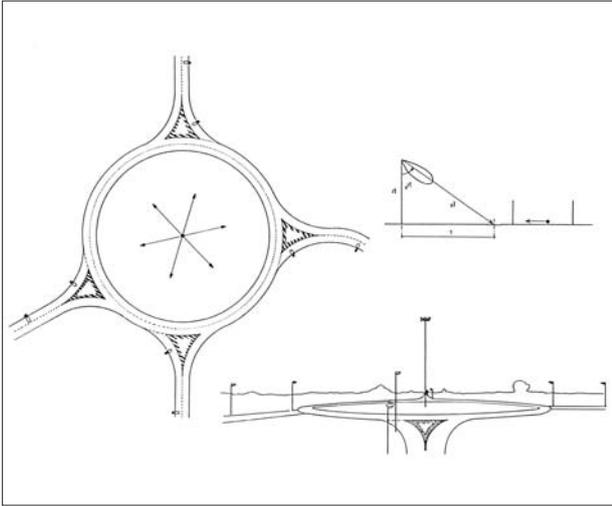


Fig. 10.16.- Iluminación central de la glorieta con proyectores convencionales ("non cut-off"), implantados en un soporte de gran altura.

Al objeto de limitar el deslumbramiento, la altura del soporte a implantar en el centro de la glorieta será:

$$h \geq 0,75 r$$

Donde: h = altura del soporte

r = radio medio de la glorieta o distancia entre el centro y la línea central de la calzada (véase fig. 10.15).

Ventajas

- Adecuada percepción de la configuración general de la glorieta, tanto de lejos como de cerca.
- Implantación de un único soporte.
- buena visión de la calzada.
- Mantenimiento limitado a un soporte.

Inconvenientes

- Visión en contraste negativo casi siempre. Los obstáculos, cuya cara vertical se presenta a los automovilistas que entran en la glorieta, son vistos por efecto silueta (oscuro sobre claro) sobre un fondo mal definido.
- Las intervenciones de mantenimiento requieren la utilización de un vehículo especial, o que el soporte esté dotado de un sistema de corona móvil.
- Mayores posibilidades de deslumbramiento y contaminación luminosa.
- Riesgo de choque frontal con el soporte. Este riesgo está limitado a las glorietas de radio interior pequeño.

Tercera Solución: Iluminación Central con Proyectores Asimétricos

Estriba en la instalación de un soporte de mediana o gran altura en el centro de la glorieta, dotado de proyectores asimétricos, tal y como se representa en la figura 10.17.

Con la finalidad de limitar el deslumbramiento, la altura del soporte a implantar en el centro de la glorieta será:

$$h \geq 0,5 r$$

Siendo: h = altura del soporte

r = radio medio de la glorieta o distancia entre el centro y la línea central de la calzada (véase fig. 10.16).

Las ventajas e inconvenientes de esta tercera solución frente a la primera (iluminación periférica), son las mismas que las de la segunda solución. No obstante, entre la segunda y tercer solución existen diferentes ventajas que a continuación se exponen.

Ventaja de la tercera solución frente a la segunda

- La ventaja de la tercera solución (soporte con proyectores asimétricos) frente a la segunda (soporte con proyectores convencionales), es una buena limitación del deslumbramiento y una menor altura del soporte ($h \geq 0,5 r$ frente a $h \geq 0,75 r$).

Ventaja de la segunda solución frente a la tercera

- La ventaja de la segunda solución (soporte con proyectores convencionales) frente a la tercera (soporte con proyectores asimétricos), es un mejor factor de utilización sobre el anillo circular de la glorieta, sin perjudicar de forma exagerada a la percepción global de la glorieta (menos luz sobre el círculo central).

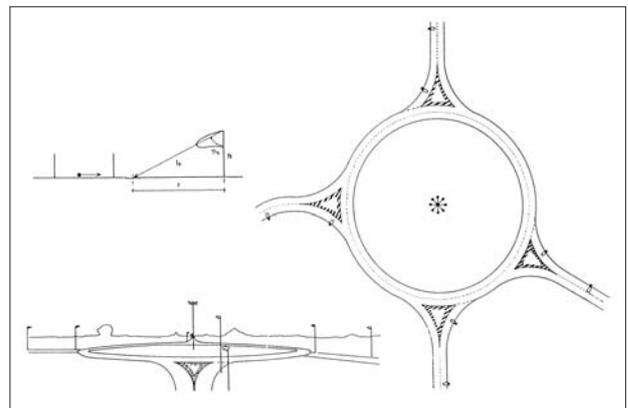


Fig. 10.17.- Iluminación central de la glorieta con proyectores asimétricos, implantados en un soporte de mediana o gran altura.

10.3.4. Accesos a la glorieta

Además de la iluminación de la glorieta el alumbrado debe extenderse a las vías de acceso a la misma, en una longitud adecuada que permita a los conductores el tiempo suficiente para identificar la glorieta y, en sentido contrario, facilitar a los automovilistas que se alejan de la misma acostumbrarse al a oscuridad, como se ha representado en las figuras 10.15, 10.16 y 10.17.

Teniendo en cuenta la distancia de seguridad o parada que requiere un vehículo que circula a la velocidad máxima autorizada en una vía de tráfico, y considerando el estado de la calzada (seco o mojado), los accesos a la glorieta deberán iluminarse en una longitud al menos de 200 m en ambos sentidos.

10.3.5. Niveles de iluminación

Generalmente los niveles de iluminación que se aconsejan para glorietas son un 50% mayores que los niveles de los accesos o entradas, recomendándose los niveles mínimos siguientes:

| | |
|------------------------------|-------------------|
| Iluminancia media horizontal | $E_m \geq 40$ lux |
| Uniformidad media | $U_m \geq 0,5$ |

En zonas urbanas o en carreteras dotadas de alumbrado público, el nivel de iluminación de las glorietas será como mínimo un grado superior a la del tramo que confluye que mayor nivel de iluminación tiene, cumpliéndose en todo caso lo dispuesto en el apartado 5.2.3 relativo a tramos singulares de la presente “Guía Técnica para la Eficiencia Energética en las Instalaciones de Alumbrado Público”.

10.4. Cruces a distinto nivel: enlaces

El alumbrado de tales infraestructuras puede llevarse a cabo de forma convencional mediante soportes de altura normal (iguales o inferiores a 16 m.), o implantando soportes de gran altura (20-40 m.).

El alumbrado del conjunto de un cruce a distinto nivel o enlace deberá, en lo posible, proporcionar las siguientes prestaciones:

- Asegurar, en las peores condiciones (mal tiempo y tráfico intenso) un buen guiado visual, desde que el usuario se aproxima a 300 ó 200 m. de la infraestructura y cuando penetra en ella.
- Proporcionar una luminancia satisfactoria sin causar deslumbramiento perturbador.
- Evitar la implantación de numerosos puntos de luz, cuya multiplicidad puede ocasionar confusión.
- Procurar no implantar soportes en puntos peligrosos, ni en lugares donde su mantenimiento suponga un riesgo de entorpecer la circulación de vehículos.
- Ejecutar la instalación en condiciones satisfactorias desde el punto de vista estético, en lo

relativo a la silueta, materiales utilizados y armonía con el emplazamiento.

De hecho, cada cruce a distinto nivel o enlace complejo constituye un caso particular que requiere un estudio individual.

10.4.1. Instalación con soportes de menos de 16 m. de altura

Este tipo de alumbrado es el preferido cuando la implantación de los puntos de luz no da lugar a confusión u obstrucción del campo visual de los conductores.

La instalación deberá realizarse con luminarias cuya distribución luminosa sea adecuada (poco dispersa), de forma que los puntos de luz de una calzada de nivel inferior no deslumbren a los usuarios de una calzada de nivel superior y viceversa.

Localmente, en la proximidad de calzadas elevadas, instalar soportes de poca altura (inferior a 7 m.) podrá ayudar a disminuir e incluso a evitar cualquier deslumbramiento.

En ciertos casos, es también posible que las mismas luminarias iluminen dos calzadas situadas a diferentes niveles.

Los pasos inferiores se iluminarán como túneles cortos. Los pasos superiores, según su configuración, se iluminarán bien como puentes cortos o como calzadas elevadas.

10.4.2. Instalación con soportes de gran altura

Cuando la multiplicidad de soportes entorpece el guiado óptico, resulta conveniente realizar el alumbrado del cruce a distinto nivel o enlace mediante puntos de luz de mayor potencia implantados en soportes de gran altura, de acuerdo con lo establecido en los apartados 5.8.2 y 10.3.3 de la presente Guía Técnica y de conformidad con las condiciones siguientes:

- La relación interdistancia/altura del punto de luz debe ser elegida convenientemente en función de las características geométricas de la instalación y las propiedades fotométricas de las luminarias. Se efectuará un minucioso estudio del reparto de luminancias, lo que exigirá un conocimiento preciso de las características de reflexión del pavimento de la calzada.
- Deberá controlarse cuidadosamente el deslumbramiento, reduciendo en particular las intensidades luminosas excesivas dirigidas hacia el sentido de circulación del tráfico de vehículos, sobre todo en las vías ascendentes.
- Se adoptarán las medidas necesarias para asegurar un buen guiado visual.

- En las regiones con elevada frecuencia de nieblas, deberá restringirse la instalación de alumbrado con soportes de gran altura, ejecutando estas instalaciones con prudencia, debido a la absorción de la luz producida por las nieblas.
- Se utilizará el alumbrado con soportes de gran altura, fundamentalmente cuando la superficie total de las vías de tráfico no sea demasiado baja en relación a la superficie total de la obra a iluminar. La iluminación del entorno próximo de las calzadas resulta muy ventajoso en el caso de cruces complejos a distinto nivel en zona urbana, con cruces e itinerarios peatonales en la zona de influencia de la obra.

10.5. Puentes

El estudio de la iluminación debe llevarse a cabo, siempre que sea posible, desde el momento de la concepción del puente. Esta forma de actuar permite integrar los soportes y las canalizaciones eléctricas de alimentación de los puntos de luz, teniendo en cuenta los imperativos que establecen los propios trabajos de la construcción del puente, así como las obligaciones que impone el propio mantenimiento de la instalación de alumbrado y, por último, en la medida de lo posible, por la propia exigencia de la estética del conjunto, tanto diurna como nocturna.

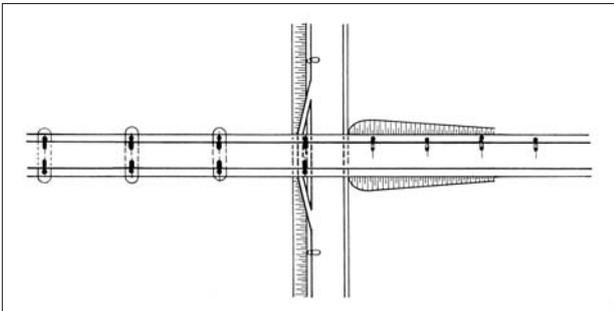


Fig. 10.18.- Ejemplo de implantación recomendada sobre un puente con paso inferior

El alumbrado de los puentes cortos no presenta dificultad. Cuando la carretera de acceso está dotada de alumbrado, se iluminan normalmente como el resto del mismo, teniendo cuidado de que la entrada y salida del puente, así como los bordes de las aceras sean muy visibles, sobre todo si excepcionalmente la calzada del puente es más estrecha que la carretera de acceso. Se recomienda instalar como mínimo un punto de luz en cada entrada del puente si la implantación es unilateral o al tresbolillo, y dos puntos de luz enfrentados o en oposición en el caso de implantación bilateral.

Considerando los enormes progresos en el arte de diseñar y de construir grandes puentes, resulta deseable no deteriorar su silueta mediante la implantación de numerosos puntos de luz con sus correspondientes soportes.

Sin perjuicio de las condiciones generales que debe cumplir un buen alumbrado público, se recomienda en el caso de grandes puentes que satisfaga además las dos exigencias suplementarias siguientes:

- Procurar en todo el puente, como mínimo, un nivel de luminancia un grado superior al de la carretera de acceso al mismo, cumpliéndose en todo caso lo establecido en el apartado 5.2.3 para tramos singulares.
- Cuidar en todo lo posible la estética de la instalación de alumbrado especialmente en su apariencia diurna.

A estos efectos, se recomienda que la implantación de los puntos de luz sea bilateral en oposición, desechando la implantación al tresbolillo. Cuando la carretera de acceso y salida del puente sea de calzadas separadas con instalación del alumbrado central o axial, se recomienda se efectúe la misma implantación a todo lo largo del puente.

Además, la separación entre puntos de luz deberá ser un submúltiplo de la distancia entre las pilas del puente. Cuando dicha distancia entre pilas sea elevada (50 m. ó más), una buena solución consiste en implantar los soportes a un cuarto y a tres cuartos partes de la distancia entre las pilas del puente, antes que implantarlos en las propias pilas o en la mitad de la distancia entre ellas.

Si el puente atraviesa un cauce de agua navegable o vía férrea, el alumbrado deberá satisfacer además las condiciones particulares que estas condiciones imponen.

Por último, si el puente tiene un interés arquitectónico o histórico particular, se recomienda que tanto los soportes como las luminarias que se instalen armonicen con el puente, es decir, se preste un especial cuidado en la estética de dicha instalación.

El alumbrado rasante del puente mediante luminarias empotradas en los muros de ambos lados de la calzada, con filas continuas de fuentes de luz situadas aproximadamente a 1 m. por encima del suelo, solamente puede ejecutarse cuando cada semicalzada tenga como máximo 2 carriles de tráfico. Este tipo de alumbrado tiene la ventaja de un buen guiado óptico y de que por el día presenta un aspecto satisfactorio desde el punto de vista estético. Por el contrario, es muy costoso tanto de primer establecimiento como de mantenimiento y necesita limpiezas muy frecuentes. Finalmente, este tipo de alumbrado resulta casi impracticable en zonas donde las fuertes nevadas son frecuentes. Asimismo, dicho alumbrado a menudo es la causa de deslumbramiento y es muy frágil frente al vandalismo.

Debido al elevado coste instalación y mantenimiento, en general el alumbrado rasante únicamente se instala en puntos o elementos excepcionales, donde la estética es la preocupación dominante.

10.6. Alumbrado de pasos a nivel de ferrocarril

Los pasos a nivel de ferrocarril deben iluminarse adecuadamente para permitir la percepción, a distancia suficiente, de la existencia del paso y la clara visión de su señalización, así como las barreras y las irregularidades del pavimento en esta zona. Además, el alumbrado debe permitir percibir la presencia del ferrocarril sobre el cruce o en sus proximidades, así como obstáculos, objetos, vehículos o peatones que pudieran encontrarse cerca y, por último, identificar correctamente la señalización vertical y horizontal.

- Si el paso a nivel se encuentra en un itinerario con alumbrado, el paso deberá iluminarse de la misma forma que dicho itinerario.
- Si el paso a nivel se encuentra en un itinerario que carece de instalación de alumbrado, al menos deberá iluminarse un tramo mínimo de 40 m. antes y después de las vías férreas, tal y como se representa en la figura 10.19.

Los principios generales que se recomienda deben adoptarse para la iluminación de los pasos a nivel de ferrocarril son los siguientes:

- El nivel de luminancia sobre la zona de cruce, comenzando 40 m. antes de éste y finalizando 40 m. después, se fija en función de los niveles luminosos establecidos en este capítulo 5 de la presente Guía Técnica, pero nunca serán inferiores a 1,5 cd/m² o una iluminancia equivalente de 20 lux. (Véase fig. 10.19).

- La situación de las columnas o báculos proporcionará la suficiente uniformidad para alcanzar los valores establecidos en el capítulo 5 de esta Guía Técnica para cada clase de alumbrado (Véase fig. 10.19).
- La iluminación vertical de la zona por la que atraviesa el ferrocarril es muy adecuada de cara a mejorar la visibilidad. Sin embargo, se tendrá especial cuidado en la orientación de las luminarias para que no se produzcan deslumbramientos sobre los conductores que circulan en sentido contrario o sobre el conductor del tren.
- La iluminación con lámparas de colores de precaución o peligro, ámbar o rojas, pueden ser utilizadas para mayor efectividad, pero su eficacia depende de que el observador reconozca el significado del color de dichas lámparas. No existe evidencia alguna sobre la distinción de los colores, de forma que no representa en principio ninguna ventaja claramente demostrada.

Las lámparas utilizadas no deberán ser susceptibles de dar lugar a confusión con la señalización ferroviaria. Deberá tenerse muy en cuenta el alumbrado de la señalización viaria.

Aun cuando la tendencia es la supresión de los pasos a nivel de ferrocarril, todavía existen muchos en nuestro país. La iluminación adecuada de los pasos a nivel de ferrocarril, auténticos “puntos negros” en materia de accidentes, se estima muy importante, por lo que con independencia del nivel mínimo establecido, se recomienda una clase de alumbrado CE 1 ($E_m = 30 \text{ lux}$ y $U_m = 0,4$).

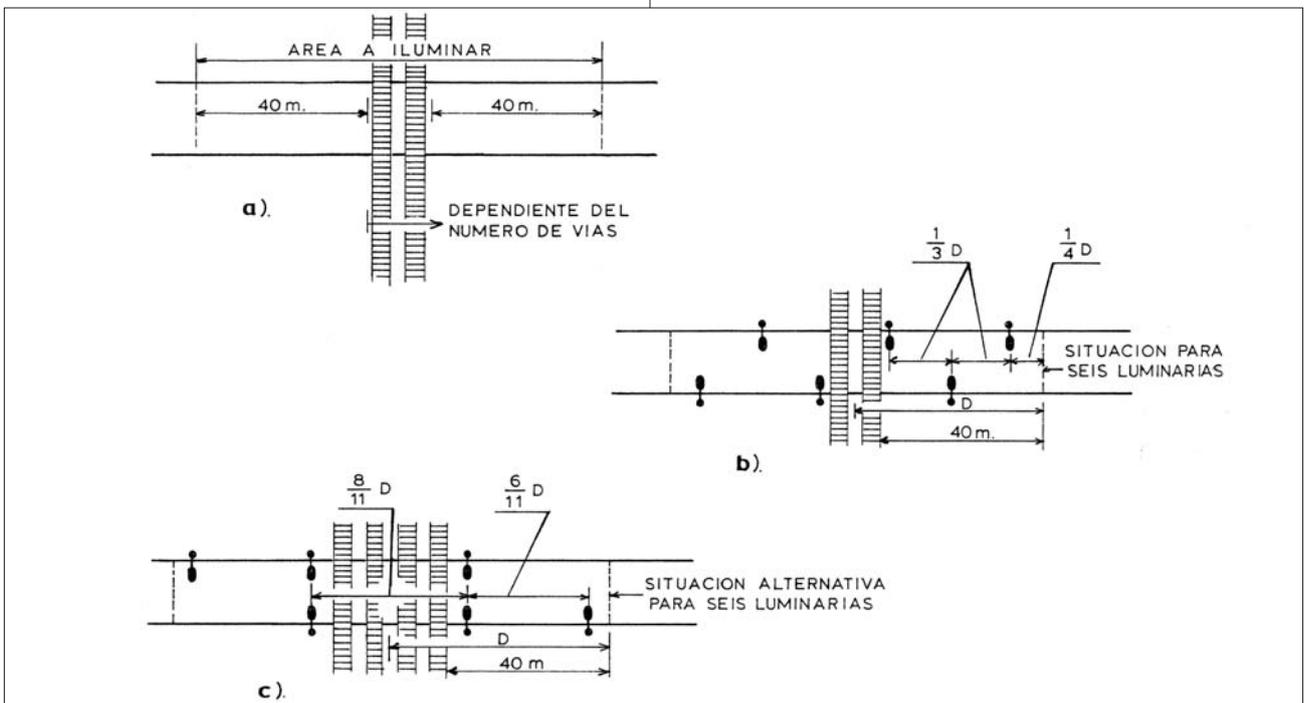


Fig. 10.19.- Pasos a nivel de ferrocarril

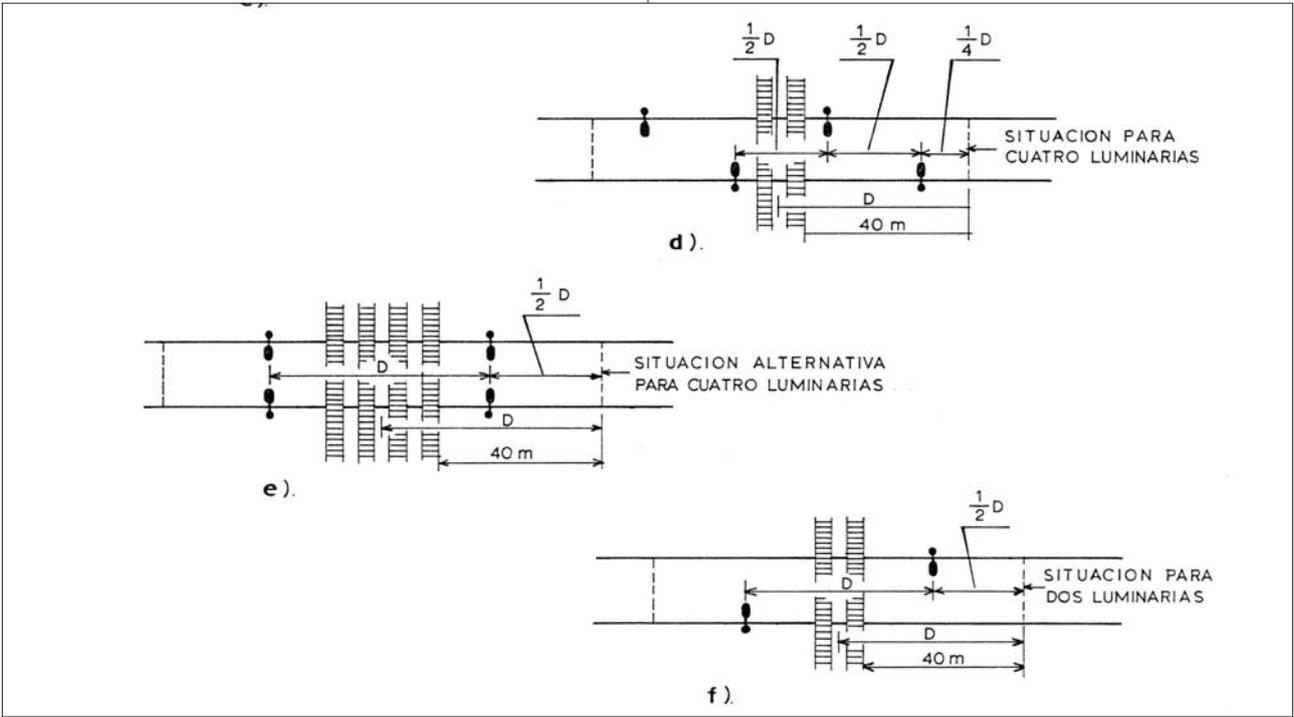
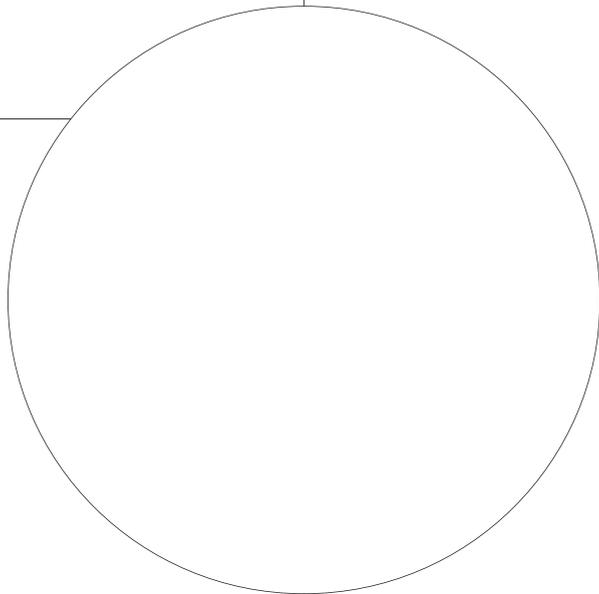


Fig. 10.19.- Pasos a nivel de ferrocarril



11

Criterios de eficiencia energética en el diseño, explotación y mantenimiento de instalaciones de alumbrado público





11. Criterios de eficiencia energética en el diseño, explotación y mantenimiento de instalaciones de alumbrado público

11.1. Criterios de eficiencia energética en el diseño.

Los criterios de eficiencia energética a tener en cuenta en el diseño de las instalaciones de alumbrado público serán los siguientes:

- 1º El nivel de iluminación será el adecuado para la tarea que se realice, ajustándose a los valores indicados en esta Guía Técnica para cada tipo de iluminación. No obstante, podrán superarse los niveles luminosos hasta un 20%, salvo en los casos debidamente justificados, en los que sería posible rebasar dicho porcentaje.
- 2º Se instalará siempre la lámpara con mayor eficacia luminosa (lm/W) de entre aquellas que cumplan los demás parámetros del proyecto de alumbrado.
- 3º El equipo auxiliar será el idóneo para suministrar a la lámpara las características eléctricas necesarias para su funcionamiento con la emisión de un elevado flujo luminoso y bajo consumo energético (bajas pérdidas). Asimismo, los condensadores corregirán el factor de potencia ($\cos \varphi$) a valores superiores o iguales a 0,90, lo que reducirá el consumo de energía.

Nota. Cuando no se utilicen los equipos que tengan la mayor relación entre el flujo luminoso y la potencia consumida (potencia de lámpara más pérdidas de los equipos auxiliares), se deberá justificar, mediante la realización de un estudio económico, que el incremento de coste del equipo de mayor eficacia no es amortizable mediante ahorros energéticos, de mantenimiento, de contratación eléctrica, etc., en un plazo de 5 años; o que técnicamente no es adecuado para el tipo de instalación que se realiza.

4º Se instalarán aquellas luminarias que resulten más adecuadas, para el tipo de fuente de luz a utilizar y que tengan el mayor rendimiento, factor de utilización y factor de depreciación o mantenimiento de entre aquellas que cumplan los parámetros del proyecto de alumbrado.

5º En alumbrados viarios y peatonales deberán implantarse luminarias con reducida emisión de luz por encima del plano horizontal, debiéndose utilizar reflectores que dirijan el flujo luminoso al área que se pretende iluminar, reduciendo la contaminación luminosa (ver capítulo 6).

6º En cuanto al sistema de iluminación, en alumbrado público se adoptará preferentemente la implantación de puntos de luz unilateral, cuando la relación entre el ancho de la calzada y la altura del punto de luz sea igual a 1,2 o inferior, siempre que se cumplan los parámetros de calidad y cantidad de luz. Si no es posible la implantación unilateral, se adoptará la de tresbolillo cuando la relación entre el ancho de la calzada y la altura del punto de luz sea

mayor de 1,2 y menor de 1,5. Se utilizará la implantación bilateral cuando la citada relación sea mayor o igual a 1,5.

Siempre que no sea factible utilizar la implantación unilateral se recomienda adoptar la bilateral con preferencia a la tresbolillo, ya que los niveles de calidad resultan superiores en uniformidades longitudinales.

7º Considerando que cuando exista sobretensión en la red, en el caso de las lámparas de vapor de sodio alta presión, cuando se utilizan balastos serie tipo inductivo, debido a su limitada capacidad de regulación, un 10% de incremento en la tensión de la red eléctrica ocasiona un aumento de potencia entre el 20 y el 25%, lo cual resulta altamente perjudicial para la vida de la lámpara que puede reducirse en más de un 50%; para paliar el problema podrá optarse:

- por balastos serie de tipo inductivo con dos tomas de corriente y conexión a la toma más próxima a la tensión de la red.
- implantar balastos autorreguladores.
- colocar balastos electrónicos
- instalar estabilizadores de tensión en cabecera de línea.

8º En cuanto a la reducción del nivel luminoso, de conformidad con lo establecido en esta Guía Técnica, podrá preverse reducción en el alumbrado público a efectos de ahorro energético, bien de forma puntual instalando en el equipo auxiliar de las luminarias balastos electromagnéticos de 2 niveles de potencia o balastos electrónicos, o bien en cabecera de línea mediante equipos reductores estabilizadores de tensión.

9º En cuanto a los sistemas de control, el accionamiento de los cuadros de alumbrado será automático incluido, en su caso, el alumbrado reducido, teniendo asimismo la posibilidad de ser manual. El programa será el encendido total, apagado parcial del 50% de los puntos de luz a determinadas horas de la noche y el apagado total. A tal efecto, el cuadro de alumbrado podrá ir previsto, bien de célula fotoeléctrica y reloj con corrección astronómica de doble esfera montados en paralelo, actuando el reloj retardado respecto a la célula para el caso de avería, o bien con reloj horario digital astronómico para encendido/apagado del circuito de alumbrado público con circuito voluntario. El accionamiento de los encendidos y apagados también podrá llevarse a cabo mediante el sistema de gestión centralizada de las instalaciones de alumbrado público (ver capítulo 8).

10º Los sistemas de encendido y apagado deberán evitar la prolongación innecesaria de los períodos de funcionamiento de las instalaciones.

11º Se limitarán las pérdidas propias de la instalación, especialmente las debidas al efecto Joule en líneas de alimentación y los consumos por sobretensión de suministro.

12º Los dispositivos de control de potencia y medición de energía serán los adecuados a las características de la instalación y a la modalidad de contratación prevista.

13º.- Deberá seleccionarse la tarifa de contratación más adecuada a cada instalación.

14º En principio cuando sea posible, sería recomendable la construcción de los pavimentos de las calzadas con áridos y gravas blancas o claras en proporciones adecuadas, lo que permitiría un elevado coeficiente de luminancia medio o grado de luminosidad Q_0 y un factor especular S_1 bajo y, por tanto, un porcentaje de ahorro energético.

15º.- Desde el instante inicial, se planificarán y programarán la conservación y mantenimiento de las instalaciones.

11.2. Criterios de eficiencia energética en la explotación

1. Se controlará el consumo de energía (término potencia, término energía, discriminación horaria, energía reactiva, etc.) y el gasto que representa, analizando las situaciones y desviaciones anómalas, aplicando las medidas necesarias para su corrección.

2. Para poder efectuar la gestión de las instalaciones será necesario disponer del inventario de las mismas, que deberá contener al menos:

- Tipo de luminaria
- Lámparas:Tipos,Potencias y Tipo de equipo auxiliar
- Línea alimentación eléctrica
- Dispositivo de maniobra
- Cuadros eléctricos
- Subcuadros eléctricos

También se indicarán las agrupaciones de puntos de luz por:

- Contadores de medición
- Dispositivos de maniobra principales
- Dispositivos de maniobra secundarios
- Sistemas de regulación

3. Igualmente se determinará el ciclo o ciclos de funcionamiento de la instalación con el fin de mejorar y prever el consumo de la instalación, así como su mejor contratación eléctrica.

4. En el ciclo de funcionamiento se fijará no solo cuantas horas está la instalación en funcionamiento, sino cuales son estas horas.

5. La selección del sistema de control de los ciclos de funcionamiento será función del potencial de ahorro energético y éste, a su vez, dependerá de la magnitud, complejidad y flexibilidad de la instalación. Toda instalación tenderá hacia un control continuo y exacto de los ciclos de funcionamiento mediante sistemas electrónicos e informáticos.

6. Los horarios de funcionamiento de las instalaciones deberán adaptarse lo más exactamente posible a las necesidades de iluminación.

7. Aquellas instalaciones que carezcan de empresa mantenedora y que no estén gestionadas en la actualidad, pero que se estimen deban ser mantenidas, serán sometidas a una auditoría energética, en la cual se analizará la situación de la instalación, se realizará un diagnóstico de la problemática energé-

tica y se efectuará una propuesta de actuación sobre:

- Reforma del sistema de alumbrado.
- Adecuación de instalaciones eléctricas.
- Alteraciones en ciclos de funcionamiento.
- Nueva tarificación eléctrica.

8. También se deberá realizar una auditoría energética en aquellas instalaciones que presenten problemas de funcionamiento o de eficiencia energética, y aquellas otras en las que se pretenda establecer nuevos criterios de funcionamiento (Ver apartado 11.4).

11.3. Criterios de eficiencia energética en el mantenimiento

Todo mantenimiento se justifica en general, por los condicionantes generales de degradación de la instalación, como consecuencia del paso del tiempo, pero en el caso de un alumbrado, hay que considerar además, los efectos de:

- Depreciación y mortalidad de las fuentes de luz.
- Depreciación por suciedad de las luminarias.

En la figura 11.1 se representa en abscisas los años transcurridos desde que se inauguró la instalación de alumbrado público, y en ordenadas la energía consumida y utilizada. Se puede observar la importancia del mantenimiento preventivo en lo relativo a la energía recuperada por el efecto de la limpieza y del cambio de lámpara, así como la existencia de una depreciación mínima del sistema óptico - cierre de la luminaria, que resulta inevitable.

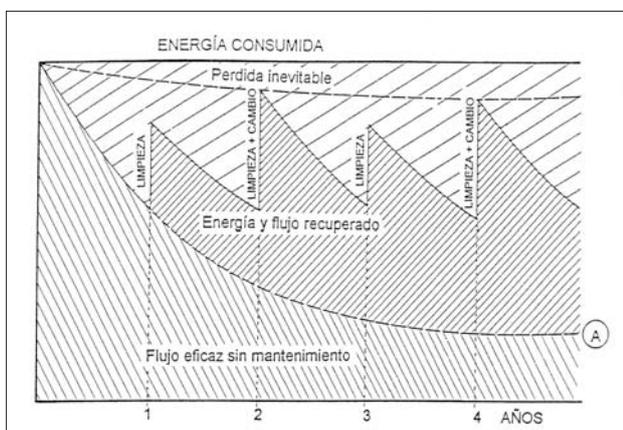


Fig. 11.1.- Curva de depreciación del sistema óptico - cierre de las luminarias

Sin que varíe la energía consumida, la curva A representa la energía útil de la instalación de alumbrado, pudiéndose observar la gran cantidad de energía desperdiciada debido a un deficiente mantenimiento.

Ahora bien, las elevadas inversiones que hoy requieren los mantenimientos y la necesidad de dar un buen empleo a los recursos, hace preciso considerar además la gestión y explotación del mantenimiento y de las instalaciones de alumbrado en general por:

1. Su incidencia en el consumo energético.

Pues si la luminaria está sucia o la fuente de luz es inadecuada se estará pagando un consumo eléctrico que no se traduce en energía luminosa sobre la superficie de la tarea.

2. La necesidad de que las instalaciones funcionen durante el mayor tiempo posible al máximo de sus posibilidades.

De otra manera se estará dando un mal servicio y no obteniendo la rentabilidad prevista de las instalaciones.

3. Posibilidad de amortización de la inversión en períodos de tiempos asequibles.

Se hace imprescindible una adecuada gestión del mantenimiento para todos los alumbrados, por razones de seguridad y confort. Pero será necesario CONSERVAR ADECUADAMENTE para asegurarnos máximos períodos de amortización.

4. Punto óptimo

Los planes de mantenimiento que es posible definir, pueden ser muy variables, tanto cuantitativa como cualitativamente, por ello, se define el punto óptimo de mantenimiento como aquél en el que "el valor del incremento de las prestaciones obtenidas, es igual al incremento del costo necesario para su obtención".

Gestión de mantenimiento

En el sistema de gestión del mantenimiento se dispondrá un sistema de detección de averías y de reparación de las mismas. Con el fin de facilitar la detección de averías se centralizará la información en un ente o persona que coordinará los datos recibidos y se responsabilizará de la reparación de la avería de acuerdo al sistema previsto en la gestión del mantenimiento.

Control de instalaciones

El control de las instalaciones de alumbrado se puede realizar mediante fichas numeradas, libro de registro o medios informáticos (Ver capítulo 8).

La aplicación de la informática y la electrónica al control de las instalaciones, mediante un sistema de mando y control centralizado con ordenadores se está imponiendo y es una de las tendencias que se recomiendan, ya que es la forma de conocer en tiempo real los siguientes datos:

- Circuitos y cuadros fuera de control
- Lámparas fuera de servicio en tiempo real
- Consumo energético
- Tiempos exactos de encendido y apagado de los puntos de luz

Lo que permitirá a los responsables técnicos tomar decisiones en cuanto a:

- La seguridad y confort
- La operativa del mantenimiento
- La gestión del consumo de energía

El control mediante un sistema informatizado de la conservación y mantenimiento de una red eléctrica en general y de alumbrado en particular, no solamente es capaz de actuar sobre la información recibida, acerca de los equipos instalados, sino que además actuará sobre los equipos del sistema integrado correspondiente, tales como sensores, medios de transmisión, unidades de cálculo, etc., que se empleen para interconectar los elementos a controlar, al objeto de conseguir una optimización de los resultados de explotación.

Los objetivos fundamentales que deberán cubrirse en el caso del alumbrado serán:

- Mando y control centralizado a voluntad de toda la red de alumbrado.
- Comprobación y diagnóstico remoto de la operativa que se ejecuta, con chequeo secuencial programado o a voluntad del operador.
- Medida y valoración de la energía activa y reactiva consumida, incluso con discriminación horaria y factor de potencia.
- Medidas y verificación eléctrica de la red con registro de datos.
- Recopilación de una base de datos de la historia de la red, averías, adecuaciones, datos de inspección, informes, etc.
- Procesamiento estadístico y almacenamiento diario de todos los parámetros de la instalación en los que interviene la operativa de conservación con avisos de alarma, órdenes programadas, etc... incluso información sobre ahorro energético.
- Conseguir importantes ahorros energéticos, como consecuencia de la aplicación de programas de control del factor de potencia y en el caso del alumbrado exterior, con reducción de flujo a media noche, ajustar el horario de encendido y apagado en función de la luz solar, etc.

Clasificación de los trabajos de conservación

Los trabajos de conservación a realizar en las instalación de alumbrado se clasifican en: Mantenimientos Preventivos y Mantenimientos Correctivos.

Por “Trabajos de Conservación Preventiva” se entenderán los concernientes a:

- Reemplazamientos masivos de lámparas con un nivel de iluminación por debajo del establecido.
- Operaciones de limpieza de luminarias, soportes y pintura de los mismos.
- Trabajos de inspección y mediciones eléctricas.

Por “Trabajos de Conservación Correctiva” se entenderán los de:

- Renovación, modificación o mejoras de instalaciones.
- Reparaciones que sea necesario o conveniente realizar.
- Sustitución de lámparas fundidas y elementos de la instalación fuera de uso.

Mantenimiento preventivo

Las operaciones de mantenimiento preventivo consistirán en:

Reemplazamientos masivos de lámparas con un nivel de iluminación por debajo del establecido.

- La reposición programada de lámparas tiene por objeto el uso racional de la energía y mantener las instalaciones de alumbrado dentro del nivel proyectado. Se efectuarán de acuerdo con los programas de reposición que se establezcan en función de la vida media en servicio de las lámparas. Las reposiciones podrán establecerse obligatorias a partir de porcentajes de la vida media de las lámparas superiores al 70%.
- Las lámparas que se retiren, serán entregadas al responsable técnico de la instalación, éste elegirá aquellas que desee estudiar con el fin de determinar si existen causas anormales que provoquen su rápido envejecimiento.
- Si el flujo emitido por un número significativo de las lámparas retiradas, en la reposición en grupo, fuese inferior al previsto, se podrá recomendar prohibir la utilización de la marca de dichas lámparas, prohibición que, en su caso, se efectuará, si se obtiene un resultado similar en tres mediciones consecutivas.

Operaciones de limpieza de luminarias y soportes.

- La limpieza de luminarias y soportes, se efectuará de forma programada y se realizará con la frecuencia establecida en el capítulo 8 de la presente Guía Técnica.
- La limpieza de luminarias se realizará tanto interior como exteriormente, con una metodología tal, que tras la misma, se alcance un rendimiento mínimo del 80% inicial. Se podrá comprobar este rendimiento efectuando, en su caso, una medición de la iluminancia tras la ejecución de la correspondiente limpieza.
- Al mismo tiempo que se hace la limpieza, se efectuará una inspección visual del sistema óptico y del estado de todos los componentes de la luminaria.

Trabajos de inspección y mediciones eléctricas.

- Estos trabajos se realizarán, bien por la empresa de mantenimiento o por los propios Servicios Municipales, y entrarán dentro de las operaciones de mantenimiento preventivo de las instalaciones.

Mantenimiento correctivo

El mantenimiento correctivo consiste en localizar, reparar y adecuar las instalaciones para que funcionen el máximo número de horas posible, dando las prestaciones para las que fueron diseñadas.

Las actividades que componen este mantenimiento son:

- 1.- Localización y reparación de averías.
- 2.- Adecuación de instalaciones
- 3.- Detección de averías

11.4. Auditoría energética de la instalación de alumbrado público

La empresa mantenedora o los Servicios Municipales se responsabilizarán de la realización de la auditoría energética de la instalación, previa a la puesta en marcha de una gestión de mantenimiento. La auditoría irá orientada a estudiar las mejoras y modificaciones necesarias para optimizar el funcionamiento y explotación de la instalación y contendrá:

1.- Relación de Instalaciones

El primer paso consiste en confeccionar una relación exhaustiva de las características y tipos de materiales utilizados en la instalación.

- Análisis de la Situación Actual
Para analizar la situación y comportamiento de las instalaciones es necesario, realizar una toma de datos y mediciones de campo:

- Inventario
- Determinación de niveles de iluminación
- Consumos históricos
- Mediciones
- Medición coseno ϕ
- Medición de tensión de alimentación
- Consumos, etc
- Condiciones de utilización y explotación

2.- Diagnóstico de las Instalaciones

Con los datos recogidos se realizará un diagnóstico de la situación que incluirá los siguientes aspectos:

- Descripción del sistema utilizado.
- Análisis del nivel del servicio prestado (comparar los parámetros indicados en la presente Guía Técnica con los existentes, analizando sus desviaciones y causas).

- Análisis de las condiciones energéticas del sistema, obteniendo la eficiencia energética de la instalación, observando las desviaciones sobre las indicadas en la citada Guía Técnica y analizando sus causas.
- Análisis de las condiciones de contratación eléctrica.

3. Mejoras, Modificaciones, Optimización de la Instalación

Una vez analizada la situación actual deberá estudiarse la necesidad de realizar cambios o modificaciones que contribuyan a mejorar y optimizar el funcionamiento y explotación de la instalación.

En cada una de las medidas estudiadas se valorará la inversión, el ahorro energético y económico previsto, así como la dificultad que supone su implantación.

4.- Gestión de Mantenimiento

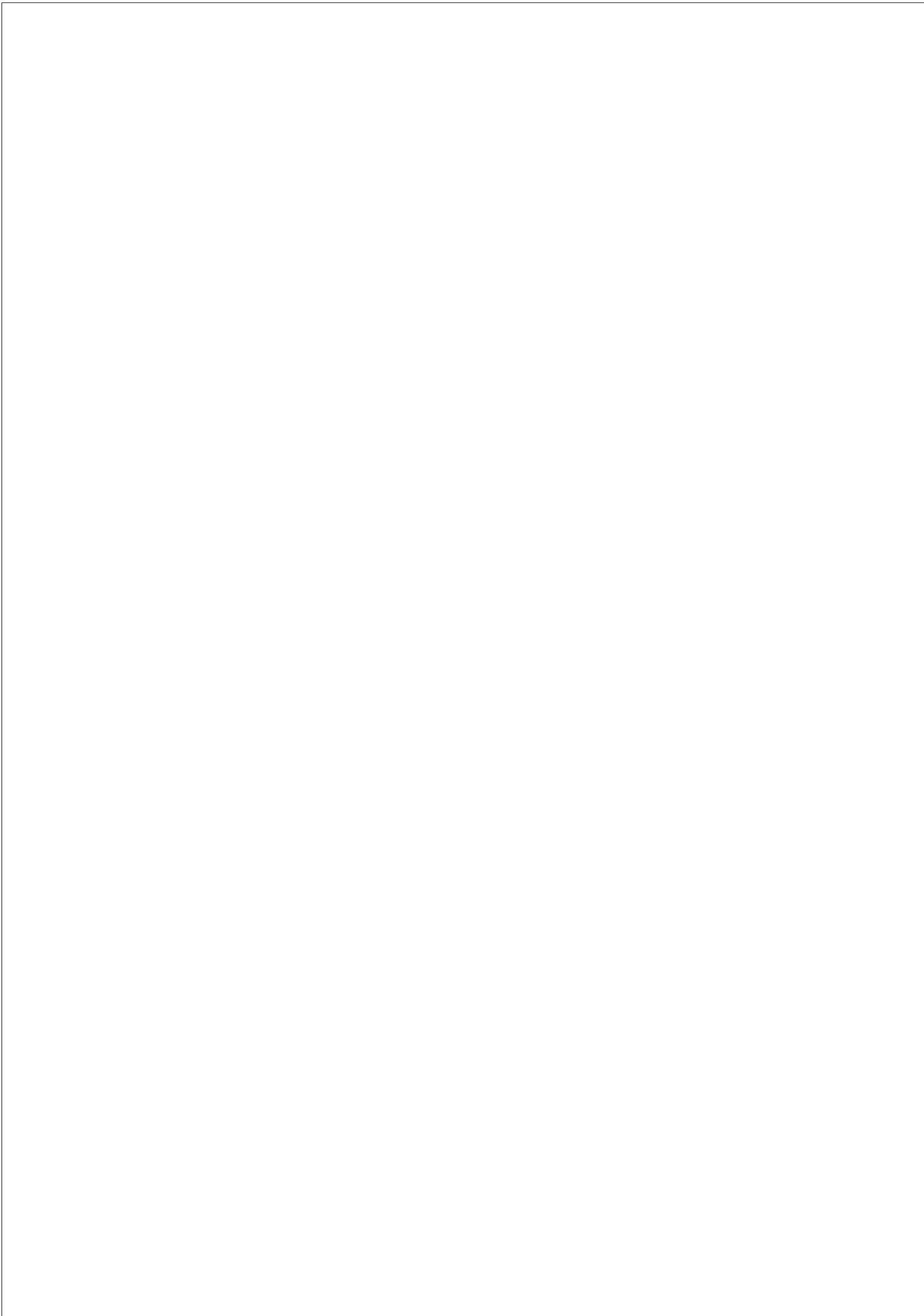
Una vez realizada la auditoría de las instalaciones y como consecuencia de la misma, llevado a cabo el plan de mejoras y modificaciones, se realizará un seguimiento y control del conjunto de las instalaciones, en especial de sus averías y de su eficacia energética.



12

Ejemplos de reformas e implantación de nuevas instalaciones de alumbrado público





12. Ejemplos de reformas e implantación de nuevas instalaciones de alumbrado público

Consideraciones previas

Como complemento del contenido de la presente “Guía Técnica” se exponen un total de 9 ejemplos, los 6 primeros relativos, por una parte, a cambio de lámpara y equipo y, por otra, a modificación de la luminaria, lámpara y equipo, tanto para instalaciones de alumbrado público existentes, como nuevas, en vías de circulación de vehículos de 6 y 10 m de anchura.

El séptimo ejemplo se refiere en una instalación existente a la permuta de los globos de policarbonato instalados, por luminaria tipo globo con reflector y lámpara de menor potencia. Por último, en los ejemplos 8º y 9º, se plantea la implantación de sistemas de regulación del nivel luminoso para una instalación existente y otra nueva.

Precisamente, los mencionados ejemplos no evitan, ni lo pretenden, que en cada caso concreto el técnico municipal efectúe los cálculos pertinentes considerando la situación real que se presenta, tanto en lo que respecta a las prestaciones de las luminarias, lámparas, equipos, dispositivos y precios de mercado de los mismos, como a las condiciones de la instalación en lo que concierne a tensión de la red, variaciones del suministro de energía eléctrica, microcortes, armónicos, etc, así como su protección frente a temperaturas, tormentas meteorológicas con sobrecargas eléctricas (rayos) y cualesquiera otras circunstancias particulares y específicas que concurren.

Hechas las anteriores consideraciones previas, en los 6 primeros ejemplos se han contemplado las siguientes situaciones base:

- a) En vías de tráfico rodado de baja y muy baja velocidad de 6 m de anchura, con flujo de tráfico de peatones normal (clase de alumbrado S3 según tabla 5.7, equivalente a CE5 según tabla 5.12) con las siguientes características:
 - Sistema de Iluminación: unilateral con puntos de luz a 8m de altura y 25m de interdistancia.
 - Luminaria abierta Tipo III - P según tabla 9.3 (P=pequeña), con IP 23, factor depreciación 0,5 y flujo hemiesférico superior <5%.
 - Lámpara de vapor de mercurio color corregida de 125W, con una eficacia luminosa de 50 lm/W y equipo auxiliar correspondiente.
- b) En vías de tráfico rodado de baja y muy baja velocidad de 10 m de anchura, con flujo de peatones alto (clase de alumbrado S1 según tabla 5.7, equivalente a CE3 según tabla 5.12) con las siguientes características:

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.

- Sistema de Iluminación: unilateral con puntos de luz a 10 m de altura y 30 m de inter-distancia.
- Luminaria abierta Tipo III - G según tabla 9.3 (G=grande), con IP 23, factor de depreciación 0,5 y flujo hemiesférico superior <5%.
- Lámpara de vapor de mercurio color corregida de 250 W, con una eficacia luminosa de 51,4 lm/W y equipo auxiliar correspondiente.

Para ello, con carácter inicial deben exponerse los cálculos económicos a efectuar, el análisis de rentabilidad, la metodología a aplicar y el tipo y precio de las luminarias, equipos auxiliares, lámparas, columnas y sus cimentaciones, así como el coste de reposición de lámparas, limpieza de luminarias y el precio de la energía eléctrica (kWh). Todos los valores considerados son precios de coste de mercado, sin tener en cuenta los gastos generales, dirección, administración y beneficio industrial, sin IVA, que tampoco está comprendido en el precio de la energía eléctrica.

12.1. Cálculos económicos

El cálculo de los costes de una instalación de alumbrado público comprende la valoración de los costes de primera instalación y los de explotación anual.

12.1.1 Costes de primera instalación

Los costes de primera instalación se han realizado teniendo en cuenta el siguiente desglose:

$$I_T = C_{PL} + C_{OC} + C_{ACM} \quad \text{en ptas/km.}$$

Siendo:

- I_T = costes totales de primera instalación en ptas/km.
- C_{PL} = costes totales de suministro y montaje de puntos de luz en ptas/km.
- C_{OC} = costes totales de obra civil, incluidos suministro e instalación de conductores, en ptas/km.
- C_{ACM} = costes totales de acometida y centro de mando en ptas/km.

El cálculo de los costes de suministro y montaje de puntos de luz se ha realizado del modo siguiente:

$$C_{PL} = n (C_0 + L_{um} + L_{amp} + E_q) \quad \text{en ptas/km.}$$

Donde:

- C_{PL} = costes totales de suministro y montaje de puntos de luz en ptas/km.
- n = número de puntos de luz por kilómetro.
- C_0 = precio de suministro y montaje de columna. Se incluye fusible, caja y conductores de derivación de luminaria a canalización.

L_{um} = precio de suministro y montaje de luminaria.

L_{amp} = precio de suministro y montaje de lámpara.

E_q = precio de suministro y montaje de equipo auxiliar.

El cálculo de los costes totales de obra civil se ha ejecutado de conformidad con la siguiente expresión:

$$C_{OC} = l_z C_z + l_t C_t + l_c C_c + n B + A + P_t + P_l \quad \text{en ptas/km.}$$

Siendo:

C_{OC} = costes totales de obra civil, incluidos suministro e instalación de conductores, en ptas/km.

l_z = longitud de zanja.

C_z = coste del metro lineal de zanja.

l_t = longitud de la línea de tierra.

C_t = coste del metro lineal del conductor de tierra.

l_c = longitud del conductor activo.

C_c = coste del metro lineal del conductor activo.

n = número de puntos de luz por kilómetro.

B = coste unitario del basamento o cimentación, incluidos pernos, tuercas y arandelas.

A = coste de las arquetas.

P_t = coste de las picas de tierra.

P_l = coste de los fusibles protección de líneas, incluidas cajas.

El cálculo de los costes totales de acometida y centro de mando se han realizado de acuerdo con la expresión siguiente:

$$C_{ACM} = A_c + C_m \quad \text{en ptas/km.}$$

Donde:

C_{ACM} = costes totales de acometida y centro de mando en ptas/km.

A_c = coste de acometida, incluida obra civil.

C_m = coste del centro de mando, incluida obra civil.

Hipótesis de Cálculo

El cálculo de los costes de primera instalación se ha realizado teniendo en cuenta las siguientes condiciones:

- La potencia máxima admisible por centro de mando se fija en 66 KW, y a excepción de la acometida del centro de transformación al centro de mando, la sección máxima admisible de los conductores se fija en 50mm² por razones de trabajo, ya que con secciones superiores existe dificultad para la instalación de los mismos. Todo ello implica la implantación de un centro de mando cada 2 km.
- La caída de tensión máxima admisible en relación al centro de mando será de un 3%.

- La longitud de la zanja será de 1 Km, fijándose en un 4% superior la longitud de la línea de tierra y en un 8% mayor la longitud de los conductores activos, es decir:

$$l_t = 1,04 l_z \quad y \quad l_c = 1,08 l_z$$

- El número de picas de tierra por Km se estima de 30.

12.1.2 Costes de explotación anual

Los costes de explotación anual se han ejecutado teniendo en cuenta los costes de consumo de energía eléctrica, mantenimiento y amortización de las instalaciones, de la forma siguiente:

$$E_T = E_{CE} + M_T + A_T \quad \text{en ptas/km.}$$

Siendo:

E_T = costes totales de explotación anual en ptas/km.

E_{CE} = costes anuales de consumo de energía eléctrica en ptas/km.

M_T = costes anuales de mantenimiento en ptas/km.

A_T = costes anuales de amortización en ptas/km.

El cálculo de los costes de consumo de energía eléctrica se ha realizado de la forma siguiente:

$$E_{CE} = n W_{PL} h T_e \quad \text{en ptas/km.}$$

Donde:

E_{CE} = costes anuales de consumo de energía eléctrica en ptas/km.

n = número de puntos de luz por kilómetro.

W_{PL} = potencia por punto de luz.

h = horas de funcionamiento del alumbrado público.

T_e = tarifa eléctrica (precio kWh).

El cálculo de los costes anuales de mantenimiento en ptas/Km. se ha ejecutado del modo siguiente:

$$M_T = n (M_{lamp} + M_{lum}) + RA + V \quad \text{en ptas/km.}$$

Siendo:

M_T = costes anuales de mantenimiento en ptas/km.

n = número de puntos de luz por kilómetro.

M_{lamp} = coste anual de mantenimiento de una lámpara.

M_{lum} = coste anual de mantenimiento de una luminaria.

RA = coste anual de reparación de averías.

V = coste anual de verificaciones de mantenimiento de soportes, equipos auxiliares, centros de mando y acometida, así como comprobaciones y mediciones.

El cálculo de los costes anuales de amortización en ptas/Km. se ha realizado de la siguiente manera:

$$A_T = \frac{(1+t)^a \cdot t}{(1+t)^a - 1} I_t \quad \text{en ptas/km.}$$

Donde:

A_T = costes anuales de amortización en ptas/km.

t = tasa de amortización en ptas/km.

a = número de años previstos para la amortización.

I_t = costes totales de primera instalación en ptas/km.

Hipótesis de Cálculo

El cálculo de los costes de explotación anual se ha realizado teniendo en cuenta las siguientes condiciones:

- El número de horas de funcionamiento del alumbrado público durante el año es de 4000. No se ha previsto apagado parcial de media noche.
- El mantenimiento adoptado es el siguiente:
 - Limpieza luminarias cada 2 años.
 - Reposición lámparas cada 4 años.
 - Reposición de equipos auxiliares, 4% al año.
 - Pintura soportes galvanizados: 1ª vez a los 15 años; en las veces siguientes cada 5 años.
 - Comprobación tierras, aislamientos y mediciones luminotécnicas cada 2 años.
- La tasa de amortización de las instalaciones se calcula mediante la expresión:

$$A_T = 0,0806 I_T$$

12.1.3 Análisis de rentabilidad

Analizando la rentabilidad de las inversiones de los proyectos de alumbrado público, se compara la situación existente con las alternativas que pueden adoptarse.

Se procede a la evaluación de los costes de primera instalación y de explotación anual incluida la amortización, calculando el período de retorno de la inversión (PR).

El período de retorno de la inversión (PR) se define como el tiempo que tarda el proyecto en recuperar la inversión inicial o costes de primera instalación, mediante los ahorros anuales que se consiguen con el proyecto. La fórmula a aplicar para su cálculo es la siguiente:

$$PR = \frac{\text{Capital invertido}}{\text{Cash - Flow Anual Extra}}$$

El cash-flow representa el ingreso extra en “caja” que el proyecto genera anualmente, es decir, es la diferencia entre la situación existente y la solución propuesta en lo que concierne al coste total de explotación anual, incluida la amortización.

El capital invertido o exceso de inversión respecto a la situación existente, corresponde a la diferencia entre el coste de primera instalación entre la solución propuesta y la situación existente.

En general, se considera que un período de retorno de la inversión (PR) inferior o igual a 3 años es muy positivo y aceptable, estimándose que dicha opción debe ser implantada.

Si el período de retorno de la inversión (PR) es igual o superior a 10 años, se estima se trata de una opción muy poco atractiva desde el punto de vista económico. Es mejor olvidarse de ella y centrarse en las restantes soluciones.

Cuando el período de retorno de la inversión (PR) está comprendido entre 3 y 10 años, se procederá a una verificación minuciosa de los cálculos. Para tomar la decisión final deberán tenerse en cuenta los beneficios intangibles desprendidos de las mejoras en las prestaciones luminosas de la instalación de alumbrado público: superiores niveles luminosos, mejores uniformidades, reducción de los deslumbramientos, etc.

12.1.4 Metodología a aplicar

Como para el cálculo del período de retorno de la inversión (PR), tanto a nivel de coste de 1ª instalación como en lo que atañe al coste total de explotación anual incluida la amortización, es necesario tener en cuenta la diferencia entre la solución propuesta y la situación existente, en los cálculos económicos no se incluirán los costes que forman parte de esa diferencia.

Por ejemplo, si en lo que concierne a los costes de 1ª instalación, tanto de obra civil, como de instalación de conductores, acometida, centro de mando, etc., el resultado es el mismo para las diferentes soluciones, únicamente se tendrán en cuenta los costes de las luminarias, equipos auxiliares y lámparas, así como los soportes y sus cimentaciones. En el caso de una instalación existente, lógicamente no se considerarán los costes de los soportes y sus basamentos o cimentaciones.

En lo que respecta a los costes de explotación, además de la amortización de los costes de 1ª instalación, se tendrá en cuenta para las diferentes soluciones los costes anuales de reposición de lámparas, limpieza de luminarias y consumo de energía eléctrica.

12.1.5 Tipos de luminarias a instalar

Las distintas luminarias a instalar dependen del tipo de vía de tráfico en la que se va a implantar el alumbrado público. En este caso se van a considerar 2 tipos de calzadas, una de 6 m de anchura y la otra de 8 m y las otras luminarias responden a los tipos establecidos en la tabla 9.1, incluyendo en su nomenclatura las siglas siguientes:

| | |
|-----|--------------------|
| a = | hermeticidad IP65 |
| b = | hermeticidad IP 54 |
| G = | grande |
| P = | pequeña |

Vía de Tráfico de 6 m de Anchura

- Luminaria abierta Tipo III-P, para lámpara de vapor de mercurio color corregido (V.M.) de 125 W, con una hermeticidad IP23 y un factor de depreciación de 0,50.



Fig. 12.1.- Luminaria Tipo III - P

- Luminaria Tipo II bP, con cierre de vidrio liso, para lámpara de vapor de sodio a alta presión (S.A.P.) de 70 W, con una hermeticidad IP54 y un factor de depreciación de 0,77.



Fig. 12.2.- Luminaria Tipo II bP

- Luminaria Tipo II bP, con cierre de vidrio liso, para lámpara de vapor de sodio a alta presión (S.A.P.) de 100 W, con una hermeticidad IP 54 y un factor de depreciación de 0,77.



Fig. 12.3.- Luminaria Tipo II bP

- Luminaria Tipo II bG, con cierre de vidrio liso, para lámpara de vapor de sodio a alta presión (S.A.P.) de 150 W, con una hermeticidad IP 54 y un factor de depreciación de 0,77.



Fig. 12.4.- Luminaria Tipo II bG

Los precios de las luminarias referenciadas se especifican en la tabla 12.1, que a continuación se expone:

TABLA - 12.1

| TIPO DE LUMINARIA Y LÁMPARA | Precio Luminaria (ptas) | Precio Lámpara (ptas) | Precio Equipo (ptas) |
|------------------------------|-------------------------|-----------------------|----------------------|
| Tipo III-P - 125 W de V.M. | 8.790 | 925 | 2.550 |
| Tipo II bP - 70 W de S.A.P. | 25.670 | 2.255 | 3.980 |
| Tipo II bP - 100 W de S.A.P. | 26.980 | 2.490 | 4.550 |
| Tipo II bG - 150 W de S.A.P. | 29.320 | 2.760 | 5.140 |

Vía de tráfico de 8 m de anchura

- Luminaria abierta Tipo III-G, para lámpara de vapor de mercurio color corregido (V.M.) de 250 W, con una hermeticidad IP23 y un factor de depreciación de 0,50.

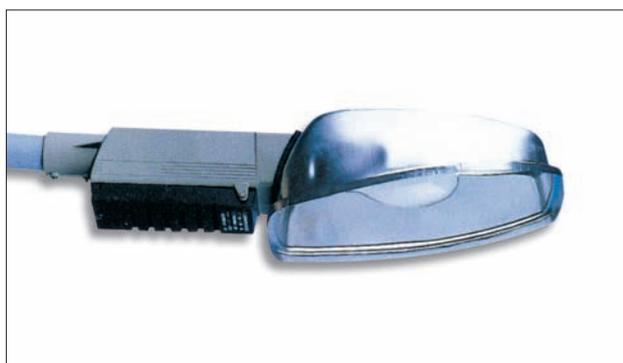


Fig. 12.5.- Luminaria Tipo III G

- Luminaria Tipo II bG, con cierre de vidrio liso, para lámpara de vapor de mercurio color corregido (V.M.) de 250 W, con una hermeticidad IP54 y un factor de depreciación de 0,77.



Fig. 12.6.- Luminaria Tipo II bG

- Luminaria Tipo II aP, con cierre de vidrio curvo, para lámpara de vapor de sodio a alta presión (S.A.P.) de 150 W, con una hermeticidad IP65 y un factor de depreciación de 0,85:



Fig. 12.7.- Luminaria Tipo II aP

- Luminaria Tipo I, con cierre de vidrio curvo, para lámpara de vapor de sodio a alta presión (S.A.P.) de 250 W, con una hermeticidad IP66 y un factor de depreciación de 0,89.



Fig. 12.8.- Luminaria Tipo I

Los precios de las luminarias consignadas se detallan en la tabla 12.2, que a continuación se expone:

TABLA - 12.2

| TIPO DE LUMINARIA Y LÁMPARA | Precio Luminaria (ptas) | Precio Lámpara (ptas) | Precio Equipo (ptas) |
|------------------------------|-------------------------|-----------------------|----------------------|
| Tipo III - G - 250 W de V.M. | 14.015 | 2.030 | 3.260 |
| Tipo II bG - 250 W de V.M. | 27.385 | 2.030 | 3.260 |
| Tipo II aP - 150 W de S.A.P. | 33.210 | 2.760 | 5.140 |
| Tipo I - 250 W de S.A.P. | 36.220 | 2.980 | 5.710 |

12.1.6 Lámparas consideradas y mantenimiento

Tanto el flujo luminoso de las lámparas, como los consumos eléctricos considerados quedan indicados en la tabla 12.3.

TABLA - 12.3

| TIPO DE LÁMPARA | Flujo luminoso (lm) | Lámpara (W) | Balasto (W) | Total (W) |
|-----------------|---------------------|-------------|-------------|-----------|
| V.M. de 125 W | 6.200 | 125 | 13 | 138 |
| V.M. de 250 W | 12.700 | 250 | 20 | 270 |
| S.A.P. de 70 W | 6.600 | 70 | 11 | 81 |
| S.A.P. de 100 W | 10.500 | 100 | 13 | 113 |
| S.A.P. de 150 W | 17.000 | 150 | 20 | 170 |
| S.A.P. de 250 W | 31.500 | 250 | 29 | 279 |

Por otra parte, se estima que el coste de mano de obra de reposición de lámpara asciende a 1.120 ptas, mientras que los costes de limpieza de las luminarias en función del grado de hermeticidad son los siguientes:

- Limpieza luminarias abiertas Tipos III-P y III-G 2.660 ptas
- Limpieza luminarias Tipos II bP y II bG 2.350 ptas
- Limpieza luminarias Tipos II aP y I 1.680 ptas

Finalmente, el precio de kWh sin IVA se estima en 11 ptas

12.1.7 Soportes

Los costes de los soportes y de sus respectivas cimentaciones o basamentos son los establecidos en la tabla 12.4:

TABLA - 12.4

| TIPO DE COLUMNA | Columna (ptas) | Cimentación (ptas) | Total (ptas) |
|---------------------------|----------------|--------------------|--------------|
| Columna de 8 m de altura | 14.590 | 8.260 | 22.850 |
| Columna de 10 m de altura | 17.780 | 8.260 | 26.040 |

Como se ha indicado, todos los precios consignados, tanto de luminarias, equipos auxiliares, lámparas y columnas, como reposición de lámparas y limpieza de luminarias son precios de coste de mercado, es decir, sin tener en cuenta los gastos generales, dirección, administración y beneficio industrial, ni el IVA (impuesto de valor añadido). Como se ha señalado el coste de la energía eléctrica: precio de kWh es de 11 ptas, sin IVA.

12.1.8 Soluciones luminotécnicas

Las soluciones luminotécnicas son las que figuran en las distintas tablas, adoptándose los niveles de iluminación siguientes:

TABLA - 12.5

NIVELES DE ILUMINACIÓN

| Clase de Alumbrado | Em (lux) | E _{min} (lux) | Um (%) |
|--------------------|----------|------------------------|--------|
| CE 2 | 20 | 8 | 40 |
| CE 3 / S 1 | 15 | 6 | 40 |
| CE 4 / S 2 | 10 | 4 | 40 |
| CE 5 / S 3 | 7,5 | 3 | 40 |
| S 4 | 5 | 1,5 | 30 |

12.2 Vías de circulación de 6m de anchura

Se considera como situación existente una instalación antigua de alumbrado público, constituida por una implantación unilateral de puntos de luz de 8 m de altura, instalados a 25 m de interdistancia y dotados de luminarias abiertas Tipo III-P, con lámpara de vapor de mercurio color corregido de 125 W y su equipo auxiliar correspondiente.

Dados los años de la instalación (más de 30), se estima que ha sido amortizada, y aunque la misma sigue prestando servicio, éste se valora en la actualidad deficiente.

Con este alumbrado se obtiene un nivel de iluminación media en la calzada de 5,45 lux, que es inferior al nivel recomendado por la CIE para este tipo de vías, de clase de alumbrado CE5/S3 (según tabla 5.9), como se puede observar en la tabla 12.6.

TABLA - 12.6

| Clase de Alumbrado | Iluminancia Media Em(lux) | Iluminancia Mínima E _{min} (lux) | Uniformidad Media (%) |
|---------------------|---------------------------|---|-----------------------|
| Situación Existente | 5,45 | 2,99 | 54,83 |
| CE5/S3 | 7,50 | 3 | 40 |

Expuestas las anteriores circunstancias, se exponen los tres ejemplos siguientes:

1. Cambio de la lámpara (125 W de V.M.) y equipo auxiliar existente.
2. Cambio de la luminaria, lámpara y su equipo auxiliar, por otras luminarias de mayor rendimiento, dotadas de lámparas de S.A.P. más eficientes, manteniendo la separación de 25 m entre puntos de luz, pero teniendo en cuenta los costes de los soportes y sus cimentaciones.
3. Cambio de todo el sistema de iluminación por uno nuevo unilateral con soportes de 8 m de altura, que debe alcanzar una iluminancia y uniformidad medias de 7,5 lux y 40% respectivamente, recomendadas para este tipo de vías.

Planteados los tres ejemplos prácticos a desarrollar, se procede previamente a efectuar las correspondientes cálculos luminotécnicos para la situación existente de separación de 25 m entre puntos de luz, así como para una nueva instalación con unos niveles de iluminación CE 5 / S 3 que corresponden a una iluminancia y uniformidad medias respectivamente de 7,5 lux y 40%.

Los cálculos luminotécnicos se han realizado siguiendo lo dispuesto en el capítulo 4 de las "Recomendaciones para la Iluminación de Carreteras y Túneles" del Ministerio de Fomento de 1999.

12.2.1 1^{er} Ejemplo: Cambio de lámpara y equipo

En los cálculos se consideran:

| | |
|--------------------------|---|
| Situación Existente: | Luminaria Tipo III - P con lámpara de 125 W de V.M. |
| 1 ^a Solución: | Cambio de dicha lámpara por S.A.P. de 70 W |
| 2 ^a Solución: | Cambio de dicha lámpara por S.A.P. de 100 W |
| 3 ^a Solución: | Cambio de dicha lámpara por S.A.P. de 150 W |

Lógicamente se valora el coste de la lámpara y del equipo auxiliar correspondiente de las nuevas lámparas de S.A.P. Para la situación existente también se tiene en cuenta el valor de la lámpara de 125 W de V.M. y su equipo, dada su antigüedad.

En el correspondiente “impreso de cálculo” se han plasmado los cálculos realizados, de cuyos resultados se desprenden las siguientes conclusiones:

Conclusiones

1^a.-El cambio de la lámpara de 125 W de V.M. y equipo auxiliar existente, por una nueva lámpara de 70 W de S.A.P. con su equipo auxiliar podría abordarse con carácter inmediato, dado que el período de retorno de la inversión (PR) varía entre 1,27 y 1,41 años, sin y con amortización.

Además, aun con la misma luminaria Tipo III - P, con dicho cambio se obtendría un ahorro de consumo de energía eléctrica del 41% y niveles de iluminación ligeramente superiores a los existentes, dado que el flujo de la lámpara de 125 W de V.M. es de 6200 lm, mientras que el de la lámpara de 70 W de S.A.P. alcanza el valor de 6600 lm, lo que implica un 6% más de flujo luminoso.

2^a.-En la 2^a solución los períodos de retorno de la inversión (PR) oscilan entre 5,03 y 8,46 años, sin y con amortización.

Pero en esta solución se alcanzarían niveles de iluminación sustancialmente superiores a los existentes, teniendo en cuenta que el flujo de la lámpara de 125 W de V.M. es de 6200 lm, mientras que la lámpara de 100 W de S.A.P. es de 10500 lm, es decir, casi un 70% más de flujo luminoso, con un 18% de ahorro de consumo de energía eléctrica.

3^a.- En la 3^a solución además de aumentarse los niveles de iluminación más del doble de los existentes, dado que el flujo de lámpara de 150 W de S.A.P. es de 17000 lm frente a los 6200 lm de la lámpara de 125 W de V.M., el consumo energético aumenta un 23%, por lo que esta 3^a solución nunca llegará a amortizarse.

CÁLCULOS ECONÓMICOS

| DATOS INSTALACIÓN | | EXISTENTE | 1ª SOLUCIÓN | 2ª SOLUCIÓN | 3ª SOLUCIÓN |
|--|-----------------|--------------|---------------|----------------|-------------------|
| 1.- Lámpara | | 125 W - V.M | 70 W - S.A.P. | 100 W - S.A.P. | 150 W - S.A.P. |
| 2.- Luminaria | | Tipo III-P | Tipo III-P | Tipo III-P | Tipo III-P |
| 3.- Iluminancia | | 5,45 lux | - | - | - |
| 4.- Número puntos de luz / km. | | 40 | 40 | 40 | 40 |
| 5.- Potencia / punto de luz | | 138 W | 81 W | 113 W | 170 W |
| 6.- Horas funcionamiento / año | | 4.000 h | 4.000 h | 4.000 h | 4.000 h |
| 7.- Consumo total energía / km | 4 x 5 x 6 | 22.080 kWh | 12.960 kWh | 18.080 kWh | 27.200 kWh |
| 8.- Precio kWh | | 11 ptas/ kWh | 11 ptas/ kWh | 11 ptas/ kWh | 11 ptas/ kWh |
| 9.- Coste lámpara | | 925 ptas | 2.255 ptas | 2.490 ptas | 2.760 ptas |
| 10.- Coste equipo auxiliar | | 2.550 ptas | 3.980 ptas | 4.550 ptas | 5.140 ptas |
| 11.- Coste total 1ª instalación / km | 4 (9 + 10) | 139.000 ptas | 249.400 ptas | 281.600 ptas | 316.000 ptas |
| 12.- DIFERENCIA COSTE 1ª INST./KM CON EXISTENTE. | | - | 110.400 ptas | 142.600 ptas | 177.000 ptas |
| 13.- Reposición lámparas / año | | 1/4 | 1/4 | 1/4 | 1/4 |
| 14.- Coste mano de obra reposición lámpara | | 1.120 ptas | 1.120 ptas | 1.120 ptas | 1.120 ptas |
| 15.- Coste total reposición lámparas / año | 4 x 13 (9 + 14) | 20.450 ptas | 33.750 ptas | 36.100 ptas | 38.800 ptas |
| 16.- Limpieza luminarias / año | | 1/2 | 1/2 | 1/2 | 1/2 |
| 17.- Coste limpieza luminaria | | 2.660 ptas | 2.660 ptas | 2.660 ptas | 2.660 ptas |
| 18.- Coste total limpieza luminarias / año | 4 x 16 x 17 | 53.200 ptas | 53.200 ptas | 53.200 ptas | 53.200 ptas |
| 19.- Coste consumo energía / año | 7 x 8 | 242.880 ptas | 142.560 ptas | 198.880 ptas | 299.200 ptas |
| 20.- Coste total explotación / año | 15 + 18 + 19 | 316.530 ptas | 229.510 ptas | 288.180 ptas | 391.200 ptas |
| 21 DIFEREN. EXIST. CON COSTE EXPLOT. | | - | 87.020 ptas | 28.350 ptas | -74.670 ptas |
| 22.- PERÍODO DE RETORNO EN AÑOS (PR) | 12/21 | - | 1,27 | 5,03 | Nunca se amortiza |
| 23 AHORRO DE ENERGÍA (%) | | | 41% | 18% | -23% |

12.2.2 2º Ejemplo: Cambio de luminaria, lámpara y equipo con igual separación entre puntos de luz

En los cálculos se consideran:

Situación Existente: Luminaria Tipo III - P con lámpara de 125 W de V.M.

1ª Solución: Cambio de luminaria por otra Tipo II bP y de lámpara por S.A.P. de 70 W

2ª Solución: Cambio de luminaria por otra Tipo II bP y de lámpara por S.A.P. de 100 W

3ª Solución: Cambio de luminaria por otra Tipo II bG y de lámpara por S.A.P. de 150 W

Para una misma interdistancia o separación entre puntos de luz, que implica un total de 40 luminarias implantadas por kilómetro de instalación de alumbrado público, los resultados luminotécnicos son los que se detallan en la tabla 12.7.

TABLA - 12.7

| TIPO DE LUMINARIA Y LÁMPARA | NIVEL | SEPARACIÓN | Em(lux) | Emin(lux) | Um(%) | Ug(%) |
|------------------------------|-------------|------------|---------|-----------|-------|-------|
| Tipo III-P - 125 W de V.M. | Existente | 25 m | 5,45 | 2,99 | 54,83 | 30,02 |
| Tipo II bP - 70 W de S.A.P. | 1ª Solución | 25 m | 10,96 | 6,36 | 57,99 | 34,55 |
| Tipo II bP - 100 W de S.A.P. | 2ª Solución | 25 m | 15,97 | 7,63 | 47,75 | 24,92 |
| Tipo II bG - 150 W de S.A.P. | 3ª Solución | 25 m | 25,15 | 12,89 | 51,24 | 12,89 |

Conclusiones

1ª.-Si se compara la 1ª solución con la situación existente, se obtienen niveles de iluminación sustancialmente superiores y ahorros de consumo de energía eléctrica del 41%, con un periodo de retorno de la inversión de 8,43 años y 26,27 años sin y con amortización.

2ª.-De la comparación de la 2ª solución (luminaria Tipo II bP con lámpara de S.A.P. de 100 W y equipo correspondiente) con la situación existente, se desprende que el periodo de retorno de la inversión oscila entre 25,2 años (sin amortización) y que nunca se amortiza (con amortización).

3ª.-Con la 3ª solución (luminaria Tipo II bG con lámpara de S.A.P. de 150 W y equipo auxiliar) comparativamente con la situación existente, sucede otro tanto, y nunca se amortiza por lo que también es inaceptable.

Nota.-Es de señalar que, a igualdad de interdistancia entre puntos de luz (25 m) y de aparatos implantados por Kilómetro (en concreto 40), las prestaciones luminotécnicas obtenidas con la situación existente y las 3 soluciones propuestas resultan radicalmente distintas en lo que concierne a los niveles de iluminación y uniformidades.

CÁLCULOS ECONÓMICOS

| DATOS INSTALACIÓN | | EXISTENTE | 1ª SOLUCIÓN | 2ª SOLUCIÓN | 3ª SOLUCIÓN | |
|-------------------|---|-----------------------|------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------|
| 1.- | Luminaria y lámpara | Tipo III-P-125 W.V.M. | Tipo II bP-70 W.S.A.P. | Tipo II bP-100 W.S.A.P. | Tipo II bG-150 W.S.A.P. | |
| 2.- | Iluminancia | 5,45 lux | 10,96 lux | 15,97 lux | 25,15 lux | |
| 3.- | Número puntos de luz / km | 40 | 40 | 40 | 40 | |
| 4.- | Potencia / punto de luz | 138 W | 81 W | 113 W | 170 W | |
| 5.- | Horas funcionamiento / año | 4.000 h | 4.000 h | 4.000 h | 4.000 h | |
| 6.- | Consumo total energía / km | 3 x 4 x 5 | 22.080 kWh | 12.960 kWh | 18.080 kWh | 27.200 kWh |
| 7.- | Precio kWh | 11 ptas / kWh | 11 ptas / kWh | 11 ptas / kWh | 11 ptas / kWh | |
| 8.- | Coste lámpara | 925 ptas | 2.255 ptas | 2.490 ptas | 2.760 ptas | |
| 9.- | Coste luminaria + equipo auxiliar | 11.340 ptas | 29.650 ptas | 31.530 ptas | 35.460 ptas | |
| 10.- | Coste soporte + cimentación | 22.850 ptas | 22.850 ptas | 22.850 ptas | 22.850 ptas | |
| 11.- | Coste total 1ª instalación / km | 3 (8 + 9 + 10) | 1.404.600 ptas | 2.190.200 ptas | 2.274.800 ptas | 2.442.800 ptas |
| 12.- | DIFERENCIA COSTE 1ª INST/KM CON EXISTENTE | - | 785.600 ptas | 870.200 ptas | 1.038.200 ptas | |
| 13.- | Reposición lámparas / año | 1/4 | 1/4 | 1/4 | 1/4 | |
| 14.- | Coste mano de obra reposición lámpara | 1.120 ptas | 1.120 ptas | 1.120 ptas | 1.120 ptas | |
| 15.- | Coste total reposición lámparas / año | 3 x 13 (8 + 14) | 20.450 ptas | 33.750 ptas | 36.100 ptas | 38.800 ptas |
| 16.- | Limpieza luminaria / año | 1/2 | 1/2 | 1/2 | 1/2 | |
| 17.- | Coste limpieza luminaria | 2.660 ptas | 2.350 ptas | 2.350 ptas | 2.350 ptas | |
| 18.- | Coste total limpieza luminarias / año | 3 x 16 x 17 | 53.200 ptas | 47.000 ptas | 47.000 ptas | 47.000 ptas |
| 19.- | Coste consumo energía / año | 6 x 7 | 242.880 ptas | 142.560 ptas | 198.880 ptas | 299.200 ptas |
| 20.- | Coste total explotación / año | 15 + 18 + 19 | 316.530 ptas | 223.310 ptas | 281.980 ptas | 385.000 ptas |
| 21.- | DIFEREN.EXIST. CON COSTE EXPLOT. | - | 93.220 ptas | 34.550 ptas | - 68.470 ptas | |
| 22.- | PERÍODO DE RETORNO EN AÑOS (PR) | 12/21 | - | 8,4 | 25,2 | Nunca se amortiza |
| 23.- | AHORRO ENERGÉTICO (%) | - | 41% | 18% | -23% | |

12.2.3 3er Ejemplo: Cambio de luminaria, lámpara y equipo con distinta separación entre puntos de Luz

A continuación se efectúan los cálculos económicos y luminotécnicos para nuevas instalaciones que cumplan los parámetros recomendados para la clase de alumbrado CE₅ / S₃, a la que se puede asimilar esta vía según las tablas 5.7 y 5.12 de la presente Guía Técnica. Por tanto, se cumplirán las iluminancias media y mínima respectivamente de 7,5 y 3 lux, con una uniformidad media del 40% (según tabla 5.9).

En la tabla 12.8 pueden comprobarse los resultados luminotécnicos obtenidos con las distintas soluciones:

TABLA - 12.8

| SOLUCIÓN | SEPARACIÓN (m) | Em (lux) | Emin (lux) | Um (%) | Ug (%) |
|--|----------------|----------|------------|--------|--------|
| Tipo II bP - 100 W de S.A.P. (1ª Solución) | 39 | 10,26 | 4,26 | 41,55 | 14,81 |
| Tipo II bP - 70 W de S.A.P. (2ª Solución) | 35 | 7,86 | 3,73 | 47,51 | 21,23 |
| Tipo II bG - 150 W de S.A.P. (3ª Solución) | 37 | 16,75 | 7,21 | 43,02 | 15,73 |
| Tipo III-P - 125 W de V.M. (4ª Solución) | 18 | 7,56 | 4,28 | 56,62 | 39,04 |

Conclusiones

1ª.-La solución más adecuada, desde el punto de vista de los resultados de los cálculos económicos, es la denominada 1ª solución .

En la hipotética comparación de esta 1ª solución (así se denomina por cuanto no hay situación existente en el ejemplo, dado que se trata de nuevas instalaciones), con la situación existente en los ejemplos anteriores (luminaria Tipo III - P con lámpara de V.M. de 125 W y equipo auxiliar con 40 puntos de luz/km) el ahorro en el consumo de energía eléctrica asciende a un 47% .

2ª.-Si se compara la 2ª solución con la 1ª, el periodo de retorno de la inversión oscila entre 5,11 y 8,69 años, sin y con amortización.

Si se examinan las prestaciones luminosas, éstas resultan notablemente superiores para la 1ª solución, aun cuando supone un mayor gasto de electricidad. Por tanto, no sería en principio aceptable la 2ª solución.

3ª.-De la comparación de la 3ª y 4ª solución con la 1ª, en ambos casos nunca se amortiza la inversión.

CÁLCULOS ECONÓMICOS

| DATOS INSTALACIÓN | | 1ª SOLUCIÓN | 2ª SOLUCIÓN | 3ª SOLUCIÓN | 4ª SOLUCIÓN |
|---|-----------------|--|----------------|-------------------|-------------------|
| 1.-Luminaria y lámpara | | Tipo II bP-100 W S.A.P. Tipo II bP-70 W S.A.P. Tipo II bG-150 W S.A.P. Tipo III-P-125 W V.M. | | | |
| 2.-Iluminancia | | 10,26 lux | 7,86 lux | 16,75 lux | 7,56 lux |
| 3.-Número puntos de luz / km | | 26 | 29 | 27 | 56 |
| 4.-Potencia / punto de luz | | 113 W | 81 W | 170 W | 138 W |
| 5.-Horas funcionamiento / año | | 4.000 h | 4.000 h | 4.000 h | 4.000 h |
| 6.-Consumo total energía / km | 3 x 4 x 5 | 11.752 kWh | 9.396 kWh | 18.360 kWh | 30.912 kWh |
| 7.-Precio kWh | | 11 ptas / kWh | 11 ptas / kWh | 11 ptas / kWh | 11 ptas / kWh |
| 8.-Coste lámpara | | 2.490 ptas | 2.255 ptas | 2.760 ptas | 925 ptas |
| 9.-Coste luminaria + equipo auxiliar | | 31.530 ptas | 29.650 ptas | 35.460 ptas | 11.340 ptas |
| 10.-Coste soporte + cimentación | | 22.850 ptas | 22.850 ptas | 22.850 ptas | 22.850 ptas |
| 11.-Coste total 1ª instalación / km | 3 (8 + 9 + 10) | 1.478.620 ptas | 1.587.895 ptas | 1.648.890 ptas | 1.966.440 ptas |
| 12.-DIFERENCIA COSTE 1ª INST/KM CON EXISTENTE | | - | 109.275 ptas | 170.270 ptas | 487.820 ptas |
| 13.-Reposición lámparas / año | | 1/4 | 1/4 | 1/4 | 1/4 |
| 14.-Coste mano de obra reposición lámpara | | 1.120 ptas | 1.120 ptas | 1.120 ptas | 1.120 ptas |
| 15.- Coste total reposición lámparas / año | 3 x 13 (8 + 14) | 23.465 ptas | 24.469 ptas | 26.190 ptas | 28.630 ptas |
| 16.-Limpieza luminaria / año | | 1/2 | 1/2 | 1/2 | 1/2 |
| 17.-Coste limpieza luminaria | | 2.350 ptas | 2.350 ptas | 2.350 ptas | 2.660 ptas |
| 18.-Coste total limpieza luminarias / año | 3 x 16 x 17 | 30.550 ptas | 34.075 ptas | 31.725 ptas | 74.480 ptas |
| 19.-Coste consumo energía / año | 6 x 7 | 129.272 ptas | 103.356 ptas | 201.960 ptas | 340.032 ptas |
| 20.-Coste total explotación / año | 15 + 18 + 19 | 183.287 ptas | 161.900 ptas | 259.875 ptas | 443.142 ptas |
| 21.-DIFEREN.EXIST. CON COSTE EXPLOT. | | - | 21.387 ptas | - 76.588 ptas | - 259.855 ptas |
| 22.-PERÍODO DE RETORNO EN AÑOS (PR) | 12/23 | - | 5,11 | Nunca se amortiza | Nunca se amortiza |
| 23.-AHORRO ENERGÉTICO (%) | | | 20 % | -56 % | - 163 % |

12.3 Vías de circulación de 10m de anchura

Se estima como situación existente una instalación antigua de alumbrado público, constituida por una implantación unilateral de puntos de luz de 10 m de altura, instalados a 30 m de interdistancia y dotados de luminarias abiertas Tipo III-G, con lámpara de vapor de mercurio color corregido de 250 W y su equipo auxiliar correspondiente.

Dados los años de la instalación (más de 30), se estima que ha sido amortizada, y aunque la misma sigue prestando servicio, éste se valora en la actualidad deficiente. A mayor abundamiento la lámpara de 250 W de vapor de mercurio color corregido (V.M.), tiene una baja eficacia luminosa de 51,4 lm/W, comparada con otro tipo de lámparas existentes en el mercado.

Con este alumbrado se obtiene un nivel de iluminancia media en la calzada de 6,87 lux, que es inferior al nivel recomendado por la CIE para este tipo de vías, de clase de alumbrado CE₃/S₁, como se puede observar en la tabla 12.9.

TABLA - 12.9

| Clase de Alumbrado | Iluminancia Media Em(lux) | Iluminancia Mínima Emin (lux) | Uniformidad Media (%) |
|---------------------------------|---------------------------|-------------------------------|-----------------------|
| Situación Existente | 6,87 | 3,21 | 46,8 |
| CE ₃ /S ₁ | 15 | 6 | 40 |

Con todas estas premisas, se plantean 3 ejemplos, siguiendo la misma metodología que en el apartado 12.2 y que, en síntesis, son los siguientes:

1. Cambio de la lámpara (250 W V.M.) y equipo auxiliar existente, por otras lámparas de 100, 150 y 250 W de vapor de sodio a alta presión (S.A.P.), calculando el período de retorno de la inversión (PR).
2. Con la misma separación de 30 m entre puntos de luz, pero teniendo en cuenta los costes de los soportes y sus cimentaciones, se sustituye la luminaria existente Tipo III-G, incluida la lámpara de 250 W de V.M. y su equipo auxiliar, por otras luminarias de mayor rendimiento, dotadas de lámparas de S.A.P. más eficientes, calculando el período de retorno de la inversión (PR).
3. En una nueva instalación de alumbrado público, asimismo de implantación unilateral con soportes de 10 m de altura, que debe alcanzar una iluminancia y uniformidad medias de 15 lux y 40% respectivamente, se calcula el período de retorno de la inversión (PR) para las mismas luminarias, lámparas y equipos auxiliares que en el caso anterior.

Planteados los tres ejemplos prácticos a desarrollar, se procede previamente a efectuar los correspondientes cálculos luminotécnicos para la situación existente de separación de 30 m entre puntos de luz, así como para una nueva instalación con unos niveles de iluminación CE 3 / S 1 que corresponden a una iluminancia y uniformidad medias respectivamente de 15 lux y 40%.

12.3.1 4º Ejemplo: Cambio de lámpara y equipo

En los cálculos se considerarán:

- Situación existente: Luminaria Tipo III-G con lámpara de 250 W de V.M.
- 1ª Solución: Cambio de dicha lámpara por S.A.P de 100 W.
- 2ª Solución: Cambio de dicha lámpara por S.A.P de 150W.
- 3ª Solución: Cambio de dicha lámpara por S.A.P de 250 W.

Lógicamente se valora el coste de la lámpara y del equipo auxiliar correspondiente de las nuevas lámparas de S.A.P., así como para la situación existente se tiene en cuenta el valor de la lámpara de 250 W de V.M. y su equipo, dada su antigüedad.

En el correspondiente “impreso de cálculo” se han plasmado los cálculos realizados, de cuyos resultados se desprenden las siguientes conclusiones:

Conclusiones

- 1ª.- El cambio de la lámpara existente (250 W de V.M.) y su equipo auxiliar, por una nueva lámpara de 100 W de S.A.P. incluyendo su equipo auxiliar, requiere un período de retorno de la inversión (PR) de 0,26 años, que se valora óptimo y, en consecuencia, admisible con carácter inmediato. El ahorro es de un 50%. Pero con la lámpara de 100 W de S.A.P, cuyo flujo luminoso es de 10.500 lm, frente a la situación existente (lámpara de 250 W de V.M.) con un flujo luminoso de 12.700 lm, se consiguen unos niveles de iluminación algo inferiores a los existentes, que ya de por sí se han valorado como bastante bajos (6,87 lux de iluminancia media).
- 2ª.- El período de retorno de la inversión (PR) oscila entre 0,62 y 0,65 sin y con amortización, obtenido con el cambio de la lámpara existente (250 W de V.M.) y su equipo auxiliar, por una nueva lámpara de 150 W de S.A.P. con su equipo correspondiente, es asimismo excelente y, por tanto, también aceptable inmediatamente. El ahorro es de un 37%. Con la lámpara de 150 W de S.A.P, con un flujo de 17.000 lm, se logran niveles luminosos bastante superiores a los de la situación existente (lámpara de 250 W de V.M.), lo que ayuda considerablemente a la adopción de la decisión de implantar la 2ª solución.
- 3ª.- Si se lleva a cabo el cambio de la lámpara existente (250 W de V.M.) y su equipo auxiliar, por una nueva lámpara de 250 W de S.A.P. con su equipo correspondiente, nunca se amortiza la inversión.

CÁLCULOS ECONÓMICOS

| DATOS INSTALACIÓN | | EXISTENTE | 1ª SOLUCIÓN | 2ª SOLUCIÓN | 3ª SOLUCIÓN |
|--|-----------------|--------------|----------------|----------------|-------------------|
| 1.- Lámpara | | 250 W - V.M | 100 W - S.A.P. | 150 W - S.A.P. | 250 W - S.A.P. |
| 2.- Luminaria | | Tipo II | Tipo II | Tipo II | Tipo II |
| 3.- Iluminancia | | - | - | - | - |
| 4.- Número puntos de luz / km. | | 33 | 33 | 33 | 33 |
| 5.- Potencia / punto de luz | | 270 W | 113 W | 170 W | 279 W |
| 6.- Horas funcionamiento / año | | 4.000 h | 4.000 h | 4.000 h | 4.000 h |
| 7.- Consumo total energía / km | 4 x 5 x 6 | 35.640 kWh | 14.916 kWh | 22.440 kWh | 36.828 kWh |
| 8.- Precio kWh | | 11 ptas/ kWh | 11 ptas/ kWh | 11 ptas/ kWh | 11 ptas/ kWh |
| 9.- Coste lámpara | | 2.030 ptas | 2.490 ptas | 2.760 ptas | 2.980 ptas |
| 10.- Coste equipo auxiliar | | 3.260 ptas | 4.550 ptas | 5.140 ptas | 5.710 ptas |
| 11.- Coste total 1ª instalación / km | 4 (9 + 10) | 174.570 ptas | 232.320 ptas | 260.700 ptas | 286.770 ptas |
| 12.- DIFERENCIA COSTE 1ª INST./KM CON EXISTENTE. | | - | 57.750 ptas | 86.130 ptas | 112.200 ptas |
| 13.- Reposición lámparas / año | | 1/4 | 1/4 | 1/4 | 1/4 |
| 14.- Coste mano de obra reposición lámpara | | 1.120 ptas | 1.120 ptas | 1.120 ptas | 1.120 ptas |
| 15.- Coste total reposición lámparas / año | 4 x 13 (9 + 14) | 25.988 ptas | 29.783 ptas | 32.010 ptas | 33.825 ptas |
| 16.- Limpieza luminarias / año | | 1/2 | 1/2 | 1/2 | 1/2 |
| 17.- Coste limpieza luminaria | | 2.660 ptas | 2.660 ptas | 2.660 ptas | 2.660 ptas |
| 18.- Coste total limpieza luminarias / año | 4 x 16 x 17 | 43.890 ptas | 43.890 ptas | 43.890 ptas | 43.890 ptas |
| 19.- Coste consumo energía / año | 7 x 8 | 392.040 ptas | 164.076 ptas | 246.840 ptas | 405.108 ptas |
| 20.- Coste total explotación / año | 15 + 18 + 19 | 461.918 ptas | 237.749 ptas | 322.740 ptas | 482.823 ptas |
| 21.- DIFEREN. EXIST. CON COSTE EXPLOT. | | - | 224.169 ptas | 139.178 ptas | - 20.905 ptas |
| 22.- PERÍODO DE RETORNO EN AÑOS (PR) | 12/21 | - | 0,26 | 0,62 | Nunca se amortiza |
| 23.- AHORRO ENERGÉTICO (%). | | - | 58% | 37%. | - 3%. |

12.3.2 5º Ejemplo: Cambio de luminaria, lámpara y equipo con igual separación entre puntos de luz

En los cálculos se consideran:

Situación Existente: Luminaria Tipo III - G con lámpara de 250 W de V.M.

1ª Solución: Cambio de luminaria por otra Tipo II aP y de lámpara por S.A.P. de 150 W

2ª Solución: Cambio de luminaria por otra Tipo II bG y de lámpara por V.M. de 250 W

3ª Solución: Cambio de luminaria por otra Tipo I y de lámpara por S.A.P. de 250 W

Para una misma interdistancia o separación entre puntos de luz, que implica un total de 40 luminarias implantadas por kilómetro de instalación de alumbrado público, los resultados luminotécnicos son los que se detallan en la tabla 12.10.

TABLA - 12.10

| TIPO DE LUMINARIA Y LÁMPARA | NIVEL | SEPARACIÓN | Em(lux) | E _{min} (lux) | U _m (%) | U _g (%) |
|------------------------------|-------------|------------|---------|------------------------|--------------------|--------------------|
| Tipo III - G - 250 W de V.M. | Existente | 30 m | 6,87 | 3,21 | 46,8 | 23,63 |
| Tipo II aP - 150 W de S.A.P. | 1ª Solución | 30 m | 21,65 | 11,0 | 50,81 | 25,83 |
| Tipo II bG - 250 W de V.M. | 2ª Solución | 30 m | 10,32 | 5,74 | 55,56 | 32,48 |
| Tipo I - 250 W de S.A.P. | 3ª Solución | 30 m | 45,72 | 20,33 | 44,46 | 22,68 |

Conclusiones

1ª- Si se compara la 1ª solución con la situación existente, el período de retorno de la inversión es de 4,6 años y 7,39 años, sin y con amortización, que se considera aceptable dependiendo de las prestaciones luminotécnicas que se obtengan en relación a la solución existente. El ahorro es de un 37%.

2ª- Tanto para la 2ª solución, con un periodo de retorno de 86 años (sin amortización) y que nunca se amortiza (con amortización), como para la 3ª solución, nunca se amortiza la inversión, tal y como se refleja en el denominado "impreso de cálculo".

Se destaca que, a igualdad de interdistancia de 30 m entre puntos de luz y, por tanto, de aparatos implantados por kilómetro de instalación de alumbrado público, en concreto 33, las prestaciones de las distintas soluciones son diametralmente diferentes en lo que atañe a los niveles de iluminación y uniformidades, tal y como queda demostrado en la tabla anterior.

La toma de decisión en este caso exige, además de tener en cuenta los cálculos económicos, dado el período de retorno de la inversión (PR), considerar las prestaciones luminosas de la instalación, que se han puesto de manifiesto en la tabla 12.10, pudiendo comprobarse que a igualdad de separación entre puntos de luz, la 1ª solución duplica la iluminancia media de la 2ª solución, luego en principio parece evidente que debe adoptarse la 1ª solución.

CÁLCULOS ECONÓMICOS

| DATOS INSTALACIÓN | | EXISTENTE | 1ª SOLUCIÓN | 2ª SOLUCIÓN | 3ª SOLUCIÓN |
|--|-----------------|-----------------------|-------------------------|-----------------------|---------------------|
| 1.- Luminaria y lámpara | | Tipo III-G-250 W V.M. | Tipo II aP-150 W S.A.P. | Tipo II bG-250 W V.M. | Tipo I-250 W S.A.P. |
| 2.- Iluminancia | | 6,87 lux | 21,65 lux | 10,32 lux | 45,72 lux |
| 3.- Número puntos de luz / km | | 33 | 33 | 33 | 33 |
| 4.- Potencia / punto de luz | | 270 W | 170 W | 270 W | 279 W |
| 5.- Horas funcionamiento / año | | 4.000 h | 4.000 h | 4.000 h | 4.000 h |
| 6.- Consumo total energía / km | 3 x 4 x 5 | 35.640 kWh | 22.440 kWh | 35.640 kWh | 36.828 kWh |
| 7.- Precio kWh | | 11 ptas / kWh | 11 ptas / kWh | 11 ptas / kWh | 11 ptas / kWh |
| 8.- Coste lámpara | | 2.030 ptas | 2.760 ptas | 2.030 ptas | 2.980 ptas |
| 9.- Coste luminaria + equipo auxiliar | | 17.275 ptas | 38.350 ptas | 30.645 ptas | 41.930 ptas |
| 10.- Coste soporte + cimentación | | 26.040 ptas | 26.040 ptas | 26.040 ptas | 26.040 ptas |
| 11.- Coste total 1ª instalación / km | 3 (8 + 9 + 10) | 1.496.385 ptas | 2.215.956 ptas | 1.937.595 ptas | 2.341.350 ptas |
| 12.- DIFERENCIA COSTE 1ª INST/KM CON EXISTENTE | | - | 719.571 ptas | 441.210 ptas | 844.965 ptas |
| 13.- Reposición lámparas / año | | 1/4 | 1/4 | 1/4 | 1/4 |
| 14.- Coste mano de obra reposición lámpara | | 1.120 ptas | 1.120 ptas | 1.120 ptas | 1.120 ptas |
| 15.- Coste total reposición lámparas / año | 3 x 13 (8 + 14) | 25.988 ptas | 32.010 ptas | 25.988 ptas | 33.825 ptas |
| 16.- Limpieza luminaria / año | | 1/2 | 1/2 | 1/2 | 1/2 |
| 17.- Coste limpieza luminaria | | 2.660 ptas | 1.680 ptas | 2.350 ptas | 1.680 ptas |
| 18.- Coste total limpieza luminarias / año | 3 x 16 x 17 | 43.890 ptas | 27.720 ptas | 38.775 ptas | 27.720 ptas |
| 19.- Coste consumo energía / año | 6 x 7 | 392.040 ptas | 246.840 ptas | 392.040 ptas | 405.108 ptas |
| 20.- Coste total explotación / año | 15 + 18 + 19 | 461.918 ptas | 306.570 ptas | 456.803 ptas | 466.653 ptas |
| 21.- DIFEREN.EXIST. CON COSTE EXPLOT. | | - | 155.348 ptas | 5.115 ptas | - 4.735 ptas |
| 22.- PERÍODO DE RETORNO EN AÑOS (PR) | 12/21 | - | 4,6 | 86 | Nunca se amortiza |
| 23.- AHORRO ENERGÉTICO (%) | | - | 37%. | 0,0% | - 3%. |

12.3.3 6º Ejemplo: Cambio de luminaria, lámpara y equipo con distinta separación entre puntos de luz

Continuando con la metodología establecida, seguidamente se efectúan los cálculos correspondientes a la clase de alumbrado CE 3 / S1, es decir, para unas iluminancias media y mínima respectivamente de 15 y 5 lux, con una uniformidad media del 40%. Para la tipología de las vías de tráfico de 8 m de anchura, estos niveles luminosos comienzan a considerarse inicialmente adecuados, aunque sería deseable fueran superiores. Los resultados de los cálculos económicos se incluyen en el “impreso de cálculo”.

Los valores luminotécnicos obtenidos para la clase de alumbrado CE 3 / S 1 son los siguientes:

TABLA - 12.11

| TIPO DE LUMINARIA Y LÁMPARA | SEPARACIÓN | Em(lux) | E _{min} (lux) | Um(%) | Ug(%) |
|--|------------|---------|------------------------|-------|-------|
| Tipo I - 250 W de S.A.P. (1ª Solución) | 53 | 23,01 | 9,35 | 40,62 | 13,14 |
| Tipo II aP - 150 W de S.A.P. (2ª Solución) | 42 | 15,57 | 6,57 | 42,19 | 16,00 |
| Tipo II bG - 250 W de V.M. (3ª Solución) | 20 | 14,87 | 11,27 | 75,76 | 60,87 |
| Tipo III-G - 250 W de V.M. (4ª Solución) | 15 | 15,16 | 9,40 | 61,97 | 46,85 |

Conclusiones

- 1ª. De los valores obtenidos en los cálculos económicos se deduce que la 1ª solución, constituida por la luminaria Tipo I con lámpara de 250 W de S.A.P., es la adecuada, dado que la 2ª solución formada por la luminaria Tipo II aP con lámpara de 150 W de S.A.P. tiene un período de retorno de la inversión que varía entre 5,76 y 10,77 años, sin y con amortización, en comparación con la 1ª solución, con unos niveles luminosos sustancialmente menores y una notable inferior separación entre puntos de luz.
- 2ª. En las soluciones 3ª y 4ª nunca se amortiza la inversión, como puede comprobarse en los cálculos económicos incluidos en el “impreso de cálculo”.

Nota: Se hace constar que, aun cuando en los ejemplos desarrollados no se han incluido los resultados, efectuados los cálculos correspondientes para niveles de iluminación de 20, 25 y 30 lux de iluminancia media, con una uniformidad media del 40%, la alternativa a adoptar siempre es la 1ª solución (luminaria Tipo I con lámpara de 250 W de S.A.P.) frente a cualquier otra solución con lámpara de 150 W de S.A.P., ya que nunca se amortiza la inversión. Todo lo cual reafirma lo indicado anteriormente al respecto.

CÁLCULOS ECONÓMICOS

| DATOS INSTALACIÓN | | 1ª SOLUCIÓN | 2ª SOLUCIÓN | 3ª SOLUCIÓN | 4ª SOLUCIÓN |
|--|-----------------|---------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|
| 1.- Luminaria y lámpara | | Tipo I-250 W S.A.P. | Tipo II aP-150 W S.A.P. | Tipo II bG-250 W V.M. | Tipo III-G-250 W V.M. |
| 2.- Iluminancia | | 23,01 lux | 15,57 lux | 14,87 lux | 15,16 lux |
| 3.- Número puntos de luz / km | | 19 | 24 | 50 | 67 |
| 4.- Potencia / punto de luz | | 279 W | 170 W | 270 W | 270 W |
| 5.- Horas funcionamiento / año | | 4.000 h | 4.000 h | 4.000 h | 4.000 h |
| 6.- Consumo total energía / km | 3 x 4 x 5 | 21.204 kWh | 16.320 kWh | 54.000 kWh | 72.360 kWh |
| 7.- Precio kWh | | 11 ptas / kWh | 11 ptas / kWh | 11 ptas / kWh | 11 ptas / kWh |
| 8.- Coste lámpara | | 2.980 ptas | 2.760 ptas | 2.030 ptas | 2.030 ptas |
| 9.- Coste luminaria + equipo auxiliar | | 41.930 ptas | 38.350 ptas | 30.645 ptas | 17.275 ptas |
| 10.- Coste soporte + cimentación | | 26.040 ptas | 26.040 ptas | 26.040 ptas | 26.040 ptas |
| 11.- Coste total 1ª instalación / km | 3 (8 + 9 + 10) | 1.348.050 ptas | 1.611.600 ptas | 2.935.750 ptas | 3.038.115 ptas |
| 12.- DIFERENCIA COSTE 1ª INST/KM CON EXISTENTE | | - | 263.550 ptas | 1.587.700 ptas | 1.690.065 ptas |
| 13.- Reposición lámparas / año | | 1/4 | 1/4 | 1/4 | 1/4 |
| 14.- Coste mano de obra reposición lámpara | | 1.120 ptas | 1.120 ptas | 1.120 ptas | 1.120 ptas |
| 15.- Coste total reposición lámparas / año | 3 x 13 (8 + 14) | 19.475 ptas | 23.280 ptas | 39.375 ptas | 52.763 ptas |
| 16.- Limpieza luminaria / año | | 1/2 | 1/2 | 1/2 | 1/2 |
| 17.- Coste limpieza luminaria | | 1.680 ptas | 1.680 ptas | 2.350 ptas | 2.350 ptas |
| 18.- Coste total limpieza luminarias / año | 3 x 16 x 17 | 15.960 ptas | 20.160 ptas | 58.750 ptas | 78.725 ptas |
| 19.- Coste consumo energía / año | 6 x 7 | 233.244 ptas | 179.520 ptas | 594.000 ptas | 795.960 ptas |
| 20.- Coste total explotación / año | 15 + 18 + 19 | 268.679 ptas | 222.960 ptas | 692.125 ptas | 927.448 ptas |
| 21.- DIFEREN.EXIST. CON COSTE EXPLOT. | | - | 45.719 ptas | - 423.446 ptas | - 658.769 ptas |
| 22.- PERÍODO DE RETORNO EN AÑOS (PR) | 12/23 | - | 5,76 | Nunca se amortiza | Nunca se amortiza |
| 23.- AHORRO ENERGÉTICO (%) | | | 23 % | - | - |

12.4 7º Ejemplo: Cambio de luminaria tipo globo

En los cálculos se consideran:

Situación Existente: Luminaria Tipo Globo de policarbonato con lámpara ovoide de S.A.P de 250W,

1ª Solución: Cambio de luminaria por otra Tipo Globo con reflector y de lámpara por S.A.P. de 150 W.

Para una misma interdistancia o separación de 25m entre puntos de luz, que implica un total de 40 luminarias implantadas por kilómetro de instalación de alumbrado público, la sustitución planteada permitirá mantener los mismos niveles de iluminación existentes como se puede ver en la tabla 12.12

TABLA - 12.12

| TIPO DE LUMINARIA Y LÁMPARA | NIVEL | FLUJO LUMINOSO (lm) | Lámpara (W) | Balasto (W) | Total (W) | Rendimiento luminaria (%) | Em (lux) |
|--|-------------|---------------------|-------------|-------------|-----------|---------------------------|----------|
| Tipo Globo - 250 W de S.A.P. | Existente | 31.500 | 250 | 29 | 279 | 35,5% | 7,5 |
| Tipo Globo con reflector . 150 W de S.A.P | 1ª Solución | 17.000 | 150 | 20 | 170 | 65% | 8 |

Para efectuar los cálculos económicos en el “impreso de cálculo” se adoptan los siguientes precios:

- Luminaria Tipo Globo de policarbonato 19.100 pts.
- Luminaria Tipo Globo con reflector 40.800 pts.

Como se ha señalado anteriormente son precios de coste del mercado, es decir, sin tener en cuenta los gastos generales, dirección, administración y beneficio industrial, ni IVA.

Conclusiones

1ª. La sustitución de la luminaria Tipo Globo dotada de lámpara de S.A.P. de 250 W por otra con fotometría (reflector de aluminio), permite instalar una lámpara de 150 W, lo que supone un ahorro de energía eléctrica del 39%.

2ª. El período de retorno de la inversión (PR) oscila entre 3,91 y 5,72 años, sin y con amortización, lo que conlleva que este tipo de reforma en instalaciones de alumbrado público sea atractiva económicamente.

CÁLCULOS ECONÓMICOS

| DATOS INSTALACIÓN | | EXISTENTE | 1ª SOLUCIÓN |
|-------------------|--|----------------------------------|--|
| 1.- | Luminaria y lámpara | Tipo Globo - 250 W S.A.P. | Tipo Globo con Reflector -150 W S.A.P. |
| 2.- | Iluminancia | 7,5 lux | 8 lux |
| 3.- | Número puntos de luz / km | 40 | 40 |
| 4.- | Potencia / punto de luz | 279 W | 170 W |
| 5.- | Horas funcionamiento / año | 4.000 h | 4.000 h |
| 6.- | Consumo total energía / km | 3 x 4 x 5 44.640 kWh | 27.200 kWh |
| 7.- | Precio kWh | 11 ptas / kWh | 11 ptas / kWh |
| 8.- | Coste lámpara | 2.980 ptas | 2.760 ptas |
| 9.- | Coste luminaria + equipo auxiliar | 24.810 ptas | 45.940 ptas |
| 10.- | Coste soporte + cimentación | - | - |
| 11.- | Coste total 1ª instalación / km | 3 (8 + 9 + 10) 1.111.600 ptas | 1.948.000 ptas |
| 12.- | DIFERENCIA COSTE 1ª INST./KM CON EXISTENTE | - | 836.400 ptas |
| 13.- | Reposición lámparas / año | 1/4 | 1/4 |
| 14.- | Coste mano de obra reposición lámpara | 1.120 ptas | 1.120 ptas |
| 15.- | Coste total reposición lámparas / año | 3 x 13 (8 + 14) 41.000 ptas | 38.800 ptas |
| 16.- | Limpieza luminaria / año | 1/2 | 1/2 |
| 17.- | Coste limpieza luminaria | 2.660 ptas | 1.680 ptas |
| 18.- | Coste total limpieza luminarias / año | 3 x 16 x 17 53.200 ptas | 33.600 ptas |
| 19.- | Coste consumo energía / año | 6 x 7 491.040 ptas | 299.200 ptas |
| 20.- | Coste total explotación / año | 15 + 18 + 19 585.240 ptas | 371.600 ptas |
| 21.- | DIFEREN.EXIST. CON COSTE EXPLOT. | - | 213.640 ptas |
| 22.- | PERÍODO DE RETORNO EN AÑOS (PR) | 12/23 | 3,91 |
| 23.- | AHORRO ENERGÉTICO (%) | | 39% |

12.5 Implantación de sistemas de regulación del nivel luminoso

Se consideran los dos casos posibles de instalación existente y de una nueva instalación, para los tres sistemas de regulación del nivel luminoso:

- Reguladores - estabilizadores en cabecera de línea
- Balastos serie de tipo inductivo para doble nivel de potencia
- Balastos electrónicos para doble nivel de potencia

12.5.1. 8º Ejemplo: Instalación existente

Se estima como situación existente una instalación de alumbrado público, constituida por una implantación unilateral de 70 puntos de luz de 10 m de altura, instalados a 30 m de interdistancia y dotados con luminaria Tipo II aP con lámpara de vapor de S.A.P. de 150 W. Y su equipo auxiliar correspondiente.

Con este alumbrado se obtiene un nivel de iluminancia media en la calzada de 21,65 lux, que es superior al nivel recomendado por la CIE para este tipo de vías con clase de alumbrado CE₃/S₁, como se puede observar en la tabla 12.13.

TABLA - 12.13

| Clase de Alumbrado | Iluminancia Media Em(lux) | Iluminancia Mínima Emin (lux) | Uniformidad Media (%) |
|--|---------------------------|-------------------------------|-----------------------|
| Situación Existente | 21,65 | 11,0 | 50,81 |
| CE ₃ /S ₁ | 15 | 6 | 40 |
| CE ₄ /S ₂ (Nivel reducido) | 10 | 4 | 40 |

Teniendo en cuenta los criterios de reducción de nivel de iluminación dados en el punto 5.5 de este documento y considerando que el nivel de iluminación actual es superior al recomendado por la la CIE, se estudia la implantación de los tres sistemas de regulación del nivel luminoso, al objeto de ahorrar energía eléctrica tales que:

- Permita reducir el nivel de iluminación existente ajustándolo al nivel recomendado por CIE para este tipo de vía denominado clase de alumbrado CE₄/S₂, durante las horas de actividad baja de la vía (2.200 horas/año).(ver punto 8.3).

Se prevé por tanto regular una potencia de (150 W + 20 W)*70 = 11.900 KW, por lo que, por una parte, la potencia del regulador - estabilizador en cabecera de línea será de 15 KVA, mientras los balastos serie de tipo inductivo de doble nivel de potencia con temporizador y los balastos electrónicos para doble nivel de potencia, serán los apropiados a la potencia de la lámpara de S.A.P. de 150 W.

Los precios de coste de mercado, incluida instalación y montaje del regulador, así como de los balastos, pero sin considerar en este último caso el montaje, en las condiciones establecidas en este capítulo son las siguientes:

- Regulador - estabilizador en cabecera de línea
550.000 ptas
- Balasto serie de tipo inductivo para doble nivel
6.882 ptas
- Balasto electrónico para doble nivel de potencia
7.767 ptas

El coste del montaje de los balastos en cada punto de luz, mediante instalación en bloque, se estima en 2.950 ptas

Efectuados los cálculos correspondientes en el correspondiente "impreso de cálculo", se deducen las siguientes conclusiones:

Conclusiones

1ª.-El periodo de retorno de la inversión de la implantación del regulador - estabilizador respecto a la situación existente oscila entre 4,77 y 7,76 años, sin y con amortización, con un ahorro de energía eléctrica de un 22%

2ª.-Para el balasto serie de tipo inductivo para doble nivel de potencia, el periodo de retorno de la inversión (PR) en relación a la situación existente, varía entre 5,97 y 11,5 años, sin y con amortización, con un ahorro de energía eléctrica de un 22%.

3ª.-En el caso del balasto electrónico de doble nivel de potencia, el periodo de retorno de la inversión (PR) en referencia a la situación existente, está comprendido entre 4,96 y 8,26 años, sin y con amortización, con un ahorro de energía eléctrica de un 28,9%.

CÁLCULOS ECONÓMICOS PARA LA INSTALACIÓN EXISTENTE

| DATOS INSTALACIÓN | | EXISTENTE | REGULADOR | BALASTO DOBLE NIVEL | BALASTO ELECTRÓNICO |
|--|-----------------|-------------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------|
| 1.- Luminaria y lámpara | | Tipo II aP 150 W S.A.P. | Tipo II aP 150 S.A.P. | Tipo II aP 150 W S.A.P. | Tipo II aP 50 S.A.P. |
| 2.- Número puntos de luz | | 70 | 70 | 70 | 70 |
| 3.- Potencia / punto de luz | | 170 W | 170 / 102W | 170 / 102 W | 155 / 93 W |
| 4.- Horas funcionamiento / año | | 4.000 h | 1.800 / 2.200 h | 1.800 / 2.200 h | 1.800 / 2.200 h |
| 5.- Consumo total energía / año | 2 x 3 x 4 | 47.600 kWh | 37.128 kWh | 37.128 kWh | 33.852 kWh |
| 6.- Precio kWh | | 11 ptas / kWh | 11 ptas / kWh | 11 ptas / kWh | 11 ptas / kWh |
| 7.- Coste lámpara | | 2.760 ptas | 2.760 ptas | 2.760 ptas | 2.760 ptas |
| 8.- Coste equipo auxiliar | | - | - | 6.882 ptas | 7.767 ptas |
| 9.- Montaje equipo auxiliar | | - | - | 2.950 ptas | 2.950 ptas |
| 10.- Regulador | | - | 550.000 ptas | - | - |
| 11.- Coste total 1ª instalación | 2 (7+8+9) + 10 | 193.200 ptas | 743.200 ptas | 881.440 ptas | 943.390 ptas |
| 12.- DIFERENCIA COSTE 1ª INST. CON EXISTENTE | | - | 550.000 ptas | 688.240 ptas | 750.190 ptas |
| 13.- Reposición lámparas / año | | 1/4 | 1/4 | 1/4 | 1/4 |
| 14.- Coste mano de obra reposición lámpara | | 1.120 ptas | 1.120 ptas | 1.120 ptas | 1.120 ptas |
| 15.- Coste total reposición lámparas / año | 2 x 13 (7 + 14) | 67.900 ptas | 67.900 ptas | 67.900 ptas | 67.900 ptas |
| 16.- Limpieza luminaria / año | | 1/2 | 1/2 | 1/2 | 1/2 |
| 17.- Coste limpieza luminaria | | 1.680 ptas | 1.680 ptas | 1.680 ptas | 1.680 ptas |
| 18.- Coste total limpieza luminarias / año | 2 x 16 x 17 | 58.800 ptas | 58.800 ptas | 58.800 ptas | 58.800 ptas |
| 19.- Coste consumo energía / año | 5 x 6 | 523.600 ptas | 408.408 ptas | 408.408 ptas | 372.372 ptas |
| 20.- Coste total explotación / año | 15 + 18 + 19 | 650.300 ptas | 535.108 ptas | 535.108 ptas | 499.072 ptas |
| 21.- DIFEREN.EXIST. CON COSTE EXPLOT. | | - | 115.192 ptas | 115.192 ptas | 151.228 ptas |
| 22.- PERÍODO DE RETORNO EN AÑOS (PR) | 12/23 | - | 4,77 | 5,97 | 4,96 |
| 23.- AHORRO ENERGÉTICO (%) | | - | 22 % | 22 % | 28,9 % |

12.5.2. 9º Ejemplo: Nueva instalación

Es el mismo ejemplo que el caso anterior, pero se trata de una nueva instalación en la que de inicio se prevé instalar sistemas de regulación del nivel luminoso (2ª, 3ª y 4ª solución), y se compara con la 1ª solución que carece de dichos sistemas de ahorro energético.

Realizados los cálculos consignados en el “impreso de cálculo”, se desprenden las siguientes conclusiones:

Conclusiones

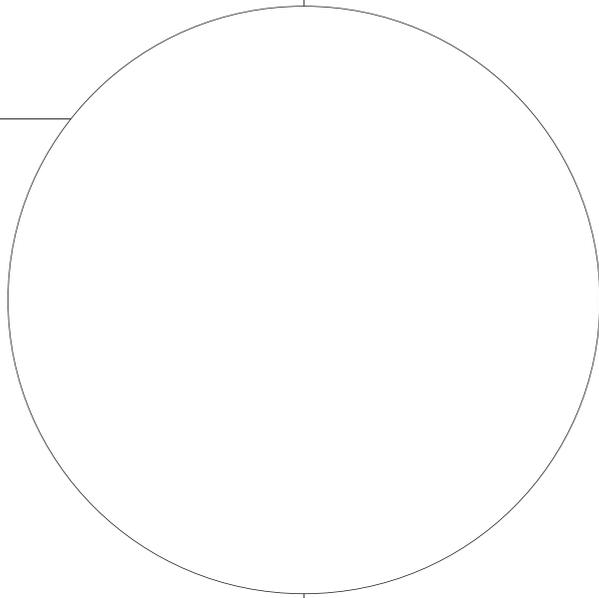
- 1ª.-Si se compara la 2ª solución (regulador - estabilizador en cabecera de línea) con la 1ª solución, el periodo de retorno de la inversión (PR) oscila entre 4,77 y 7,76 años, sin y con amortización, con un ahorro de energía eléctrica del 22%
- 2ª.-Si se compara la 3ª solución (balasto sería de tipo inductivo para doble nivel de potencia) con la 1ª solución el periodo de retorno de la inversión (PR) varía entre 1,06 y 1,16 años, sin y con amortización, con un ahorro de energía eléctrica del 22%
- 3ª.-Si se compara la 4ª solución, el periodo de retorno de la inversión (PR) está comprendido entre 1,22 y 1,35 años, sin y con amortización, con un ahorro energético del 28,9%

Notas

- 1ª.-Es de señalar que en los dos últimos ejemplos (8º y 9º) se ha considerado que la tensión de la red, perfectamente estabilizada, es de 220 V, que las fases están totalmente equilibradas, que las secciones de los conductores han sido idóneamente dimensionadas, que no existen armónicos, etc.
- 2ª.-De acuerdo con lo expuesto en el apartado 8.2 de esta “Guía Técnica para la Eficiencia Energética en las Instalaciones de Alumbrado”, si se incrementa la tensión de la red, en el caso del balasto serie inductivo con doble nivel de potencia, se origina una sobrepotencia (fig. 7.7), que da lugar a un acortamiento de la vida de la lámpara (fig. 7.8) y a pérdidas adicionales por sobreconsumo, que variarían tanto el periodo de retorno de la inversión (PR), como el ahorro energético.
- 3ª.-En el caso del regulador - estabilizador en cabecera de línea, la reducción del valor instantáneo de la red, unida al incremento de la tensión de arco de la lámpara debido a su envejecimiento (fig. 7.9), da lugar a un cierto recorte de la vida de la lámpara, evaluable en un 10%, que habría que tener en cuenta. Además, si no existiese equilibrio entre fases, debería instalarse un regulador - estabilizador de mayor potencia a tenor con la fase desequilibrada. Todo lo cual modificaría tanto el periodo de retorno de la inversión, como el ahorro de energía eléctrica, con posibles problemas de caídas de tensión y apagado de puntos de luz, en el caso de no estar bien dimensionada la red eléctrica.
- 4ª.-En el supuesto del balasto electrónico para doble nivel de potencia, debería tenerse en cuenta su mayor sensibilidad a las tormentas meteorológicas (rayos), elevadas temperaturas, perturbaciones eléctricas, etc., tal y como se expone en el apartado 8.2.3 de la presente “Guía Técnica”.
- 5ª.-En resumen, cada instalación existente o nueva constituye un caso particular, lo que implica que antes de implantar cualquier sistema de regulación del nivel luminoso, se calcule el periodo de retorno de la inversión (PR) y el ahorro energético, con las condiciones que, en cada caso concreto, presente la instalación de alumbrado público.

CÁLCULOS ECONÓMICOS PARA LA NUEVA INSTALACIÓN

| DATOS INSTALACIÓN | | 1ª SOLUCIÓN | 2ª SOLUCIÓN REGULADOR | 3ª SOLUCIÓN Balasto Doble Nivel | 4ª SOLUCIÓN Balasto Electrónico |
|--|-----------------|-------------------------|--------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| 1.- Luminaria y lámpara | | Tipo II aP 150 W S.A.P. | Tipo II aP 150 S.A.P. | Tipo II aP 150 W S.A.P. | Tipo II aP 150 S.A.P. |
| 2.- Número puntos de luz | | 70 | 70 | 70 | 70 |
| 3.- Potencia / punto de luz | | 170 W | 170 / 102W | 170 / 102 W | 155 / 93 W |
| 4.- Horas funcionamiento / año | | 4.000 h | 1.800 / 2.200 h | 1.800 / 2.200 h | 1.800 / 2.200 h |
| 5.- Consumo total energía / año | 2 x 3 x 4 | 47.600 kWh | 37.128 kWh | 37.128 kWh | 33.852 kWh |
| 6.- Precio kWh | | 11 ptas / kWh | 11 ptas / kWh | 11 ptas / kWh | 11 ptas / kWh |
| 7.- Coste lámpara | | 2.760 ptas | 2.760 ptas | 2.760 ptas | 2.760 ptas |
| 8.- Coste luminaria + equipo auxiliar | | 38.350 ptas | 38.350 ptas | 40.092 ptas | 40.977 ptas |
| 9.- Regulador | | - | 550.000 ptas | - | - |
| 10.- Coste soporte + cimentación | | 26.040 ptas | 26.040 ptas | 26.040 ptas | 26.040 ptas |
| 11.- Coste total 1ª instalación | 2 (7+8+10) + 9 | 4.700.500 ptas | 5.250.500 ptas | 4.822.440 ptas | 4.884.390 ptas |
| 12.- DIFERENCIA COSTE 1ª INST. CON EXISTENTE | | - | 550.000 ptas | 121.940 ptas | 183.980 ptas |
| 13.- Reposición lámparas / año | | - | 1/4 | 1/4 | 1/4 |
| 14.- Coste mano de obra reposición lámpara | | 1.120 ptas | 1.120 ptas | 1.120 ptas | 1.120 ptas |
| 15.- Coste total reposición lámparas / año | 2 x 13 (7 + 14) | 67.900 ptas | 67.900 ptas | 67.900 ptas | 67.900 ptas |
| 16.- Limpieza luminaria / año | | - | 1/2 | 1/2 | 1/2 |
| 17.- Coste limpieza luminaria | | 1.680 ptas | 1.680 ptas | 1.680 ptas | 1.680 ptas |
| 18.- Coste total limpieza luminarias / año | 2 x 16 x 17 | 58.800 ptas | 58.800 ptas | 58.800 ptas | 58.800 ptas |
| 19.- Coste consumo energía / año | 5 x 6 | 523.600 ptas | 408.408 ptas | 408.408 ptas | 372.372 ptas |
| 20.- Coste total explotación / año | 15 + 18 + 19 | 650.300 ptas | 535.108 ptas | 535.108 ptas | 499.072 ptas |
| 21.- DIFEREN.EXIST. CON COSTE EXPLOT. | | - | 115.192 ptas | 115.192 ptas | 151.228 ptas |
| 22.- PERÍODO DE RETORNO EN AÑOS (PR) | 12/23 | - | 4,77 | 1,06 | 1,22 |
| 23.- AHORRO ENERGÉTICO (%) | | - | 22 % | 22 % | 28,9 % |



13 Normativa
y recomendaciones





13. Normativa y recomendaciones

Comprende las recomendaciones internacionales y españolas, así como normativa europea y nacional.

13.1. Recomendaciones internacionales

- Publicación CIE 17.4: 1987
Vocabulario Internacional de Iluminación.
- Publicación CIE 19.21/22: 1981
Modelo Analítico para la Descripción de la Influencia de los Parámetros de Alumbrado en las Prestaciones Visuales.
- Publicación CIE 23: 1973
Recomendaciones para la Iluminación de Autopistas.
- Publicación CIE 30.2: 1982
Cálculo y Mediciones de la Luminancia y la Iluminancia en el Alumbrado de Carreteras.
- Publicación CIE 31: 1976
Deslumbramiento y Uniformidad en las Instalaciones de Alumbrado de Carreteras.
- Publicación CIE 32/AB:1977
Puntos Especiales en Alumbrado Público
- Publicación CIE 33: 1977
Depreciación y Mantenimiento de Instalaciones de Alumbrado Público
- Publicación CIE 34: 1977
Luminarias para Alumbrado de Carreteras: Datos Fotométricos, Clasificación y Prestaciones
- Publicación CIE 47: 1979
Alumbrado de Carreteras en Condiciones Mojadas.
- Publicación CIE 54: 1982
Retroreflexión: Definición y Mediciones.
- Publicación CIE 61: 1984
Alumbrado de la entrada en Túneles: Fundamentos para determinar la Luminancia de la Zona de Umbral.
- Publicación CIE 66: 1984
Pavimentos de Carreteras y Alumbrado.
- Publicación CIE 84: 1989
Medición del Flujo Luminoso.
- Publicación CIE 88: 1990
Guía para la Iluminación de Tuneles y Pasos Inferiores.
- Publicación CIE 93: 1992
Iluminación de Carreteras como Contramedida de los Accidentes.
- Publicación CIE 95:1992
Contraste y Visibilidad
- Publicación CIE 96: 1992
Fuentes de Luz Eléctrica. Estado del Arte 1991.
- Publicación CIE 100: 1992
Fundamentos de la Tarea Visual en la Conducción Nocturna.
- Publicación CIE 115: 1995
Recomendaciones para el Alumbrado de Carreteras con Tráfico Motorizado y Peatonal.
- Publicación CIE 121: 1996
Fotometría y Goniofotometría de las Luminarias.
- Publicación CIE 126: 1997
Guía para Minimizar la Luminosidad del Cielo
- Publicación CIE 129: 1998
Guía para el Alumbrado de Áreas de Trabajo Exteriores.

Publicación CIE 132: 1999
Métodos de Diseño para el Alumbrado de Carreteras.

Publicación CIE 136: 2000
Guía para la Iluminación de Áreas Urbanas.

13.2. Recomendaciones españolas

Recomendaciones para la Iluminación de Carreteras y Túneles del Ministerio de Fomento de 1999.

Guía para la Reducción del Resplandor Luminoso Nocturno del Comité Español de Iluminación (CEI) de 1999.

13.3. Normativa europea

- 89/336/CEE.- Directiva del Consejo de 3 de mayo de 1989, relativa a la compatibilidad electromagnética. (D.O.C.E. 12-5-1992)

- 92/31/CEE.- Directiva del Consejo de 28 de abril de 1992, por la que se modifica la Directiva 89/336/CEE (D.O.C.E. 12-5-92).

- 93/68/CEE.- Directiva del Consejo de 22 de julio de 1993, por la que se modifican, entre otras, las Directivas 89/336/CEE y 73/23/CEE, armonizando las disposiciones relativas a la colocación y utilización del marcado "CE" de conformidad con un único logotipo CE (D.O.C.E. 30-8-1993).

- 2000/55/CE.- Directiva del Consejo de 18 de septiembre de 2000, relativa a los requisitos de eficiencia energética de los balastos de lámparas fluorescentes.

- Recomendaciones Relativas al Alumbrado de las Vías Públicas, de la Asociación Francesa de Iluminación AFE.

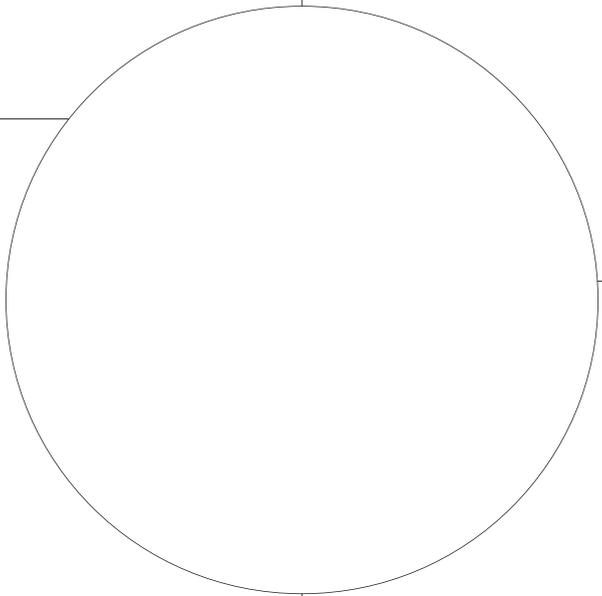
13.4. Normativa nacional

- Normas e Instrucciones para Alumbrado Urbano del Ministerio de la Vivienda de 1965.
- Decreto 2413/1973 de 20 de Septiembre por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.
- Orden de 31 de Octubre de 1973, por la que se aprueban las instrucciones complementarias denominadas Instrucciones MI BT con arreglo a lo dispuesto en el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.
- Orden de 18 de Julio de 1978, por la que se aprueba la Norma Tecnológica NTE-IEE/1978 "Instalaciones de Electricidad: Alumbrado Exterior". Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo".
- Real Decreto 2642/1985, de 18 de Diciembre, por el que se declaran de obligado cumplimiento las especificaciones técnicas de los candelabros metálicos (báculos y columnas de alumbrado exterior y señali-

zación de tráfico) y su homologación por el Ministerio de Industria y Energía.

- Real Decreto 138/1989, de 27 de Enero, por el que se aprueba el Reglamento sobre Perturbaciones Radioeléctricas e Interferencias.
- Real Decreto 401/1989, de 14 de Abril, que modifica el Real Decreto 2642/1985 y lo adapta al derecho comunitario.
- Orden de 12 de Junio de 1989, por la que se establece la certificación de conformidad a normas como alternativa de la homologación de los candelabros metálicos.
- Real Decreto 444/1994, de 11 de marzo, por el que se establecen los procedimientos de evaluación de la conformidad y los requisitos de protección, relativos a compatibilidad electromagnética de los equipos, sistemas e instalaciones.





14

Definiciones técnicas





14.- Definiciones técnicas

En consonancia con el objeto y campo de aplicación de la Guía Técnica para la Eficiencia Energética en las Instalaciones de Alumbrado Público, resultan de aplicación las siguientes definiciones técnicas:

Acomodación Visual

- Propiedad del ojo que permite la puesta a punto automática de la imagen óptica sobre la retina a medida que se acerca o aleja un objeto.

Adaptación Visual

- Propiedad que consiste en que el ojo se ajusta automáticamente al nivel de iluminación existente en cada caso particular.

Agudeza Visual

- Capacidad del ojo de distinguir objetos muy pequeños y muy próximos. También se define esta capacidad del ojo como la visión detallada tanto de cerca como de lejos.

Alcance Luminoso

- En condiciones de observación determinadas, la mayor distancia a la que se puede reconocer una específica señal luminosa, con las únicas limitaciones de la transmisividad atmosférica y el umbral de iluminancia en el ojo del observador.

Alcance Visual

- La mayor distancia a la que, en condiciones determinadas, puede ser reconocido un objeto con las únicas limitaciones de la transmisividad atmosférica y del umbral de contraste.

Arrancador

- Dispositivo que, por sí mismo o en combinación con otros componentes del circuito, genera impulsos de tensión para cebar una lámpara de descarga sin precaldeo de los electrodos.

Balasto

- Dispositivo conectado entre la alimentación y la lámpara de descarga, que sirve para limitar la corriente de la lámpara a un valor determinado.

Casquillo

- Parte de una lámpara que sirve para conectarla al circuito eléctrico de alimentación mediante un portalámparas o un conector de lámpara y, en la mayoría de los casos, sirve también para retenerla mecánicamente en el portalámparas.

Cebador

- Dispositivo de cebado, normalmente para lámparas fluorescentes que proporciona el precaldeo neces-

rio de los electrodos y, en combinación con la impedancia serie del balasto, provoca una sobretensión momentánea en la lámpara.

Celosía

- Pantalla de elementos translúcidos u opacos dispuestos geoméricamente para impedir que las lámparas se vean directamente bajo un ángulo determinado.

Centro Fotométrico de una Luminaria

- Punto tomado como origen para las medidas y cálculos fotométricos.

Claridad

- Luminosidad de una superficie, juzgada en relación con la luminosidad de otra superficie iluminada de la misma forma y que parece blanca o que posee un alto factor de transmisión.

Coefficiente de Luminancia Medio

- Es el valor medio del coeficiente de luminancia q ($q=L/E$) en un cierto ángulo sólido Ω_0 , y manifiesta el grado de luminosidad del pavimento de la calzada. Su símbolo es Q_0 , se especifica en cd/m^2 . lux y su expresión es la siguiente:

$$Q_0 = \frac{\int_{\Omega_0} q(\beta, \gamma) d\Omega}{\Omega_0}$$

Cuanto más elevado es el coeficiente de luminancia medio Q_0 mayor es la luminancia obtenida a igualdad de iluminancia.

Los pavimentos asfálticos con un porcentaje de gravas blancas o claras superior al 30% tienen un coeficiente de luminancia medio $Q_0 > 0,11$.

Coefficiente de reflexión

- Es la relación entre el flujo luminoso reflejado por la superficie de un edificio, objeto u obstáculo y el flujo incidente sobre la misma. Su símbolo es ρ y carece de unidades. La luminancia de un objeto en función de su coeficiente de reflexión (es la siguiente:

$$L = \rho \frac{E_v}{\pi}$$

Donde:

- L = Luminancia del objeto
- E_v = Iluminancia vertical del objeto
- ρ = Coeficiente de reflexión del objeto

Un objeto con un pequeño factor de reflexión $\rho = 0,15$ se define como “oscuro”, con un factor de

reflexión medio $= 0,35$ se considera “gris” y con un factor de reflexión elevado $\rho = 0,75$ se estima “blanco”. Aproximadamente en un 90 % de los peatones el coeficiente de reflexión de sus ropas es inferior a 0,2.

Colorímetro

- Instrumento para medir magnitudes colorimétricas, tales como los valores triestímulos de un estímulo de color.

Confort Visual

- Condición subjetiva que pone de manifiesto la ausencia de incomodidad procedente del entorno visual.

Contraste

- El contraste de un objeto de luminancia L_o visto sobre un fondo de luminancia L_f , viene dado por la siguiente expresión:

$$C_u = \frac{L_{ou} - L_f}{L_f}$$

Si $L_o > L_f$ el contraste es positivo ($C > 0$), y el objeto se ve claro sobre fondo oscuro, y adquiere los siguientes valores: $0 < C < \infty$.

Si $L_o < L_f$ el contraste es negativo ($C < 0$), y el objeto se ve oscuro sobre fondo claro (en silueta), y adquiere los siguientes valores: $-1 < C < 0$

Contraste Umbral

- El contraste umbral C_u es la más pequeña diferencia relativa de luminancias entre el objeto (L_{ou}) y el fondo (L_f), discernible por el ojo, siendo su expresión la siguiente:

$$C_u = \frac{L_{ou} - L_f}{L_f}$$

Curva de Distribución Espectral

- Una curva de distribución de energía espectral es aquella que muestra la relación existente entre la energía emitida (eje de ordenadas) y la longitud de onda de la luz (eje de abscisas).

Curva Iso - Iluminancia

- Lugar geométrico de los puntos de una superficie en los que la iluminancia tiene el mismo valor. También se denomina curva isolux.

Curva Iso - Luminancia

- Lugar geométrico de los puntos de una superficie en los que, para posiciones determinadas del observador y de la o las luminarias con relación a esa superficie, la luminancia tiene el mismo valor.

Deflector

- Sistema instalado en un proyector para la limitación del flujo saliente hacia el hemisferio superior.

Diagrama Polar de Intensidad Luminosa

- Representación mediante curvas polares de los valores de las intensidades luminosas en candelas, correspondientes a un flujo nominal de 1000 lm, medidas generalmente sobre los planos verticales C siguientes: 0°-180°; 90°-270° y plano de máxima intensidad.

Difusor

- Dispositivo utilizado para modificar la distribución espacial del flujo luminoso de una fuente, empleando el fenómeno de difusión.

Eficacia Luminosa

- Es la relación entre el flujo luminoso emitido por una fuente de luz y la potencia consumida. Se expresa en lm/W (lúmenes/vatio).

Espectro

- Se utiliza este término para determinar todas las longitudes de onda que caracterizan una radiación electromagnética. Por tanto, el espectro es la representación o especificación de los componentes monocromáticos de la radiación considerada.

Factor de Depreciación

- Es la relación entre los valores lumínicos (iluminancia y luminancia) a mantener a lo largo de la vida de la instalación de alumbrado y los valores lumínicos iniciales. Su símbolo es F_d y carece de unidades.

El factor de depreciación o de mantenimiento se utiliza para calcular instalaciones de alumbrado como factor corrector, en lo que se refiere a valores de iluminancia y luminancia, para que se mantengan los valores mínimos en servicio a lo largo del tiempo.

Factor de Flujo Hemiesférico Inferior de Luminarias

- Relación entre el flujo hemiesférico inferior y el flujo total de la luminaria.

Factor de Utilización

- Es la relación entre el flujo útil (ϕ_u) procedente de la luminaria que llega a la calzada o superficie de referencia y el flujo emitido por la lámpara o lámparas (ϕ_l) instaladas en la luminaria. Su símbolo es F_u y carece de unidades.

$$F_u = \frac{\phi_u}{\phi_l} = \eta \cdot U$$

Donde:

$$\eta = \text{Rendimiento de la luminaria}$$

$$U = \text{Utilancia}$$

Flujo Hemiesférico Inferior de la Luminaria

- Flujo emitido por la luminaria para un ángulo sólido de 2π (estereorradianes debajo del plano horizontal que pasa por la luminaria).

Flujo Hemiesférico Superior de la Luminaria

- Diferencia entre el flujo total emitido por la luminaria y el flujo hemiesférico inferior.

Flujo Luminoso

- Potencia emitida por una fuente luminosa en forma de radiación visible y evaluada según su capacidad de producir sensación luminosa, teniendo en cuenta la variación de la sensibilidad del ojo con la longitud de onda. Su símbolo es Φ_v y su unidad el lumen (lm).

Fotómetro

- Instrumento para medir magnitudes fotométricas.

Goniofotómetro

- Fotómetro para medir las características de distribución direccional de la luz de lámparas, luminarias, medios y superficies.

Iluminancia Horizontal en un Punto de una Superficie

- Cociente entre el flujo luminoso d incidente sobre un elemento de la superficie que contiene el punto y el área dA de ese elemento ($E = d\phi/dA$). Su símbolo es E y la unidad el lux (lm/m^2).

La expresión de la iluminancia horizontal en un punto P, en función de la intensidad luminosa que recibe dicho punto, definida por las coordenadas (c, γ) en la dirección del mismo, y de la altura h de la luminaria, es la siguiente:

$$E = \frac{I(c, \gamma) \cos^3 \gamma}{h^2}$$

Iluminancia Media Horizontal

- Valor de la iluminancia media horizontal de la superficie de la calzada. Su símbolo es E_m y se expresa en lux.

Iluminancia Mínima Horizontal

- Valor de la iluminancia mínima horizontal de la superficie de la calzada. Su símbolo es $E_{mín}$ y se expresa en lux.

Iluminancia Vertical en un Punto de una Superficie

- La iluminancia vertical en un punto p en función de la intensidad luminosa que recibe dicho punto y la altura h de la luminaria es la siguiente:

$$E_v = \frac{I(c, \gamma) \operatorname{sen} \gamma \cos^2 \gamma}{h^2}$$

Impedancia

- Cociente entre la tensión en los bornes de un circuito eléctrico y la intensidad de corriente que fluye por ellos.

Intensidad Luminosa

- Es el flujo luminoso por unidad de ángulo sólido. Esta magnitud tiene característica direccional, su símbolo representativo es I y su unidad es la candela (cd). $Cd = lm / Sr$ (lumen / estereorradian).

Intensidad Media Diaria (IMD)

- Es la media diaria de vehículos que pasan sobre una sección determinada de una calzada o carril.

Lámpara de Referencia

- Lámpara de descarga seleccionada para el ensayo de balastos y cuyas características eléctricas, cuando está asociada a un balasto de referencia en las condiciones especificadas, tiene valores eléctricos próximos a los valores buscados dados en una especificación apropiada.

Luminancia en un Punto de una Superficie

- Es la intensidad luminosa por unidad de superficie reflejada por dicha superficie en la dirección del ojo del observador. Su símbolo es L y su unidad la candela entre metro cuadrado (cd/m^2).

La expresión de la luminancia en un punto P, en función de la intensidad luminosa que recibe dicho punto, de la altura h de la luminaria y de las características fotométricas del pavimento $r(\beta, \operatorname{tg} \gamma)$, expresadas mediante una matriz o tabla de doble entrada $(\beta, \operatorname{tg} \gamma)$, es la siguiente:

$$L = \frac{I(c, \gamma) r(\beta, \operatorname{tg} \gamma)}{h^2}$$

Luminancia Media de la Superficie de la Calzada

- Valor de la luminancia media de la superficie de la calzada. Su símbolo es L_m y se expresa en cd/m^2 .

Luminancímetro

- Instrumento para medir luminancias.

Luxómetro o Iluminancímetro

- Instrumento para medir iluminancias.

Matriz de Intensidades

- Es una tabla de doble entrada (c, γ) en la que, para un flujo nominal de 1000 lm, se especifican las intensidades luminosas en candelas para cada punto espacial definido por las coordenadas (c, γ) .

Niveles Mantenedos

- Son valores mínimos en servicio con mantenimiento de la instalación de alumbrado, referidos a la luminancia media de la calzada e iluminancias media y mínima horizontal.

Parpadeo

- Impresión de inestabilidad de la sensación visual debida a un estímulo luminoso cuya luminancia o distribución espectral fluctúa con el tiempo.

Portalámpara

- Dispositivo destinado a proporcionar la fijación mecánica de la lámpara, generalmente por introducción del casquillo, y que al mismo tiempo dispone de los medios para conectarla al circuito eléctrico.

Proyector

- Luminaria en la que la luz es concentrada por reflexión o refracción para obtener una intensidad luminosa elevada dentro de un limitado ángulo sólido.

Reflectómetro

- Instrumento para medir magnitudes relacionadas con la reflexión.

Reflector

- Dispositivo utilizado para modificar la distribución espacial del flujo luminoso de una fuente, empleando el fenómeno de reflexión.

Reflexión

- Proceso de devolución de una radiación por una superficie o un medio, sin modificar la frecuencia de sus componentes monocromáticos.

Refracción

- Proceso por el que la dirección de una radiación se modifica como consecuencia de las variaciones de su velocidad de propagación al atravesar un medio óptico no homogéneo, o al atravesar la superficie de separación de medios distintos.

Refractor

- Dispositivo utilizado para modificar la distribución espacial del flujo luminoso de una fuente empleando el fenómeno de refracción.

Relación Entorno

- Relación entre la luminancia o la iluminancia media de las dos franjas adyacentes a la calzada de una vía de tráfico rodado y la luminancia o la iluminancia media de dicha calzada. La anchura de cada una de las dos franjas será como mínimo la de un carril de tráfico, recomendándose a ser posible 5 m. de anchura. Su símbolo es SR y carece de unidades.

Rendimiento de Color

- Efecto de un iluminante sobre el aspecto cromático de los objetos que ilumina por comparación con su aspecto bajo un iluminante de referencia. Los colores de los objetos que nos rodean se determinan, en parte, por la luz bajo la cual se miran. La forma en que la luz reproduce estos colores se denomina índice de rendimiento de color. El índice de rendimiento de color es la medida del grado en que el color psicofísico de un objeto iluminado por el iluminante de ensayo coincide con el del mismo objeto iluminado con el iluminante de referencia, habiéndose tenido correctamente en cuenta el estado de adaptación cromática.

Rendimiento de una Luminaria

Es la relación entre el flujo total (ϕ_t) procedente de la luminaria y el flujo emitido por la lámpara o lámparas (ϕ_l) instaladas en la luminaria. Su símbolo es η y carece de unidades.

$$\eta = \frac{\phi_t}{\phi_l}$$

Sistema Óptico

- En una luminaria es el encargado de controlar, dirigir y distribuir la luz de forma establecida y adecuada.

Tabla de Reflexión de Pavimentos

- Es una tabla de doble entrada (β , $\text{tg } \gamma$) en la que se especifican los valores de reflexión del pavimento para cada punto del mismo.

Temperatura de Color

- La temperatura de color de una lámpara es la temperatura medida en grados Kelvin que tiene que alcanzar un radiador de Plank (cuerpo negro), para que la tonalidad o color (cromaticidad) de la luz emitida sea igual a la de la lámpara considerada.

Tensión Nominal

- Valor convencional de la tensión con la que se denomina un sistema o instalación y para el que ha sido previsto su funcionamiento y aislamiento.

Tiempo de Encendido

- Tiempo necesario para que una lámpara de descarga desarrolle un arco eléctricamente estable.

Transmisión

- Paso de una radiación a través de un medio sin cambio de frecuencia de las radiaciones monocromáticas que la componen.

Uniformidad Global de Luminancias

- Relación entre la luminancia mínima y la media de la superficie de la calzada. Su símbolo es U_0 y carece de unidades. Refleja en general la variación de luminancias en la calzada y señala bien la visibilidad de la superficie de la calzada que sirve de fondo para las marcas viales, obstáculos y otros usuarios de las vías de tráfico rodado.

Uniformidad Longitudinal de Luminancias

- Relación entre la luminancia mínima y la máxima en el mismo eje longitudinal de los carriles de circulación de la calzada, adoptando el valor más desfavorable. Su símbolo es U_l y carece de unidades. Proporciona una medición de la secuencia continuamente repetida de bandas transversales en la calzada, alternativamente brillantes y oscuras. Tiene que ver con las condiciones visuales cuando se conduce a lo largo de secciones ininterrumpidas en la calzada, y con la comodidad visual del conductor.

Uniformidad Media de Iluminancias

- Relación entre la iluminancia mínima y la media de la superficie de la calzada. Su símbolo es U_m en el caso de iluminancia horizontal. Carece de unidades.

Uniformidad General de Iluminancias

- Relación entre la iluminancia mínima y la máxima de la superficie de la calzada. Su símbolo es U_g en el caso de iluminancia horizontal. Carece de unidades.

Utilancia

- Es la relación entre el flujo útil (ϕ_u) procedente de la luminaria que llega a la calzada o superficie de referencia y el flujo total emitido por la luminaria (ϕ_t). Su símbolo es U y carece de unidades.

$$U = \frac{\phi_u}{\phi_t}$$

Velocidad de Diseño

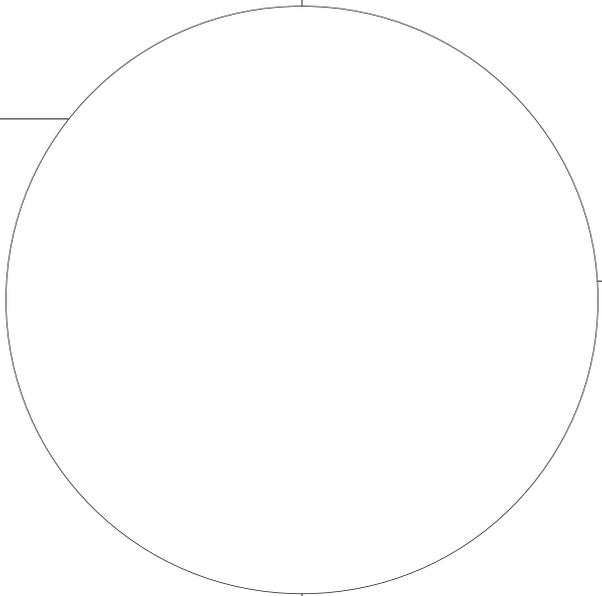
- Velocidad adoptada para el planeamiento de la vía de tráfico rodado.

Vida de una Lámpara

- Tiempo total durante el cual ha estado funcionando una lámpara antes de quedar inservible o ser considerada como tal según criterios especificados.

Visibilidad

- Término utilizado para apreciar cualitativamente la facilidad, rapidez y precisión para detectar o identificar visualmente un objeto u obstáculo.



15

Bibliografía





15. Bibliografía

- Informe Técnico sobre el Deslumbramiento en el Alumbrado Público: F. Vila Arroyo. Revista “El Instalador” - 1977 - Monografía nº 1.
 - Luminarias para Alumbrado Exterior: J. Arias Ruiz de Temiño. Revista “El Instalador” - 1977 - Monografía nº 1.
 - Necesidad de Iluminar las Glorietas: J. Lecocq y M. Pouchin. Revista Lux nº 144 - 1987.
 - Exigencias y Recomendaciones para el Alumbrado de Carreteras y Peatonal: A. J. Gandolfo Castells. XIII Simposium Nacional de Iluminación. Marbella 1987.
 - Alumbrado Urbano, Rural, de Carreteras y Ornamental. Diferencias y Fines: F. Vila Arroyo. XIII Simposium Nacional de Iluminación. Marbella 1987.
 - Tratado de Alumbrado Público: J. I. Urraca Piñeiro. Editorial Donostiarra, S.A. - 1988.
 - Programa para la Gestión Informática del Servicio de Mantenimiento del Alumbrado Público: F. Ibáñez Abaigar y P. Antas. XIV Simposium Nacional de Iluminación. Badajoz 1988.
 - Materiales Termoplásticos en iluminación exterior: J. Etayo Ibañez. Revista equipamiento y servicios municipales-1991 (Noviembre- Diciembre).
 - Iluminación y Seguridad Vial: R. Barón y J. Lubelza. XV Simposium Nacional de Iluminación. Granada 1989.
 - Alumbrado y Urbanismo en España: J. I. Urraca Piñeiro. Jornadas Nacionales Francesas en Estrasburgo. Re.vista Lux nº 170 - 1992.
 - La Polución Luminosa: F. Vila Arroyo. Revista “El Instalador - Electra” nº 55 - 1992.
 - Programa Integrado de Cálculo de Alumbrado: F. Raúl Voces. Revista Equipamiento y Servicios Municipales - 1992 (Septiembre - Octubre).
 - Pruebas Regulador de Flujo en Laboratorio: L. P. Muñoz del Pozo. XX Simposium Nacional de Iluminación. Córdoba 1994.
 - Armonización de los Principios de Iluminación de Calzadas: A. J. Gandolfo Castells. Revista Luces CEI - 1994 (Mayo).
 - Consideraciones Generales sobre Alumbrado Exterior: Mario Mateos. Revista Luces CEI - 1994 (Mayo)
 - IDAE - CEI: Guía de Ahorro y Eficiencia en Iluminación - 1994: Coordinador: R. San Martín Páramo.
 - IDAE - CEI: Eficiencia Energética y Medioambiental en Iluminación - 1995
 - IDAE - CEI: Cuadernos de Eficiencia Energética en Iluminación - 1996
- Nº 1.- Aplicaciones Eficientes de Lámparas
Coordinador: M. Gómez Chueca

- Nº 2.- Aplicaciones Eficientes de Luminarias
Coordinador: A. J. Gandolfo Castells
- Nº 3.- Aplicaciones Eficientes de Equipos Auxiliares y de Control y Regulación
Coordinador: Juan José Garrido Vázquez
- Nº 5.- Sistemas Eficientes de Regulación y Control en Alumbrado de Exteriores
Coordinador: A. Berges Valdecantos

- Urbanizar el Alumbrado: J. Arias Ruiz de Temiño y J.J. González González. XXI Simposium Nacional de Iluminación. Valladolid 1995.
- Accidentes Nocturnos y Alumbrado de Carreteras: J. I. Urraca Piñeiro. Revista Ingeniería Municipal - 1997 (Septiembre).
- Sistema de Alumbrado Adicional de Pasos de Peatones: F. Beloso. Revista Luces CEI - 1997.
- Influencia de la Variación de la Intensidad Nominal en las Lámparas de Descarga en el Flujo Luminoso Emitido por Éstas: Jaime Sañé. XXIII Simposium Nacional de Iluminación. Jerez 1997

- Recomendaciones para la Iluminación de Carreteras y Alumbrado de Túneles: J.I Urraca Piñeiro. Revista Carreteras - 1999 (Enero - Febrero).
- Contaminación Luminosa por el Alumbrado Público: J. R. Sarroca y Jaime Sañé. XXIV Simposium Nacional de Iluminación. Ávila 1998.
- Situaciones de Proyecto, Clases de Alumbrado y Niveles de Iluminación: J. I. Urraca Piñeiro. Revista Carreteras - 1999 (Enero - Febrero).
- Ahorro Energético en las Instalaciones de Alumbrado Público: J. Tobajas Villegas. Revista Electro Noticias - 2000 (Marzo).
- Resplandor Luminoso Nocturno: Análisis Luminotécnico: A. J. Valero Serós. XXVI Simposium Nacional de Iluminación. Ciudad Real 2000.
- El Estado del Arte a Nivel Europeo en Materia de Resplandor Luminoso Nocturno: J. I. Urraca Piñeiro. Jornada de Madrid - 2000 (Julio)



Paseo de la Castellana, 95. 28046 Madrid

Tel.: 91 456 49 00. Fax: 91 555 13 89

e-mail: comunicacion@idae.es

<http://www.idae.es>

P.V.P.: 2.000 pta
12,02 €
(IVA incluido)