

MINISTERIO DE INDUSTRIA, ENERGÍA Y TURISMO	GUÍA TÉCNICA DE APLICACIÓN: EFICIENCIA ENERGÉTICA EN INSTALACIONES DE ALUMBRADO EXTERIOR CRITERIOS GENERALES PARA LA REDACCIÓN DE UN PROYECTO DE ALUMBRADO	GUÍA-EA-ANEXO II
		Edición: mayo 2013 Revisión: 1.1

ANEXO - II

CRITERIOS GENERALES PARA LA REDACCIÓN DE UN PROYECTO DE ALUMBRADO

ÍNDICE

1	CARACTERÍSTICAS FOTOMÉTRICAS DE LOS PAVIMENTOS.	3
2	INSTALACIONES DE ALUMBRADO URBANO.....	6
2.1	<i>ENTRADAS Y TRAVESÍAS DE CIUDADES.....</i>	<i>8</i>
3	INSTALACIONES DE ALUMBRADO DE CARRETERAS	8
4	ILUMINACIÓN ORNAMENTAL	10
5	ALUMBRADO DE TÚNELES Y PASOS INFERIORES.....	12
5.1	<i>SISTEMAS DE ILUMINACIÓN DE TÚNELES</i>	<i>14</i>

MINISTERIO DE INDUSTRIA, ENERGÍA Y TURISMO	GUÍA TÉCNICA DE APLICACIÓN: EFICIENCIA ENERGÉTICA EN INSTALACIONES DE ALUMBRADO EXTERIOR CRITERIOS GENERALES PARA LA REDACCIÓN DE UN PROYECTO DE ALUMBRADO	GUÍA-EA-ANEXO II
		Edición: mayo 2013 Revisión: 1.1

La implantación de las nuevas instalaciones de alumbrado, tanto urbano, como viario, ornamental y de túneles y pasos inferiores, debe ajustarse a lo establecido en el Reglamento de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Exterior e Instrucciones Técnicas Complementarias del mismo ITC-EA-01 a ITC-EA-07, aprobado por Real Decreto 1890/2008, de 14 de noviembre y Publicación CIE nº 88 de 2004, Real Decreto 635/2006, de 26 de mayo, así como a lo regulado por el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión aprobada por Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, norma UNE-EN 13.201-3 y Publicación CIE nº 140.

Asimismo, se aplicará lo dispuesto en el Reglamento (CE) nº 245/2009, así como el Reglamento (CE) nº 347/2010, que implementa la Directiva 2009/125/CE y modifica los anexos I, II, III y IV del Reglamento nº 245/2009.

En lo que concierne a la limitación del resplandor luminoso nocturno y reducción de la luz intrusa o molesta, las nuevas instalaciones de alumbrado exterior se proyectarán teniendo en cuenta lo señalado en la Instrucción Técnica Complementaria ITC-EA-03 y en las Publicaciones CIE Nº 126 y 150.

La conservación, tanto preventiva como correctiva, se debe contemplar en el plan de mantenimiento que obligatoriamente impone incluir en el proyecto o memoria técnica de diseño el artículo 12 de Reglamento de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Exterior, y cuyo contenido se debe ceñir a lo preceptuado en la Instrucción ITC-EA-06.

Este tipo de alumbrados requiere en primer término la elaboración de un buen proyecto en las instalaciones de potencia superior a 5 Kw o, en su caso, una memoria técnica de diseño, en aquellas de potencia igual o inferior a 5 Kw, que posteriormente se lleve a la práctica ejecutando las instalaciones correctamente mediante una adecuada dirección de obra.

En ambos documentos, entre otros datos, se deben incluir los siguientes parámetros:

- *Factores de utilización y mantenimiento de la instalación.*
- *Eficacia luminosa de las lámparas y LED*
- *Eficiencia de los equipos auxiliares*
- *Rendimiento y flujo hemisférico superior instalado de las luminarias.*

Asimismo, en dichos documentos deben incorporarse los cálculos luminotécnicos oportunos que proporcionen los:

- *Niveles máximos de luminancia o iluminancia medias y mínimos de uniformidad*
- *Valores mínimos de eficiencia energética y la calificación energética de la instalación*

En el proyecto o en la memoria técnica de diseño debe pretenderse alcanzar el factor de mantenimiento más elevado posible (mayor de 0,8 si resulta factible) para determinar la iluminancia media inicial, que no debe ser muy superior a la iluminancia media en servicio, lo que exige fijar previamente el plan de mantenimiento de la instalación que comprenderá fundamentalmente las reposiciones masivas de lámparas, las operaciones de limpieza de luminarias y los trabajos de inspección y mediciones eléctricas.

En lo que atañe a las lámparas y LED deben tener, a poder ser, una eficacia luminosa superior a 110 lm/w, con unos equipos auxiliares de muy bajas pérdidas.

Se recomienda que el flujo hemisférico superior emitido por las luminarias sea inferior al 1 %, con un rendimiento mínimo de las mismas, a ser posible, superior a un 75% y un elevado factor de utilización entorno a un 0,5, si ello es viable.

Las lámparas así como los equipos auxiliares y luminarias deben ajustarse a lo establecido en el Reglamento (CE) nº 245/2009, posteriormente modificado por el Reglamento (CE) nº 347/2010.

Además de su uso para el encendido, apagado y la regulación del nivel luminoso, aun cuando el sistema de telegestión puede abordarse inicialmente a nivel de cuadro de alumbrado, se recomienda utilizar para

MINISTERIO DE INDUSTRIA, ENERGÍA Y TURISMO	GUÍA TÉCNICA DE APLICACIÓN: EFICIENCIA ENERGÉTICA EN INSTALACIONES DE ALUMBRADO EXTERIOR CRITERIOS GENERALES PARA LA REDACCIÓN DE UN PROYECTO DE ALUMBRADO	GUÍA-EA-ANEXO II
		Edición: mayo 2013 Revisión: 1.1

la gestión del alumbrado exterior un sistema de telegestión punto a punto, que centra sus objetivos en la luminaria, de forma que siempre que resulte viable se implante un procedimiento que facilite el mantenimiento preventivo permitiendo obtener una información fiable, completa y continua del estado de los diferentes elementos de las instalaciones de alumbrado exterior.

Con este tipo de telegestión, no sólo se envían datos en un sentido, sino que además es bidireccional, ya que se puede conocer el estado de cada punto de luz en todo momento, así como enviar órdenes a dichos puntos de luz, tales como apagado, encendido, reducción de flujo, consumo en tiempo real...etc. Este tipo de telegestión constituye la herramienta más avanzada para la gestión de un alumbrado exterior existente hoy en día en el mercado.

1 CARACTERÍSTICAS FOTOMÉTRICAS DE LOS PAVIMENTOS.

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

El factor especular (S_1) determina en qué 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 luminancia, cuanto más bajo es el factor especular (S_1) mayores son las uniformidades de luminancia.

Tal como se ha señalado, 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 (T_I).

De todo lo anterior se deduce que, siempre que resulte posible, 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.

Se recomienda al respecto tener en cuenta la Publicación CIE nº 66.

Factor especular S_1

Determina en qué medida las características de reflexión de la luz incidente en el pavimento de la calzada se separa de las de una superficie que asegure una reflexión difusa perfecta, es decir, describe el carácter especular del pavimento, o lo que es lo mismo, la proporción de energía luminosa reflejada en una dirección privilegiada. Su símbolo es (S_1) carece de unidades y su expresión es la siguiente:

$$S_1 = \frac{r(0,2)}{r(0,0)}$$

Teniendo en cuenta que $r = q \cos^3 \gamma$, siendo $q = f(\beta, \gamma)$ se verifica:

$r(0,2)$ = Valor de r para $\beta = 0$ y $\text{tg } \gamma = 2$, es decir, cuando el observador y la fuente luminosa están situados a una parte y la contraria del punto de medición P , siendo la distancia de la luminaria al punto P igual a $2h$.

$r(0,0)$ = Valor de r para $\beta = 0$ y $\text{tg } \gamma = 0$, es decir, cuando la luminaria se encuentra en la vertical del punto P .

MINISTERIO DE INDUSTRIA, ENERGÍA Y TURISMO	GUÍA TÉCNICA DE APLICACIÓN: EFICIENCIA ENERGÉTICA EN INSTALACIONES DE ALUMBRADO EXTERIOR CRITERIOS GENERALES PARA LA REDACCIÓN DE UN PROYECTO DE ALUMBRADO	GUÍA-EA-ANEXO II
		Edición: mayo 2013 Revisión: 1.1

Si el factor especular (S_1) es bajo, la reflexión de la luz en el pavimento se acerca al modelo de reflexión difusa perfecta que establece la Ley de Lambert, es decir, con idéntica luminancia en todas las direcciones. Con un factor especular (S_1) elevado, la reflexión de la luz es del tipo dirigida hacia determinadas direcciones, como es el caso de un espejo.

Los pavimentos asfálticos con un porcentaje de gravas blancas o claras superior al 30% tienen un factor especular (S_1) menor que 0,4.

Factor especular S_2

Es complementario del factor especular (S_1) y, por tanto, determina también las características de la reflexión de la luz en el pavimento. Se define por la expresión:

$$S_2 = \frac{Q_0}{r(0,0)}$$

Siendo: Q_0 = Coeficiente de luminancia medio.

$r(0,0)$ = Valor de r para $\beta=0$ y $\gamma=0$

En la actualidad el factor especular S_2 ha caído en desuso.

El valor de S_1 (factor especular 1) determina el grado de especularidad, mientras que el nivel total de la reflectividad está caracterizado por el coeficiente medio de luminancia Q_0 (grado de luminosidad).

Una variación de las características fotométricas del pavimento de la calzada influye sobre la calidad del servicio de la instalación de alumbrado.

Un aumento del coeficiente (Q_0) supone un crecimiento proporcional de la luminancia media de la calzada, mientras que una variación en la especularidad (factor S_1) actúa sobre las uniformidades y también en cierto modo sobre el nivel de luminancia.

La reflexión de la luz en la superficie de las calzadas se compone de una parte difusa perfecta y el resto de reflexión dirigida o especular.

En la reflexión difusa la luminancia reflejada es la misma en todas las direcciones del espacio, cualquiera que sea la dirección de la luz incidente. La reflexión difusa perfecta se presenta aproximadamente en el caso de superficies de yeso blanco, pinturas blancas mates, capa de nieve recién caída, papel secante blanco, etc.

La reflexión especular o dirigida es el típico caso de reflexión de espejos y hasta cierto punto de reflectores de aparatos de alumbrado, cuyas leyes físicas son muy conocidas.

La Comisión Internacional de Iluminación (CIE) ha establecido en sus publicaciones las matrices de reflexión de pavimentos secos o r -tablas estándar, que comprenden fundamentalmente las clases R y C, cuyos parámetros son los siguientes:

TIPOS DE PAVIMENTOS CLASE R

Clase Estándar	Límite S_1	Valor S_1 Estándar	Valor Normalizado Q_0	Valor S_2 Estándar
R1	$S_1 < 0,42$	0,25	0,10	1,53
R2	$0,42 \leq S_1 < 0,85$	0,58	0,07	1,80
R3	$0,85 \leq S_1 < 1,35$	1,11	0,07	2,38
R4	$S_1 \geq 1,35$	1,55	0,08	3,03

MINISTERIO DE INDUSTRIA, ENERGÍA Y TURISMO	GUÍA TÉCNICA DE APLICACIÓN: EFICIENCIA ENERGÉTICA EN INSTALACIONES DE ALUMBRADO EXTERIOR CRITERIOS GENERALES PARA LA REDACCIÓN DE UN PROYECTO DE ALUMBRADO	GUÍA-EA-ANEXO II
		Edición: mayo 2013 Revisión: 1.1

El tipo de reflexión que corresponde a los pavimentos Clase R es la siguiente:

Clase	Tipo de reflexión
RI	Difusa
RII	Aproximadamente difusa
RIII	Ligeramente especular (algo brillante)
RIV	Especular (brillante)

Aún cuando también se utilizan las matrices clase R, las de clase C son las más recientes y cuyas características son las siguientes:

TIPOS DE PAVIMENTOS CLASE C

r-Tabla Estándar	Límite S_1	Valor S_1 Estándar	Valor Normalizado Q_0	Valor S_2 Estándar
C1	$S_1 \leq 0,4$	0,24	0,10	1,30
C2	$S_1 > 0,4$	0,97	0,07	2,13

Teniendo en cuenta que cada clase viene especificada por una r-tabla estándar, que se debe utilizar para los cálculos de luminancias para cualquier pavimento perteneciente a dicha clase, resulta evidente que cuantas menos clases de r-tablas estándar existan será más cómodo para trabajar, pero en cambio, si se dispone de un mayor número de clases, más precisos serán los resultados en los cálculos de luminancias.

Los r-valores de las tablas estándar de reflexión de pavimentos secos de las clases R y C son válidos para un valor del coeficiente de luminancia medio Q_0 normalizado, que representa el valor medio de cada superficie viaria real adscrita a cada clase.

Pueden darse casos de determinadas superficies reales adscritas a determinadas clases estándar en las que existan variaciones superiores al 30% entre el valor real de Q_0 y el valor normalizado Q_0 de la tabla estándar, siendo en dichos casos necesario sustituir el valor normalizado de Q_0 por el valor real, corrigiendo los r-valores de la correspondiente matriz o tabla estándar.

Con carácter informativo se hace constar que existe otro tipo de sistemas de clasificación de pavimentos adoptados en Europa. Se trata del sistema utilizado en los países escandinavos: los pavimentos Clase N, cuyos valores de Q_0 y S_1 son los establecidos en la tabla siguiente:

TIPOS DE PAVIMENTOS CLASE N

Clase estandar	Límite S_1	Valor S_1 Estándar	Valor Q_0 Normalizado
N1	$S_1 < 0,28$	0,18	0,10
N2	$0,28 \leq S_1 < 0,60$	0,41	0,07
N3	$0,60 \leq S_1 < 1,30$	0,88	0,07
N4	$S_1 \geq 1,30$	1,55	0,08

MINISTERIO DE INDUSTRIA, ENERGÍA Y TURISMO	GUÍA TÉCNICA DE APLICACIÓN: EFICIENCIA ENERGÉTICA EN INSTALACIONES DE ALUMBRADO EXTERIOR CRITERIOS GENERALES PARA LA REDACCIÓN DE UN PROYECTO DE ALUMBRADO	GUÍA-EA-ANEXO II
		Edición: mayo 2013 Revisión: 1.1

El sistema de clasificación N ha sido determinado a partir de mediciones realizadas en países Escandinavos sobre pavimentos de calzadas.

Se significa que las características fotométricas de los pavimentos se han establecido para pavimentos secos.

La presencia de una fina capa (film) de agua en la superficie del pavimento aumenta considerablemente el fenómeno de especularidad, que a su vez se incrementa con el espesor de la capa de agua.

Para las superficies de calzadas mojadas pero no inundadas, el concepto de coeficiente de luminancia reducido $r(\beta, tg y)$ todavía es aplicable, pero no resulta posible estimar la luminancia de la calzada, sin haber efectuado previamente el análisis de la indicatriz de reflexión de la calzada con el pavimento mojado.

Cuando la calzada está completamente inundada, no se puede hablar de la luminancia del pavimento, dado que la calzada se comporta como un reflector especular y, en consecuencia, un cálculo de luminancia no tiene sentido.

La CIE en su publicación nº 47 de 1979, ha definido cuatro tipos de pavimentos mojados clase W (W1, W2, W3 y W4), que el proyectista podrá utilizar para valorar la degradación de la calidad de la instalación en condiciones mojadas.

2 INSTALACIONES DE ALUMBRADO URBANO

Antes de redactar un proyecto de alumbrado en el medio urbano, resultará fundamental concebir el espacio a tratar como un conjunto coherente que deberá integrarse en un entorno o medio ambiente.

Por tanto, se estima adecuado identificar las funciones del emplazamiento y de los usuarios y analizar el estado existente en los aspectos diurnos y nocturnos. También resultará conveniente conocer el ambiente luminoso de los espacios colindantes.

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 de forma compaginada. Así, a cada espacio de la ciudad con vocaciones diferentes: comerciales, viviendas, hoteleras, escolares, de ocio, etc., se recomienda dotarle de un ambiente apropiado a su carácter.

Por otra parte, se considera aconsejable tener presentes los siguientes principios:

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

Cada alumbrado en el medio urbano podrá ser singularizado por la función que desempeña y por las características de los materiales instalados (tipos de lámparas, luminarias, soportes, etc., tipo de implantación, altura, separación entre puntos de luz, etc.)

El alumbrado urbano, mediante una mejora de la visibilidad, se recomienda permita:

- Favorecer la seguridad y los desplazamientos.*
- Limitar la pérdida de capacidad visual, ligada al deslumbramiento, causado por las luces de cruce de los vehículos que circulan en sentido contrario.*

MINISTERIO DE INDUSTRIA, ENERGÍA Y TURISMO	GUÍA TÉCNICA DE APLICACIÓN: EFICIENCIA ENERGÉTICA EN INSTALACIONES DE ALUMBRADO EXTERIOR CRITERIOS GENERALES PARA LA REDACCIÓN DE UN PROYECTO DE ALUMBRADO	GUÍA-EA-ANEXO II
		Edición: mayo 2013 Revisión: 1.1

- *Mejorar la apreciación de distancias, así como aumentar la protección de las personas y de los bienes.*
- *Efectuar trabajos y desarrollar actividades que, sin iluminación, únicamente podrían llevarse a cabo durante el día.*
- *Asegurar una mejor percepción y valorar los espacios.*

La implantación de puntos de luz en tramos rectos, intersecciones, glorietas, curvas,..etc., así como su disposición en alzado teniendo en cuenta entre otras consideraciones, la existencia de arbolado, se aconseja se ajusten a lo indicado en las Recomendaciones para la Iluminación de Carreteras y Túneles del Ministerio de Fomento.

El alumbrado de calzadas, de acuerdo con sus dimensiones, se efectuará mediante implantaciones unilateral, bilateral (tresbolillo o en oposición), central, etc., o bien por medio de una agrupación de las implantaciones anteriores.

El alumbrado de las aceras podrá llevarse a cabo a partir de:

- *Luminarias que iluminan la calzada.*
- *Soportes con dos luminarias, una para la calzada y otra para la acera.*
- *Luminarias sobre brazo o aplique adosado en fachada.*
- *Soportes específicos de tipo peatonal implantados sobre la acera.*
- *Combinación de las alternativas anteriores.*

Si las aceras no son muy anchas, en general, el flujo emitido hacia atrás por las luminarias que iluminan la calzada resulta suficiente para iluminar las aceras.

No obstante, a partir de 4 m. de anchura de acera, existencia de pantalla de arbolado o con un importante uso peatonal, se recomienda implantar un alumbrado específico de las aceras.

Se aconseja que el alumbrado de las calles peatonales permita con carácter prioritario la creación de un ambiente agradable, al tiempo de asegurar unas condiciones de visión y de confort visual, al menos, aceptables para los usuarios.

En este caso el proyecto de alumbrado debe tener en cuenta además de un encaminamiento peatonal, las transiciones con la red donde el usuario dominante es el automóvil.

Aún cuando no suele resultar posible relacionar el alumbrado comercial (tiendas y áreas comerciales) con el alumbrado público o exterior, sería deseable poder llegar a vincular ambos alumbrados. No obstante, en todo caso los proyectos de alumbrado exterior de las vías peatonales deben asegurar un nivel mínimo de iluminación cuando el alumbrado comercial se apaga.

Se aconseja iluminar una calle peatonal a partir de luminarias de alumbrado ambiental sobre brazos o apliques en fachadas, sobre soportes con utilización complementaria de balizas o bornes luminosos bajos, pudiendo implantarse soportes especiales en los que se cuide su diseño, en consonancia con su entorno.

La voluntad de diferenciar la red peatonal o la de integrarla visualmente al conjunto de la red viaria debe orientar la elección de las fuentes de luz, en lo que respecta a la temperatura y rendimiento de color, teniendo en cuenta la existencia en las proximidades de tiendas, locales comerciales, cafeterías, terrazas, etc., así como sectores históricos y zonas emblemáticas. Las texturas y los colores de los materiales del suelo y de las fachadas tendrán también una incidencia sobre dicha elección.

Se aconseja en el alumbrado urbano tener en cuenta la publicación CIE nº 136.

MINISTERIO DE INDUSTRIA, ENERGÍA Y TURISMO	GUÍA TÉCNICA DE APLICACIÓN: EFICIENCIA ENERGÉTICA EN INSTALACIONES DE ALUMBRADO EXTERIOR CRITERIOS GENERALES PARA LA REDACCIÓN DE UN PROYECTO DE ALUMBRADO	GUÍA-EA-ANEXO II
		Edición: mayo 2013 Revisión: 1.1

2.1 Entradas y travesías de ciudades

El alumbrado de las entradas y travesías de ciudades debe ser tal que permita a los conductores de los vehículos distinguir no solamente la calzadas, sino los espacios colindantes a la travesía (aceras, plazas, edificios, etc.) de forma que pueda ver a los peatones y reaccionar ante cualquier imprevisto.

Dicho alumbrado debe inducir a la reducción de la velocidad de los vehículos, así como facilitar la orientación y visión de la señalización horizontal y vertical, al tiempo que destacar los puntos singulares: cruces, glorietas, intersecciones, etc., para lo cual se recomienda iluminar toda la sección de la travesía, incluyendo las bandas de estacionamiento, las aceras, etc. y especialmente los pasos de peatones.

En consecuencia, en las entradas y travesías de las ciudades, el alumbrado debe ser objeto de un tratamiento especial, dado que debe responder, entre otras, a las necesidades relativas a:

- Facilitar un efecto de señalización y guiado visual de la entrada y travesía de la ciudad.*
- Proporcionar adecuadamente a los conductores de los vehículos el tipo y características de la vía de tráfico que van a enfiar, con la finalidad de adaptar su comportamiento a las características de esta vía y del medio que atraviesan.*
- Realzar, en su caso, los edificios, fuentes, estatuas, etc. y monumentos emblemáticos mediante alumbrado ornamental.*

Las clases de alumbrado o niveles de referencia que se recomiendan para las entradas y travesías de ciudades son CE1A y CE2.

3 **INSTALACIONES DE ALUMBRADO DE CARRETERAS**

Las implantaciones utilizadas son generalmente unilateral, del tipo central (con medianas iguales o inferiores a 3 m) o bilateral en oposición.

Se instalan en la actualidad principalmente lámparas de vapor de sodio a alta presión.

En la implantación de puntos de luz se recomienda situar el soporte a una distancia mínima aproximada de 0,8 a 0,9 m del bordillo de la calzada.

En vías clase A (véase ITC-EA-02), así como en aquellas otras con una elevada intensidad de tráfico, los soportes cuya ubicación pueda resultar conflictiva, se aconseja reubicarlos adecuadamente.

Las luminarias se instalarán siempre con su plano de simetría normal o perpendicular al plano de la calzada, lo que podrá conllevar la necesidad de girarlas sobre la vertical en el caso de tramos en pendiente.

Para una circulación segura se recomienda resulten perfectamente visibles el trazado de la carretera, los límites de la misma, los posibles nudos (intersecciones y enlaces) y cualquier otra zona especial de vial. El alumbrado exterior vial se considera debe contribuir a conseguir lo señalado y para ello:

- Deberá incrementarse la visibilidad de la calzada respecto a las zonas colindantes y la visibilidad de la señalización horizontal, vertical y el balizamiento (marcas viales de los bordes de la calzada, líneas centrales, separación de carriles, barreras de seguridad, balizas, captafaros, hitos, etc.).*
- La disposición de los puntos de luz (luminarias) deberá permitir detectar a suficiente distancia el trazado de la carretera, los cruces y otras zonas especiales de viales, jalonando su recorrido.*
- El cambio de tipo de fuente de luz de diferente color a la del resto de la vía de tráfico en enlaces, intersecciones, glorietas, circunvalaciones y puntos singulares donde la relación entre accidentes nocturnos y diurnos es elevada, ayudará al guiado visual.*

MINISTERIO DE INDUSTRIA, ENERGÍA Y TURISMO	GUÍA TÉCNICA DE APLICACIÓN: EFICIENCIA ENERGÉTICA EN INSTALACIONES DE ALUMBRADO EXTERIOR CRITERIOS GENERALES PARA LA REDACCIÓN DE UN PROYECTO DE ALUMBRADO	GUÍA-EA-ANEXO II
		Edición: mayo 2013 Revisión: 1.1

Por lo que respecta a la visión de la señalización horizontal y, en concreto, de las marcas viales, la cuestión esencial será asegurar una buena visibilidad por la noche, así como en condiciones de pavimento mojado. En éste último caso los captafaros, los hitos retrorreflectantes y las marcas viales en relieve, al estar por encima de la película de agua de la calzada producida por la lluvia, mantienen la visibilidad proporcionada por el alumbrado viario y los propios faros del vehículo, conservándose el guiado visual y la seguridad viaria.

En intersecciones, enlaces, glorietas, zonas de incorporación de nuevos carriles, pasos elevados, curvas pronunciadas y viales en pendiente, áreas en las que se forman embotellamientos, etc., debido a que el trazado viario puede plantear problemas muy complicados en cuanto a visión y maniobra de los vehículos, los proyectos y memorias técnicas de diseño del alumbrado viario de estas zonas especiales requieren una singular consideración.

Así, en la actuación de los conductores en estos supuestos concurren tres factores básicos que difieren de las situaciones habituales de tráfico:

- Los conductores sufren un aumento de las tareas mentales y visuales a desarrollar en unos periodos de tiempo muy limitados, cuando se aproximan y tratan de circular por estas zonas o tramos especiales.*
- El contorno de los objetos u obstáculos no se reconoce muchas veces y muy frecuentemente se suelen presentar problemas de deslumbramiento, provocado bien por las luminarias o proyectores que dirigen el flujo luminoso en sentido contrario al vehículo, o por las luces (cruce y carretera) de los faros de otros vehículos.*
- No se dispone de una buena iluminación mediante los faros del vehículo, de forma que resulta insuficiente para la visión de los obstáculos, debido a la geometría de la carretera (curvas cerradas, viales en elevada pendiente, etc.), así como a la dificultad de detener el automóvil a velocidades superiores a 60 Km/h.*

En el alumbrado viario de estas zonas especiales se recomienda tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Necesidad de efectuar un reconocimiento previo in situ con la finalidad de verificar sobre el terreno las posibilidades reales de implantación de la instalación de alumbrado*
- Evitar la instalación de puntos de luz en isletas de pequeñas dimensiones, separadoras o direccionales del tráfico de vehículos, cuya visibilidad puede reforzarse bordeando las mismas con dispositivos retrorreflectantes, e incluso luminosos en zonas periurbanas pero evitando el deslumbramiento.*
- Implantar soportes que correspondan al mismo modelo o como mínimo presenten la misma silueta.*

En el caso de zonas especiales aisladas situadas en un itinerario que carece de alumbrado viario, la iluminación de dichas zonas deberá permitir a los conductores de los vehículos lo siguiente:

- A larga distancia (800 a 1000 m) divisar una zona luminosa que provoque su atención.*
- A media distancia (300 a 500 m) comenzar a percibir una idea de la configuración de la zona especial, mediante un guiado visual llevado a cabo merced a una adecuada disposición de los puntos de luz.*
- A corta distancia, ver los obstáculos y trayectoria a seguir sin ningún tipo de ambigüedad.*
- A la salida de la zona especial dotada de alumbrado, que durante un tramo, al menos, de 200 m, exista un progresivo decrecimiento de los niveles de iluminación, que posibilite la adaptación de la visión del nivel luminoso de la zona especial a la oscuridad del itinerario viario, de forma que se evite el denominado efecto "agujero negro".*

En el supuesto de iluminación de nudos (enlaces e intersecciones) mediante soportes a gran altura equipados con proyectores, además de cumplir lo indicado en el epígrafe 3.1 de la Instrucción técnica complementaria ITC-EA-04, el deslumbramiento máximo admisible GR, debe ser igual o inferior a 45

MINISTERIO DE INDUSTRIA, ENERGÍA Y TURISMO	GUÍA TÉCNICA DE APLICACIÓN: EFICIENCIA ENERGÉTICA EN INSTALACIONES DE ALUMBRADO EXTERIOR CRITERIOS GENERALES PARA LA REDACCIÓN DE UN PROYECTO DE ALUMBRADO	GUÍA-EA-ANEXO II
		Edición: mayo 2013 Revisión: 1.1

($GR_{max} \leq 45$), tal y como concreta el punto 3.7 de la instrucción ITC-EA-02, siendo el índice de deslumbramiento GR el que define la Publicación CIE nº 112.

En los proyectos y en las memorias técnicas de diseño de alumbrado de carreteras, la implantación de puntos de luz en tramos rectos, así como las soluciones luminotécnicas en curvas, intersecciones, enlaces, puentes, calzadas elevadas, rampas pronunciadas, etc., se recomienda se ajusten a lo determinado en las Recomendaciones para la Iluminación de Carreteras y Túneles del Ministerio de Fomento.

4 ILUMINACIÓN ORNAMENTAL

Un adecuado diseño de la iluminación ornamental requiere considerar, entre otras, las dimensiones del edificio o monumento a iluminar, su situación y alrededores, las terminaciones de las fachadas, así como los contrastes entre fachadas y fondos.

Para la redacción del proyecto de iluminación ornamental se aconseja, entre otras, las siguientes acciones a ejecutar:

- Concretar los resultados que se quieren lograr.*
- Determinar la ubicación y sistema de implantación de los proyectores.*
- Precisar la luminancia de los materiales y detalles de la fachada.*
- Fijar la temperatura y rendimiento de color de las fuentes de luz.*
- Dimensionar el número de proyectores a instalar, tipo de distribución de la intensidad luminosa y potencia.*

En la iluminación ornamental los contrastes son generalmente más importantes que su homogeneidad, y las sombras resultan tan trascendentes como la propia luz.

Por otra parte, la iluminación coloreada permite destacar planos diferentes y producir sombras de colores. No obstante, se aconseja utilizar el color con discreción.

El impacto visual de la fachada del edificio iluminado depende considerablemente del brillo de los alrededores. Cuanto más oscuro sea el fondo, menor es la cantidad de luz necesaria para realzar el edificio, cuya forma se destaca mejor cuando sus contornos son visibles.

Se acentúa la configuración de torres, cúpulas y capiteles, si se consigue un adecuado modelado mediante luces y sombras, recomendando iluminar como máximo desde tres direcciones.

Los monumentos deben iluminarse de manera que se ponga de manifiesto su carácter, edad y, donde sea posible, su significado histórico. A este respecto la iluminación de castillos y monumentos similares, debe diseñarse para realzar el carácter macizo de las estructuras, y revelar la apariencia de las torres, almenas y otros elementos prominentes.

Si la iluminación ornamental de la fachada se reduce progresivamente desde la base hasta el tejado, se incrementa la impresión de altura del edificio, mientras que si las partes más bajas de un edificio están ocultas a la visión a distancia por las construcciones de los alrededores, resulta conveniente disminuir el brillo hacia el suelo.

Finalmente, el autor del proyecto o memoria técnica de diseño en cada caso concreto deberá buscar las pautas de emplazamiento idóneo de los proyectores, que permitan conseguir los valores de los factores de utilización y de mantenimiento mejores alcanzables, con la finalidad de limitar el resplandor luminoso nocturno, reducir la luz intrusa o molesta y lograr una instalación eficiente desde el punto de vista del ahorro energético.

MINISTERIO DE INDUSTRIA, ENERGÍA Y TURISMO	GUÍA TÉCNICA DE APLICACIÓN: EFICIENCIA ENERGÉTICA EN INSTALACIONES DE ALUMBRADO EXTERIOR CRITERIOS GENERALES PARA LA REDACCIÓN DE UN PROYECTO DE ALUMBRADO	GUÍA-EA-ANEXO II
		Edición: mayo 2013 Revisión: 1.1

Se recomienda realizar un estudio del alumbrado ornamental del edificio o monumento desde, al menos, dos direcciones de visión. Tener en cuenta dos direcciones de visión influye sobre la ubicación de los proyectores y la percepción a lograr del edificio iluminado.

Si la dirección de apuntamiento de los proyectores es la misma que la de visión, las fachadas de los edificios iluminados aparecerán sin relieve, es decir, planas.

Para obtener un efecto acertado, se considera que las dos direcciones (visión y alumbrado) deberán formar un ángulo comprendido entre 30° y 70°.

La elección y cantidad de proyectores a implantar depende, entre otros factores, de la naturaleza de los materiales del edificio o monumento, del efecto luminoso que se pretende alcanzar y del entorno del edificio poco o muy luminoso.

Suele resultar necesario prever una iluminación en sentido opuesto al del flujo luminoso principal con la finalidad de mitigar las sombras pronunciadas que, generalmente, corresponde aproximadamente a una proporción del 10 al 30% del flujo luminoso principal.

También alternativamente se puede optar por iluminar con un contraste negativo, de suerte que se ilumine el fondo del edificio, al objeto de que los elementos situados en primer plano, aparezcan en efecto silueta.

A la vista de un edificio, su fotografía o sus planos, el responsable del proyecto o memoria técnica de diseño de alumbrado podrá determinar el emplazamiento posible de los proyectores y su tipo de distribución luminosa.

Se recomienda, tener presente que, a pesar de una idónea realización de cálculos luminotécnicos fiables y bien definidos, siempre resulta necesario realizar, bien simulaciones virtuales con el ordenador para poder apreciar los efectos obtenidos o ejecutar "in-situ" reiteradas pruebas y ensayos, o ambas cosas, que es lo habitual, antes de proceder a la instalación definitiva de la iluminación ornamental del edificio o monumento.

Un detallado reconocimiento del entorno o alrededores próximos al edificio o monumento a iluminar facilita considerar:

- Las diferentes posibilidades de instalación de los proyectores*
- El fondo: definido como el ambiente luminoso que servirá de ámbito o entorno del edificio o monumento iluminado*
- La existencia de distintos obstáculos: mobiliario urbano, edículos, árboles, verjas, etc*
- La presencia de láminas o superficies de agua*

Cuando se diseña el proyecto de alumbrado ornamental se estima muy importante prever un adecuado emplazamiento de los proyectores, dado que ésta es una de las problemáticas más importantes que debe resolver el proyectista.

Entre los posibles emplazamientos de los proyectores, pueden considerarse los siguientes:

- Soterrados empotrados en aceras, pavimentos o suelos.*
- En el suelo, colocados entre macizos de flores, arbustos, etc.*
- En soportes existentes de alumbrado público.*
- En el propio edificio a iluminar -terrazas, marquesinas, cornisas, balaustradas, balconadas- u otros salientes que permitan ocultar el punto de luz.*
- En cubiertas o paramentos verticales de edificios contiguos.*
- En columnas implantadas propiamente para la iluminación ornamental del edificio.*

MINISTERIO DE INDUSTRIA, ENERGÍA Y TURISMO	GUÍA TÉCNICA DE APLICACIÓN: EFICIENCIA ENERGÉTICA EN INSTALACIONES DE ALUMBRADO EXTERIOR CRITERIOS GENERALES PARA LA REDACCIÓN DE UN PROYECTO DE ALUMBRADO	GUÍA-EA-ANEXO II
		Edición: mayo 2013 Revisión: 1.1

La ocultación de los proyectores se considera constituye una de los puntos esenciales para la obtención de un buen resultado en el alumbrado ornamental.

Se recomienda que la ejecución de la instalación sea correcta, dado que en caso contrario podría suceder que, los proyectores situados en direcciones contrarias a la circulación de vehículos, produzcan deslumbramiento en los conductores, lo que ineludiblemente exigiría el apantallamiento de los proyectores.

Cuando el entorno del edificio a iluminar es un fondo oscuro o sombrío, se estima no se necesita proporcionar una cantidad importante de luz para que el edificio sea más claro que el fondo y destaque del mismo.

En el caso de que en las proximidades del edificio a iluminar existan otros edificios cuyo alumbrado interior, por ejemplo, permanezca encendido por la noche, se necesita prever mayor cantidad de luz para conseguir que el edificio destaque sobre los demás. Otro tanto sucede si el fondo, sobre el que se encuentra el edificio, tiene una luminancia elevada.

En algunas ocasiones los árboles y las verjas o vallas que rodean un edificio se recomienda poder utilizarlos como parte decorativa, que podrán verse en silueta sobre la fachada iluminada del edificio. Para ello, los proyectores se emplazarán detrás de los árboles y verjas, de forma que no sean vistos por el observador. De esta manera quedará reforzada la impresión de profundidad.

En todo caso, para el alumbrado ornamental se recomienda considerar lo especificado por la Publicación CIE nº 94, en lo que respecta al diseño de dicha iluminación en función de los tipos de planta de los edificios (cilíndrica, poliédrica,...etc), forma de los tejados, existencia de balconadas y galerías, así como en lo referente al alumbrado de puentes, fortificaciones y murallas, estatuas y esculturas, ventanas, elementos acuáticos, etc.

5 ALUMBRADO DE TÚNELES Y PASOS INFERIORES

Durante el día a la entrada de los túneles se originan importantes problemas de visión en los conductores de los vehículos, que afectan gravemente a la seguridad vial, debido al brusco descenso entre los niveles de iluminación del exterior e interior de los mismos.

Por tanto, la entrada de un automóvil en un túnel supone para el conductor del vehículo efectuar una adecuada adaptación visual, que permita superar el riguroso y súbito tránsito desde las elevadas luminancias antes de entrar, a las prácticamente nulas dentro del túnel.

Esta sobrevenida y repentina adaptación visual constituye el nudo gordiano de la visión del conductor en un túnel, ya que teniendo en cuenta las prestaciones visuales del ojo humano, dicha adaptación requiere un cierto tiempo que depende de la diferencia entre los niveles de iluminación del exterior y del interior del túnel, de forma que cuanto mayor resulte dicha diferencia más tiempo se precisará para llevar a cabo la adaptación visual.

El referido tiempo de adaptación visual o adecuación a la severa bajada en los niveles de iluminación, implica para una concreta velocidad del vehículo una determinada distancia recorrida, que aumentará a medida que crezca la velocidad del mismo.

En consecuencia, desde el punto de vista luminotécnico, en un túnel deben contemplarse diferentes zonas que necesitarán distintos niveles de iluminación decrecientes, a medida que se penetra en el interior del mismo y se desarrolla la adaptación visual.

Las zonas a considerar son las siguientes: acceso (zona exterior inmediata a la entrada del túnel), entrada (zonas de umbral y transición), interior y finalmente zona de salida.

MINISTERIO DE INDUSTRIA, ENERGÍA Y TURISMO	GUÍA TÉCNICA DE APLICACIÓN: EFICIENCIA ENERGÉTICA EN INSTALACIONES DE ALUMBRADO EXTERIOR	GUÍA-EA-ANEXO II
	CRITERIOS GENERALES PARA LA REDACCIÓN DE UN PROYECTO DE ALUMBRADO	Edición: mayo 2013 Revisión: 1.1

En la figura siguiente se ha representado una sección longitudinal de un túnel largo unidireccional interurbano, detallando las longitudes y niveles de luminancia de las diferentes zonas del mismo. La nomenclatura y correspondiente definición de dichos niveles luminotécnicos se concreta a continuación:

- L_{20} = Luminancia en la zona de acceso.
- L_{th} = Luminancia en la zona de umbral.
- L_{tr} = Luminancia en la zona de transición.
- L_n = Luminancia en la zona del interior.
- L_{ex} = Luminancia en la zona de salida.

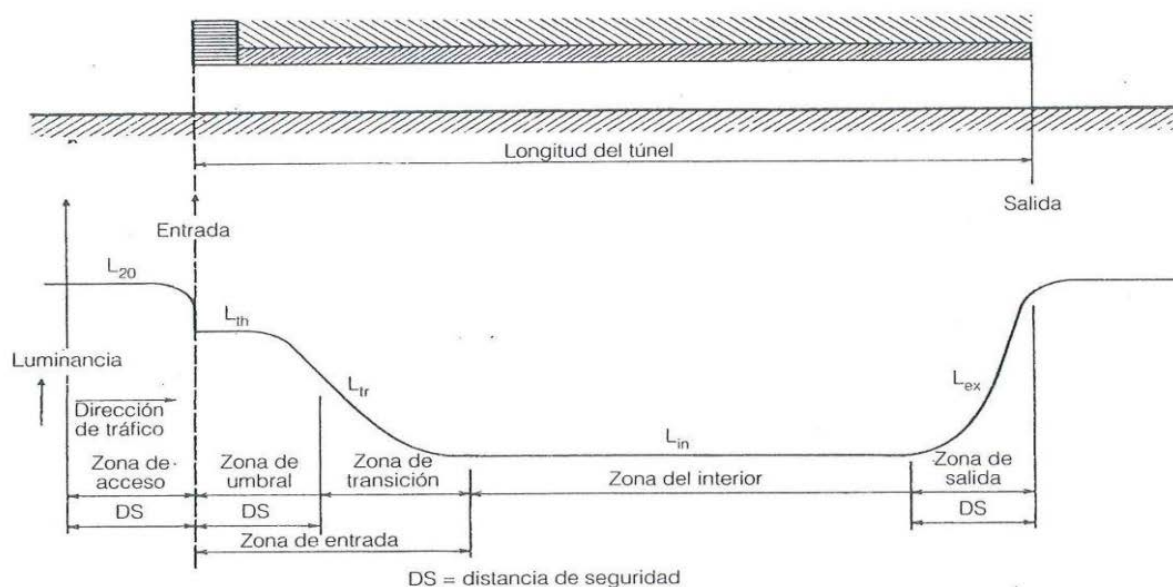


Fig.- Sección longitudinal de un túnel largo unidireccional interurbano, con especificación de las luminancia y longitudes de las diferentes zonas del mismo.

Las principales características fotométricas necesarias para establecer la calidad del alumbrado de un túnel son las siguientes:

- Nivel de luminancia de la calzada.
- Nivel de luminancia de las paredes, en particular hasta una altura de 2 m.
- Uniformidad de distribución de luminancia en calzada y paredes.
- Control del efecto flicker.

La zona de acceso, situada delante de la entrada del túnel, comienza a una distancia del mismo igual a la distancia de parada de los vehículos, que depende de la velocidad máxima autorizada en el túnel.

En la zona de umbral, durante la primera mitad de la distancia de parada, el nivel de luminancia es constante e igual al de comienzo de dicha zona (L_{th}). A partir de la mitad de la distancia de parada en adelante, el nivel de luminancia disminuye linealmente hasta un valor al final de la zona de umbral, igual a $0,4 L_{th}$.

La zona de transición comienza al final de la zona de umbral y termina al comienzo de la zona interior. La disminución de los niveles de iluminación en la zona de transición se realiza gradualmente, siguiendo una curva tipo normalizada por la Comisión Internacional de Iluminación (CIE), con la finalidad de proporcionar el tiempo suficiente a los conductores de los vehículos para adaptar o ajustar su visión a niveles luminosos más bajos.

MINISTERIO DE INDUSTRIA, ENERGÍA Y TURISMO	GUÍA TÉCNICA DE APLICACIÓN: EFICIENCIA ENERGÉTICA EN INSTALACIONES DE ALUMBRADO EXTERIOR CRITERIOS GENERALES PARA LA REDACCIÓN DE UN PROYECTO DE ALUMBRADO	GUÍA-EA-ANEXO II
		Edición: mayo 2013 Revisión: 1.1

La longitud variable de la zona de transición es función de la velocidad máxima autorizada en el túnel, y del gradiente del nivel de iluminación entre la terminación de la zona de umbral y el inicio de la zona de interior.

Habitualmente, en la zona de transición se sustituyen los niveles de la curva normalizada (CIE), por valores ligeramente superiores que se obtienen mediante escalonamientos sucesivos de aproximación a dicha curva, de forma que la relación máxima de luminancia permitida al pasar de un escalón a otro es de 3, aunque en el último escalón dicha relación no debe ser superior a 2 veces la luminancia de la zona interior del túnel (L_{int}).

La zona del interior con un nivel constante de luminancia (L_{int}), es la parte del túnel que sigue a la zona de transición y, por tanto, se extiende desde el final de la zona de transición hasta el comienzo de la zona de salida.

En los túneles largos la zona de interior se divide en dos subzonas, la primera de ellas corresponde a la longitud cubierta por un vehículo en 30 segundos circulando a la velocidad máxima permitida con unos niveles de iluminación (L_{int}), y la segunda constituye el resto de la zona interior hasta la zona de salida con niveles de iluminación inferiores a los de la primera subzona..

La zona de salida comienza cuando termina la zona interior y finaliza en el portal de salida del túnel. En esta zona, en una longitud igual a la distancia de parada antes de dicho portal, la luminancia debe aumentar linealmente desde el valor de la zona interior (L_{int}), hasta un nivel 5 veces el de dicha zona a una distancia de 20 m del portal de salida del túnel. En túneles bidireccionales la iluminación de la zona de salida será idéntica a la de la zona de entrada.

En la zona exterior, cuyo alumbrado funciona lógicamente sólo durante la noche, o zona inmediata al portal de salida del túnel, se recomienda considerar una longitud a iluminar igual a dos veces la distancia de parada, aun cuando no se estima necesaria una distancia superior a 200 m, con un nivel no inferior a 1 cd/m².

5.1 Sistemas de Iluminación de Túneles

Para la iluminación de túneles pueden utilizarse el sistema de iluminación simétrico, en el que las luminarias tienen una distribución de la intensidad luminosa simétrica respecto al plano C90/270° (plano perpendicular a la dirección del tráfico), y el sistema de iluminación a contraflujo, en el que las luminarias tienen una distribución de la intensidad luminosa asimétrica, dirigida contra el sentido de circulación del tráfico de vehículos.

El sistema de iluminación a contraflujo crea un mayor contraste entre los obstáculos (vehículos) y el fondo (superficies de las paredes y calzada del túnel), que permite mayor visibilidad en menores niveles de iluminación (luminancias), que las que se necesitan en el sistema de iluminación simétrico.

La tabla que se expone a continuación ha sido obtenida aplicando el método de dimensionamiento del Centro de Estudios de Túneles (CETU) y ha sido incorporada a las Recomendaciones Relativas al Alumbrado de Vías Públicas de la Asociación Francesa de Iluminación (AFE).

MINISTERIO DE INDUSTRIA, ENERGÍA Y TURISMO	GUÍA TÉCNICA DE APLICACIÓN: EFICIENCIA ENERGÉTICA EN INSTALACIONES DE ALUMBRADO EXTERIOR CRITERIOS GENERALES PARA LA REDACCIÓN DE UN PROYECTO DE ALUMBRADO	GUÍA-EA-ANEXO II
		Edición: mayo 2013 Revisión: 1.1

ENTRADA DE TÚNELES

NIVELES DE LUMINANCIA EN SERVICIO Y LONGITUD DEL ALUMBRADO DE REFUERZO

NIVEL DE VELOS PARÁSITOS	VELOCIDAD DE APROXIMACIÓN Km/h	NIVEL DE LUMINANCIA EN LA ENTRADA (parte más iluminada) Sistema de Iluminación		LONGITUD DEL ALUMBRADO DE REFUERZO PARA ALCANZAR EL NIVEL DE ILUMINACIÓN DE LA ZONA INTERIOR DEL TÚNEL Nivel de Iluminación en la Zona Interior		
		SIMÉTRICO (cd/m ²)	CONTRAFLUJO (cd/m ²)	8 d/m ² (m)	5 d/m ² (m)	2 d/m ² (m)
FUERTE	130	-	(440)	600	660	790
	110	(550)	210	360	410	640
	90	(280)	120	300	350	510
	70	150	90	240	290	350
	50	70	-	150	180	270
MEDIO	130	-	(290)	550	620	740
	110	(360)	140	300	350	590
	90	180	80	250	300	490
	70	100	60	200	250	350
	50	50	-	120	150	270
DÉBIL	130	-	140	470	530	670
	110	180	70	230	260	420
	90	90	40	170	220	390
	70	50	30	140	180	340
	50	25	-	80	100	220

Esta tabla de la (AFE) proporciona un orden de magnitud de la luminancia media en servicio (L_{th}) en la entrada del túnel (primera parte de la zona umbral) en función de:

- Importancia de los velos parásitos (ligados a las luminancias del entorno de la entrada del túnel), que perturban la percepción visual del conductor del vehículo.
- La velocidad de aproximación del vehículo.
- Tipo de sistema de iluminación adoptado.

La referida tabla de la (AFE) puede utilizarse para un estudio preliminar, predimensionamiento o anteproyecto.

En la tabla los valores entre paréntesis casi nunca se ejecutan en la práctica, asimismo en la iluminación mediante sistema simétrico, con velocidades superiores a 70 Km/h con velos fuertes, 90 Km/h con velos parásitos medios, o 110 Km/h con velos débiles, se da lugar a niveles de luminancia difícilmente realizables.

Por otra parte, los niveles de luminancia media de la tabla de la (AFE) corresponden a periodos para los cuales las condiciones luminosas exteriores son las más desfavorables (soleamiento máximo en orientación desfavorable del sol).

De conformidad con las vigentes Recomendaciones Relativas al Alumbrado de Vías Públicas de la Asociación Francesa de Iluminación (AFE), que incorporan los resultados de los trabajos realizados por el Centro de Estudios de Túneles (CETU), en la entrada de túneles para una velocidad de 70 Km/h se necesita con el sistema de iluminación a contraflujo un nivel de iluminación (luminancia) 1,6 veces menor que con el sistema simétrico, mientras que para una velocidad de 90 Km/h el nivel requerido es 2,2 veces menor y finalmente en el caso de 110 Km/h el nivel de iluminación es 2,6 veces inferior.

A partir de una velocidad de circulación de 110 Km/h, únicamente resulta viable el sistema de iluminación a contraflujo para el resolver los problemas de visión de los conductores de los vehículos.

MINISTERIO DE INDUSTRIA, ENERGÍA Y TURISMO	GUÍA TÉCNICA DE APLICACIÓN: EFICIENCIA ENERGÉTICA EN INSTALACIONES DE ALUMBRADO EXTERIOR CRITERIOS GENERALES PARA LA REDACCIÓN DE UN PROYECTO DE ALUMBRADO	GUÍA-EA-ANEXO II
		Edición: mayo 2013 Revisión: 1.1

Resultan evidentes las ventajas respecto al ahorro de energía eléctrica del sistema de iluminación a contraflujo para el alumbrado de refuerzo de la zona de entrada de los túneles unidireccionales, que exige que las luminarias se implanten en el techo del túnel y nunca en las paredes. Este sistema de iluminación a contraflujo no puede utilizarse en el alumbrado de la entrada de túneles bidireccionales.

El sistema de iluminación simétrico se utiliza en todos los casos en la zona del interior de los túneles y en la zona de entrada de los túneles bidireccionales, pudiéndose implantar también este sistema en la zona de entrada de los túneles unidireccionales cuando la velocidad de circulación está muy limitada, del orden de 50 Km/h.

El dimensionamiento y cálculo de las instalaciones de alumbrado de túneles, debe realizarse de acuerdo con lo establecido en la Publicación CIE nº 88 de 2004, y en el Real Decreto 635 /2006, de 26 de mayo, sobre requisitos mínimos de seguridad en los túneles de carreteras del Estado, que constituye la transposición de la Directiva 2004/54/CE.