

MINISTERIO DE INDUSTRIA, COMERCIO Y TURISMO	RESPLANDOR LUMINOSO NOCTURNO Y LUZ INTRUSA O MOLESTA	ITC-EA-03
---------------------------------------------------	---------------------------------------------------------	-----------

Instrucción Técnica Complementaria EA – 03

RESPLANDOR LUMINOSO NOCTURNO

Y LUZ INTRUSA O MOLESTA

ÍNDICE

1	RESPLANDOR LUMINOSO NOCTURNO.....	2
1.1	Limitaciones de las Emisiones Luminosas	3
1.2	Fuentes de luz.....	5
1.3	Luminarias	5
1.4	Otras Condiciones.....	5
2	REDUCCIÓN DE LA LUZ INTRUSA O MOLESTA.....	6

RESUMEN DE LAS PRINCIPALES MODIFICACIONES Y NOVEDADES:

- a) Se amplía la clasificación de las zonas con la zona E0
- b) Se adopta como valores de referencia los establecidos en la publicación CIE nº 150 de 2017
- c) Se añade el FTA (flujo total ascendente hacia el cielo) y se limita su valor

MINISTERIO DE INDUSTRIA, COMERCIO Y TURISMO	RESPLANDOR LUMINOSO NOCTURNO Y LUZ INTRUSA O MOLESTA	ITC-EA-03
---------------------------------------------------	---------------------------------------------------------	-----------

1 RESPLANDOR LUMINOSO NOCTURNO

El resplandor luminoso nocturno o contaminación lumínica es la luminosidad producida en el cielo nocturno por la difusión y reflexión de la luz en los gases, aerosoles y partículas en suspensión en la atmósfera, procedente, entre otros orígenes, de las instalaciones de alumbrado exterior, por emisión directa hacia el cielo, así como reflejada bien por las superficies iluminadas o por las de su entorno.

En la Tabla 1 se clasifican las diferentes zonas ambientales en función de su protección contra la contaminación lumínica, según el tipo de actividad a desarrollar en cada una de las zonas.

Tabla 1-Clasificación de zonas de protección contra la contaminación luminosa

CLASIFICACION DE ZONAS	DESCRIPCIÓN
E0	ÁREAS INTRINSECAMENTE OSCURAS: Observatorios astronómicos mayores de categoría internacional. Reserva Starlight UNESCO. IDA Dark Sky Parks.
E1	ÁREAS CON ENTORNOS O PAISAJES OSCUROS: Zonas rurales relativamente deshabitadas, donde las carreteras están sin iluminar.
E2	ÁREAS DE BRILLO O LUMINOSIDAD BAJA: Zonas periurbanas o extrarradios de las ciudades, suelos no urbanizables, áreas rurales escasamente habitadas y sectores generalmente situados fuera de las áreas residenciales urbanas o industriales, donde las carreteras están iluminadas.
E3	ÁREAS DE BRILLO O LUMINOSIDAD MEDIA: Zonas urbanas residenciales, donde las calzadas (vías de tráfico rodado y aceras) están iluminadas.
E4	ÁREAS DE BRILLO O LUMINOSIDAD ALTA: Centro de ciudades y otras áreas comerciales.

NOTAS:

1. Las limitaciones establecidas para las zonas E0 y E1, cuando fuera posible, deberían aplicarse a todas las localizaciones dentro de los 100 km de un Observatorio astronómico mayor de categoría internacional.
2. Debido al desarrollo urbano, las limitaciones determinadas para la zona E2 cuando resulte factible, deberían ser seguidas por las localizaciones dentro de 30 km de un

MINISTERIO DE INDUSTRIA, COMERCIO Y TURISMO	RESPLANDOR LUMINOSO NOCTURNO Y LUZ INTRUSA O MOLESTA	ITC-EA-03
---------------------------------------------------	---------------------------------------------------------	-----------

Observatorio astronómico urbano y entre 100 y 300 km de un Observatorio astronómico mayor de categoría internacional.

1.1 Limitaciones de las Emisiones Luminosas

Se limitarán las emisiones luminosas hacia el cielo en las instalaciones de alumbrado exterior, con excepción de las de alumbrado festivo y navideño.

La luminosidad del cielo producida por las instalaciones de alumbrado exterior depende del flujo luminoso emitido tanto directamente (flujo hemisférico superior instalado FHS_{inst}), como por el flujo reflejado por la superficie iluminada y sus espacios limítrofes (FHR). Dicho resplandor luminoso es directamente proporcional a la superficie iluminada y a su nivel de iluminancia, e inversamente proporcional a los factores de utilización y mantenimiento de la instalación.

El flujo total ascendente hacia el cielo (FTA) será la suma del flujo hemisférico superior instalado (FHS_{inst}) y del flujo reflejado por la superficie iluminada y suelos adyacentes (FHR).

$$FTA = FHS_{inst} + FHR$$

Por otra parte, el flujo emitido hacia el suelo y reflejado por la superficie iluminada y por los alrededores FHR responde a la siguiente expresión:

$$FHR = \Phi \cdot f_u \cdot \rho_1 + \Phi (FHI - f_u) \rho_2$$

Donde:

Φ = flujo luminoso

f_u = factor de utilización

ρ_1 coeficiente de reflexión de la superficie iluminada

ρ_2 = coeficiente de reflexión de los alrededores

FHI = flujo hemisférico inferior

La luz ascendente reflejada por los alrededores o zonas adyacentes a la superficie iluminada $\Phi (FHI - f_u) \rho_2$, corresponde a las superficies de áreas colindantes iluminadas involuntariamente debido a la luz dispersa.

El flujo hemisférico superior instalado FHS_{inst} o emisión directa de las luminarias a implantar por encima de la horizontal en cada zona E0, E1, E2, E3 y E4, no superará los límites establecidos en la tabla 2.

Tabla 2 · Valores límite del flujo hemisférico superior instalado

CLASIFICACIÓN DE ZONAS	FLUJO HEMISFÉRICO SUPERIOR INSTALADO FHS_{inst}
E0	0%
E1	≤ 1%
E2	≤ 2,5%

MINISTERIO DE INDUSTRIA, COMERCIO Y TURISMO	RESPLANDOR LUMINOSO NOCTURNO Y LUZ INTRUSA O MOLESTA	ITC-EA-03
---------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------	-----------

E3	≤ 5%
E4	≤ 15%

La tabla 2 que especifica los valores máximos del flujo hemisférico superior instalado (FHS_{inst}) ascendente emitido por las luminarias, constituye el método tradicional para limitar el resplandor luminoso nocturno y resulta adecuado para la comparación de diferentes luminarias en lo relativo a la contaminación luminosa.

Se recomienda que el flujo total ascendente hacia el cielo (FTA) en función de cada zona EO, E1, E2, E3 y E4 y del tipo de instalación (alumbrado viario, deportivo y de servicios), no supere los valores límite determinados en la tabla 3.

Tabla 3 - Valores límite recomendables del flujo total ascendente hacia el cielo para instalaciones de cuatro o más luminarias

TIPO DE INSTALACIÓN	FLUJO TOTAL ASCENDENTE HACIA EL CIELO FTA				
	EO	E1	E2	E3	E4
Alumbrado Viario	n / a	≤ 2%	≤ 5%	≤ 8%	≤ 12%
Alumbrado De Servicios (1)	n / a	n / a	≤ 2%	≤ 6%	≤ 15%
Alumbrado Deportivo	n / a	n / a	≤ 6%	≤ 12%	≤ 35%

{1} El alumbrado de servicios comprende el de centros de trabajo al exterior, terminales de carga, alumbrado de seguridad, etc.

Dado que la contaminación lumínica es el brillo producido por la difusión y reflexión de la luz en los gases, aerosoles y partículas en suspensión en la atmósfera en las direcciones de visión hacia el cielo, que crea una luminancia de velo y dificulta las observaciones astronómicas de los objetos celestes, debe distinguirse el brillo natural atribuible a la radiación de dichos objetos o fuentes celestes y a la luminiscencia de las capas altas de la atmósfera, así como la luz procedente de la emisión de la iluminación interior a través de las ventanas de los edificios de viviendas, oficinas comerciales, escaparates, paneles de publicidad, etc., del resplandor luminoso ocasionado por las fuentes de luz artificial instaladas en el alumbrado exterior.

Asimismo, la referida contaminación lumínica también depende de una forma considerable de las condiciones meteorológicas y atmosféricas existentes, tales como humedad, nubosidad, niebla, presencia de aerosoles, grado de contaminación atmosférica, etc., además de la dependencia debido a los diferentes coeficientes de reflexión de las superficies iluminadas y

MINISTERIO DE INDUSTRIA, COMERCIO Y TURISMO	RESPLANDOR LUMINOSO NOCTURNO Y LUZ INTRUSA O MOLESTA	ITC-EA-03
---------------------------------------------------	---------------------------------------------------------	-----------

obstáculos que dificultan la propagación de la luz hacia el cielo, como la orografía del terreno, arbustos árboles, la altura de las edificaciones, etc., por lo que el cálculo del flujo total ascendente (FTA) constituye una aproximación a la realidad que obliga a considerar orientativos los valores recomendados en la tabla 3, procedentes de la Publicación CIE nº 150 de 2017 que, como informe técnico, tiene carácter de asesoramiento y no es de obligado cumplimiento.

1.2 Fuentes de luz

En las zonas EO y E1 se utilizarán preferentemente lámparas de vapor de sodio a baja presión y LED ámbar monocromático. Cuando no resulte posible usar dichas fuentes de luz se procederá a filtrar la radiación de longitudes de onda inferiores a 440 nm.

En general se emplearán fuentes de luz con las características espectrales adecuadas para el uso previsto, limitando en lo posible la luz de longitud de onda corta (azules).

A tales efectos, aun cuando actualmente está en estudio la aplicación del sistema de índices espectrales ($C_{L\ 500-v}$ C_{z-v} etc.), se verifica una cierta aproximación que cuanto mayor sea la temperatura de color de la fuente luminosa, más cantidad de luz azul se estará emitiendo, adoptando preferentemente temperaturas de color de 3000 K y 4000 K para luminarias ambientales y funcionales respectivamente. Se evitará en lo posible la utilización de fuentes de luz que superen la temperatura de color de $4000\text{ K} \pm 300$.

La temperatura de color no será nunca superior a $4000\text{ K} \pm 300$, mientras que el índice de reproducción cromática (IRC) será como mínimo de 70 ($IRC \geq 70$).

1.3 Luminarias

Dado que el flujo longitudinal (alcance de la luminaria) emitido bajo ángulos superiores a 85° es inútil, lo mismo que sucede con el flujo transversal irradiado (dispersión de la luminaria) bajo ángulos superiores a 60° , como medida complementaria a las limitaciones dispuestas en las tablas 2 y 3, se restringirá la luz emitida por las luminarias justo sobre la horizontal, en la banda entre 90° y 110° , muy crítica para el resplandor luminoso nocturno en grandes áreas en los alrededores de observatorios astronómicos, de forma que las intensidades máximas en dichas bandas serán las siguientes:

$$\text{Entre } 90^\circ \text{ y } 100^\circ \quad I < 0,5 \text{ cd/ } 1000 \text{ lm}$$

$$\text{Entre } 100^\circ \text{ y } 110^\circ \quad I = 0$$

1.4 Otras Condiciones

Además de ajustarse a los valores límite de las tablas 2 y 3 para reducir las emisiones hacia el cielo, tanto directas como las reflejadas por las superficies iluminadas y suelos adyacentes, la instalación de alumbrado deberá cumplir las siguientes prescripciones:

- a) Se procurará iluminar solamente la superficie que se quiere dotar de alumbrado.
- b) Los niveles de iluminación no deberán superar los valores máximos establecidos en la ITC-EA-02.

MINISTERIO DE INDUSTRIA, COMERCIO Y TURISMO	RESPLANDOR LUMINOSO NOCTURNO Y LUZ INTRUSA O MOLESTA	ITC-EA-03
---------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------	-----------

- c) Los factores de utilización y mantenimiento de la instalación serán lo más elevados posibles y, en todo caso, satisfarán los valores mínimos fijados en las ITC-EA-04 e ITC-EA-06.
- d) Establecer un régimen de funcionamiento que implique regular adecuadamente el apagado y encendido de las instalaciones de alumbrado exterior.
- e) Implantar un sistema de regulación del nivel luminoso con disminuciones del flujo emitido a ciertas horas de la noche, e incluso su apagado siempre y cuando se vuelva a activar automáticamente con el tránsito de personas y vehículos.

No obstante, en el mejor de los casos siempre existirá un flujo luminoso mínimo emitido hacia el cielo que es función de la superficie iluminada, de su nivel de iluminación y del factor de reflexión de la misma, de manera que el mencionado flujo mínimo bajará si disminuyen dichos parámetros.

2 REDUCCIÓN DE LA LUZ INTRUSA O MOLESTA

Con objeto de minimizar los efectos negativos de la luz intrusa o molesta procedente de las instalaciones de alumbrado exterior sobre:

- Residentes en edificios próximos (viviendas, hoteles, hospitales, etc.), cuyos parámetros a controlar son:
 - o Iluminación vertical (E_v) en superficie de paramentos, especialmente en ventanas de dormitorios.
 - o Intensidad luminosa (I) de las fuentes de luz en la dirección potencial de observación normal, cuya visión directa puede provocar molestias, distracción o incomodidad.
- Ciudadanos, visitantes o turistas observadores de la iluminación ornamental y señalización decorativa demasiado brillante, cuya evaluación se contraste por medio de:
 - o Luminancia media de las fachadas iluminadas (L_m) y la correspondiente iluminancia media (E_m) para paramentos claros y oscuros.
 - o Luminancia máxima (L_{max}) de rótulos, señalización y anuncios luminosos.
- Usuarios de sistemas de transporte (conductores, ciclistas y peatones), que implican una reducción en la capacidad de visión causada por el deslumbramiento perturbador cuya cuantificación se realiza mediante el:
 - o Deslumbramiento incapacitivo (f_{TI})

Se diseñarán dichas instalaciones para que cumplan las limitaciones establecidas en la tabla 4 en función de las zonas EO, EI, E2, E3 y E4, a excepción del alumbrado festivo y navideño.

Tabla 4.- Limitaciones de la luz molesta procedente de instalaciones de alumbrado exterior

EFECTOS	PARÁMETROS LUMINOTÉCNICOS	VALORES MÁXIMOS				
		Observatorios astronómicos y parques naturales	Zonas rurales relativamente deshabitadas	Zonas Periurbanas O extrarradios de las ciudades	Zonas urbanas residenciales	Centros Urbanos Y áreas comerciales
	ZONAS DE PROTECCIÓN	E0	E1	E2	E3	E4
SOBRE RESIDENTES EN EDIFICIOS PROXIMOS: Viviendas, hoteles, hospitales, etc	ILUMINACIÓN VERTICAL EN VENTANAS (E _v)					
	- Alumbrado inicial	n/a	2 lux	5 lux	10 lux	25 lux
	- Alumbrado reducido	n/a	* 1lux	1lux	2 lux	5 lux
	INTENSIDAD LUMINOSA EMITIDA POR LAS LUMINARIAS (1)					
	- Alumbrado inicial	-	2500 cd	7500 cd	10000 cd	25000 cd
	- Alumbrado reducido {1}	-	500cd **	500 cd	1000 cd	2500 cd
SOBRE CIUDADANOS VISITANTES O TURISTAS	LUMINANCIA MEDIA DE LAS FACHADAS (L _m) {2}	< 0,1 cd/m ²	< 0,1 cd/m ²	5 cd/m	10cd/m ²	25 cd/m ²
	LUMINANCIA MÁXIMA DE RÓTULOS SEÑALIZACIÓN Y ANUNCIOS LUMINOSOS {L _{max} } (3)	0,1 cd/m ²	50 cd/m ²	400 cd/m ²	800 cd/m ²	1000 cd/m ²

SOBRE USUARIOS DE SISTEMAS DE TRANSPORTES	INCREMENTO DEL UMBRAL DE CONTRASTE {TI%}	CLASE DE ALUMBRADO (carreteras)			
		Sin iluminación	ME6 / ME5	ME4 / ME3	ME2 / ME1
Conductores Ciclistas y peatones	$f_{TI}=15\%$ para adaptación a $L=0,1 \text{ cd/m}^2$	$f_{TI}=15\%$ para adaptación a $L=1 \text{ cd/m}^2$	$f_{TI}=15\%$ para adaptación a $L=2 \text{ cd/m}^2$	$f_{TI}=15\%$ para adaptación a $L=5 \text{ cd/m}^2$	
	LUMINANCIA DE VELO (LV)	0,037cd/ m ²	0,23cd/m ²	0,40cd/m ²	0,84cd/m ²

* < 0,1 lux cuando no se trate de iluminación de carretera.

** 0 cd cuando no es la iluminación de una carretera.

(1) En sustitución de los valores de intensidad luminosa, la Publicación CIE nº 150 de 2017 propone una tabla de valores máximos para la intensidad luminosa de las luminarias en direcciones determinadas, en función de las zonas E1, E2, E3 y E4 que, con carácter informativo, a continuación se reproduce en la tabla 5, teniendo en cuenta que para la zona ambiental EO la intensidad máxima admitida es 0.

{2} En la luminancia media de fachadas (L_m) y máxima (L_{max}) de rótulos, señalización y anuncios luminosos de la tabla 4, sólo se considera el alumbrado inicial, ya que el alumbrado reducido es el apagado de la instalación y, por tanto, la luminancia es 0.

Los límites de intensidad luminosa de las luminarias utilizadas dependen de la distancia de visualización (d) entre el observador y la luminaria luminosa, y el área proyectada (A_p) de la parte luminosa de la luminaria en dirección al observador.

La tabla 5, incluida en la Publicación CIE nº 150 de 2017, muestra los valores máximos para la intensidad luminosa de las luminarias en direcciones designadas, donde la visión de las superficies brillantes de las luminarias sea problemática para los residentes, o desde posiciones donde esta visión tenga más probabilidad de ser mantenida, es decir, no cuando se trate de una visualización momentánea o a corto plazo.

(3) Los valores se aplican tanto para el alumbrado inicial como el reducido, excepto en las zonas de protección E0 y E1 que los valores deberán ser cero o nulos en el alumbrado reducido.

Los valores para rótulos, señalización y anuncios luminosos no se aplicarán a las señales de control de tráfico.

MINISTERIO DE INDUSTRIA, COMERCIO Y TURISMO	RESPLANDOR LUMINOSO NOCTURNO Y LUZ INTRUSA O MOLESTA	ITC-EA-03
---------------------------------------------------	---------------------------------------------------------	-----------

Tabla 5. Valores máximos para la intensidad luminosa de las luminarias en direcciones determinadas.

PARÁMETRO DE ILUMINACIÓN	CONDICIONES DE APLICACIÓN	Grupo de luminarias (área proyectada A_p en m^2)				
		$0 < A_p \leq 0,002$	$0,002 < A_p \leq 0,01$	$0,01 < A_p \leq 0,03$	$0,03 < A_p \leq 0,13$	$0,13 < A_p \leq 0,5$
Intensidad Máxima emitida por la luminaria (l) en cd	ZONAE1					
	-Alumbrado inicial	0,29 d	0,63 d	1,3 d	2,5 d	5,1 d
	-Alumbrado reducido	0	0	0	0	0
	ZONA E2					
	-Alumbrado inicial	0,57 d	1,3 d	2,5 d	5,0 d	10 d
	-Alumbrado reducido	0,29 d	0,63 d	1,3 d	2,5 d	5,1 d
	ZONAE3					
	-Alumbrado inicial	0,86 d	1,9 d	3,8 d	7,5 d	15 d
	-Alumbrado reducido	0,29 d	0,63 d	1,3 d	2,5 d	5,1 d
	ZONA E4					
-Alumbrado inicial	1,4 d	3,1 d	6,3 d	13 d	26 d	
-Alumbrado reducido	0,29 d	1,63 d	1,3 d	2,5 d	5,1 d	

NOTA.-

(d) es la distancia entre el observador y la fuente de deslumbramiento en metros.

(A_p) es el área proyectada de la parte luminosa de la luminaria en dirección al observador.