

REPERCUSIÓN DEL FUTURO REGLAMENTO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN INSTALACIONES DE ALUMBRADO EXTERIOR, EN LA ILUMINACIÓN EXTERIOR DE PLANTAS INDUSTRIALES

Ferrer, P.^(p); Bastante, M. J.; Capuz, S.

Abstract

The "Proyecto de Real Decreto por el que se aprueba el Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior y sus instrucciones técnicas complementarias EA-01 a EA-07" has been recently published. This supplements the requirements of the ITC BT-09 of Low Voltage Electrotechnical Regulation, "Facilities outdoor illumination", on aspects of energy efficiency.

Although its most important contributions can be achieved in its application to the design of public lighting systems, it also affects the lighted outdoor plants, introducing concepts, criteria and calculations that the planner should incorporate.

This paper summarizes the most important requirements of the regulation to industrial facilities and applies it to a case study.

Keywords: energy efficiency, exterior industrial lighting, specific lighting

Resumen

Recientemente se ha publicado el "Proyecto de Real Decreto por el que se aprueba el Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior y sus instrucciones técnicas complementarias EA-01 a EA-07". Éste viene a complementar las exigencias de la ITC-BT 09 del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT), "Instalaciones de alumbrado exterior", en aspectos de eficiencia energética.

Aunque la contribución más importante del mismo pueda lograrse en su aplicación al diseño de alumbrados públicos, también afecta a los alumbrados exteriores de plantas industriales, introduciendo conceptos, criterios y cálculos que el proyectista deberá incorporar.

La presente ponencia sintetiza los requerimientos más importantes del Reglamento a las instalaciones de tipo industrial y las aplica a un caso de estudio.

Palabras clave: eficiencia energética, alumbrado exterior industrial, alumbrado específico

1. Introducción

Con fecha 06/07/2007 se ha publicado el "Proyecto de Real Decreto por el que se aprueba el Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior y sus instrucciones técnicas complementarias EA-01 a EA-07" [1] (actualmente fase de tramitación). Éste viene a complementar las exigencias de la ITC-BT 09 del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT) [2], "Instalaciones de alumbrado exterior" en aspectos de eficiencia energética, en el contexto de iniciativas como el "Plan de Acción 2005-2007 de Ahorro y Eficiencia Energética" [3].

Existían antecedentes normativos en la misma línea, pero, o abordaban aspectos parciales, o limitaban su influencia a determinados municipios o Comunidades Autónomas [4]. Como

viene siendo habitual también se anuncia la futura elaboración de una Guía para su mejor comprensión.

2. Objetivos

En este artículo se pretende realizar un estudio de las repercusiones del referido Reglamento sobre las instalaciones de alumbrado exterior en plantas industriales (clasificadas en él como alumbrado específico). Para ello realizará una exposición de los requerimientos más importantes, se aplicarán a una instalación proyectada con anterioridad y se extraerán conclusiones.

3. Principales requerimientos del Reglamento

El objeto del Reglamento es básicamente doble: mejorar la eficiencia energética y limitar la contaminación luminosa y la luz molesta de este tipo de instalaciones.

Se aclara así mismo que no es objeto del mismo establecer valores mínimos para los niveles de iluminación en los distintos tipos de vías o espacios contemplados, por dicho motivo los niveles de referencia indicados no tendrán consideración de obligatorios.

El campo de aplicación lo constituyen las instalaciones de alumbrado exterior definidas en la ITC BT-09 del REBT de más de 1 kW de potencia instalada, siendo por tanto muy numerosas las instalaciones de alumbrado exterior presentes en establecimientos industriales que se ven afectadas.

Seguidamente se ofrece una síntesis de las especificaciones más importantes que se realizan en cada una de las ITCs que acompañan al Reglamento.

3.1 ITC EA-01 Eficiencia energética

La eficiencia energética de una instalación de alumbrado exterior se define como:

$$\mathcal{E} = \frac{S \cdot E_m}{P} \quad (1)$$

siendo:

\mathcal{E} : eficiencia energética de la instalación de alumbrado exterior ($\text{m}^2 \text{ lux/W}$)

P: potencia activa total instalada (lámparas y equipos auxiliares) (W);

S: superficie iluminada (m^2);

E_m : iluminancia media en servicio de la instalación, considerando el mantenimiento previsto (lux);

Difiere ligeramente del concepto establecido por el Documento Básico HE, Ahorro de Energía, del Código Técnico de la Edificación [5]:

$$VEEI = \frac{P \cdot 100}{S \cdot E_m} \quad (2)$$

Con idéntico significado para los mismos símbolos excepto:

VEEI: valor de la eficiencia energética de la instalación (W/m^2 por cada 100 lux)

Así mismo el Reglamento establece dicha eficiencia como el producto de tres factores:

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_L \cdot f_m \cdot f_u \quad (3)$$

siendo:

ε_L : eficiencia de las lámparas y equipos auxiliares

f_m : factor de mantenimiento de la instalación

f_u : factor de utilización de la instalación

Para el alumbrado específico, objeto de nuestro estudio, no se fijan valores mínimos de eficiencia energética. Simplemente se indica que “se iluminará únicamente la superficie que se quiere dotar de alumbrado” y se dan otras prescripciones que hacen referencia al resto de ITCs.

Sí que es de aplicación la calificación energética de las instalaciones. Para ello, en primer lugar, se define el índice de eficiencia energética como:

$$I_e = \frac{e}{\varepsilon_R} \quad (4)$$

siendo ε_R un valor de eficiencia energética de referencia función del tipo de alumbrado y el nivel de iluminancia media en servicio proyectado.

A continuación se establece una escala de siete letras, A (más eficiente) a Z (menos) en función del índice de consumo energético (ICE) obtenido como la inversa del índice de eficiencia energética.

3.2 ITC EA-02 Niveles de iluminación

Los niveles máximos de luminancia o iluminancia media no podrán rebasar en más de un 20% los niveles medios de referencia establecidos en esta ITC.

Para alumbrados específicos, en concreto de áreas de trabajo exteriores, el Reglamento toma como referencia los niveles de iluminación especificados en la norma EN 12.464-2. Ésta, en su Tabla 5.7 para plantas industriales y áreas de almacenamiento, indica:

Ref.	Naturaleza del sector, trabajo o actividad	E_m lx	U	GR_L	R_a
5.7.1	Manipulación temporal de grandes componentes y materias primas, carga y descarga de mercancías y camiones.	20	0,25	55	20
5.7.2	Manipulación continua de grandes componentes y materias primas, carga y descarga de mercancías, líneas de grúas, plataformas de carga abiertas.	50	0,40	50	20
5.7.3	Lectura de etiquetas e instrucciones, zonas de carga protegidas, uso de herramientas, manufactura de piezas prefabricadas de hormigón.	100	0,50	45	20
5.7.4	Instalaciones profesionales eléctricas, mecánicas y de tuberías, inspección.	200	0,50	45	20

Tabla 1. Niveles de iluminación según EN 12.464-2.

También se especifican niveles para alumbrados de vigilancia y seguridad estableciéndose, para actividades industriales, entre 5 y 50 lux dependiendo del riesgo de las mismas.

El deslumbramiento máximo en alumbrado de áreas de trabajo se limita a los valores: 55 (basto), 50 (basto y medio), 45 (fino); pudiendo comprobar la plena coincidencia con los estipulados en la tabla anterior.

Finalmente se estipula la necesidad de reducir el nivel de iluminación a ciertas horas de la noche para instalaciones de potencia instalada superior a 5 kW.

3.3 ITC EA-03 Resplandor luminoso nocturno y luz intrusa o molesta

Se plantea primeramente una clasificación de zonas (E1 a E4) en función de la luminosidad o brillo de su entorno, que delimitará el nivel de exigencia de la protección contra la

contaminación luminosa. A continuación se limita el flujo hemisférico superior instalado (FHSins) según el tipo de zona. Por último se establecen medidas para minimizar los efectos de la luz intrusa o molesta sobre residentes y ciudadanos en general.

3.4 ITC EA-04 Componentes de las instalaciones

Se exige que el fabricante garantice mediante declaración expresa o laboratorio acreditado prestaciones como el rendimiento, grado de protección IP, FHSinst, etc.

Los balastos deberán cumplir las prescripciones de las normas UNE-EN 60921, 60923 y 60929.

La eficacia luminosa de las lámparas empleadas en alumbrados específicos será superior a 65 lum/W.

Los proyectores deberán proporcionar un rendimiento mayor o igual del 55% y un factor de utilización mayor o igual que 0,25. Los mismos valores para el resto de luminarias serán 60% y 0,30.

Se limita también la potencia máxima admisible para el conjunto del equipo auxiliar y la lámpara.

En cuanto a sistemas de accionamiento, se prescribe, para las instalaciones superiores a 5 kW, un sistema de accionamiento por reloj astronómico o encendido centralizado, permitiéndose para instalaciones más pequeñas el encendido mediante fotocélula.

Se precisa que los sistemas de regulación del nivel luminoso deberán ser:

- balastos serie de tipo inductivo para doble nivel de potencia
- reguladores - estabilizadores en cabecera de línea
- balastos electrónicos de potencia regulable

debiendo permitir la disminución del flujo emitido hasta un 50%.

3.5 ITC EA-05 Documentación técnica, verificaciones e inspecciones

Se impone la inclusión, ya sea en el proyecto o en la memoria técnica de diseño, de acuerdo con el REBT, de los cálculos y características técnicas de los equipos y medidas adoptadas que garanticen el cumplimiento del Reglamento.

Inicial y periódicamente un instalador autorizado realizará medidas de: potencia eléctrica demandada, iluminancia media y uniformidad. Por su parte, un Organismo de Control verificará además: la luminancia media si procede y el deslumbramiento perturbador y relación de entorno.

A partir de dichos valores se calcularán la eficiencia energética y el índice de eficiencia energética reales. El primero no deberá diferir en más de un 10% del proyectado y la calificación energética de la instalación deberá coincidir con la proyectada.

Se clasifican diversos defectos o deficiencias posibles en leves, graves o muy graves, pudiendo paralizar la puesta en servicio de las instalaciones hasta su subsanación.

3.6 ITC EA-06 Mantenimiento de las instalaciones

El factor de mantenimiento de una instalación puede determinarse a través de la siguiente expresión:

$$f_m = FDFL \cdot FSL \cdot FDLU \quad (5)$$

siendo:

FDFL: factor de depreciación del flujo luminoso de la lámpara.

FSL: factor de supervivencia de la lámpara.

FDLU: factor de depreciación de la luminaria.

Los tres factores están tabulados.

Se determinará así el f_m del proyecto que impondrá un plan de mantenimiento descrito en el mismo. Además se llevará un registro de las operaciones de mantenimiento realizadas que deberá conservarse durante 5 años desde la fecha de la operación.

3.7 ITC EA-07 Mediciones y ensayos

Esta ITC describe en detalle las medidas luminotécnicas prescritas.

4 Caso de estudio

Se van a aplicar los requerimientos resumidos al proyecto de una instalación de alumbrado exterior industrial para comprobar su incidencia. No se han realizado medidas reales por lo que se trabajará en base a los resultados obtenidos del software de cálculo de alumbrado Dialux [6].

Se analizará la aplicación al alumbrado de la zona de muelles de expedición de la empresa representada en la Figura 1, así como a los muelles de recepción (en la fachada opuesta).



Figura 1. Caso de estudio

4.1 Planificación del alumbrado y resultados de cálculo

(A) Muelle de recepción de materias primas

Se trata de un muelle de dimensiones 35x6 m que se iluminará con pantallas fluorescentes de 2x58 W, situadas a 4 m de altura en sentido longitudinal, separadas 3 m.

A partir del software de cálculo, considerando un factor de mantenimiento de 0,8, se obtiene una $E_m=216$ lx con una uniformidad media de 0,49.

(B) Zona de expedición de producto terminado

Para alumbrar la zona de circulación de vehículos correspondiente a los muelles de expedición se utilizan proyectores para lámparas de VSAP de 250 W situados en la fachada combinados con otros, en este caso de 400 W, sobre apoyos a 9 m de altura.

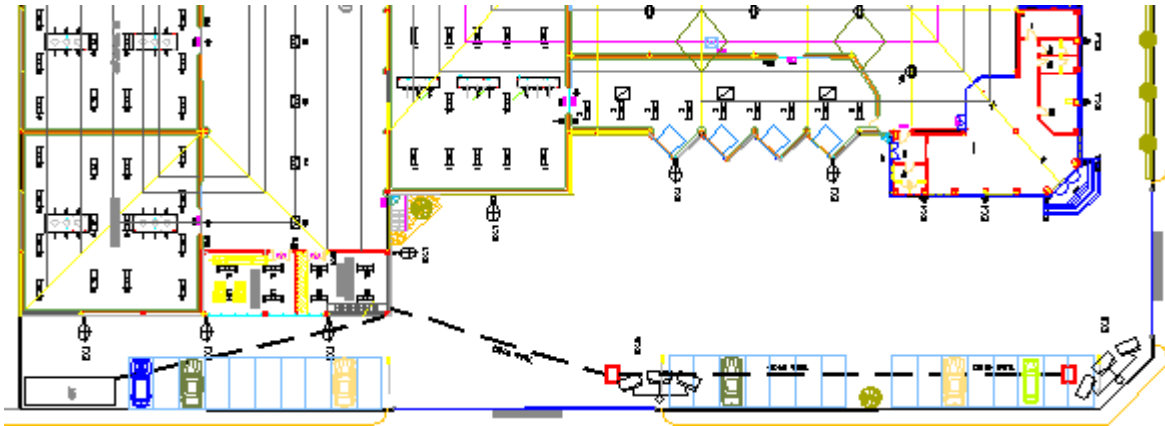


Figura 2. Alumbrado del muelle de recepción

Con $f_m=0,8$ se obtiene una $E_m=32$ lx.

4.2 Aplicación del Reglamento

Eficiencia energética

(A) La potencia activa total es de 1.596 W, la superficie implicada 210 m², con lo que:

$$\varepsilon=28,4 \text{ (m}^2 \text{ lx)/W}$$

Como, según la Tabla 3 del Reglamento, la eficiencia energética de referencia para iluminancias medias superiores a 20 lx es $\varepsilon_R=13$, se obtiene un índice de eficiencia energética $I_\varepsilon=2,19$ y un índice de consumo energético ICE=0,46 que determina una calificación energética de "A".

(B) La potencia activa total es de 4.236 W, la superficie implicada 2000 m², con lo que:

$$\varepsilon=15,1 \text{ (m}^2 \text{ lx)/W}$$

Como, según la Tabla 3 del Reglamento, la eficiencia energética de referencia para iluminancias medias superiores a 20 lx es $\varepsilon_R=13$, se obtiene un índice de eficiencia energética $I_\varepsilon=1,16$ y un índice de consumo energético ICE=0,86 que determina una calificación energética de "A".

Niveles de iluminación

(A) Revisando la Tabla 1 del apartado 3.1 podría establecerse un nivel medio, según norma EN 12464-2, de entre 50 y 100 lux, bastante inferior al obtenido. A este respecto conviene precisar que se trata de una empresa de confección de cítricos que, en determinados puntos, requiere de buenos niveles de alumbrado y reproducción cromática (el establecido por la norma de $R_a=20$ sería del todo inaceptable para este sector) que garantice un perfecto reconocimiento de la fruta. Por otra parte dicho alumbrado se ha repartido en tres encendidos, lo que configura un alumbrado de calidad con posibilidad de regulación.

La uniformidad de 0,49 obtenida es aceptable.

(B) Para la zona de expediciones la fruta ya se halla clasificada, embalada y paletizada por lo que los requerimientos lumínicos son inferiores y el medio obtenido de 32 lx lo consideramos acorde a las especificaciones de EN 12.464-2.

Por la definición de la geometría del área de cálculo se obtienen puntos con iluminación prácticamente nula que imposibilitan la estimación de la uniformidad. Pero limitando su

estudio a una franja de 10 m a partir de la fachada del edificio, se obtiene un valor de 0,34 que consideramos aceptable según norma.

Con el software se obtiene un deslumbramiento GR máximo de 50 también dentro de los límites de la norma (y tabla 16 del Reglamento).

Resplandor luminoso nocturno y luz intrusa o molesta

Se cataloga la Zona como E3 “áreas de brillo o luminosidad media”, ya que se trata de un polígono industrial con viales iluminados. En consecuencia, el flujo hemisférico superior instalado FHS_{INST} deberá ser $\leq 15\%$.

(A) Para la zona de muelle dicho valor es despreciable ya que las luminarias se hallan adosadas al techo del mismo.

(B) El software proporciona un valor de 10,50% considerando solo el flujo directo al cielo, valor inferior al máximo prescrito.

La evaluación de la luz intrusa o molesta resulta más compleja. Cabe señalar que, debido a la disposición y el emplazamiento del alumbrado, éste no es susceptible de molestar a posibles residentes o conductores. El único análisis interesante serían las posibles molestias que pudieran originar los proyectores de la columna situada frente a la fachada de muro cortina de las oficinas (ver Figura 1). Si se atiende a la Tabla 3 de limitaciones en este sentido del Reglamento, el valor de 10.000 cd es rebasado, alcanzándose valores de hasta 18.000 cd. Este exceso podría corregirse fácilmente con una inclinación menor de los proyectores. También hay que considerar que el cristal oscuro utilizado atenuará en gran medida las posibles molestias.

Componentes

Todas las lámparas empleadas superan el valor de eficiencia mínima prescrito de 65 lm/W. Las fluorescentes proporcionan 90 lm/W; las de VSAP de 250 W, 112 lm/W y las de 400 W, 120 lm/W.

Los proyectores empleados tienen un rendimiento del 63 y 65 % respectivamente, ambos superiores al 55% prescrito. El rendimiento de la luminaria fluorescente utilizada es del 68%, superior al 60%.

También se satisface la limitación de la potencia máxima demandada por el conjunto lámpara más equipo. Para las lámparas de VSAP de 250 W es de 277 W y el proyectado de 276 W. Para las de 400 W el máximo son 435 W y el proyectado 430 W.

El sistema de accionamiento para el alumbrado de la zona de expedición es mediante reloj astronómico, no habiéndose previsto reducción de flujo por el tipo de alumbrado de que se trata.

Mantenimiento

Los cálculos se han realizado considerando un factor de mantenimiento de 0,8. Atendiendo a la ecuación (5) y a los valores de las tablas del Reglamento:

(A) Considerando 6.000 h como periodo de funcionamiento e intervalo de limpieza, grado de contaminación medio e IP5X, se obtienen los valores: $FDFL=0,94$; $FSL=0,99$; $FDLU=0,88$; que proporcionan un $f_m=0,82$, superior al considerado y por lo tanto más conservador.

(B) Considerando 6.000 h como periodo de funcionamiento e intervalo de limpieza, grado de contaminación medio e IP5X, se obtienen los valores: $FDFL=0,97$; $FSL=0,96$; $FDLU=0,88$; que proporcionan un $f_m=0,82$, superior al considerado y por lo tanto más conservador.

5. Resultados y conclusiones

La futura aprobación del Reglamento expuesto introducirá criterios y cálculos adicionales para el proyectista a la hora de planificar el alumbrado exterior de instalaciones industriales, con objeto de mejorar la eficiencia energética de los mismos y minimizar la contaminación luminosa y molestias generadas. No suponen cálculos sofisticados pero imponen aún más la necesidad de contar con un buen software de cálculo luminotécnico.

Se introduce el concepto de calificación energética por medio de etiquetas, presente ya en algunos productos. Se comprueba que, para instalaciones con niveles de iluminación relativamente elevados, como la eficiencia de referencia es fija, no resulta difícil obtener la clasificación "A" más elevada.

Para fijar los niveles de iluminación el Reglamento recurre a la norma EN 12464-2 todavía no publicada por AENOR. A este respecto se pone de manifiesto la dificultad de imponer unos niveles máximos en un sector con una casuística tan variada como el industrial.

La evaluación de la luz intrusa o molesta puede resultar compleja, sin embargo, en entornos industriales con proyectores convenientemente orientados, no debería suponer un problema.

Las exigencias sobre los componentes se cumplirán si se proyecta con los últimos productos de fabricantes reconocidos. La regulación de flujo no parece una imposición demasiado adecuada para entornos industriales y sí una conveniente sectorización de los encendidos que permita adecuar el nivel luminoso a las necesidades del momento.

Finalmente se impone la obligatoriedad de realizar labores de mantenimiento periódico acompañadas de mediciones e inspecciones para garantizar el cumplimiento de la eficiencia diseñada.

Referencias

- [1] "Proyecto de Real Decreto por el que se aprueba el Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior y sus instrucciones técnicas complementarias EA-01 a EA-07". Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, 2006.
- [2] "Reglamento electrotécnico para baja tensión, aprobado por Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto" BOE núm. 224 del miércoles 18 de septiembre. Ministerio de Ciencia y Tecnología.
- [3] "Plan de Acción 2005-2007 de Ahorro y Eficiencia Energética". Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, IDAE, 2005.
- [4] Urraca J.I., Urraca I. "Instalaciones de alumbrado exterior: guía técnica de aplicación ampliada y comentada". AENOR, Madrid, 2006.
- [5] "Código Técnico de la Edificación aprobado por Real Decreto 314/2006. Texto refundido con modificaciones del RD 1371/2007, de 19 de octubre, y corrección de errores del BOE de 25 de enero de 2008". Ministerio de la Vivienda, 2006.
- [6] "Dialux. Manual del usuario". Dial GmbH. 2007.

Correspondencia (Para más información contacte con):

Pablo S. Ferrer Gisbert
Departamento de Proyectos de Ingeniería
Universidad Politécnica de Valencia
Camino de Vera s/n 46022, Valencia (España).
Phone: +34 963 87 70 07 ext.75681
Fax: + 34 963 87 98 69
E-mail: pferrer@dpi.upv.es
URL: <http://www.dpi.upv.es>