

ANEXO N°1

CARACTERÍSTICAS DE LAS LUMINARIAS LED

 GRADUADOS EN INGENIERIA INGENIEROS TÉCNICOS INDUSTRIALES NAVARRA http://visado.cftinavarra.com/csv/SEV5FM3C8R5HD5C	Nº: 2022-3016-0 Fecha: 15/12/2022	VISADO
--	---	---------------

1.1.- INTRODUCCIÓN.

En el presente Anejo se incluyen las fichas con las especificaciones técnicas que deben cumplir la lámpara LED. Estas características, además de las indicaciones expuestas en los demás documentos del presente proyecto, serán de obligado cumplimiento.

1.2.- NORMATIVA APLICABLE A LAS LUMINARIAS LED.

En el Reglamento de Eficiencia Energética de Instalaciones de Alumbrado Exterior, publicado el año 2008 (RD 1890/2008), no se contempló la aplicación de la tecnología LED, sin embargo, sí ha sido recogida en su Guía de Interpretación publicada en junio 2013.

NORMATIVA APLICABLE:

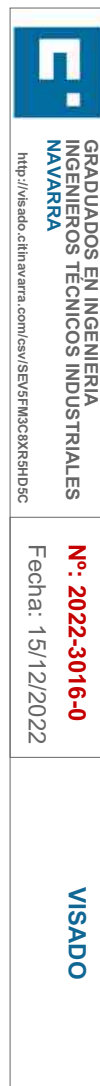
IDAE Requerimientos técnicos exigibles para luminarias con tecnología LED de alumbrado exterior (v12).

Requisitos de Seguridad:

- UNE EN 60598-1 Luminarias. Requisitos generales y ensayos.
- UNE EN 60598-2-3 Luminarias. Requisitos particulares. Luminarias de alumbrado público.
- UNE EN 60598-2-5 Luminarias. Requisitos particulares. Proyectores
- UNE EN 62471:2009 Seguridad fotobiológica de lámparas y aparatos que utilizan lámparas.
- UNE EN 62504:2015 Iluminación general. Productos de diodos electroluminiscentes (LED) y equipos relacionados. Término y definiciones.

Compatibilidad Electromagnética:

- UNE-EN 61000-3-2. Compatibilidad electromagnética (CEM). Parte 3-2: Límites. Límites para las emisiones de corriente armónica (equipos con corriente de entrada 16A por fase).



- UNE-EN 61000-3-3. Compatibilidad electromagnética (CEM). Parte 3: Límites. Sección 3: Limitación de las variaciones de tensión, fluctuaciones de tensión y flicker en las redes públicas de suministro de baja tensión para equipos con corriente de entrada 16A por fase y no sujetos a una conexión condicional.
- UNE-EN 61547. Equipos para alumbrado de uso general. Requisitos de inmunidad CEM.
- UNE-EN 55015. Límites y métodos de medida de las características relativas a la perturbación radioeléctrica de los equipos de iluminación y similares.

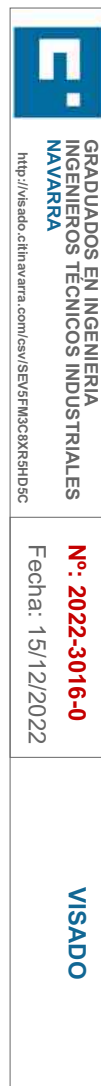
Componentes de las luminarias

- UNE-EN 62031. Módulos LED para alumbrado general. Requisitos de seguridad.
- UNE-EN 61347-2-13. Dispositivos de control de lámpara. Parte 2-13: Requisitos particulares para dispositivos de control electrónicos alimentados con corriente continua o corriente alterna para módulos LED.
- UNE-EN 62384. Dispositivos de control electrónicos alimentados en corriente continua o corriente alterna para módulos LED. Requisitos de funcionamiento.
- IEC 62717:2014. Módulos LED para iluminación general. Requisitos de funcionamiento
- IEC 62722-1:2014. Características de funcionamiento de luminarias. Parte 1: Requisitos generales.
- IEC 62722-2-1:2014. Características de funcionamiento de luminarias. Parte 2: Requisitos particulares para luminarias LED.

Ambas normas, 62722-1 y 62722-2-1, son de gran importancia porque exigen la clasificación de las luminarias en función de IRC, la dispersión de color, el mantenimiento del flujo y su eficacia en lm/W.

Mediciones y ensayos

- UNE-EN 13032-1:2006. Luz y alumbrado. Medición y presentación de datos fotométricos de lámparas y luminarias. Parte 1: Medición y formato de fichero.
- EN 13032-4. Luz y alumbrado. Medición y presentación de datos fotométricos. Parte 4: Lámparas LED, módulos y luminarias LED.
- CIE S025/E:2015. Método de ensayo para lámparas LED, luminarias y módulos LED.
- CIE 127-2007 Medición de los LED



ANEXO 2

INSTRUCCIONES TÉCNICAS COMPLEMENTARIAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

 GRADUADOS EN INGENIERIA INGENIEROS TÉCNICOS INDUSTRIALES NAVARRA http://visado.cftnavarra.com/csv/SEV5FMA3C8R5HD5C	Nº: 2022-3016-0 Fecha: 15/12/2022	VISADO
--	---	---------------

2.1.- INSTRUCCIÓN TÉCNICA COMPLEMENTARIA EA-01 (ITC-EA-01) GUÍA-EA-01

2.1.1.- EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LA INSTALACIÓN

La eficiencia Energética de una instalación de alumbrado exterior se define como la relación entre el producto de la superficie iluminada por la iluminancia media en servicio de la instalación entre la potencia activa total instalada, siendo:

ϵ = eficiencia energética de la instalación de alumbrado exterior ($\text{m}^2 \times \text{lux} / \text{W}$)

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);

La eficiencia energética se puede determinar mediante la utilización de los siguientes factores:

ϵ_L = eficiencia de las lámparas y equipos auxiliares ($\text{lum/W} = \text{m}^2 \text{ lux/W}$);

f_m = factor de mantenimiento de la instalación (en valores por unidad)

f_u = factor de utilización de la instalación (en valores por unidad)

$$\epsilon = \epsilon_L \cdot f_m \cdot f_u \left(\frac{\text{m}^2 \cdot \text{lux}}{\text{W}} \right),$$

donde:

Eficiencia de la lámpara y equipos auxiliares (ϵ_L): Es la relación entre el flujo luminoso emitido por una lámpara y la potencia total consumida por la lámpara más su equipo auxiliar.

Factor de mantenimiento (f_m): Es la relación entre los valores de iluminancia que se pretenden mantener a lo largo de la vida de la instalación de alumbrado y los valores iniciales.

Factor de utilización (f_u): Es la relación entre el flujo útil procedente de las luminarias que llega a la calzada o superficie a iluminar y el flujo emitido por las lámparas instaladas en las luminarias.



El factor de utilización de la instalación es función del tipo de lámpara, de la distribución de la intensidad luminosa y rendimiento de las luminarias, así como de la geometría de la instalación, tanto en lo referente a las características dimensionales de la superficie a iluminar (longitud y anchura), como a la disposición de las luminarias en la instalación de alumbrado exterior (tipo de implantación, altura de las luminarias y separación entre puntos de luz).

En las fichas técnicas se especifican los datos referidos a estos parámetros:

Potencia de la luminaria (W)

Temperatura de color (°K)

Flujo total emitido por la lámpara (lm)

Para mejorar la eficiencia energética de una instalación de alumbrado se podrá actuar incrementando el valor de cualquiera de los tres factores anteriores, de forma que la instalación más eficiente será aquella en la que el producto de los tres factores eficiencia de las lámparas y equipos auxiliares y factores de mantenimiento y utilización de la instalación sea máximo.

2.1.2. REQUISITOS MÍNIMOS DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA ITC-EA-01

Instalaciones de alumbrado vial funcional.

Se definen como tales las instalaciones de alumbrado vial de autopistas, autovías, carreteras y vías urbanas, que corresponden al tipo de clasificación de vías de tráfico de la tabla 6 de la Instrucción Técnica Complementaria ITC-EA-02.

Las instalaciones de alumbrado vial funcional con independencia del tipo de fuente de luz, pavimento y de las características o geometría de la instalación, deberán cumplir los requisitos mínimos de eficiencia energética (ϵ) y máximos de potencia unitaria (PU) que se fijan en la tabla 1 de esta ITC-EA-01.

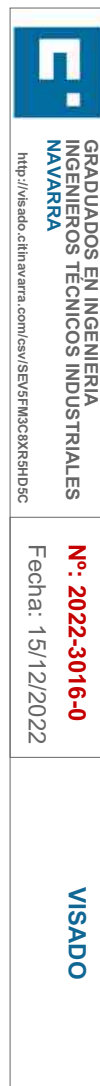


Tabla 1.- Requisitos mínimos de eficiencia energética (ϵ), y máximos de potencia unitaria (P_U) en instalaciones de alumbrado funcional.

ILUMINANCIA MEDIA EN SERVICIO E_m (lux)	EFICIENCIA ENERGÉTICA MÍNIMA $\epsilon \left(\frac{m^2 \cdot lux}{W} \right)$	POTENCIA UNITARIA MÁXIMA P_U (w/m2)
≥ 30	33	0,91
25	30	0,83
20	27	0,74
15	23	0,65
10	18	0,56
$\leq 7,5$	14	0,54

Instalaciones de alumbrado vial ambiental.

El Alumbrado vial ambiental es el que se ejecuta generalmente sobre soportes de baja altura (3-5 m) en áreas urbanas para la iluminación de vías peatonales, comerciales, aceras, parques y jardines, centros históricos, vías de velocidad limitada, etc., considerados en la ITC-EA-02 como situaciones de proyecto C, D y E.

Las instalaciones de alumbrado vial ambiental, con independencia del tipo de lámpara y de las características o geometría de la instalación, dimensiones de la superficie a iluminar (longitud y anchura), así como disposición de las luminarias (tipo de implantación, altura y separación entre puntos de luz, deberán cumplir los requisitos mínimos de eficiencia energética que se fijan en la tabla siguiente:

Tabla 2.- Requisitos mínimos de eficiencia energética (ϵ), y máximos de potencia unitaria (P_U) en instalaciones de alumbrado ambiental.

ILUMINANCIA MEDIA EN SERVICIO E_m (lux)	EFICIENCIA ENERGÉTICA MÍNIMA $\epsilon \left(\frac{m^2 \cdot lux}{W} \right)$	POTENCIA UNITARIA MÁXIMA P_U (w/m2)
≥ 20	14	1,43
15	12	1,25
10	10	1,00
7,5	8	0,94
≤ 5	6	0,83

2.1.3.- CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DE LAS INSTALACIONES DE ALUMBRADO

Las instalaciones de alumbrado exterior se calificarán en función de su índice de eficiencia energética.

$$I_{\varepsilon} = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_R}$$

El índice de eficiencia energética (I_{ε}) se define como el coeficiente entre la eficiencia energética de la instalación (ε) y el valor de eficiencia energética de referencia (ε_R) en función del nivel de iluminancia media en servicio proyectada, que se indica en tabla 3.

Tabla 3 – Valores de eficiencia energética de referencia			
Alumbrado vial funcional		Alumbrado vial ambiental y otras instalaciones de alumbrado	
Iluminancia media en servicio proyectada E_m (lux)	Eficiencia energética de referencia ε_R $\left(\frac{m^2 \cdot lux}{W}\right)$	Iluminancia media en servicio proyectada E_m (lux)	Eficiencia energética de referencia ε_R $\left(\frac{m^2 \cdot lux}{W}\right)$
≥ 30	32	--	--
25	29	--	--
20	26	≥ 20	13
15	23	15	11
10	18	10	9
$\leq 7,5$	14	7,5	7
--	--	≤ 5	5
Nota - Para valores de iluminancia media proyectada comprendidos entre los valores indicados en la tabla, la eficiencia energética de referencia se obtendrán por interpolación lineal			

El índice de calificación energética se representa por una etiqueta que caracteriza el consumo de energía de la instalación mediante una escala de siete letras que va desde la A (instalación más eficiente y con menos consumo de energía) a la G (instalación menos eficiente y con más consumo de energía). El índice utilizado para la escala de letras será el índice de consumo energético (ICE) que es igual al inverso del índice de eficiencia energética:

En la tabla 4 se determinan los valores definidos por las respectivas letras de consumo energético, en función de los índices de eficiencia energética declarados.

Tabla 4 – Calificación energética de una instalación de alumbrado.		
Calificación Energética	Índice de consumo energético	Índice de Eficiencia Energética
A	$ICE < 0,91$	$I_E > 1,1$
B	$0,91 \leq ICE < 1,09$	$1,1 \geq I_E > 0,92$
C	$1,09 \leq ICE < 1,35$	$0,92 \geq I_E > 0,74$
D	$1,35 \leq ICE < 1,79$	$0,74 \geq I_E > 0,56$
E	$1,79 \leq ICE < 2,63$	$0,56 \geq I_E > 0,38$
F	$2,63 \leq ICE < 5,00$	$0,38 \geq I_E > 0,20$
G	$ICE \geq 5,00$	$I_E \leq 0,20$

En la tabla siguiente se muestran los resultados obtenidos en la distribución de alumbrado de diferentes vías significativas de cada centro de mando, teniendo en cuenta la superficie a iluminar, la potencia de lámpara utilizada, el nivel medio conseguido, así como las relaciones entre el índice de eficiencia energética, su índice de referencia, el índice de consumo energético y la CALIFICACIÓN ENERGÉTICA.

Calle	E media (lux)	S (m ²)	Σ (m ² ·lux/w)	ΣR (m ² ·lux/w)	Interdistancia (m)	Anchura (m)	Potencia (w)	$\Sigma R / \Sigma I$	$\Sigma I / 1 = ICE$	Calificación energética
Askatasuna	12,94	112	24.15	20.9	28	4	60	1.16	0.86	A
Avda. Guipúzcoa	14,39	350	44.96	22,5	35	10	112	1.99	0.50	A
Etxaburúa	10,29	210	19.29	18,2	30	7	60	1.06	0.94	A
Paseo Basoa	12,47	96	44.33	20,5	24	4	27	2.16	0.46	A
Plaza Paseo Fueros	10,88	400	36.26	19	25	16	120	1.91	0.52	A
Paseo La Habana	13,4	98	43.77	21,4	14	7	30	2.05	0.49	A
Etxape	10,95	114	46.23	18,9	19	6	27	2.44	0.41	A
Galzapalea	14,06	120	28.12	22	24	5	60	1.28	0.78	A
Lantzeluce	16,97	176	49.77	23,8	22	8	60	2.09	0.48	A
Cañada Real	15,45	168	43,26	23,2	24	7	60	1.86	0.54	A
Oianondoa	13,83	168	38.62	21,8	28	6	60	1.77	0.56	A

El alumbrado proyectado con las luminarias descritas en este proyecto posee una Calificación energética de A.



Ente la información que se debe entregar a los usuarios figurará la eficiencia energética (ϵ), su calificación mediante el índice de eficiencia energética ($I\epsilon$), medido y la etiqueta que mide el consumo energético de la instalación, de acuerdo al modelo siguiente:



2.2.- INSTRUCCIÓN TÉCNICA COMPLEMENTARIA EA-02 (ITC-EA-02).

GUÍA-EA-02

NIVELES DE ILUMINACIÓN

2.2.1.- GENERALIDADES

Se entiende por nivel de iluminación el conjunto de requisitos luminotécnicos, iluminancia, uniformidad, deslumbramiento, relación de entorno, etc) cubiertos por la presente instrucción. En alumbrado vial, se conoce también como clase de alumbrado.

Los niveles máximos de luminancia o de iluminancia media de las instalaciones de alumbrado no podrán superar en más de un 20% los niveles medios de referencia establecidos en esta ITC-EA-02.

Deberá garantizarse asimismo el valor de la uniformidad mínima, mientras que el resto de requisitos fotométricos, por ejemplo, valor mínimo de iluminancia en un punto, deslumbramiento e iluminación de alrededores, son valores de referencia, pero no exigidos, que deberán considerarse para los distintos tipos de instalaciones.

2.2.2.- ALUMBRADO VIAL

El nivel de iluminación requerido por una vía depende de múltiples factores como son el tipo de vía, la complejidad de su trazado, la intensidad y sistema de control de tráfico y la separación entre carriles destinados a distintos tipos de usuarios.

En función de estos criterios, las vías de circulación se clasifican en varios grupos o situaciones de proyecto, asignándose a cada uno de ellos unos requisitos fotométricos específicos que tienen en cuenta las necesidades visuales de los usuarios, así como aspectos medio ambientales de las vías.

a. CLASIFICACIÓN DE LAS VIAS Y SELECCIÓN DE LAS CLASES DE ALUMBRADO

Tabla 1 – Clasificación de las vías		
Clasificación	Tipo de vía	Velocidad del tráfico rodado (km/h)
A	de alta velocidad	$v > 60$
B	de moderada velocidad	$30 < v \leq 60$
C	carriles bici	--
D	de baja velocidad	$5 < v \leq 30$
E	vías peatonales	$v \leq 5$

El criterio principal de clasificación de las vías es la velocidad de circulación, según se establece en la Tabla 1.

Situaciones de proyecto	Tipos de vías	Clase de Alumbrado ⁽¹⁾
A1	• <i>Carreteras de calzadas separadas con cruces a distinto nivel y accesos controlados (autopistas y autovías).</i> Intensidad de tráfico	
	Alta (IMD) ≥ 25.000	ME1
	Media (IMD) ≥ 15.000 y < 25.000	ME2
	Baja (IMD) < 15.000	ME3a
A2	• <i>Carreteras de calzada única con doble sentido de circulación y accesos limitados (vías rápidas).</i> Intensidad de tráfico	
	Alta (IMD) > 15.000	ME1
	Media y baja (IMD) < 15.000	ME2
	• <i>Carreteras interurbanas sin separación de aceras o carriles bici.</i> • <i>Carreteras locales en zonas rurales sin vía de servicio.</i> Intensidad de tráfico	
	IMD ≥ 7.000 IMD < 7.000	ME1 / ME2 ME3a / ME4a
A3	• <i>Vías colectoras y rondas de circunvalación.</i> • <i>Carreteras interurbanas con accesos no restringidos.</i> • <i>Vías urbanas de tráfico importante, rápidas radiales y de distribución urbana a distritos.</i> • <i>Vías principales de la ciudad y travesía de poblaciones.</i> Intensidad de tráfico y complejidad del trazado de la carretera.	
	IMD ≥ 25.000	ME1
	IMD ≥ 15.000 y < 25.000	ME2
	IMD ≥ 7.000 y < 15.000	ME3b
	IMD < 7.000	ME4a / ME4b
⁽¹⁾ 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.		



Tabla 3 – Clases de alumbrado para vías tipo B		
Situaciones de proyecto	Tipos de vías	Clase de Alumbrado ⁽¹⁾
B1	- Vías urbanas secundarias de conexión a urbanas de tráfico importante. - Vías distribuidoras locales y accesos a zonas residenciales y fincas.	ME2 / ME3c ME4b / ME5 / ME6
	Intensidad de tráfico IMD $\geq$ 7.000 IMD $<$ 7.000	
B2	Carreteras locales en áreas rurales.	ME2 / ME3b ME4b / ME5
	Intensidad de tráfico y complejidad del trazado de la carretera. IMD $\geq$ 7.000 IMD $<$ 7.000	
⁽¹⁾ 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.		

Situaciones de proyecto	Tipos de vías	Clase de Alumbrado ⁽¹⁾
C1	• <i>Carriles bici independientes a lo largo de la calzada, entre ciudades en área abierta y de unión en zonas urbanas</i> Flujo de tráfico de ciclistas Alto Normal	S1 / S2 S3 / S4
D1 - D2	• <i>Áreas de aparcamiento en autopistas y autovías.</i> • <i>Aparcamientos en general.</i> • <i>Estaciones de autobuses.</i> Flujo de tráfico de peatones Alto Normal	CE1A / CE2 CE3 / CE4
D3 - D4	• <i>Calles residenciales suburbanas con aceras para peatones a lo largo de la calzada</i> • <i>Zonas de velocidad muy limitada</i> Flujo de tráfico de peatones y ciclistas Alto Normal	CE2 / S1 / S2 S3 / S4
⁽¹⁾ 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.		

Situaciones de proyecto	Tipos de vías	Clase de Alumbrado ⁽¹⁾
E1	• <i>Espacios peatonales de conexión, calles peatonales, y aceras a lo largo de la calzada.</i> • <i>Paradas de autobús con zonas de espera</i> • <i>Áreas comerciales peatonales.</i>	CE1A / CE2 / S1 S2 / S3 / S4
	Flujo de tráfico de peatones Alto..... Normal.....	
E2	• <i>Zonas comerciales con acceso restringido y uso prioritario de peatones.</i>	CE1A / CE2 / S1 S2 / S3 / S4
	Flujo de tráfico de peatones Alto..... Normal.....	
⁽¹⁾ 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.		



Con relación a las tablas reflejadas con anterioridad, clasificaremos el tipo de vía para las calles objeto del proyecto, a fin de poder definir el nivel de iluminación exigido. En función de la tipología de las diferentes calles proyectadas, se decide clasificar *tres modelos* de vía y asemejar el resto a estos tipos:

b. NIVELES DE ILUMINACIÓN DE LOS VIALES

En las tablas siguientes se reflejan los requisitos fotométricos aplicables a las vías correspondientes a las diferentes clases de alumbrado.

Tabla 6 – Series ME de clase de alumbrado para viales secos tipos A y B					
Clase de Alumbrado	Luminancia de la superficie de la calzada en condiciones secas			Deslumbramiento Perturbador	Iluminación de alrededores
	Luminancia ⁽¹⁾ Media L_m (cd/m ²) ⁽¹⁾	Uniformidad Global U_0 [mínima]	Uniformidad Longitudinal U_L [mínima]	Incremento Umbral Tl (%) ⁽²⁾ [máximo]	Relación Entorno SR ⁽³⁾ [mínima]
ME1	2,00	0,40	0,70	10	0,50
ME2	1,50	0,40	0,70	10	0,50
ME3a	1,00	0,40	0,70	15	0,50
ME3b	1,00	0,40	0,60	15	0,50
ME3c	1,00	0,40	0,50	15	0,50
ME4a	0,75	0,40	0,60	15	0,50
ME4b	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	Sin requisitos

⁽¹⁾ Los niveles de la tabla son valores mínimos en servicio con mantenimiento de la instalación de alumbrado, a excepción de (Tl), que son valores máximos iniciales. A fin de mantener dichos niveles de servicio, debe considerarse un factor de mantenimiento (f_m) elevado que dependerá de la lámpara adoptada, del tipo de luminaria, grado de contaminación del aire y modalidad de mantenimiento preventivo.

⁽²⁾ Cuando se utilicen fuentes de luz de baja luminancia (lámparas fluorescentes y de vapor de sodio a baja presión), puede permitirse un aumento de 5% del incremento umbral (Tl).

⁽³⁾ La relación entorno SR debe aplicarse en aquellas vías de tráfico rodado donde no existan otras áreas contiguas a la calzada que tengan sus propios requisitos. La anchura de las bandas adyacentes para la relación entorno SR será igual como mínimo a la de un carril de tráfico, recomendándose a ser posible 5 m de anchura.

⁽⁴⁾ Los valores de luminancia dados pueden convertirse en valores de iluminación, multiplicando los primeros por el coeficiente R (según C.I.E.) del pavimento utilizado, tomando un valor de 15 cuando éste no se conozca.

Tabla 7 – Series MEW de clase de alumbrado para viales húmedos tipos A y B

Clase de Alumbrado	Luminancia de la superficie de la calzada en condiciones secas y húmedas				Deslumbramiento Perturbador	Iluminación de alrededores
	Calzada seca			Calzada húmeda		
	Luminancia Media L_m (cd/m ²) ⁽¹⁾	Uniformidad Global U_0 [mínima]	Uniformidad Longitudinal U_L [mínima]	Uniformidad Global U_0 [mínima]	Incremento Umbral T (%) ⁽²⁾	Relación Entorno SR ⁽³⁾ [mínima]
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	Sin requisitos	0,15	15	0,50
MEW5	0,50	0,35	Sin requisitos	0,15	15	0,50

⁽¹⁾ Los niveles de la tabla son valores mínimos en servicio con mantenimiento de la instalación de alumbrado, a excepción de (T), que son valores máximos iniciales. A fin de mantener dichos niveles de servicio, debe considerarse un factor de mantenimiento (f_m) elevado que dependerá de la lámpara adoptada, del tipo de luminaria, grado de contaminación del aire y modalidad de mantenimiento preventivo.

⁽²⁾ Este criterio es voluntario pero puede utilizarse, por ejemplo, en autopistas, autovías y carreteras de calzada única de doble sentido de circulación y accesos limitados.

⁽³⁾ Cuando se utilicen fuentes de luz de baja luminancia (lámparas fluorescentes y de vapor de sodio a baja presión), puede permitirse un aumento de 5% del incremento umbral (T).

⁽⁴⁾ La relación entorno SR debe aplicarse en aquellas vías de tráfico rodado donde no existan áreas contiguas a la calzada con sus propios requerimientos. La anchura de las bandas adyacentes para la relación entorno SR será igual como mínimo a la de un carril de tráfico recomendándose a ser posible 5 m de anchura.

⁽⁵⁾ Los valores de luminancia dados pueden convertirse en valores de iluminación, multiplicando los primeros por el coeficiente R (según C.I.E.) del pavimento utilizado, tomando un valor de 15 cuando éste no se conozca.

Tabla 8 – Series S de clase de alumbrado para viales tipos C, D y E

Clase de Alumbrado ⁽¹⁾	Iluminancia horizontal en el área de la calzada	
	Iluminancia Media E_m (lux) ⁽²⁾	Iluminancia mínima E_{min} (lux) ⁽²⁾
S1	15	5
S2	10	3
S3	7,5	1,5
S4	5	1

⁽¹⁾ 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 mantenimiento (f_m) elevado que dependerá de la lámpara adoptada, del tipo de luminaria, grado de contaminación del aire y modalidad de mantenimiento preventivo.

Tabla 9 – Series CE de clase de alumbrado para viales tipos D y E

Clase de Alumbrado ⁽¹⁾	Iluminancia horizontal	
	Iluminancia Media E_m (lux) [mínima mantenida ⁽²⁾]	Uniformidad Media U_m [mínima]
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

⁽¹⁾ 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 mantenimiento (f_m) elevado que dependerá de la lámpara adoptada, del tipo de luminaria, grado de contaminación del aire y modalidad de mantenimiento preventivo.

⁽²⁾ También se aplican en espacios utilizados por peatones y ciclistas.



c. REQUISITOS LUMÍNICOS PARA CADA MODELO DE VIAL DEL PROYECTO.

A continuación, se muestran los valores lumínicos a cumplir en cada tipo de iluminación incluida en el presente proyecto:

Tipo 1 – Vías de baja velocidad. ($5 < v \leq 30$ km/h)

*Calles residenciales suburbanas con/sin aceras para los peatones. (Casco urbano)
Con luminarias led de 30 w a 3,5/4,5 m en fachada/columna.*

*Situación de proyecto: D3-D4 (vial ambiental)
Zona de velocidad muy limitada
Tráfico de peatones bajo.*

*Vía tipo S2/S3/S4
Iluminancia media $E_m \geq 10-7,5$ lux
Iluminancia mínima $E_{min} \geq 3-1,5$ lux*

Tipo 2 – Vías de baja velocidad. ($5 < v \leq 30$ km/h)

*Calles residenciales suburbanas con/sin aceras para los peatones.
Con luminarias led de 60 w a 7/9 m en fachada / columna.*

*Situación de proyecto: D2 (vial ambiental con otros requerimientos)
Zona de velocidad muy limitada
Tráfico de peatones*

*Vía tipo S2/S3
Iluminancia media $E_m \geq 10-7,5$ lux
Iluminancia mínima $E_{min} \geq 3-1,5$ lux*

Tipo 3 – Vías de moderada velocidad. ($30 < v \leq 60$ km/h)

Vías distribuidoras locales y acceso a zonas residenciales. (Travesías)

Con luminarias led de 113 w a 13 m en columna.

Situación de proyecto: B1

Tráfico < 7000 vehículos/hora, vía tipo ME4b-ME5-ME6.

Luminancia media $\geq 0.75/0,50/0,30$

Uniformidad global $U_o \geq 0,40/0,35/0,35$

Uniformidad mínima $U_a \geq 0,50/0,40/0,40$

Incremento umbral $T_i \% \leq 15$

Relación de entorno $SR \geq 0,50/0,50/\text{sin requerimientos}$

**** Hay que recordar que deberá garantizarse asimismo el valor de la uniformidad mínima, mientras que el resto de requisitos fotométricos, son valores de referencia, pero no exigidos, que deberán considerarse para los distintos tipos de instalaciones.*

d. NIVELES DE ILUMINACIÓN EN ZONAS ESPECIALES DE LOS VIALES

Una zona de un vial se considera especial debido a los problemas específicos de visión y maniobras que tienen que realizar los vehículos que circulan por ella, tales como enlaces e intersecciones, gloriets y rotondas, zonas de reducción del número de carriles o disminución del ancho de la calzada, curvas y viales sinuosos en pendiente, zonas de incorporación de nuevos carriles, o pasos inferiores.

Para dichos espacios se tendrá en cuenta, por orden de prelación, los siguientes criterios:

a) Criterio de Luminancia.

Si la zona especial es parte de una vía de tipo A o B, se aplicarán los niveles basados en la luminancia de la superficie de la calzada de las series ME de la tabla 6, de forma que para la zona

especial, la clase de alumbrado que se establezca será un grado superior al de la vía a la que corresponde dicho espacio. Si confluyen varias vías en una zona especial, 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.

Si la zona especial es parte de una vía de tipo D o cuando no sea posible aplicar el criterio de luminancia, debido a que la distancia de visión resulte inferior a 60 m (valor mínimo utilizado en el cálculo de la luminancia) y cuando no se pueda situar adecuadamente al observador, dada la sinuosidad y complejidad de la zona especial de vial, se aplicará el criterio de iluminancia, con unos niveles de iluminación correspondientes a la serie CE de clases de alumbrado de la tabla 9. Entre las clases de alumbrado CE1 y CE0, podrá adoptarse un nivel de iluminancia intermedio.

Cuando se utilice el criterio de iluminancia, la clase de alumbrado que se establezca para la zona especial de vial, será un grado superior a la de la vía de tráfico donde se sitúa dicha zona. Asimismo, si confluyen varias vías, la clase de alumbrado de la zona especial de vial será un grado superior al de la vía de tráfico que tenga la clase de alumbrado más elevada.

Tabla 10 - Clases G de intensidad luminosa de las luminarias

Clase de Intensidad	Intensidad Máxima (cd/klm) ⁽¹⁾			Otros requisitos
	$70^{\circ} \leq \gamma < 80^{\circ}$	$80^{\circ} \leq \gamma < 90^{\circ}$	$\gamma \geq 90^{\circ}$	
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	Ninguno

⁽¹⁾ 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", de uso tradicional. Las clases de intensidad G4, G5 y G6 se asignan a luminarias con distribución "cut-off" total, como las luminarias de cierre de vidrio plano en la posición horizontal.



2.2.3.- ALUMBRADOS ESPECÍFICOS.

Se consideran alumbrados específicos los que corresponden a pasarelas, escaleras y rampas, pasos subterráneos peatonales, alumbrado adicional de pasos de peatonales, parques y jardines, pasos a nivel de ferrocarril, fondos de saco, glorietas, túneles y pasos inferiores, aparcamientos de vehículos al aire libre y áreas de trabajo exteriores, así como cualquier otro que pueda asimilarse a los anteriores.

a. ALUMBRADO DE PASARELAS PEATONALES, ESCALERAS Y RAMPAS.

La clase de alumbrado será CE2 y en caso de riesgo de inseguridad ciudadana, podrá adoptarse la clase CE1. Cuando existan escaleras y rampas de acceso, la iluminancia en el plano vertical no será inferior al 50% del valor en el plano horizontal de forma que se asegure una buena percepción de los peldaños.

En el presente proyecto, no existe este tipo de alumbrado específico.

b. ALUMBRADO DE PASOS SUBTERRÁNEOS PEATONALES.

La clase de alumbrado será CE1, con una uniformidad media de 0,5 pudiendo elevarse, en el caso de que se estime un riesgo de inseguridad alto, a CE0 y la misma uniformidad. 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 100 lux y una uniformidad media de 0,5.

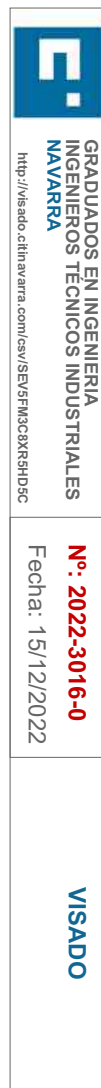
En el presente proyecto, no existe este tipo de alumbrado específico.

c. ALUMBRADO ADICIONAL DE PASOS DE PEATONES.

Cuya instalación será prioritaria en aquellos pasos sin semáforo, la iluminancia de referencia mínimo en el plano vertical será de 40 lux, y una limitación en el deslumbramiento G2 en la dirección de circulación de vehículos y G3 en la dirección del peatón (tabla 10). La clase de alumbrado será CE1 en áreas comerciales e industriales y CE2 en zonas residenciales.

Existe alumbrado semafórico cuyas luminarias no se modificarán en el presente proyecto.

d. ALUMBRADO DE PARQUES Y JARDINES.



Los viales principales, tales como accesos al parque o jardín, sus paseos y glorietas, aéreas de estancia y escaleras, que estén abiertos al público durante las horas nocturnas, deberán iluminarse como las vías de tipo E (tabla 5).

e. ALUMBRADO DE FONDO DE SACO

El alumbrado de una calzada en fondo de saco se ejecutará de forma que se señalen con exactitud a los conductores los límites de la calzada. El nivel de iluminación de referencia será CE2.

f. ALUMBRADO DE GLORIETAS.

Además de la iluminación de la glorieta el alumbrado deberá extenderse a las vías de acceso a la misma, en una longitud adecuada de al menos de 200m en ambos sentidos.

Los niveles de iluminación para glorietas serán un 50% mayor que los niveles de los accesos o entradas, con los valores de referencia siguientes:

- Iluminancia media horizontal $E_m \geq 40$ lux.
- Uniformidad media $U_m \geq 0,5$.
- Deslumbramiento máximo $GR \leq 45$.

En las zonas urbanas o en carreteras dotadas de alumbrado público, el nivel de iluminación de las glorietas será como mínimo un grado superior al del tramo que confluye con mayor nivel de iluminación, cumpliéndose en todo caso lo establecido en el apartado 2.3 referente a zonas especiales de viales.

En el presente proyecto, no existe este tipo de alumbrado específico

g. ALUMBRADO DE TÚNELES Y PASOS INFERIORES.

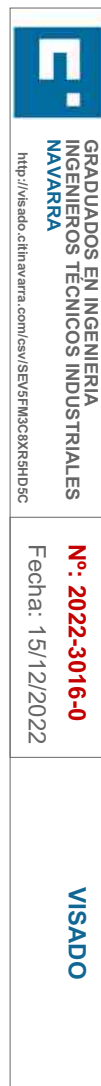
Se considerarán como valores de referencia, los niveles de iluminación especificados en la Publicación CIE 88:2004 “Guía para alumbrado de túneles de carretera y pasos inferiores”.

En el presente proyecto, no existe este tipo de alumbrado específico

h. APARCAMIENTOS DE VEHÍCULOS AL AIRE LIBRE.

El alumbrado de aparcamientos al aire libre cumplirá con los requisitos fotométricos de las clases de alumbrado correspondientes a la situación de Proyecto D1-D2, establecidos en la tabla 4.

i. ALUMBRADO DE ÁREAS DE TRABAJO EXTERIORES.



Se considerarán como valores de referencia, los niveles de iluminación especificados en la norma EN 12464-2:2007.

2.2.4.- DESLUMBRAMIENTOS.

a. INSTALACIONES DE ALUMBRADO VIAL FUNCIONAL.

En las instalaciones de alumbrado funcional, el deslumbramiento perturbador o incremento de umbral máximo TI en %, para cada clase de alumbrado será el establecido en la tabla 6 de esta ITC-EA-02.

Cuando se utilice el criterio de iluminancia, de conformidad con lo señalado en el epígrafe 2.3 de esta ITC, se limitará la intensidad luminosa de las luminarias conforme a lo dispuesto en la tabla 10.

b. OTRAS INSTALACIONES DE ALUMBRADO.

Para evaluar el deslumbramiento en la iluminación de recintos abiertos, superficies, instalaciones deportivas y áreas de trabajo exteriores, aparcamientos, y en general, en la iluminación a gran altura se utiliza el índice de deslumbramiento GR, cuya escala de 0 a 100, en orden creciente de deslumbramiento es la indicada en la tabla 17.

Tabla 17 - Evaluación del deslumbramiento mediante el índice GR	
Deslumbramiento	Índice GR
Insignificante	10
Ligero	30
Límite admisible	50
Molesto	70
Insoportable	90

Los límites de deslumbramiento para este tipo de instalaciones de alumbrado son los establecidos en la tabla 18.

PROYECTO ELÉCTRICO: BAJA TENSIÓN Y EFICIENCIA ENERGÉTICA - ALUMBRADO EXTERIOR

Tabla 18 - Límites del deslumbramiento en recintos abiertos y, en general en la iluminación a gran altura

Destino del alumbrado	Tipo de Actividad	GR _{máx}
A la salvaguarda y seguridad	Riesgos bajos	55
	Riesgos medios	50
	Riesgos altos	45
Al movimiento y seguridad	Solamente peatones	55
	Tráfico lento	50
	Tráfico normal	45
Al trabajo	Basto	55
	Basto y medio	50
	Fino	45
Instalaciones deportivas	Entrenamiento	55
	Competición	50
Para tareas decisivas de visión en áreas de trabajo los valores de GR máx serán 5 unidades por debajo de las establecidas		



GRADUADOS EN INGENIERIA
INGENIEROS TÉCNICOS INDUSTRIALES
NAVARRA
<http://visado.citnavarra.com/csv/SEV5FM3C8R5HD5C>

Nº: 2022-3016-0

Fecha: 15/12/2022

VISADO

2.2.5.- DESLUMBRAMIENTOS.

Con la finalidad de ahorrar energía, disminuir el resplandor luminoso nocturno y limitar la luz molesta, a ciertas horas de la noche, deberá reducirse el nivel de iluminación en las instalaciones de alumbrado vial, alumbrado específico, alumbrado ornamental y alumbrado de señales y anuncios luminosos, con potencia superior a 5 kW salvo que, por razones de seguridad, a justificar en el proyecto, no resultara recomendable efectuar variaciones temporales o reducción de los niveles de iluminación.

Cuando se reduzca el nivel de iluminación, es decir, se varíe la clase de alumbrado a una hora determinada, deberán mantenerse los criterios de uniformidad de luminancia / iluminancia y deslumbramiento establecidos en esta Instrucción ITC-EA-02.

2.2.6.- CLASES DE ALUMBRADO DE SIMILAR NIVEL DE ILUMINACIÓN.

En la tabla 19 se indican en la misma columna las diferentes clases de alumbrado que se consideran equivalentes por tener un nivel de iluminación similar.

TABLA 19 – Clases de alumbrado de similar nivel de iluminación.						
	ME1	ME2	ME3	ME4	ME5	ME6
	MEW1	MEW2	MEW3	MEW4	MEW5	
CEO	CE1	CE2	CE3	CE4	CE5	
			S1	S2	S3	S4



2.3.- INSTRUCCIÓN TÉCNICA COMPLEMENTARIA EA-03 (ITC-EA-03)

RESPLANDOR LUMINOSO NOCTURNO Y LUZ INTRUSA O MOLESTA

2.3.1.- 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, bien por emisión directa hacia el cielo o reflejada por las superficies iluminadas

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

Tabla 1 – Clasificación de zonas de protección contra la contaminación luminosa	
CLASIFICACIÓN DE ZONAS	DESCRIPCIÓN
E1	ÁREAS CON ENTORNOS O PAISAJES OSCUROS: Observatorios astronómicos de categoría internacional, parques nacionales, espacios de interés natural, áreas de protección especial (red natura, zonas de protección de aves, etc.), 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 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: Centros urbanos, zonas residenciales, sectores comerciales y de ocio, con elevada actividad durante la franja horaria nocturna.

La instalación proyectada pertenece a la Clasificación de zona E3.

2.3.2.- 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 hemisférico superior instalado y 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 hemisférico superior instalado FHS_{inst} o emisión directa de las luminarias a implantar en cada zona 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}
E1	≤ 1%
E2	≤ 5%
E3	≤ 15%
E4	≤ 25%

Además, deberán cumplir los siguientes requisitos:

- Se iluminará solamente la superficie que se quiere dotar de alumbrado.
- Los niveles de iluminación no deberán superar los valores máximos establecidos en la ITC-EA-02.
- El factor de utilización y el factor de mantenimiento de la instalación satisfarán los valores mínimos establecidos en la ITC-EA-04.

La instalación proyectada pertenece a la Clasificación de zona E3, aunque, en este caso, se exige un FHS_{inst} ≤ 1%.

2.3.3.- LIMITACIÓN DE LA LUZ INTRUSA O MOLESTA.

Con objeto de minimizar los efectos de la luz intrusa o molesta procedente de las instalaciones de alumbrado exterior, sobre los residentes y sobre los ciudadanos en general, las instalaciones de alumbrado exterior, con excepción del alumbrado festivo y navideño, se diseñará para que cumplan los valores máximos establecidos en la tabla 3 de los siguientes parámetros:

- Iluminancia vertical (E_v) en ventanas.
- Luminancia (L) de las luminarias medida como Intensidad Luminosa (I) emitida por cada luminaria en la dirección potencial de la molestia.
- Luminancia media (L_m) de las superficies de los parámetros de los edificios que como consecuencia de una iluminación excesiva pueda producir molestias.
- Luminancia máxima (L_{max}) de señales y anuncios luminosos.
- Incremento umbral de contraste (TI) que expresa la limitación del deslumbramiento perturbador o incapacitivo de las vías de tráfico rodado producido por instalaciones distintas de las de viales. Dicho incremento constituye la medida por la que se cuantifica la pérdida de visión causada por dicho deslumbramiento. El TI producido por el alumbrado vial, está limitado por la ITC-EA-02.

En función de la clasificación de zonas (E1, E2, E3 y E4) la luz molesta procedente de las instalaciones de alumbrado exterior, se limitará a los valores indicados en la tabla 3.

Parámetros luminotécnicos	Valores máximos			
	Observatorios astronómicos y parques naturales E1	Zonas periurbanas y áreas rurales E2	Zonas urbanas residenciales E3	Centros urbanos y áreas comerciales E4
Iluminancia vertical (E_v)	2 lux	5 lux	10 lux	25 lux
Intensidad luminosa emitida por las luminarias (I)	2.500 cd	7.500 cd	10.000 cd	25.000 cd
Luminancia media de las fachadas (L_m)	5 cd/m ²	5 cd/m ²	10 cd/m ²	25 cd/m ²
Luminancia máxima de las fachadas (L_{max})	10 cd/m ²	10 cd/m ²	50 cd/m ²	150 cd/m ²
Luminancia máxima de señales y anuncios luminosos (L_{sa})	50 cd/m ²	400 cd/m ²	600 cd/m ²	1.000 cd/m ²
Incremento de umbral de contraste (TI)	Clase de Alumbrado			
	Sin iluminación $TI = 15\%$ para adaptación a $L = 0,1 \text{ cd/m}^2$	ME 5 $TI = 15\%$ para adaptación a $L = 1 \text{ cd/m}^2$	ME3 / ME4 $TI = 15\%$ para adaptación a $L = 2 \text{ cd/m}^2$	ME1 / ME2 $TI = 15\%$ para adaptación a $L = 5 \text{ cd/m}^2$

2.4.- INSTRUCCIÓN TÉCNICA COMPLEMENTARIA EA-04 (ITC-EA-04)

COMPONENTES DE LAS INSTALACIONES

2.4.1.- GENERALIDADES.

En lo referente a los métodos de medida y presentación de las características fotométricas de lámparas y luminarias, se seguirá lo establecido en las normas relevantes de la serie UNE-EN 13032 “Luz y alumbrado. Medición y presentación de datos fotométricos de lámparas y luminarias”.

A fin de garantizar que los parámetros de diseño de las instalaciones se ajustan a los valores nominales previstos, los equipos auxiliares que se incorporen en las instalaciones de alumbrado, deberán cumplir las condiciones de funcionamiento establecidas en las normas UNE-EN de prescripciones de funcionamiento siguientes:

- UNE-EN 60921- Balastos para lámparas fluorescentes.
- UNE-EN 60923- Balastos para lámparas de descarga, excluidas las fluorescentes.
- UNE-EN 60929- Balastos electrónicos alimentados en c.a. para lámparas fluorescentes.

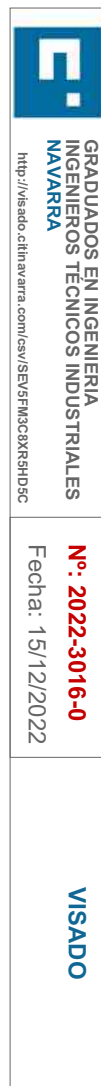
Las luminarias LED disponen de equipo electrónico programable, en ningún caso, balastos.

2.4.2.- LÁMPARAS.

Con excepción de las iluminaciones navideñas y festivas, las lámparas utilizadas en instalaciones de alumbrado exterior tendrán una eficacia luminosa superior a:

- 40 lum/W, para alumbrados de vigilancia y seguridad nocturna y de señales y anuncios luminosos.
- 65 lum/W, para alumbrados vial, específico y ornamental.

Las luminarias LED tienen una eficacia luminosa superior a 117 lúmenes/W.



2.4.3.- LUMINARIAS.

Las luminarias incluyendo los proyectores que se instalen en las instalaciones de alumbrado, excepto el alumbrado festivo y navideño, deberán cumplir con los requisitos de la tabla 1 respecto a los valores de rendimiento de la luminaria (η) y factor de utilización (fu).

En lo referente al factor de mantenimiento (fm) y al flujo hemisférico instalado (FHS_{inst}), cumplirán lo dispuesto en las ITC-EA-06 y ITC-EA-03, respectivamente.

Además, las luminarias deberán elegirse de forma que se cumplan los valores de eficiencia energética mínima, para instalaciones de alumbrado vial y el resto de requisitos para otras instalaciones de alumbrado, según lo establecido en la ITC-EA-01.

Tabla 1 - Características de las luminarias y proyectores.				
PARÁMETROS	ALUMBRADO VIAL		RESTO ALUMBRADOS (1)	
	Funcional	Ambiental	Proyectores	Luminarias
Rendimiento	$\geq 65\%$	$\geq 55\%$	$\geq 55\%$	$\geq 60\%$
Factor de utilización	(2)	(2)	$\geq 0,25$	$\geq 0,30$
(1) A excepción de alumbrado festivo y navideño. (2) Alcanzarán los valores que permitan cumplir los requisitos mínimos de eficiencia energética establecidos en las tablas 1 y 2 de la ITC-EA-01.				

2.4.4.- SISTEMAS DE ACCIONAMIENTO.

Los sistemas de accionamiento deberán garantizar que las instalaciones de alumbrado exterior se enciendan y apaguen con precisión a las horas previstas cuando la luminosidad ambiente lo requiera, al objeto de ahorrar energía.

El accionamiento de las instalaciones de alumbrado exterior podrá llevarse a cabo mediante diversos dispositivos, como, por ejemplo, fotocélulas, relojes astronómicos y sistemas de encendido centralizado.

Toda la instalación con una potencia de lámparas y equipos auxiliares superiores a 5 kW, deberá incorporar un sistema de accionamiento por reloj astronómico o sistema de encendido

centralizado, mientras que en aquellas con una potencia en lámparas y equipos auxiliares inferior o igual a 5 Kw también podrá incorporarse un sistema de accionamiento mediante fotocélula.

Los centros de mando incluidos en el proyecto, independientemente de su potencia instalada, disponen de relojes astronómicos digitales tal y como se recoge en los esquemas unifilares incluidos en los planos correspondientes. En Centro de mando del sector 10 - Etxaburua 2, dispone de reloj analógico.

2.4.5.- SISTEMAS DE REGULACIÓN DEL NIVEL LUMINOSO.

Con la finalidad de ahorrar energía, las instalaciones de alumbrado recogidas en la ITC-EA-02, se proyectarán con dispositivos o sistemas para regular el nivel luminoso mediante alguno de los sistemas siguientes:

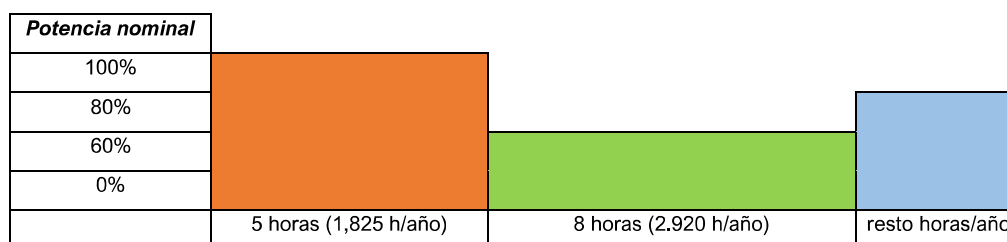
- Balastos serie de tipo inductivo para doble nivel de potencia.
- Reguladores – estabilizadores en cabecera de línea.
- Balastos electrónicos de potencia regulable.

Los sistemas de regulación del nivel luminoso deberán permitir la disminución del flujo emitido hasta un 50% del valor en servicio normal, manteniendo la uniformidad de los niveles de iluminación, durante las horas con funcionamiento reducido.

Los drivers alimentadores de las luminarias led vendrán regulados para que su régimen de funcionamiento disminuya al 60 % a las 5 horas de su conexión y que el régimen se eleve al 80 % tras 8 horas del ciclo anterior. Esta programación, además de cumplir el ITC-EA-04, aumenta el ahorro por consumo energético un 25 %.

 GRADUADOS EN INGENIERIA INGENIEROS TÉCNICOS INDUSTRIALES NAVARRA http://visado.citnavarra.com/casv/SEV5FMA3XR5HD5C	Nº: 2022-3016-0 Fecha: 15/12/2022	VISADO
--	---	---------------

Gráfico de períodos y niveles de iluminación



2.4.6.- TELEGESTIÓN.

Además de su uso para el encendido, apagado y la regulación del nivel luminoso, se podrá utilizar para la gestión del alumbrado exterior un sistema de telegestión punto a punto o de centro de mando de alumbrado.

Siempre que resulte viable se implantará un sistema de gestión centralizada o telegestión 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, Una vez tratada adecuadamente dicha información, previa validación de la misma, será esencial para efectuar las acciones y operaciones de mantenimiento que se estimen procedentes.

Hoy en día existen dos tipos de telegestión referentes al alumbrado exterior, una más orientada a la instalación eléctrica, también llamada Telegestión por cuadro de alumbrado y otra más enfocada en la luminaria conocida por Telegestión punto a punto.

La telegestión por cuadro de alumbrado centraliza todos sus recursos en el cuadro, por lo que se pueden gestionar todos los circuitos de un cuadro remotamente, y además el usuario puede recibir información de dichos cuadros vía internet gracias a unos servidores sobre los que se descarga dicha información.

2.5.- INSTRUCCIÓN TÉCNICA COMPLEMENTARIA EA-05 (ITC-EA-05)

DOCUMENTACIÓN TÉCNICA VERIFICACIONES E INSPECCIONES

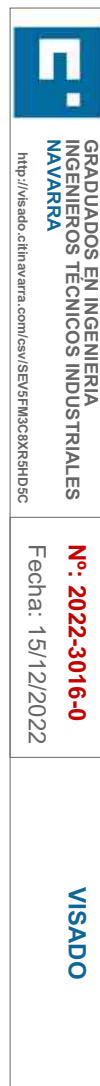
2.5.1.- DOCUMENTACIÓN TÉCNICA.

Tal y como se ha señalado en la interpretación de los artículos 9 y 10 del Reglamento, las instalaciones de potencia superior a 5 kW requieren proyecto redactado por técnico titulado competente, e inspección por O.C.A., mientras que aquellos de potencia igual o inferior a 5 kW precisan memoria técnica de diseño que podrá ser redactada por instalador autorizado.

Asimismo, todos los centros de control estudiados excepto 1, están afectados por el REAL DECRETO 1890/2008 al tener una potencia instalada, superior a 1 kW. Requieren memoria técnica de Eficiencia Energética y las superiores a 5 kW, proyecto e inspección por O.C.A..

Según lo previsto en el artículo 10 del reglamento de eficiencia de alumbrado exterior, la documentación complementaria de las instalaciones incluidas en el ámbito de aplicación del mismo contendrá los cálculos de eficiencia energética y demás requisitos establecidos en la presente ITC complementaria, en forma de proyecto o memoria técnica de diseño, según corresponda.

- a. Los referentes al titular de la instalación.
- b. Emplazamiento de la instalación.
- c. Uso al que se destina.
- d. Relación de luminarias, lámparas y equipos auxiliares que se prevea instalar y su potencia.
- e. Factor de utilización (fu) y de mantenimiento (fm) de la instalación de alumbrado exterior, eficiencia de las lámparas y equipos auxiliares a utilizar $\epsilon(L)$, rendimiento de la luminaria (η), flujo hemisférico superior instalado (FHSinst), disposición espacial adoptada para las luminarias y, cuando proceda, la relación luminancia/iluminancia (L/E) de la instalación.
- f. Régimen de funcionamiento previsto y descripción de los sistemas de accionamiento y de regulación del nivel luminoso.
- g. Medidas adoptadas para la mejora de la eficiencia y ahorro energético, así como para la limitación del resplandor luminoso nocturno y reducción de la luz intrusa o molesta.



Asimismo, de acuerdo con lo dispuesto en la ITC-EA-01, en las instalaciones de alumbrado exterior, con excepción de las de alumbrado de señales y anuncios luminosos y las de alumbrado festivo y navideño, deberá incorporarse:

h. Cálculo de la eficiencia energética de la instalación ϵ , para cada una de las soluciones adoptadas.

i. Calificación energética de la instalación en función del índice de eficiencia energética (IE).

2.5.2.- VERIFICACIÓN E INSPECCIÓN DE LAS INSTALACIONES.

En virtud de lo estipulado en el art. 13 del reglamento, se comprobará el cumplimiento de las disposiciones y requisitos de eficiencia energética establecidos, mediante verificaciones e inspecciones, que serán realizadas, respectivamente, por instaladores autorizados de acuerdo con el REBT aprobado por R.D. 842/2002, de 2 de agosto, y por organismos de control autorizados para este campo reglamentario según lo dispuesto en el R.D. 2200/1995 de 28 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de la infraestructura para la calidad y la seguridad industrial, que se indican a continuación:

- Verificación inicial, previa a su puesta en servicio: Todas las instalaciones.
- Inspección inicial, previa a su puesta en servicio: Las instalaciones de más de 5 kW de potencia instalada.
- Verificaciones cada 5 años: Las instalaciones de hasta 5 kW de potencia instalada.
- Inspección cada 5 años: Las instalaciones de más de 5 kW de potencia instalada.

2.5.3.- MEDICIONES.

La verificación de la instalación de alumbrado, tanto inicial como periódica, a realizar por el instalador autorizado, comprenderá las siguientes mediciones:

- a. Potencia eléctrica consumida por la instalación. Dicha potencia se medirá mediante un analizador de potencia trifásico con una exactitud mejor que el 5%. Durante la medida de la potencia consumida, se registrará la tensión de alimentación y se tendrá en cuenta su desviación respecto a la tensión nominal, para el cálculo de la potencia de referencia utilizada en el proyecto.

 GRADUADOS EN INGENIERIA INGENIEROS TÉCNICOS INDUSTRIALES NAVARRA http://visado.citnavarra.com/casv/SEV5FMAC8XR5HD5C	Nº: 2022-3016-0 Fecha: 15/12/2022	VISADO
--	---	---------------

- b. Iluminancia media de la instalación. El valor de dicha iluminancia será el valor medio de las iluminancias medidas en los puntos de la retícula de cálculo, de acuerdo con lo establecido en la ITC-EA-07. Podrá aplicarse el método simplificado de medida de la iluminancia media, denominado de los "nueve puntos".
- c. Uniformidad de la instalación. Para el cálculo de los valores de uniformidad media se tendrán en cuenta las medidas individuales realizadas para el cálculo de la iluminancia media. La inspección de las instalaciones, tanto inicial como periódica, a realizar por el organismo de control, incluirá además de las medidas descritas anteriormente, las siguientes:
- d. Luminancia media de la instalación. Esta medida se realizará cuando la situación de proyecto incluya clases de alumbrado con valores de referencia para dicha magnitud.
- e. Deslumbramiento perturbador y relación entorno SR

A partir de las medidas anteriores se determinarán la eficiencia energética (ϵ) y el índice de eficiencia energética (I_e) reales de la instalación de alumbrado exterior. El valor de la eficiencia energética no deberá ser inferior en más de un 10% al del valor proyectado y la calificación energética deberá coincidir con la proyectada.

2.6.- INSTRUCCIÓN TÉCNICA COMPLEMENTARIA EA-06 (ITC-EA-06)

GUÍA-EA-06 12/2012

MANTENIMIENTO DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LAS INSTALACIONES

2.6.1.- GENERALIDADES.

Las características y las prestaciones de una instalación de alumbrado exterior se modifican y degradan a lo largo del tiempo. Una explotación correcta y un buen mantenimiento permitirán conservar la calidad de la instalación, asegurar el mejor funcionamiento posible y lograr una idónea eficiencia energética.

Las características fotométricas y mecánicas de una instalación se degradan a lo largo del tiempo debido a numerosas causas, siendo las más importantes las siguientes:

 GRADUADOS EN INGENIERIA INGENIEROS TÉCNICOS INDUSTRIALES NAVARRA http://visado.citnavarra.com/csv/SEV5FM3C8XR5HD5C	Nº: 2022-3016-0 Fecha: 15/12/2022	VISADO
--	---	---------------

- La baja progresiva del flujo emitido por las lámparas.
- El ensuciamiento de las lámparas y del sistema óptico de la luminaria.
- El envejecimiento de las diferentes componentes del sistema óptico de las luminarias (reflector, refractor, cierre, etc.)
- El prematuro cese de funcionamiento de las lámparas.
- Los desperfectos mecánicos debidos a accidentes de tráfico, actos de vandalismo, etc....

2.6.2.- FACTOR DE MANTENIMIENTO.

El factor de mantenimiento (f_m) es la relación entre la iluminancia media en la zona iluminada después de un determinado período de funcionamiento de la instalación de alumbrado exterior (Iluminancia media en servicio – $E_{servicio}$), y la iluminancia media obtenida al inicio de su funcionamiento como instalación nueva (iluminancia media inicial – $E_{inicial}$).

$$f_m = \frac{E_{servicio}}{E_{inicial}} = \frac{E}{E_i}$$

El factor de mantenimiento será siempre menor que la unidad ($f_m < 1$), e interesará que resulte lo más elevado posible para una frecuencia de mantenimiento lo más baja que pueda llevarse a cabo.

El factor de mantenimiento será función fundamental de:

- El tipo de lámpara, depreciación de flujo luminoso y su supervivencia en el transcurso del tiempo.
- La estanqueidad del sistema óptico de la luminaria mantenida a lo largo de su funcionamiento.
- La naturaleza y modalidad de cierre de la luminaria.
- La calidad y frecuencia de las operaciones de mantenimiento.
- El grado de contaminación de la zona donde se instale la luminaria.

El factor de mantenimiento será el producto de los factores de depreciación del flujo luminoso de las lámparas, de su supervivencia y de depreciación de la luminaria, de forma que se verificará:

$$f_m = \text{FDFL} \cdot \text{FSL} \cdot \text{FDLU}$$

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 factores de depreciación y supervivencia máximos admitidos se indican en las tablas 1, 2 y 3:

Tabla 1 – Factores de depreciación del flujo luminoso de las lámparas (FDFL)

Tipo de lámpara	Periodo de funcionamiento en horas				
	4.000 h	6.000 h	8.000 h	10.000 h	12.000 h
Sodio alta presión	0,98	0,97	0,94	0,91	0,90
Sodio baja presión	0,98	0,96	0,93	0,90	0,87
Halogenuros metálicos	0,82	0,78	0,76	0,76	0,73
Vapor de mercurio	0,87	0,83	0,80	0,78	0,76
Fluorescente tubular Trifósforo	0,95	0,94	0,93	0,92	0,91
Fluorescente tubular Halofosfato	0,82	0,78	0,74	0,72	0,71
Fluorescente compacta	0,91	0,88	0,86	0,85	0,84

En el supuesto de alumbrados proyectados con LED, cuyas horas de vida son muy superiores a las utilizadas con fuentes de luz tradicionales, el factor de depreciación del flujo luminoso deberá ser cuidadosamente escogido para evitar sobredimensionamientos de las instalaciones de alumbrado exterior, que podrían ser poco rentables y escasamente eficientes.



GRADUADOS EN INGENIERIA
INGENIEROS TÉCNICOS INDUSTRIALES
NAVARRA
<http://visado.citnavarra.com/csv/SEV5FMA3C8R5HD5C>

Nº: 2022-3016-0
Fecha: 15/12/2022

VISADO

Tabla 2 – Factores de supervivencia de las lámparas (FSL)

Tipo de lámpara	Periodo de funcionamiento en horas				
	4.000 h	6.000 h	8.000 h	10.000 h	12.000 h
Sodio alta presión	0,98	0,96	0,94	0,92	0,89
Sodio baja presión	0,92	0,86	0,80	0,74	0,62
Halogenuros metálicos	0,98	0,97	0,94	0,92	0,88
Vapor de mercurio	0,93	0,91	0,87	0,82	0,76
Fluorescente tubular Trifósforo	0,99	0,99	0,99	0,98	0,96
Fluorescente tubular Halofosfato	0,99	0,98	0,93	0,86	0,70
Fluorescente compacta	0,98	0,94	0,90	0,78	0,50

Tabla 3 – Factores de depreciación de las luminarias (FDLU)

Grado protección sistema óptico	Grado de contaminación	Intervalo de limpieza en años				
		1 año	1,5 años	2 años	2,5 años	3 años
IP 2X	Alto	0,53	0,48	0,45	0,43	0,42
	Medio	0,62	0,58	0,56	0,54	0,53
	Bajo	0,82	0,80	0,79	0,78	0,78
IP 5X	Alto	0,89	0,87	0,84	0,80	0,76
	Medio	0,90	0,88	0,86	0,84	0,82
	Bajo	0,92	0,91	0,90	0,89	0,88
IP 6X	Alto	0,91	0,90	0,88	0,85	0,83
	Medio	0,92	0,91	0,89	0,88	0,87
	Bajo	0,93	0,92	0,91	0,90	0,90

A los efectos del cálculo del factor de mantenimiento, 1 año equivale a 4.000 h de funcionamiento.

En el caso de instalaciones de alumbrado exterior mediante luminarias equipadas con LED, se estima ajustado a la realidad que el factor de mantenimiento no supere el valor 0,85. Cualquier valor del factor de mantenimiento superior a 0,85 deberá justificarse adecuadamente.

El grado de contaminación atmosférica referido corresponderá a las siguientes especificaciones:

- 1) Grado de contaminación alto.

Existe en las proximidades actividades generadoras de humo y polvo con niveles elevados. Con frecuencia las luminarias se encuentran envueltas en penachos de humo y nubes de polvo, que comportará un ensuciamiento importante de la luminaria en el medio corrosivo y corresponderá entre otras:



- Viales de tráfico rodado de muy alta intensidad de tráfico.
- Zonas expuestas al polvo, contaminación atmosférica elevada, y eventualmente a compuestos corrosivos generados por la industria de producción o de transformación.
- Sectores sometidos a la influencia marítima.

2) Grado de contaminación medio.

Hay en el entorno actividades generadoras de humo y polvo con niveles moderados con intensidad de tráfico media, compuesto de vehículos ligeros y pesados, y un nivel de partículas en el ambiente igual o inferior a 600 µg/m³, que supondrá un ensuciamiento intermedio o mediano de la luminaria y corresponderá a:

- Vías urbanas o peri urbanas sometidas a una intensidad de tráfico medio.
- Zonas residenciales de actividad u ocio con las mismas condiciones de tráfico de vehículos.
- Aparcamientos al aire libre de vehículos.

3) Grado de contaminación bajo.

Ausencia en las zonas circundantes de actividades generadoras de humo y polvo, con poca intensidad de tráfico casi exclusivamente ligero. El nivel de partículas en el ambiente es igual o inferior a 150 µg/m³, que corresponderá a:

- Vías residenciales no sometidas a un tráfico intenso de vehículos.
- Grandes espacios no sometidos a contaminación.
- Medio rural.

En el proyecto de alumbrado exterior, de acuerdo con los valores establecidos en las tablas 1, 2 y 3 se efectuará el cálculo del factor de mantenimiento que servirá para determinar la iluminancia media inicial (E_i) en función de los valores de iluminancia media (E) en servicio con mantenimiento de la instalación establecidos en la ITC-EA-02 ($E_i = E / f_m$).

2.6.3.- OPERACIONES DE MANTENIMIENTO Y SU REGISTRO.

 GRADUADOS EN INGENIERIA INGENIEROS TÉCNICOS INDUSTRIALES NAVARRA http://visado.citnavarra.com/csv/SEV5FMAC8R5HD5C	Nº: 2022-3016-0 Fecha: 15/12/2022	VISADO
--	--------------------------------------	--------

PROYECTO ELÉCTRICO: BAJA TENSIÓN Y EFICIENCIA ENERGÉTICA - ALUMBRADO EXTERIOR

Para garantizar en el transcurso del tiempo el valor del factor de mantenimiento de la instalación, se realizarán las operaciones de reposición de lámparas y limpieza de luminarias con la periodicidad determinada por el cálculo del factor.

Las operaciones de reposición de lámparas y limpieza de luminarias corresponden al denominado mantenimiento preventivo, que deben efectuarse con una cierta periodicidad fijada por el cálculo del factor de mantenimiento.

Los trabajos de mantenimiento de las instalaciones de alumbrado exterior se pueden clasificar en preventivos y correctivos.

Corresponden al mantenimiento preventivo los siguientes trabajos:

- *Reposición masiva de lámparas.*
- *Operaciones de limpieza de luminarias.*
- *Pintura de soportes.*
- *Rondas de inspección.*
- *Mediciones eléctricas y luminotécnicas.*

En lo que se refiere al mantenimiento correctivo los trabajos a realizar son los siguientes:

- *Localización y reparación de averías.*
- *Adecuación de las instalaciones.*
- *Sustitución puntual de lámparas.*
- *Reemplazamiento de elementos de la instalación fuera de uso.*

Entre las diferentes actuaciones que convendrá llevar a cabo para efectuar un mantenimiento apropiado de las instalaciones de alumbrado exterior, será efectuar visitas o rondas nocturnas de inspección periódicas de dichas instalaciones, al objeto de detectar las lámparas que fallan o las anomalías de funcionamiento a nivel de punto de luz.

 GRADUADOS EN INGENIERIA INGENIEROS TÉCNICOS INDUSTRIALES NAVARRA http://visado.citnavarra.com/csv/SEVSFMA3C8R5HD5C	Nº: 2022-3016-0 Fecha: 15/12/2022	VISADO
--	---	---------------

PROYECTO ELÉCTRICO: BAJA TENSIÓN Y EFICIENCIA ENERGÉTICA - ALUMBRADO EXTERIOR

Los trabajos o rondas de inspección, así como las mediciones eléctricas y luminotécnicas se efectuarán periódicamente y entrarán dentro de las operaciones de mantenimiento preventivo de las instalaciones.

Las rondas de comprobación se ejecutarán mediante visitas nocturnas.

Se recomienda evitar en lo posible el encendido diurno de las instalaciones de alumbrado exterior para la comprobación del funcionamiento de las lámparas, al objeto de ahorrar consumo de energía.

Mediante un sistema de gestión centralizada o telegestión dotado de los tres niveles: inferior relativo al punto de luz, intermedio correspondiente a los cuadros de alumbrado y superior o de control central, podrá obtenerse una información fiable en tiempo real, y permitirá reducir sustancialmente las rondas de inspección.

Cuando la seguridad lo justifique, por ejemplo, en vías de elevada intensidad de tráfico y por riesgos particulares de embotellamientos y aglomeraciones, se deberán efectuar rondas nocturnas de medición de niveles de iluminancia, con la finalidad de comprobar el estado de depreciación de las instalaciones de alumbrado exterior, y evaluar el factor de mantenimiento.

El titular de la instalación será el responsable de garantizar la ejecución del plan de mantenimiento de la instalación descrito en el proyecto o memoria técnica de diseño.

Las mediciones eléctricas y luminotécnicas incluidas en el plan de mantenimiento, serán realizadas por un instalador autorizado en baja tensión, que deberá llevar un registro de operaciones de mantenimiento, en el que se reflejen los resultados de las tareas realizadas.

El registro podrá realizarse en un libro u hojas de trabajo o un sistema informatizado. En cualquiera de los casos, se numerarán correlativamente las operaciones de mantenimiento de la instalación de alumbrado exterior, debiendo figurar, como mínimo, la siguiente información:

- a. El titular de la instalación y la ubicación de ésta.
- b. El titular del mantenimiento.
- c. El número de orden de la operación de mantenimiento preventivo en la instalación.
- d. El número de orden de la operación de mantenimiento correctivo.

 GRADUADOS EN INGENIERIA INGENIEROS TÉCNICOS INDUSTRIALES NAVARRA http://visado.citnavarra.com/csv/SEV5FMAC8R5HD5C	Nº: 2022-3016-0 Fecha: 15/12/2022	VISADO
--	---	---------------

PROYECTO ELÉCTRICO: BAJA TENSIÓN Y EFICIENCIA ENERGÉTICA - ALUMBRADO EXTERIOR

e. La fecha de ejecución.

f. Las operaciones realizadas y el personal que las realizó.

Además, con objeto de facilitar la adopción de medidas de ahorro energético, se registrará:

g. Consumo energético anual.

h. Tiempos de encendido y apagado de los puntos de luz.

i. Medida y valoración de la energía activa y reactiva consumida, con discriminación horaria y factor de potencia.

j. Niveles de iluminación mantenidos.

El registro de las operaciones de mantenimiento de cada instalación se hará por duplicado y se entregará una copia al titular de la instalación. Tales documentos deberán guardarse al menos durante cinco años, contados a partir de la fecha de ejecución de la correspondiente operación de mantenimiento.

	GRADUADOS EN INGENIERIA INGENIEROS TÉCNICOS INDUSTRIALES NAVARRA http://visado.eitnavarra.com/csv/SEV5FMA3C8R5HD5C
Nº: 2022-3016-0 Fecha: 15/12/2022	VISADO

2.7.- INSTRUCCIÓN TÉCNICA COMPLMENTARIA EA-07 (ITC-EA-07) *GUÍA-EA-07 12/2012*

MEDICIONES LUMINOTÉCNICAS EN LAS INSTALACIONES DE ALUMBRADO

2.7.1.- COMPROBACIONES ANTES DE REALIZAR LAS MEDIDAS.

a. CONDICIONES DE VALIDEZ PARA LAS MEDIDAS.

- a. Geometría de la instalación.
- b. Tensión de alimentación.
- c. Influencia de otras instalaciones.
- d. Condiciones meteorológicas.

b. MEDIDA DE LUMINARIAS.

- a. Luminancias puntuales (L).
- b. Luminancia media (Lm).

c. MEDIDA DE ILUMINANCIAS.

- a. Deberá tener un rango de medida adecuado, acorde a los niveles a medir y estar calibrado por un laboratorio acreditado.
- b. Deberá disponer de corrección del coseno hasta un ángulo de 85°.
- c. Tendrá corrección automática, según CIE 69:1987 de acuerdo con la distribución espectral de las fuentes luminosas empleadas y su respuesta se ajustará a la curva media de sensibilidad V.
- d. El coeficiente de error por temperatura deberá estar especificado para margen de las temperaturas de funcionamiento previstas durante su uso.

 GRADUADOS EN INGENIERIA INGENIEROS TÉCNICOS INDUSTRIALES NAVARRA http://visado.citnavarra.com/casv/SEV5FM3C8XR5HD5C	Nº: 2022-3016-0 Fecha: 15/12/2022	VISADO
--	---	---------------

- f. La fotocélula de luxómetro estará montada sobre un sistema que permita que ésta se mantenga horizontal en cualquier punto de medida.

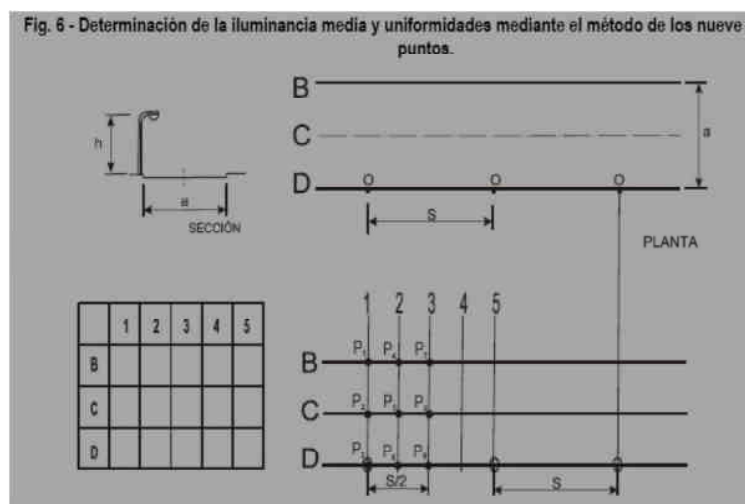
d. COMPROBACIÓN DE LAS MEDICIONES LUMINOTÉCNICAS.

Los valores medios de las magnitudes medidas no diferirán más de un 10% respecto a los valores de cálculo de proyecto.

2.7.2.- MÉTODO SIMPLIFICADO DE MEDIDA DE LA ILUMINANCIA MEDIA.

El método denominado de los “nueve puntos” permite determinar de forma simplificada, la iluminancia media (E_m), así como también las uniformidades medias (U_m) y general (U_g).

Aun cuando en los epígrafes 2.3 y 4.1 de esta ITC-EA-07 se indica que las medidas de iluminancia se realicen en los puntos (X) establecidos en la retícula de medida, que podrá ser igual a la de cálculo o más reducida conforme a los dispuesto en la norma UNE-EN 13201-4, podrá utilizarse el método denominado de los “nueve puntos” que, de forma simplificada, permite obtener la iluminancia media (E_m), así como también las uniformidades media (U_m) y general (U_g).



La iluminancia media es la siguiente:

$$E_m = \frac{E_1 + 2E_2 + E_3 + 2E_4 + 4E_5 + 2E_6 + E_7 + 2E_8 + E_9}{16}$$

$$\begin{aligned} E_1 &= (A1 + B5) / 2 \\ E_2 &= (C1 + C5) / 2 \\ E_3 &= (D1 + D5) / 2 \\ E_4 &= (B2 + B4) / 2 \\ E_5 &= (C2 + C4) / 2 \\ E_6 &= (D2 + D4) / 2 \\ E_7 &= B3 \\ E_8 &= C3 \\ E_9 &= D3 \end{aligned}$$

La uniformidad media (U_m) de iluminancia es el cociente entre el valor mínimo de las iluminancias E_i calculadas anteriormente y la iluminancia media (E_m).

La uniformidad general o extrema (U_g) se calcula dividiendo el valor mínimo de las luminancias E_i entre el valor máximo de dichas iluminancias.

2.7.3.- RELACIÓN ENTORNO SR.

En consonancia con los establecido en el epígrafe 2.2.3 de la ITC-EA-05, la medida de deslumbramiento perturbador (TI) y relación entorno (SR) no será necesaria si se ha verificado durante la inspección que se cumplen otros valores prescritos (luminancia, iluminancia y uniformidades), que se han determinado por cálculo en la fase de proyecto, dado que, de conformidad con la ITC-EA-02 son valores de referencia, pero no exigidos.

BERRIOZAR, 15 de noviembre de 2022

EL INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL EN ELECTRICIDAD



Fdo: Amador Autor Troyas
Colegiado nº 733

 GRADUADOS EN INGENIERIA INGENIEROS TÉCNICOS INDUSTRIALES NAVARRA http://visado.citnavarra.com/casv/SEV5FMA3C8R5HD5C	Nº: 2022-3016-0 Fecha: 15/12/2022	VISADO
--	--------------------------------------	--------