

ANEJO Nº 03.- EFICIENCIA ENERGÉTICA

INDICE

1	JUSTIFICACIÓN CUMPLIMIENTO DE LA ITC-EA-01 EFICIENCIA ENERGÉTICA.....	3
1.1	Niveles de iluminación.....	3
1.2	Eficiencia energética de una instalación	4
1.3	Requisitos mínimos de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado vial ambiental.....	4
1.4	Calificación energética de las instalaciones de alumbrado	5
1.5	Etiqueta de eficiencia energética de la instalación proyectada	15
2	JUSTIFICACIÓN CUMPLIMIENTO DE LA ITC-EA-02 NIVELES DE ILUMINACIÓN.....	17
2.1	Generalidades	17
2.2	Alumbrado vial.....	17
2.3	Clasificación de las vías y selección de las clases de alumbrado	17
2.4	Niveles de iluminación de zonas especiales de viales.....	19
2.5	Niveles de iluminación de los viales.....	20
3	JUSTIFICACIÓN CUMPLIMIENTO DE LA ITC-EA-03 RESPLANDOR LUMINOSO NOCTURNO Y LUZ INTRUSA O MOLESTA.....	22
3.1	Resplandor luminoso nocturno.....	22
3.2	Limitaciones de las emisiones luminosas	22
3.3	Luminarias.....	23
4	JUSTIFICACIÓN CUMPLIMIENTO DE LA ITC-EA-04 DEL COMPONENTES DE LA INSTALACIÓN.....	23
4.1	Generalidades	23
4.2	Lámparas	24
4.3	Luminarias.....	24
4.4	Prescripciones específicas de los proyectores	25
4.5	Equipos auxiliares.....	26
4.6	Sistemas de accionamiento	26
4.7	Sistemas de regulación del nivel luminoso.....	26
5	JUSTIFICACIÓN CUMPLIMIENTO DE LA ITC-EA-06 MANTENIMIENTO DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LAS INSTALACIONES	27
5.1	Generalidades	27
5.2	Factor de mantenimiento	27
5.3	Operaciones de mantenimiento y su registro	31

1 JUSTIFICACIÓN CUMPLIMIENTO DE LA ITC-EA-01 EFICIENCIA ENERGÉTICA

El presente anejo recogerá el cumplimiento del “RD 1890/2008, de 1 de Noviembre, 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” el cual se aplica a las instalaciones de más de 1 kW de potencia instalada, incluidas en las instrucciones técnicas complementarias ITC-BT del Reglamento electrotécnico para baja tensión, aprobado por Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, siguientes:

- a) Las de alumbrado exterior, a las que se refiere la ITC-BT 09;
- b) Las de fuentes, objeto de la ITC-BT 31;
- c) Las de alumbrados festivos y navideños, contempladas en la ITC-BT 34.

Por tanto, al superar 1 kW de potencia proyectada en la instalación deberemos cumplir todas las ITCs de las que sea objeto este proyecto.

1.1 Niveles de iluminación

Los niveles de iluminación obtenidos con la distribución de luminarias propuesta son los indicados en la siguiente tabla:

		Iluminancia media en servicio de la instalación (lux)	Uniformidad media (%)
Zona 1	Vial	22,6	0,7
Zona 2	Vial	29,9	0,44
Zona 3	Vial	24,5	0,44
Zona 4	Vial	26,7	0,42
Zona 5	Vial	26,1	0,53
Zona 6	Vial	33,8	0,67
Zona 7	Vial	23	0,65
Zona 8	Vial	26	0,41
Zona 9	Parking norte	25	0,45
Zona 10	Acceso taller	25,5	0,45
Zona 11	Vial reactivos	30	0,49
Zona 12	Reactivos viejo	35,5	0,52
Zona 13	Fangos	35,2	0,43
Zona 14	Decantadores derecha	30,3	-
	Decantador drcha 1	30,7	0,47
	Decantador drcha 2	30,3	0,57
	Decantador drcha 3	31,5	0,44
	Decantador drcha Norte	30,3	0,44
	Decantador drcha Sur	30,3	0,5
Zona 15	Decantadores izquierda	30,7	-
	Decantador izq 1	31,5	0,51
	Decantador izq 2	29,8	0,54
	Decantador izq 3	31,1	0,51
	Decantador izq Norte	31,6	0,43

	Decantador izq Sur	30,7	0,4
--	--------------------	------	-----

La superficie de cálculo considerada para cada zona en concreto se puede encontrar definida en el anexo correspondiente a cálculos luminotécnicos.

1.2 Eficiencia energética de una 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.

$$\epsilon = \frac{S \cdot E_m}{P} \left(\frac{\text{m}^2 \cdot \text{lux}}{\text{W}} \right)$$

El valor correspondiente a la eficiencia energética de cada zona se calcula sustituyendo los datos que conocemos en la fórmula expuesta.

Siendo:

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

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);

1.3 Requisitos mínimos de eficiencia energética en 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 Instrucción Técnica Complementaria 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 1.

Tabla 1 - Requisitos mínimos de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado vial ambiental.

Iluminancia media en servicio $E_m(\text{lux})$	EFICIENCIA ENERGÉTICA MÍNIMA $\left(\frac{\text{m}^2 \cdot \text{lux}}{\text{W}}\right)$
≥ 20	9
15	7,5
10	6
7,5	5
≤ 5	3,5

Teniendo en cuenta que en todas las zonas sobrepasamos los 20 lux de iluminancia media en servicio debemos cumplir con una eficiencia energética mínima de $9 \text{ m}^2\text{-lux/W}$, por lo que a continuación se demostrará que todas las zonas cumplen con dicho requisito.

1.4 Calificación energética de las instalaciones de alumbrado

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

El índice de eficiencia energética (I_E) se define como el cociente 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 2.

$$I_E = \frac{\epsilon}{\epsilon_R}$$

Tabla 2 – Valores de eficiencia energética de referencia

Alumbrado vial funcional		Alumbrado vial ambiental y otras instalaciones de alumbrado	
Iluminancia media en servicio proyectada $E_m(\text{lux})$	Eficiencia energética de referencia ϵ_R $\left(\frac{\text{m}^2 \cdot \text{lux}}{\text{W}}\right)$	Iluminancia media en servicio proyectada $E_m(\text{lux})$	Eficiencia energética de referencia ϵ_R $\left(\frac{\text{m}^2 \cdot \text{lux}}{\text{W}}\right)$
≥ 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

En nuestro caso nuestro valor de referencia corresponde a $13 \text{ m}^2\text{-lux/W}$ ya que en todas las zonas superamos los 20 lux marcados para alumbrado vial ambiental.

Con objeto de facilitar la interpretación de la calificación energética de la instalación de alumbrado, se define una etiqueta que caracteriza el consumo de energía de la instalación mediante una escala de siete letras que va desde la letra A (instalación más eficiente y con menos consumo de energía) a la letra 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:

$$ICE = \frac{1}{I_E}$$

La tabla 3 determina los valores definidos por las respectivas letras de consumo energético, en función de los índices de eficiencia energética declarados.

Tabla 3 – 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 el caso de que se precise calificar una instalación de alumbrado, constituida por diferentes secciones de viales, alimentada por uno o varios cuadros de alumbrado, la calificación energética se realiza de la siguiente manera:

Empleando el índice de eficiencia energética alcanzado por cada sección de vial ponderado por la superficie total:

$$I_{et} = \frac{\sum(I_{et} \cdot S_t)}{\sum S_t}$$

Siendo:

I_{Einst} = índice de eficiencia energética de la instalación de alumbrado vial

I_{Ei} = índice de eficiencia energética de cada tipo de sección

S_i = superficie de cada tipo de sección

A continuación, se probará que todas las zonas obtienen una clasificación energética A, es decir, se cumple que $ICE < 0,91$ en todos los casos, así como la instalación en su conjunto.

Resumen de cálculo

Zona 1 Vial:

	Zona 1 Vial
Clase de alumbrado	CE2
Nivel deseado (lux)	20
Alumbrado	Ambiental
Uniformidad media (%)	0,7
Iluminancia media en servicio de la instalación (lux)	22,6
Unidades luminarias	3
Potencia unitaria luminaria (W)	68
Fujo luminoso de la luminaria (lm)	6755
Potencia activa total instalada (W)	204
Superficie iluminada (m2)	267,48
Eficiencia energética mínima (m2*lux/W)	9
Eficiencia energética de la instalación (m2*lux/W)	28,85
Índice de eficiencia energética le	2,22
Índice de consumo energético ICE	0,45
Calificación energética	A

Zona 2 Vial:

	Zona 2 Vial
Clase de alumbrado	CE1
Nivel deseado (lux)	30
Alumbrado	Ambiental
Uniformidad media (%)	0,44
Iluminancia media en servicio de la instalación (lux)	29,9
Unidades luminarias	7
Potencia unitaria luminaria (W)	68
Fujo luminoso de la luminaria (lm)	6755
Potencia activa total instalada (W)	476
Superficie iluminada (m2)	796,23
Eficiencia energética mínima (m2*lux/W)	9
Eficiencia energética de la instalación (m2*lux/W)	50,02
Índice de eficiencia energética le	3,85
Índice de consumo energético ICE	0,26
Calificación energética	A

Zona 3 Vial:

	Zona 3 Vial
Clase de alumbrado	CE1
Nivel deseado (lux)	30
Alumbrado	Ambiental
Uniformidad media (%)	0,44
Iluminancia media en servicio de la instalación (lux)	24,5
Unidades luminarias	3
Potencia unitaria luminaria (W)	68
Fujo luminoso de la luminaria (lm)	6755
Potencia activa total instalada (W)	204
Superficie iluminada (m2)	324,68
Eficiencia energética mínima (m2*lux/W)	9
Eficiencia energética de la instalación (m2*lux/W)	38,99
Índice de eficiencia energética Ie	3
Índice de consumo energético ICE	0,33
Calificación energética	A

Zona 4 Vial:

	Zona 4 Vial
Clase de alumbrado	CE1
Nivel deseado (lux)	30
Alumbrado	Ambiental
Uniformidad media (%)	0,42
Iluminancia media en servicio de la instalación (lux)	26,7
Unidades luminarias	4
Potencia unitaria luminaria (W)	68
Fujo luminoso de la luminaria (lm)	6755
Potencia activa total instalada (W)	272
Superficie iluminada (m2)	448,68
Eficiencia energética mínima (m2*lux/W)	9
Eficiencia energética de la instalación (m2*lux/W)	44,04
Índice de eficiencia energética Ie	3,39
Índice de consumo energético ICE	0,29
Calificación energética	A

Zona 5 Vial:

	Zona 5 Vial
Clase de alumbrado	CE1
Nivel deseado (lux)	30
Alumbrado	Ambiental
Uniformidad media (%)	0,53
Iluminancia media en servicio de la instalación (lux)	26,1
Unidades luminarias	13
Potencia unitaria luminaria (W)	99
Fujo luminoso de la luminaria (lm)	9860
Potencia activa total instalada (W)	1287
Superficie iluminada (m2)	1298,86
Eficiencia energética mínima (m2*lux/W)	9
Eficiencia energética de la instalación (m2*lux/W)	26,34
Índice de eficiencia energética Ie	2,03
Índice de consumo energético ICE	0,49
Calificación energética	A

Zona 6 Vial

	Zona 6 Vial
Clase de alumbrado	CE1
Nivel deseado (lux)	30
Alumbrado	Ambiental
Uniformidad media (%)	0,67
Iluminancia media en servicio de la instalación (lux)	33,8
Unidades luminarias	2
Potencia unitaria luminaria (W)	99
Fujo luminoso de la luminaria (lm)	9860
Potencia activa total instalada (W)	198
Superficie iluminada (m2)	229,64
Eficiencia energética mínima (m2*lux/W)	9
Eficiencia energética de la instalación (m2*lux/W)	39,2
Índice de eficiencia energética Ie	3,02
Índice de consumo energético ICE	0,33
Calificación energética	A

Zona 7 Vial

	Zona 7 Vial
Clase de alumbrado	CE2
Nivel deseado (lux)	20
Alumbrado	Ambiental
Uniformidad media (%)	0,65
Iluminancia media en servicio de la instalación (lux)	23
Unidades luminarias	5
Potencia unitaria luminaria (W)	99
Fujo luminoso de la luminaria (lm)	9860
Potencia activa total instalada (W)	495
Superficie iluminada (m2)	535,38
Eficiencia energética mínima (m2*lux/W)	9
Eficiencia energética de la instalación (m2*lux/W)	24,88
Índice de eficiencia energética Ie	1,91
Índice de consumo energético ICE	0,52
Calificación energética	A

Zona 8 Vial:

	Zona 8 Vial
Clase de alumbrado	CE1
Nivel deseado (lux)	30
Alumbrado	Ambiental
Uniformidad media (%)	0,41
Iluminancia media en servicio de la instalación (lux)	26
Unidades luminarias	11
Potencia unitaria luminaria (W)	68
Fujo luminoso de la luminaria (lm)	6755
Potencia activa total instalada (W)	748
Superficie iluminada (m2)	837,26
Eficiencia energética mínima (m2*lux/W)	9
Eficiencia energética de la instalación (m2*lux/W)	29,1
Índice de eficiencia energética Ie	2,24
Índice de consumo energético ICE	0,45
Calificación energética	A

Zona 9 Parking norte:

	Zona 9 Parking norte
Clase de alumbrado	CE1A
Nivel deseado (lux)	25
Alumbrado	Ambiental
Uniformidad media (%)	0,45
Iluminancia media en servicio de la instalación (lux)	25
Unidades luminarias	2
Potencia unitaria luminaria (W)	68
Fujo luminoso de la luminaria (lm)	6755
Potencia activa total instalada (W)	136
Superficie iluminada (m2)	230,72
Eficiencia energética mínima (m2*lux/W)	9
Eficiencia energética de la instalación (m2*lux/W)	42,41
Índice de eficiencia energética Ie	3,26
Índice de consumo energético ICE	0,31
Calificación energética	A

Zona 10 Acceso taller:

	Zona 10 Acceso taller
Clase de alumbrado	CE1A
Nivel deseado (lux)	25
Alumbrado	Ambiental
Uniformidad media (%)	0,45
Iluminancia media en servicio de la instalación (lux)	25,5
Unidades luminarias	1
Potencia unitaria luminaria (W)	68
Fujo luminoso de la luminaria (lm)	6755
Potencia activa total instalada (W)	68
Superficie iluminada (m2)	258,97
Eficiencia energética mínima (m2*lux/W)	9
Eficiencia energética de la instalación (m2*lux/W)	97,11
Índice de eficiencia energética Ie	7,47
Índice de consumo energético ICE	0,13
Calificación energética	A

Zona 11 Vial reactivos:

	Zona 11 Vial reactivos
Clase de alumbrado	CE1A
Nivel deseado (lux)	25
Alumbrado	Ambiental
Uniformidad media (%)	0,49
Iluminancia media en servicio de la instalación (lux)	30
Unidades luminarias	5
Potencia unitaria luminaria (W)	68
Fujo luminoso de la luminaria (lm)	6755
Potencia activa total instalada (W)	340
Superficie iluminada (m2)	435,99
Eficiencia energética mínima (m2*lux/W)	9
Eficiencia energética de la instalación (m2*lux/W)	38,47
Índice de eficiencia energética Ie	2,96
Índice de consumo energético ICE	0,34
Calificación energética	A

Zona 12 Reactivos Viejo:

	Zona 12 Reactivos viejo
Clase de alumbrado	CE1
Nivel deseado (lux)	30
Alumbrado	Ambiental
Uniformidad media (%)	0,52
Iluminancia media en servicio de la instalación (lux)	35,5
Unidades luminarias	5
Potencia unitaria luminaria (W)	28
Fujo luminoso de la luminaria (lm)	3200
Potencia activa total instalada (W)	140
Superficie iluminada (m2)	75,16
Eficiencia energética mínima (m2*lux/W)	9
Eficiencia energética de la instalación (m2*lux/W)	19,06
Índice de eficiencia energética Ie	1,47
Índice de consumo energético ICE	0,68
Calificación energética	A

Zona 13 Decantadores fangos:

	Zona 13 Fangos	
Clase de alumbrado	CE1	
Iluminancia media (lux)	30	
Alumbrado	Ambiental	
Uniformidad media (%)	0,43	
Iluminancia media en servicio de la instalación (lux)	35,2	
Unidades luminarias	9	2
Potencia unitaria luminaria (W)	99	68
Fujo luminoso de la luminaria (lm)	9860	
Potencia activa total instalada (W)	891	
Superficie iluminada (m2)	1061,57	
Eficiencia energética mínima (m2*lux/W)	9	
Eficiencia energética de la instalación (m2*lux/W)	36,38	
Índice de eficiencia energética Ie	2,8	
Índice de consumo energético ICE	0,36	
Calificación energética	A	

Zona 14 Decantadores derecha

	Zona 14 Decantadores derecha	
Clase de alumbrado	CE1	
Iluminancia media (lux)	30	
Alumbrado	Ambiental	
Uniformidad media (%)	-	
Iluminancia media en servicio de la instalación (lux)	30,3	
Unidades luminarias	40	8
Potencia unitaria luminaria (W)	100	50
Fujo luminoso de la luminaria (lm)	13400	
Potencia activa total instalada (W)	4000	
Superficie iluminada (m2)	8506,68	
Eficiencia energética mínima (m2*lux/W)	9	
Eficiencia energética de la instalación (m2*lux/W)	58,58	
Índice de eficiencia energética Ie	4,51	
Índice de consumo energético ICE	0,22	
Calificación energética	A	

Zona 15 Decantadores izquierda:

	Zona 15 Decantadores izquierda	
Clase de alumbrado	CE1	
Iluminancia media (lux)	30	
Alumbrado	Ambiental	
Uniformidad media (%)	-	
Iluminancia media en servicio de la instalación (lux)	30,7	
Unidades luminarias	40	8
Potencia unitaria luminaria (W)	100	50
Fujo luminoso de la luminaria (lm)	13400	
Potencia activa total instalada (W)	4000	
Superficie iluminada (m2)	8515,81	
Eficiencia energética mínima (m2*lux/W)	9	
Eficiencia energética de la instalación (m2*lux/W)	59,42	
Índice de eficiencia energética I _{ei}	4,57	
Índice de consumo energético ICE	0,22	
Calificación energética	A	

Instalación al completo:

Aplicando la fórmula mencionada con anterioridad se obtiene que la instalación en su conjunto tiene una calificación energética A. En la etiqueta de Calificación Energética de instalaciones de Alumbrado aparecerá la información referente a la instalación al completo.

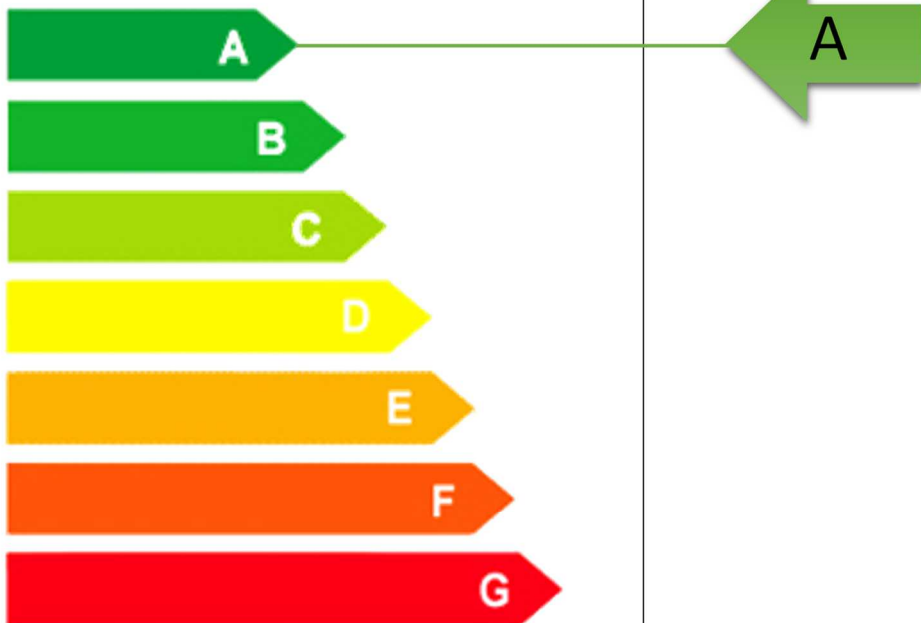
$$I_{ei} = 4,06 \rightarrow \text{Se cumple que } 4,06 > 1,1 \rightarrow \text{Calificación energética A}$$

		Superficie iluminada (m ²)	Índice de eficiencia energética le
Zona 1	Vial	267,48	2,22
Zona 2	Vial	796,23	3,85
Zona 3	Vial	324,68	3
Zona 4	Vial	448,68	3,39
Zona 5	Vial	1298,86	2,03
Zona 6	Vial	229,64	3,02
Zona 7	Vial	535,38	1,91
Zona 8	Vial	837,26	2,24
Zona 9	Parking norte	230,72	3,26
Zona 10	Acceso taller	258,97	7,47
Zona 11	Vial reactivos	435,99	2,96
Zona 12	Reactivos viejo	75,16	1,47
Zona 13	Fangos	1061,57	2,8
Zona 14	Decantadores derecha	8506,68	4,51
Zona 15	Decantadores izquierda	8515,81	4,57

1.5 Etiqueta de eficiencia energética de la instalación proyectada

Para los cálculos de consumo de energía anual se ha considerado 4380 horas de funcionamiento al año y para emisiones de CO₂ anual se ha empleado como factor de conversión: 340 gr CO₂/kWh para electricidad en punto de consumo (fuente: IDAE factores de conversión energía final -energía primaria y factores de emisión de CO₂).

Potencia instalada (kW)	14,395
Consumo de energía anual (kWh/año):	63050,1
Emisiones de CO ₂ anual (kgCO ₂ /año)	21437,034

Calificación energética de las Instalaciones de Alumbrado Exterior	
<p>Más eficiente</p>  <p>Menos eficiente</p>	
<p>Instalación:</p> <p>Localidad /calle:</p> <p>Horario de funcionamiento:</p> <p>Consumo de energía anual (kWh/año):</p> <p>Emisiones de CO2 anual (kgCo2/año):</p> <p>Índice de eficiencia energética (I):</p> <p>Iluminancia media en servicio Em (lux):</p> <p>Uniformidad (%):</p>	<p>ETAP Torrelaguna</p> <p>Diseminado Canal Bajo, 5X, 28180 Madrid</p> <p>NOCTURNO - 4380 horas</p> <p>63050,1 kWh/año</p> <p>21437,034 kgCo2/año</p> <p>4,06</p> <p>29,81 lux</p> <p>48,00%</p>

Colores que deberán usarse en la etiqueta:

CMYK: cian, magenta, amarillo, negro.

- Ejemplo: 07X0: 0 % cian, 70 % magenta, 100 % amarillo, 0 % negro.
- Flechas: A: X0X0; B: 70X0; C: 30X0; D: 00X0; E: 03X0; F: 07X0; G: 0XX0
- Color del contenido: X070

Todo el texto en negro.

2 JUSTIFICACIÓN CUMPLIMIENTO DE LA ITC-EA-02 NIVELES DE ILUMINACIÓN

2.1 Generalidades

Se entiende por nivel de iluminación el conjunto de requisitos luminotécnicos o fotométricos (luminancia, 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 descritas a continuación no podrán superar en más de un 20 % los niveles medios de referencia establecidos en la presente ITC. Estos niveles medios de referencia están basados en las normas de la serie UNE-EN 13201 "Iluminación de Carreteras", y no tendrán la consideración de valores mínimos obligatorios, pues quedan fuera de los objetivos de este Reglamento.

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, descritos para cada clase de alumbrado, son valores de referencia, pero no exigidos, que deberán considerarse para los distintos tipos de instalaciones.

Los requisitos fotométricos anteriores no serán aplicables a aquellas instalaciones o parte de las mismas en las que se justifique debidamente la excepcionalidad y sea aprobada por el órgano competente de la Administración Pública.

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 del 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.

2.3 Clasificación de las vías y selección de las clases de alumbrado

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

Tabla 3 – 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	$v \leq 5$

Mediante otros criterios, tales como el tipo de vía y la intensidad media de tráfico diario (IMD), se establecen subgrupos dentro de la clasificación anterior.

En nuestro caso tendremos viales de tipo D, de baja velocidad, así como vías de tipo E correspondientes a vías peatonales.

En las tablas 2 y 3 se definen las clases de alumbrado para las diferentes situaciones de proyecto correspondientes a la clasificación D de viales.

Tabla 4 – Clases de alumbrado para vías tipo C y D.

Situaciones de proyecto	Tipos de vías	Clase de Alumbrado ^(*)
C1	<ul style="list-style-type: none"> Carriles bici independientes a lo largo de la calzada, entre ciudades en área abierta y de unión en zonas urbanas Flujo de tráfico de ciclistas Alto Normal	S1 / S2 S3 / S4
D1 - D2	<ul style="list-style-type: none"> Áreas de aparcamiento en autopistas y autovías. Aparcamientos en general. Estaciones de autobuses. Flujo de tráfico de peatones Alto Normal	CE1A / CE2 CE3 / CE4
D3 - D4	<ul style="list-style-type: none"> Calles residenciales suburbanas con aceras para peatones a lo largo de la calzada Zonas de velocidad muy limitada Flujo de tráfico de peatones y ciclistas Alto Normal	CE2 / S1 / S2 S3 / S4

^(*) 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.

Tabla 5 – Clases de alumbrado para vías tipo E.

Situaciones de proyecto	Tipos de vías	Clase de Alumbrado ^(*)
E1	<ul style="list-style-type: none"> • Espacios peatonales de conexión, calles peatonales, y aceras a lo largo de la calzada. • Paradas de autobús con zonas de espera • Áreas comerciales peatonales. 	
	Flujo de tráfico de peatones	
	Alto.....	CE1A / CE2 / S1
	Normal	S2 / S3 / S4
E2	<ul style="list-style-type: none"> • Zonas comerciales con acceso restringido y uso prioritario de peatones. 	
	Flujo de tráfico de peatones	
	Alto.....	CE1A / CE2 / S1
	Normal	S2 / S3 / S4
(*) 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.		

2.4 Niveles de iluminación de zonas especiales de 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.

En los carriles-bici o zonas peatonales (vías del tipo C o E), no se considera que existan este tipo de zonas especiales.

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.

2.5 Niveles de iluminación de los viales

En la siguiente tabla se reflejan los requisitos fotométricos aplicables a las vías correspondientes a las diferentes clases de alumbrado aplicables a este proyecto, es decir, para viales de tipo D y E.

Clase de Alumbrado (1)	Iluminancia horizontal	
	Iluminancia Media <i>Em (lux)</i> [mínima mantenida ⁽¹⁾]	Uniformidad Media <i>Um</i> [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 es espacios utilizados por peatones y ciclistas.

Según lo visto anteriormente se obtienen las siguientes clases de alumbrado:

- Viales ambientales en zonas de velocidad muy limitada (situación D3-D4) con flujo de tráfico de peatones alto → Clase de alumbrado CE2.
 - Consideramos que algunas zonas pertenecientes a las vías por donde circularán vehículos tienen carácter de zona especial, debido a que la distancia de visión a veces resulta inferior a 60 m y dada la sinuosidad y complejidad de la zona especial de vial como en curvas o cruces, tomando para estas zonas la clase de alumbrado CE1.
- Viales ambientales en zonas de aparcamientos generales (situación D3-D4) con flujo de tráfico de peatones alto → Clase de alumbrado CE1A.
- Viales ambientales en áreas peatonales (situación E1) con flujo de tráfico de peatones alto → Clase de alumbrado CE1A.
 - En las zonas peatonales con presencia de escaleras o rampas se tenido en cuenta la clase de alumbrado CE1.
 - Consideramos la zona de los decantadores como zona peligrosa debido a que una iluminación escasa generaría peligro de caída al decantador. Los decantadores tienen muy poca altura sobre el suelo y no poseen ninguna barrera que proteja ante posibles caídas. Por lo tanto, se cree necesario aumentar la iluminancia media en este espacio, se tomará la clase de alumbrado CE1).

Los niveles de referencia tomados son los siguientes:

		Clase de alumbrado	Iluminancia media (lux)	Alumbrado
Zona 1	Vial	CE2	20	Ambiental
Zona 2	Vial	CE1	30	Ambiental
Zona 3	Vial	CE1	30	Ambiental
Zona 4	Vial	CE1	30	Ambiental
Zona 5	Vial	CE1	30	Ambiental
Zona 6	Vial	CE1	30	Ambiental
Zona 7	Vial	CE2	20	Ambiental
Zona 8	Vial	CE1	30	Ambiental
Zona 9	Parking norte	CE1A	25	Ambiental
Zona 10	Acceso taller	CE1A	25	Ambiental
Zona 11	Vial reactivos	CE1A	25	Ambiental
Zona 12	Reactivos viejo	CE1	30	Ambiental
Zona 13	Fangos	CE1	30	Ambiental
Zona 14	Decantadores derecha	CE1	30	Ambiental
Zona 15	Decantadores izquierda	CE1	30	Ambiental

3 JUSTIFICACIÓN CUMPLIMIENTO DE LA ITC-EA-03 RESPLANDOR LUMINOSO NOCTURNO Y LUZ INTRUSA O MOLESTA

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 6 – 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.

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 FHSinst 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 7 - Valores límite del flujo hemisférico superior instalado

CLASIFICACIÓN DE ZONAS	FLUJO HEMISFÉRICO SUPERIOR INSTALADO FHS _{INST}
E1	≤ 1%
E2	≤ 5%
E3	≤ 15%
E4	≤ 25%

La ETAP de Torrelaguna corresponde a una zona de tipo E2.

3.3 Luminarias

Además de ajustarse a los valores de la tabla 2, para reducir las emisiones hacia el cielo tanto directas, como las reflejadas por las superficies iluminadas, la instalación de las luminarias deberá 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.

	Zona	FHS _{inst} MÁXIMO	FHS _{inst}
Luminaria 28W 3200 lm	E2	≤ 5%	0%
Luminaria 68 W 6755 lm	E2	≤ 5%	0%
Luminaria 99 W 9860 lm	E2	≤ 5%	0%
Foco 50W 6600 lm	E2	≤ 5%	0%
Foco 100W 13400 lm	E2	≤ 5%	0%

4 JUSTIFICACIÓN CUMPLIMIENTO DE LA ITC-EA-04 DEL COMPONENTES DE LA INSTALACIÓN

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".

El flujo hemisférico superior instalado (FHS_{inst}), rendimiento de la luminaria (η), factor de utilización (f_u), grado de protección IP, eficacia de la lámpara y demás características relevantes

para cada tipo de luminaria, lámpara o equipos auxiliares, deberán ser garantizados por el fabricante, mediante una declaración expresa o certificación de un laboratorio acreditado.

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.

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.

	Eficacia luminosa mínima (lm/W)	Eficacia luminosa inst (lm/W)
Luminaria 28W 3200 lm	65 lm/W	114
Luminaria 68 W 6755 lm	65 lm/W	99
Luminaria 99 W 9860 lm	65 lm/W	100
Foco 50W 6600 lm	65 lm/W	132
Foco 100W 13400 lm	65 lm/W	134

Las lámparas seleccionadas cumplen con la eficacia mínima establecida.

4.3 Luminarias

Las luminarias incluyendo los proyectores, que se instalen en las instalaciones de alumbrado excepto las de 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 (f_u).

En lo referente al factor de mantenimiento (f_m) y al flujo hemisférico superior instalado (FHSinst), cumplirán lo dispuesto en las ITC-EA-06 y la 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 8 - Características de las luminarias y proyectores.

PARÁMETROS	ALUMBRADO VIAL		RESTO ALUMBRADOS (1)	
	Funcional	Ambiental	Proyectores	Luminarias
Rendimiento	≥ 65%	≥ 55%	≥ 55%	≥ 60%
Factor de utilización	(2)	(2)	≥ 0,25	≥ 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.				

Consideramos que por el hecho que haber elegido tecnología de tipo LED para esta instalación se cumplen los valores mínimos de rendimiento y factor de utilización establecidos.

4.4 Prescripciones específicas de los proyectores

3.1.1 Los proyectores son luminarias cuya distribución fotométrica, conseguida mediante un sistema óptico especialmente diseñado, permite la iluminación a cierta distancia de la ubicación del proyector.

3.1.2 A fin de conseguir una elevada eficiencia energética, cuando se utilicen proyectores para la iluminación de superficies horizontales, deberán cumplirse los siguientes aspectos:

- a) Se emplearán preferentemente proyectores del tipo asimétrico con objeto de controlar la luz emitida hacia el hemisferio superior.
- b) El ángulo de inclinación en el emplazamiento, que corresponde al valor de $I_{máx} / 2$ situado por encima de la intensidad máxima ($I_{máx}$) emitida por el proyector, será inferior a 70º respecto a la vertical. Es decir, que la inclinación de la intensidad máxima ($I_{máx}$) debe ser inferior a:
 - b.1.- 60º para un proyector cuyo semiángulo de apertura por encima de la $I_{máx}$ sea de 10º.
 - b.2.- 65º para un proyector cuyo semiángulo de apertura por encima de la $I_{máx}$ sea de 5º.

No obstante, en todo caso, el ángulo de inclinación correspondiente a la intensidad máxima ($I_{máx}$) será inferior a 70º respecto a la vertical.

- c) La intensidad en ángulos superiores a 85º emitida por el proyector, se limitará a 50 cd/klm como máximo.

En la zona de decantadores se emplean proyectores, todo ellos con ángulos máximos de 65 grados.

4.5 Equipos auxiliares

La potencia eléctrica máxima consumida por el conjunto del equipo auxiliar y lámpara de descarga no superará los valores de la tabla 2.

Tabla 9 - Potencia máxima del conjunto lámpara y equipo auxiliar.

POTENCIA NOMINAL DE LÁMPARA (W)	POTENCIA TOTAL DEL CONJUNTO (W)			
	SAP	HM	SBP	VM
18	--	--	23	--
35	--	--	42	--
50	62	--	--	60
55	--	--	65	--
70	84	84	--	--
80	--	--	--	92
90	--	--	112	--
100	116	116	--	--
125	--	--	--	139
135	--	--	163	--
150	171	171	--	--
180	--	--	215	--
250	277	270 (2,15A) 277 (3A)	--	270
400	435	425 (3,5A) 435 (4,6A)	--	425

En este proyecto se propone la instalación de luminarias y proyectores de tecnología LED, por lo que se considera que este apartado no es de aplicación al no aparecer esta tecnología en la tabla.

4.6 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 instalación de alumbrado exterior 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.

El accionamiento de las instalaciones de alumbrado exterior se llevará a cabo mediante una un reloj astronómico central.

4.7 Sistemas de regulación del nivel luminoso

Con la finalidad de ahorrar energía, las instalaciones de alumbrado recogidas en el capítulo 9 de la ITC- EA-02, se proyectarán con dispositivos o sistemas para regular el nivel luminoso mediante alguno de los sistemas siguientes:

- a) balastos serie de tipo inductivo para doble nivel de potencia;
- b) reguladores - estabilizadores en cabecera de línea;
- c) 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.

En este caso se instala un sistema de regulación 1-10V. Este sistema permite la disminución del flujo emitido hasta un 50%, manteniendo la uniformidad de los niveles de iluminación, durante las horas que considere el personal de trabajo y mantenimiento de la planta.

5 JUSTIFICACIÓN CUMPLIMIENTO DE LA ITC-EA-06 MANTENIMIENTO DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LAS INSTALACIONES

5.1 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 de alumbrado exterior se degradarán a lo largo del tiempo debido a numerosas causas, siendo las más importantes las siguientes:

- La baja progresiva del flujo emitido por las lámparas.
- El ensuciamiento de las lámparas y del sistema óptico de la luminaria.
- El envejecimiento de los 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.

La peculiar implantación de las instalaciones de alumbrado exterior a la intemperie, sometidas a los agentes atmosféricos, el riesgo que supone que parte de sus elementos sean fácilmente accesibles, así como la primordial función que dichas instalaciones desempeñan en materia de seguridad vial, así como de las personas y los bienes, obligan a establecer un correcto mantenimiento de las mismas.

5.2 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 (Iluminación 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 (<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 fundamentalmente de:

- El tipo de lámpara, depreciación del 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 10 – Factores de depreciación del flujo luminoso de las lámparas (FDFL)

Tipo de lámpara	Período 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

El factor de depreciación del flujo luminoso de las lámparas se obtiene de los datos existentes en la tabla 1 de la ITC-EA-06. No se indican los valores para luminarias con tecnología LED.

Debido a que, durante el tiempo de funcionamiento de las luminarias proyectadas, la depreciación del flujo luminoso es prácticamente inexistente, se considera, FDFL = 0,91.

Tabla 11 – Factores de supervivencia de las lámparas (FSL)

Tipo de lámpara	Período 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

El factor de supervivencia de las lámparas se estima extrapolando los datos existentes en la tabla 2 de la ITC-EA-06. Se toma FSL = 0,98.

Tabla 12 – 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.

El factor de depreciación de las luminarias depende del grado de protección del sistema óptico, del grado de contaminación y del intervalo de limpieza.

Con respecto al grado de protección del sistema óptico, tiene un IP 66. El grado de contaminación es bajo.

El factor de depreciación de las luminarias es de acuerdo con la tabla 3 de la ITC-EA-06 de 0,93.

El grado de contaminación atmosférica referido en las tablas 3 y 4, corresponderá a las siguientes especificaciones:

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 un medio corrosivo y corresponderá, entre otras, a:

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

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, entre otras, a:

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

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, entre otras, a:

- a) Vías residenciales no sometidas a un tráfico intenso de vehículos.
- b) Grandes espacios no sometidos a contaminación.
- c) 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 (f_m), 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.

El factor de mantenimiento considerado en el proyecto de alumbrado es:

$$f_m = 0,91 \cdot 0,98 \cdot 0,93 = 0,83$$

5.3 Operaciones de mantenimiento y su registro

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.

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 operaciones de mantenimiento relativas a la limpieza de las luminarias y a la sustitución de lámparas averiadas podrán ser realizadas directamente por el titular de la instalación o mediante subcontratación.

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.
- 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.