

MINISTERIO DE INDUSTRIA, ENERGÍA Y TURISMO	GUÍA TÉCNICA DE APLICACIÓN: EFICIENCIA ENERGÉTICA EN INSTALACIONES DE ALUMBRADO EXTERIOR EJEMPLOS DE APLICACIÓN DEL REGLAMENTO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN ALUMBRADO EXTERIOR	GUÍA-EA-ANEXO I
		Edición: mayo 2013 Revisión: 1.1

ANEXO – I

EJEMPLOS DE APLICACIÓN DEL REGLAMENTO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN ALUMBRADO EXTERIOR

ÍNDICE

EJEMPLO 1: ALUMBRADO VIAL FUNCIONAL CON ACERAS ILUMINADAS POR EL MISMO ALUMBRADO DE LA CALZADA	3
EJEMPLO2: ALUMBRADO VIAL AMBIENTAL DE UN PASEO PEATONAL ILUMINADO EN TRESBOLILLO.....	7
EJEMPLO 3: ALUMBRADO VIAL AMBIENTAL Y VIAL FUNCIONAL:	12
EJEMPLO 4: ALUMBRADO VIAL AMBIENTAL COMO REFUERZO DE LA ILUMINACIÓN DE ACERAS ILUMINADAS PARCIALMENTE POR EL ALUMBRADO FUNCIONAL DE LA CALZADA ADYACENTE.	17

MINISTERIO DE INDUSTRIA, ENERGÍA Y TURISMO	GUÍA TÉCNICA DE APLICACIÓN: EFICIENCIA ENERGÉTICA EN INSTALACIONES DE ALUMBRADO EXTERIOR EJEMPLOS DE APLICACIÓN DEL REGLAMENTO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN ALUMBRADO EXTERIOR	GUÍA-EA-ANEXO I
		Edición: mayo 2013 Revisión: 1.1

En el presente Anexo se incluyen diferentes ejemplos de aplicación del reglamento, en particular en lo relativo al cálculo de la eficiencia energética de la instalación y de su clasificación energética.

Se incluyen ejemplos que pretenden clarificar diferentes situaciones de proyecto en las que pueden existir diferentes clasificaciones en una misma instalación.

Así se describen cuatro ejemplos:

Ejemplo 1 – Alumbrado vial funcional en disposición tresbolillo de una vía de 7 m de anchura con aceras de 2,5 m a ambos lados, iluminadas por el mismo alumbrado que la calzada.

Ejemplo 2 – Alumbrado vial ambiental en disposición tresbolillo de un paseo peatonal de 6 m de anchura.

Ejemplo 3 – Alumbrado vial funcional y vial ambiental en disposición tresbolillo, de una sección formada por dos vías de circulación de 7 m de anchura, y un bulevar de 5 m de anchura y 3 m de zona verde a cada lado, que las separa. Ambas calzadas disponen de acera de 2 m de anchura y una de ellas además incluye un aparcamiento a lo largo de la calzada de 2,5 m de anchura.

Ejemplo 4 – Alumbrado vial ambiental como refuerzo de la iluminación de aceras de 5 m de anchura, iluminadas parcialmente por el alumbrado vial funcional de la calzada adyacente de 7 m de anchura.

En todos los ejemplos de cálculo se tendrán en cuenta los siguientes aspectos, de forma que la sistemática utilizada sea la misma en todos los casos:

1. Clasificar el tipo de vía que se quiere iluminar, según se indica en la ITC-EA-02.
2. Cálculo del alumbrado (valores de luminancia o iluminancia, uniformidad, incremento de umbral (TI) y relación de entorno (SR)) y comprobación de forma que se cumplan los parámetros luminotécnicos recomendados en dicha ITC-EA-02: Luminancia, iluminancia, uniformidades, incremento umbral (TI) y Relación entorno (SR).
3. Comprobación de que los valores de luminancia o iluminancia no superan el 20% de los valores de referencia, indicados en la ITC-EA-02 y que se verifican los valores mínimos de uniformidad.
4. Cálculo del valor de eficiencia energética de la instalación ϵ ($m^2.lux/W$) y comprobación de que supera el valor mínimo requerido para el nivel de iluminación alcanzado.
5. Cálculo del índice de eficiencia energética I_e y del índice de consumo energético (ICE) para clasificar energéticamente la instalación y determinación de su calificación energética (letras A a G)

MINISTERIO DE INDUSTRIA, ENERGÍA Y TURISMO	GUÍA TÉCNICA DE APLICACIÓN: EFICIENCIA ENERGÉTICA EN INSTALACIONES DE ALUMBRADO EXTERIOR	GUÍA-EA-ANEXO I
	EJEMPLOS DE APLICACIÓN DEL REGLAMENTO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN ALUMBRADO EXTERIOR	Edición: mayo 2013 Revisión: 1.1

Ejemplo 1: Alumbrado vial funcional con aceras iluminadas por el mismo alumbrado de la calzada

Supongamos que vamos a iluminar una vía de 7 metros de anchura con dos carriles y con acera a ambos lados de 2,5 metros de anchura, cuya velocidad está limitada a 50 km/h y con una intensidad media diaria (IMD) de tráfico superior a 7.000 vehículos.



1. Se selecciona de las tablas 1, 2 y 6 de la ITC-EA-02, la situación de proyecto:

Tabla 1: Clasificación de la vía de circulación: B al estar limitada la velocidad a 50 km/h.

Tabla 2: Situación de proyecto: B1, considerando como vía distribuidora local o acceso a zonas residenciales y fincas; al ser la $IMD > 7.000$ vehículos, la clase de alumbrado indicada se considera ME2/ME3c y según lo indicado en la GUIA-ITC-EA-02, es recomendable seleccionar el que corresponda al valor más crítico, es decir ME2.

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 ⁽⁴⁾ Media L_m (cd/m ²) ¹⁾	Uniformidad Global U_o [mínima]	Uniformidad Longitudinal U_l [mínima]	Incremento Umbral π (%) ⁽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

Tabla 6: para la clase de alumbrado ME2 corresponden los valores siguientes:

$$L_m = 1,5 \text{ cd/m}^2$$

$$U_o = 0,4$$

$$U_l = 0,7$$

$$TI < 10\%$$

$$SR > 0,5$$

MINISTERIO DE INDUSTRIA, ENERGÍA Y TURISMO	GUÍA TÉCNICA DE APLICACIÓN: EFICIENCIA ENERGÉTICA EN INSTALACIONES DE ALUMBRADO EXTERIOR	GUÍA-EA-ANEXO I
	EJEMPLOS DE APLICACIÓN DEL REGLAMENTO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN ALUMBRADO EXTERIOR	Edición: mayo 2013 Revisión: 1.1

Para las aceras se adopta una clase de alumbrado S1 con los siguientes niveles, especificados en la Tabla 8:

$E_m = 15 \text{ lux};$
 $E_{\min} = 5 \text{ lux};$
 $U_m = E_{\min}/E_m = 0,33$

- Para realizar los cálculos de iluminación en proyecto se deberán realizar cálculos independientes para la calzada y para las aceras, puesto que los niveles a conseguir son distintos.

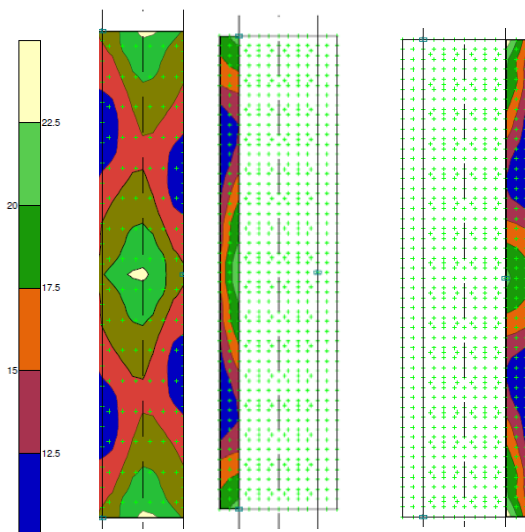
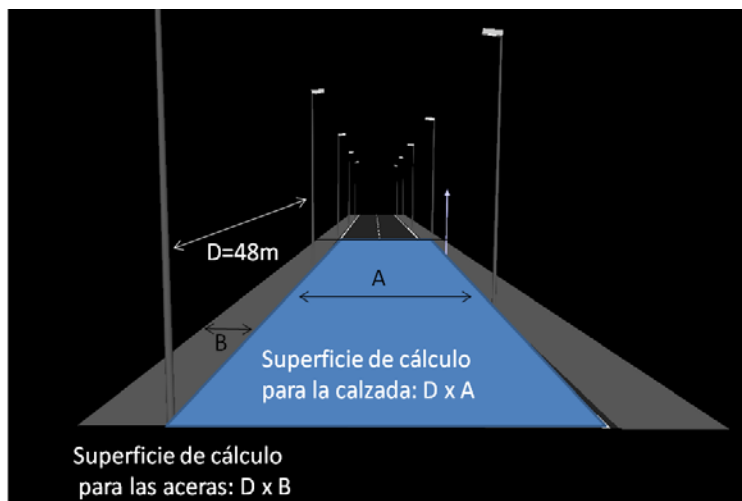
Para este vial calculamos los niveles de iluminación con la siguiente disposición:

Luminaria IP55 equipada con Lámpara VSAP tubular de 150W

Disposición de las luminarias: "Tresbolillo", interdistancia entre luminarias de la misma fila: $D=48\text{m}$

Altura de montaje de la luminaria $H= 9 \text{ m}$

Factor de mantenimiento: $f_m = 0,7$, que puede obtenerse con una reposición de lámparas de VSAP cada 3 años - 12000 h (FDSL=0,90 y FSL=0,89, según tablas 1 y 2 de la ITC-EA-06) y una limpieza de la luminaria cada 3 años en zona con grado de contaminación bajo (FDLU=0,88, según la tabla 3 de la ITC-EA-06)



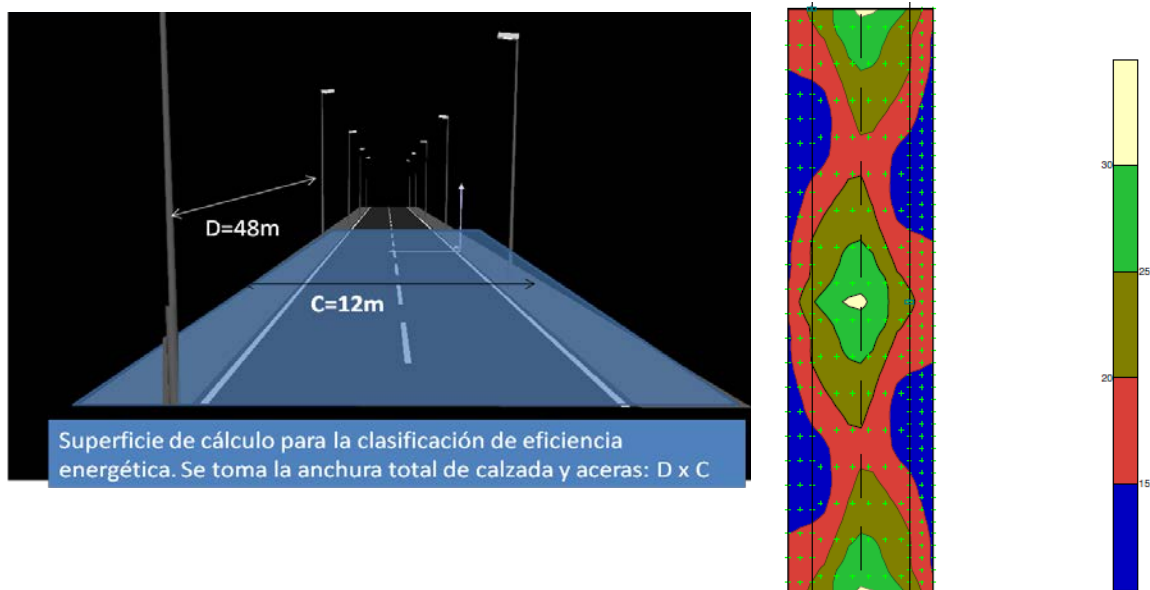
MINISTERIO DE INDUSTRIA, ENERGÍA Y TURISMO	GUÍA TÉCNICA DE APLICACIÓN: EFICIENCIA ENERGÉTICA EN INSTALACIONES DE ALUMBRADO EXTERIOR	GUÍA-EA-ANEXO I
	EJEMPLOS DE APLICACIÓN DEL REGLAMENTO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN ALUMBRADO EXTERIOR	Edición: mayo 2013 Revisión: 1.1

En estas condiciones y con la luminaria seleccionada, los niveles alcanzados son:

Superficie	Iluminancia/Luminancia media	Uniformidad global Min/Med	Uniformidad longitudinal
Calzada	22,5 lux/ 1,52cd/m2	0,48	0,72
Acera 1	15,4 lux	0,68	
Acera 2	15,3 lux	0,69	

- Se cumple, tanto para la calzada como para las aceras, que los niveles calculados no superan en más del 20% los niveles establecidos en el ITC-EA-02.
- Cálculo del valor de eficiencia energética

Como en este ejemplo la iluminación de las aceras se consigue mediante las mismas luminarias con los que se está iluminando la calzada, para el cálculo de la eficacia energética se deberá considerar una superficie de cálculo determinada por la sección total: $C(\text{calzada} + \text{aceras})=12 \text{ m}$ y una longitud determinada por la interdistancia de dos luminarias del mismo lado: $D=48 \text{ m}$, es decir, para una superficie de $S= 12 \times 48= 576 \text{ m}^2$, se obtienen unos valores de $E_m = 18,7 \text{ lux}$; Uniformidad min/med = 0,56.



El valor de eficiencia energética para el vial estudiado, usando los datos del proyecto y la potencia total de las luminarias y los equipos asociados de $2 \times 169 \text{ W}$ porque, al ser una distribución al "tresbolillo", se toma la potencia total de la luminaria que queda en medio de la superficie y $\frac{1}{2}$ de cada una de las que quedan en el extremo de la superficie de cálculo.

Aplicando la fórmula de la eficiencia energética se obtiene:

$$\epsilon = \frac{S \cdot E_m}{P} = \frac{12 \text{ m} \times 48 \text{ m} \times 18,7 \text{ lux}}{2 \times 169 \text{ W}} = 31,87 \text{ m}^2 \cdot \text{lux/W}$$

El valor de eficiencia energética mínima a alcanzar se obtiene interpolando en la tabla 1 de la ITC-EA-01 para la iluminancia media en servicio calculada de 18,7 lux, obteniéndose un valor de eficiencia energética mínima de 16,85 ($\text{m}^2 \cdot \text{lux/W}$).

MINISTERIO DE INDUSTRIA, ENERGÍA Y TURISMO	GUÍA TÉCNICA DE APLICACIÓN: EFICIENCIA ENERGÉTICA EN INSTALACIONES DE ALUMBRADO EXTERIOR EJEMPLOS DE APLICACIÓN DEL REGLAMENTO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN ALUMBRADO EXTERIOR	GUÍA-EA-ANEXO I
		Edición: mayo 2013 Revisión: 1.1

Se comprueba que el valor obtenido en la instalación es superior al valor mínimo anterior

$$\epsilon = 31,87 > 16,85 \text{ (Funcional)} \rightarrow \text{CUMPLE}$$

5. Cálculo del índice de eficiencia energética y del índice de consumo energético que nos permitan clasificar energéticamente la instalación,


En primer lugar, se debe obtener el nivel de eficiencia energética de referencia correspondiente al alumbrado vial funcional, interpolando en la tabla 3 de la ITC-EA-01, obteniéndose el valor de referencia 25,22 (m².lux/W).

Aplicando las formulas, se obtienen los índices correspondientes:

$$I_{\epsilon} = \frac{\epsilon}{\epsilon_R} = \frac{31,87}{25,22} = 1,26$$

$$ICE = \frac{1}{I_{\epsilon}} = 0,79$$

Tabla 4 – Calificación energética para alumbrado vial.

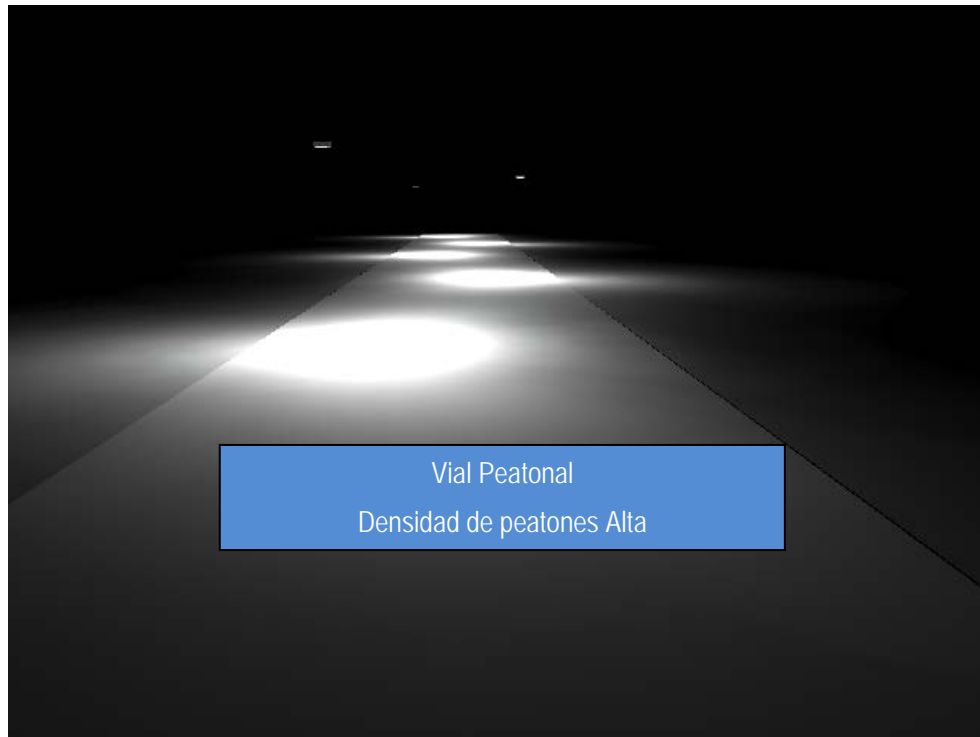
Calificación Energética	Índice de consumo energético	Índice de Eficiencia Energética
 A	ICE < 0,91	$I_{\epsilon} > 1,1$
B	$0,91 \leq ICE < 1,09$	$1,1 \geq I_{\epsilon} > 0,92$
C	$1,09 \leq ICE < 1,35$	$0,92 \geq I_{\epsilon} > 0,74$
D	$1,35 \leq ICE < 1,79$	$0,74 \geq I_{\epsilon} > 0,56$
E	$1,79 \leq ICE < 2,63$	$0,56 \geq I_{\epsilon} > 0,38$
F	$2,63 \leq ICE < 5,00$	$0,38 \geq I_{\epsilon} > 0,20$
G	ICE ≥ 5,00	$I_{\epsilon} \leq 0,20$

Por lo tanto, según la Tabla 4 de la ITC-EA-01, la clasificación energética de la instalación es A

MINISTERIO DE INDUSTRIA, ENERGÍA Y TURISMO	GUÍA TÉCNICA DE APLICACIÓN: EFICIENCIA ENERGÉTICA EN INSTALACIONES DE ALUMBRADO EXTERIOR EJEMPLOS DE APLICACIÓN DEL REGLAMENTO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN ALUMBRADO EXTERIOR	GUÍA-EA-ANEXO I
		Edición: mayo 2013 Revisión: 1.1

Ejemplo2: Alumbrado vial ambiental de un paseo peatonal iluminado en tresbolillo

Supongamos que vamos a iluminar una vía exclusivamente dedicada al uso peatonal de 6m de anchura, situada en un área comercial peatonal con un flujo de tráfico de peatones alto.



1. Se selecciona de las tablas 1, 2 y 8 de la ITC-EA-02, la situación de proyecto:

Tabla 1: Clasificación de la vía de circulación: E

Tabla 2: Situación de proyecto: E1, considerando como área comercial peatonal con flujo de tráfico de peatones alto, la clase de alumbrado indicada se considera CE1A/CE2/S1 y seleccionando la clase de alumbrado S1 por las condiciones particulares de proyecto.

Clase de Alumbrado ⁽⁴⁾	Iluminancia horizontal en el área de la calzada	
	Iluminancia Media E_m (lux) ⁽¹⁾	Iluminancia mínima E_{min} (lux) ⁽²⁾
S1	15	5
S2	10	3
S3	7,5	1,5
S4	5	1

Tabla 8: para la clase de alumbrado S1 corresponden los valores siguientes:

$E_m = 15$ lux;

$E_{min} = 5$ lux;

$U_m = E_{min}/E_m = 0,33$

2. Para efectuar los cálculos de iluminación en proyecto se deberán realizar cálculos lumínicos para la superficie en estudio, buscando el nivel requerido como clase S1.

MINISTERIO DE INDUSTRIA, ENERGÍA Y TURISMO	GUÍA TÉCNICA DE APLICACIÓN: EFICIENCIA ENERGÉTICA EN INSTALACIONES DE ALUMBRADO EXTERIOR EJEMPLOS DE APLICACIÓN DEL REGLAMENTO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN ALUMBRADO EXTERIOR	GUÍA-EA-ANEXO I
		Edición: mayo 2013 Revisión: 1.1

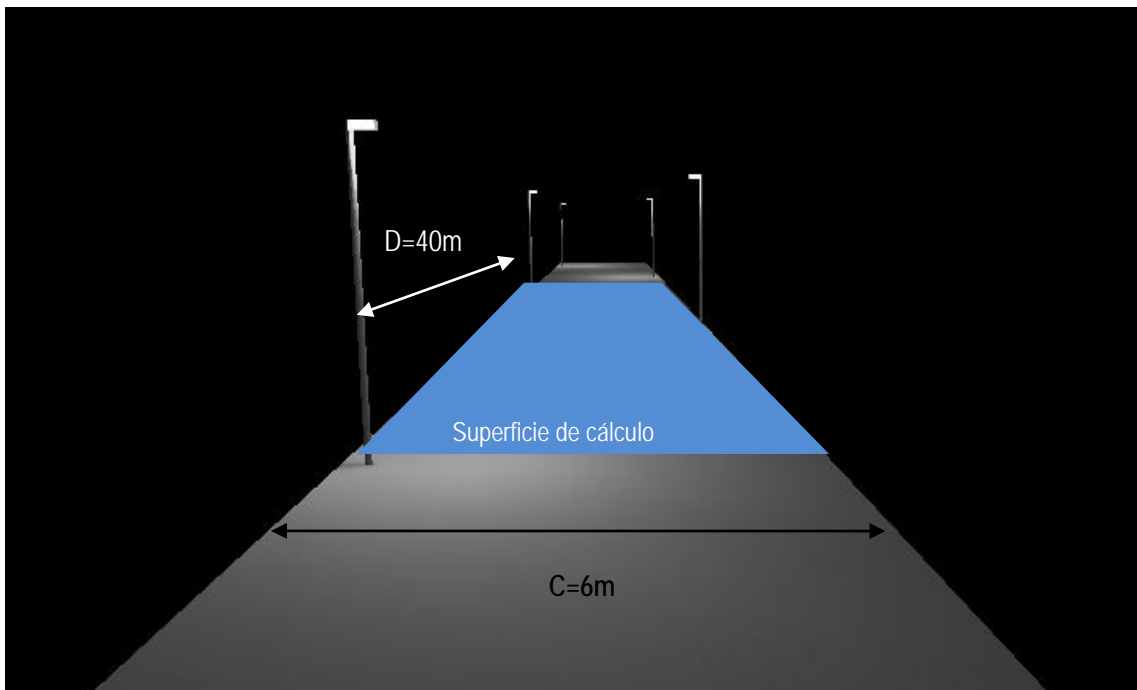
Para este vial calculamos los niveles de iluminación con la siguiente disposición:

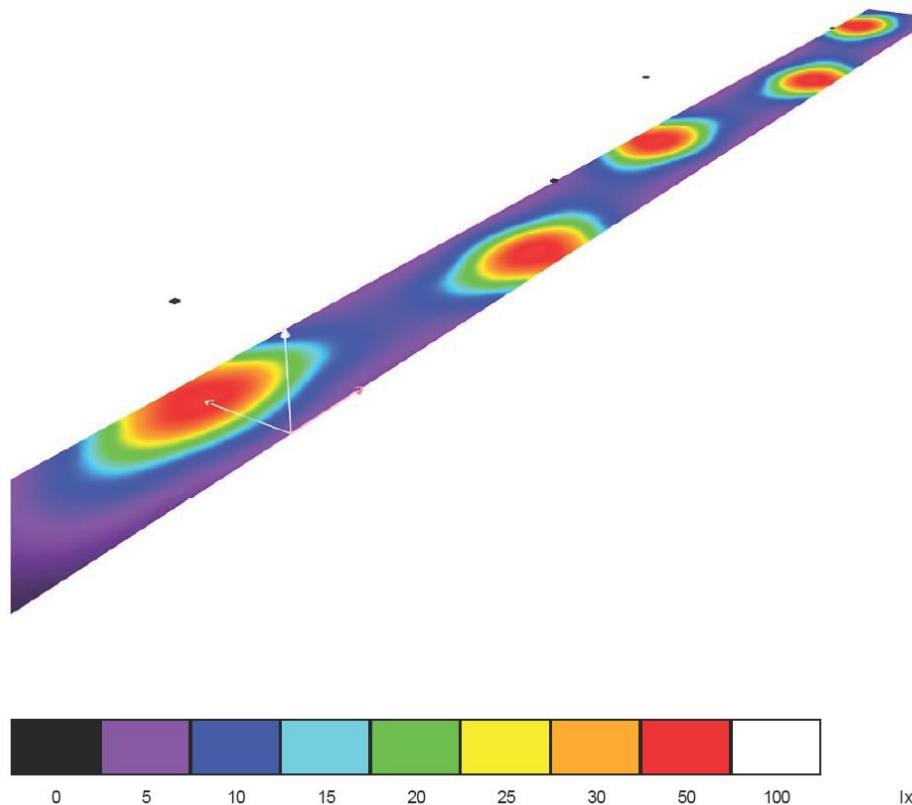
Luminaria IP 55 equipada con Lámpara VSAP 70W-TUBULAR

Disposición de las luminarias: "Tresbolillo", interdistancia entre luminarias de la misma fila: $D = 40\text{m}$

Altura de implantación de las luminarias $H = 4\text{ m}$

Factor de mantenimiento: $f_m = 0,66$, que puede obtenerse con una reposición de lámparas de VSAP cada 3 años - 12000 h (FDSL=0,90 y FSL=0,89, según tablas 1 y 2 de la ITC-EA-06) y una limpieza de la luminaria cada 3 años en zona con grado de contaminación medio (FDLU=0,82, según la tabla 3 de la ITC-EA-06)





En estas condiciones y con la luminaria seleccionada, los niveles alcanzados son:

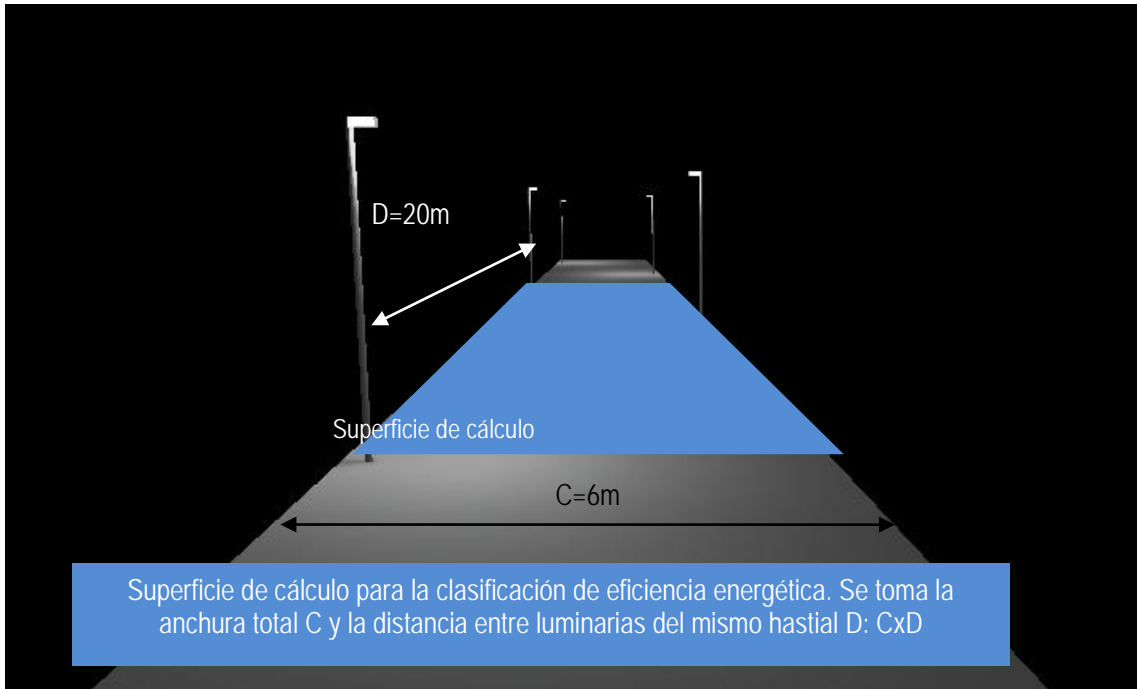
Superficie	Iluminancia media	Iluminancia mínima
Superficie de Estudio	16 lux	5.64 lux

$$U_m = E_{\min}/E_m = 5.64/16 = 0,35$$

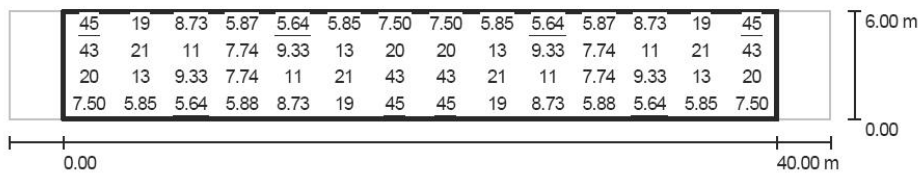
Se cumple los niveles establecidos en la ITC-EA-02

3. Se cumple, tanto para la calzada como para las aceras, que los niveles calculados no superan en más del 20% los niveles establecidos en el ITC-EA-02.
4. Cálculo del valor de eficiencia energética

Como en este ejemplo a superficie iluminada coincide con el camino peatonal y puede tomarse como el mismo ancho de sección total $C=6m$, para la determinación de la eficiencia energética deberemos considerar una superficie de cálculo determinada por la sección total: $C=$ superficie iluminada y una longitud determinada por la interdistancia de dos luminarias del mismo lado: D . es decir, para una superficie de $S= 6 \times 40= 240 \text{ m}^2$, se obtienen unos valores de $E_m = 16 \text{ lux}$; $E_{\min}: 5.64 \text{ lux}$ y Uniformidad $\text{min}/\text{med} = 0,56$.



Calle 1 / Recuadro de evaluación Camino peatonal 1 / Gráfico de valores (E)



Valores en Lux, Escala 1 : 329

Trama: 14 x 4 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]
16	5.64	45

El valor de eficiencia energética para el vial estudiado, usando los datos del proyecto y la potencia total de las luminarias y los equipos asociados de 2 x 78,6 W porque, al ser una distribución al "tresbolillo", se toma la potencia total de la luminaria que queda en medio de la superficie y ½ de cada una de las que quedan en el extremo de la superficie de cálculo.

Aplicando la fórmula de la eficiencia energética se obtiene:

$$\epsilon = \frac{S \cdot E_m}{P} = \frac{6m \times 40m \times 16 \text{ lux}}{2 \times 78,6 \text{ W}} = 24,42 \text{ m}^2 \cdot \text{lux/W}$$

El valor de eficiencia energética mínima a alcanzar se obtiene interpolando en la tabla 1 de la ITC-EA-01 para la iluminancia media en servicio calculada de 16 lux, obteniéndose un valor de eficiencia energética mínima de 7,8 (m².lux/W).

Se comprueba que el valor obtenido en la instalación es superior al valor mínimo anterior

MINISTERIO DE INDUSTRIA, ENERGÍA Y TURISMO	GUÍA TÉCNICA DE APLICACIÓN: EFICIENCIA ENERGÉTICA EN INSTALACIONES DE ALUMBRADO EXTERIOR EJEMPLOS DE APLICACIÓN DEL REGLAMENTO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN ALUMBRADO EXTERIOR	GUÍA-EA-ANEXO I
		Edición: mayo 2013 Revisión: 1.1

$$\epsilon = 24,42 > 7,8 \text{ (Ambiental)} \rightarrow \text{CUMPLE}$$

5. Cálculo del índice de eficiencia energética y del índice de consumo energético que nos permitan clasificar energéticamente la instalación,


En primer lugar, se debe obtener el nivel de eficiencia energética de referencia correspondiente al alumbrado vial funcional, interpolando en la tabla 3 de la ITC-EA-01, obteniéndose el valor de referencia 11,4 (m².lux/W).

Aplicando las formulas, se obtienen los índices correspondientes:

$$I_{\epsilon} = \frac{\epsilon}{\epsilon_R} = \frac{24,42}{11,40} = 2,14$$

$$ICE = \frac{1}{I_{\epsilon}} = 0,44$$

Tabla 4 – Calificación energética para alumbrado vial.

Calificación Energética	Índice de consumo energético	Índice de Eficiencia Energética
 A	ICE < 0,91	$I_{\epsilon} > 1,1$
B	$0,91 \leq ICE < 1,09$	$1,1 \geq I_{\epsilon} > 0,92$
C	$1,09 \leq ICE < 1,35$	$0,92 \geq I_{\epsilon} > 0,74$
D	$1,35 \leq ICE < 1,79$	$0,74 \geq I_{\epsilon} > 0,56$
E	$1,79 \leq ICE < 2,63$	$0,56 \geq I_{\epsilon} > 0,38$
F	$2,63 \leq ICE < 5,00$	$0,38 \geq I_{\epsilon} > 0,20$
G	ICE $\geq 5,00$	$I_{\epsilon} \leq 0,20$

Por lo tanto, según la Tabla 4 de la ITC-EA-01, la clasificación energética de la instalación es A

MINISTERIO DE INDUSTRIA, ENERGÍA Y TURISMO	GUÍA TÉCNICA DE APLICACIÓN: EFICIENCIA ENERGÉTICA EN INSTALACIONES DE ALUMBRADO EXTERIOR	GUÍA-EA-ANEXO I
	EJEMPLOS DE APLICACIÓN DEL REGLAMENTO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN ALUMBRADO EXTERIOR	Edición: mayo 2013 Revisión: 1.1

Ejemplo 3: Alumbrado vial ambiental y vial funcional:

Supongamos que la sección a iluminar está formada por dos vías de circulación de 7 m de anchura, y un bulevar de 5 m de anchura y 3 m de zona verde a cada lado, que las separa. Entre el bulevar y cada una de las calzadas existen unas zonas verdes no transitables de 3m de anchura. Ambas calzadas disponen de una acera en el lado opuesto al bulevar de 2 m de anchura y además una de las calzadas incorpora un aparcamiento a lo largo de la calzada de 2,5 m de anchura

El alumbrado queda dividido en un alumbrado funcional para la iluminación de las calzadas, aceras contiguas y aparcamiento, mientras que el alumbrado ambiental dotará de luz el bulevar de la mediana.

La vía se considera como distribuidora local con velocidad limitada a 50 km/h y con una intensidad media diaria (IMD) mayor de 7.000 vehículos, mientras que el bulevar se tratará como espacio peatonal de conexión o vía peatonal con flujo de peatones alto.

1. Se selecciona de las tablas 1 y 2 de la ITC-EA-02, la situación de proyecto:

ALUMBRADO FUNCIONAL correspondiente a las calzadas, las aceras y el aparcamiento

Tabla 1: Clasificación de la vía de circulación: B

Tabla 2: Situación de proyecto: B1, considerando como vías distribuidoras locales y accesos a zonas residenciales, la clase de alumbrado indicada se considera ME2/ME3c y seleccionando la clase de alumbrado ME2 por las condiciones particulares de proyecto.

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 ⁽⁴⁾ Media L_m (cd/m ²) ⁽¹⁾	Uniformidad Global U_o [mínima]	Uniformidad Longitudinal U_l [mínima]	Incremento Umbral TI (%) ⁽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

Tabla 6: para la clase de alumbrado ME2 corresponden los valores siguientes:

$$L_m = 1,5 \text{ cd/m}^2$$

$$U_o = 0,4$$

$$U_l = 0,7$$

$$TI < 10\%$$

$$SR > 0,5$$

ACERAS clase S2 con los siguientes niveles de referencia $E_m=10 \text{ lux}$; $E_{\min}=3 \text{ lux}$; $U_m= E_{\min}/ E_m=0,30$

APARCAMIENTO clase CE2 con los siguientes niveles de referencia $E_m=20 \text{ lux}$; $U_m=0,4$

Para efectuar los cálculos de iluminación en proyecto se deberán realizar cálculos independientes para la calzada y para las aceras, puesto que los niveles a conseguir son distintos.

MINISTERIO DE INDUSTRIA, ENERGÍA Y TURISMO	GUÍA TÉCNICA DE APLICACIÓN: EFICIENCIA ENERGÉTICA EN INSTALACIONES DE ALUMBRADO EXTERIOR	GUÍA-EA-ANEXO I
	EJEMPLOS DE APLICACIÓN DEL REGLAMENTO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN ALUMBRADO EXTERIOR	Edición: mayo 2013 Revisión: 1.1

ALUMBRADO AMBIENTAL correspondiente al bulevar:

Tabla 1: Clasificación de la vía de circulación: E

Tabla 2: Situación de proyecto: E1, considerando como espacio peatonal de conexión o vía peatonal con flujo de peatones alto pudiendo tomar como clase de alumbrado CE1A/CE2/ S1 seleccionando la clase de alumbrado S1 por las condiciones particulares de proyecto.


Clase de Alumbrado ⁽⁴⁾	Iluminancia horizontal en el área de la calzada	
	Iluminancia Media E_m (lux) ⁽¹⁾	Iluminancia mínima E_{min} (lux) ⁽²⁾
 S1	15	5
S2	10	3
S3	7,5	1,5
S4	5	1

Tabla 8: para la clase de alumbrado S1 corresponden los valores siguientes:

$E_m = 15$ lux;

$E_{min} = 5$ lux;

$U_m = E_{min}/E_m = 0,33$

- Para efectuar los cálculos de iluminación en proyecto se deberán realizar cálculos lumínicos para la superficie en estudio, buscando el nivel requerido como clase S1.

Para el alumbrado funcional (vial, además de aceras y aparcamiento) se calculan los niveles de iluminación con la siguiente disposición:

Luminaria IP 55 equipada con Lámpara VSAP 150W-TUBULAR

Disposición de las luminarias: "bilateral", interdistancia entre luminarias de la misma fila: $D1 = 30m$

Altura de implantación de las luminarias $H = 9 m$

Factor de mantenimiento: $f_m = 0,70$, que puede obtenerse con una reposición de lámparas de VSAP cada 3 años - 12000 h (FDSL=0,90 y FSL=0,89, según tablas 1 y 2 de la ITC-EA-06) y una limpieza de la luminaria cada 3 años en zona con grado de contaminación bajo (FDLU=0,88, según la tabla 3 de la ITC-EA-06)

Para el alumbrado ambiental (bulevar) se calculan los niveles de iluminación con la siguiente disposición:

Luminaria IP66 equipada con Lámpara MH 35W – TUBULAR

Disposición de las luminarias al tresbolillo con una interdistancia entre luminarias del mismo lado de: $D2=60m$.

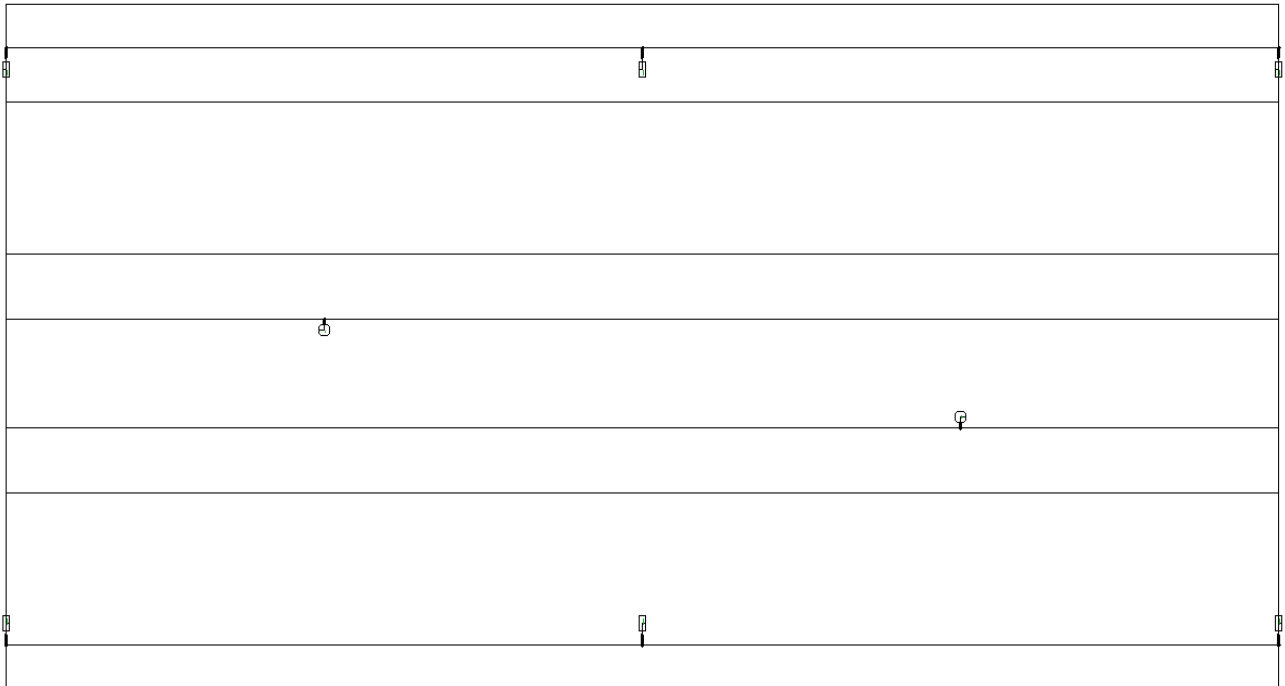
Altura de implantación de la luminaria $H= 4 m$

Factor de mantenimiento: $f_m = 0,65$, que puede obtenerse con una reposición de lámparas de MH cada 2 años - 8000 h (FDSL=0,76 y FSL=0,94, según tablas 1 y 2 de la ITC-EA-06) y una limpieza de la luminaria cada 2 años en zona con grado de contaminación bajo (FDLU=0,91, según la tabla 3 de la ITC-EA-06)

La sección queda definida de la siguiente manera (sección total C de 31,5 metros):

MINISTERIO DE INDUSTRIA, ENERGÍA Y TURISMO	GUÍA TÉCNICA DE APLICACIÓN: EFICIENCIA ENERGÉTICA EN INSTALACIONES DE ALUMBRADO EXTERIOR EJEMPLOS DE APLICACIÓN DEL REGLAMENTO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN ALUMBRADO EXTERIOR	GUÍA-EA-ANEXO I
		Edición: mayo 2013 Revisión: 1.1

Acera 1 = 2 metros
 Aparcamiento = 2.5 metros
 Calzada 1 = 7 metros
 Zona verde = 3 metros
 Bulevar = 5 metros
 Zona verde = 3 metros
 Calzada 2 = 7 metros
 Acera 2 = 2 metros



Los niveles lumínicos alcanzados son:

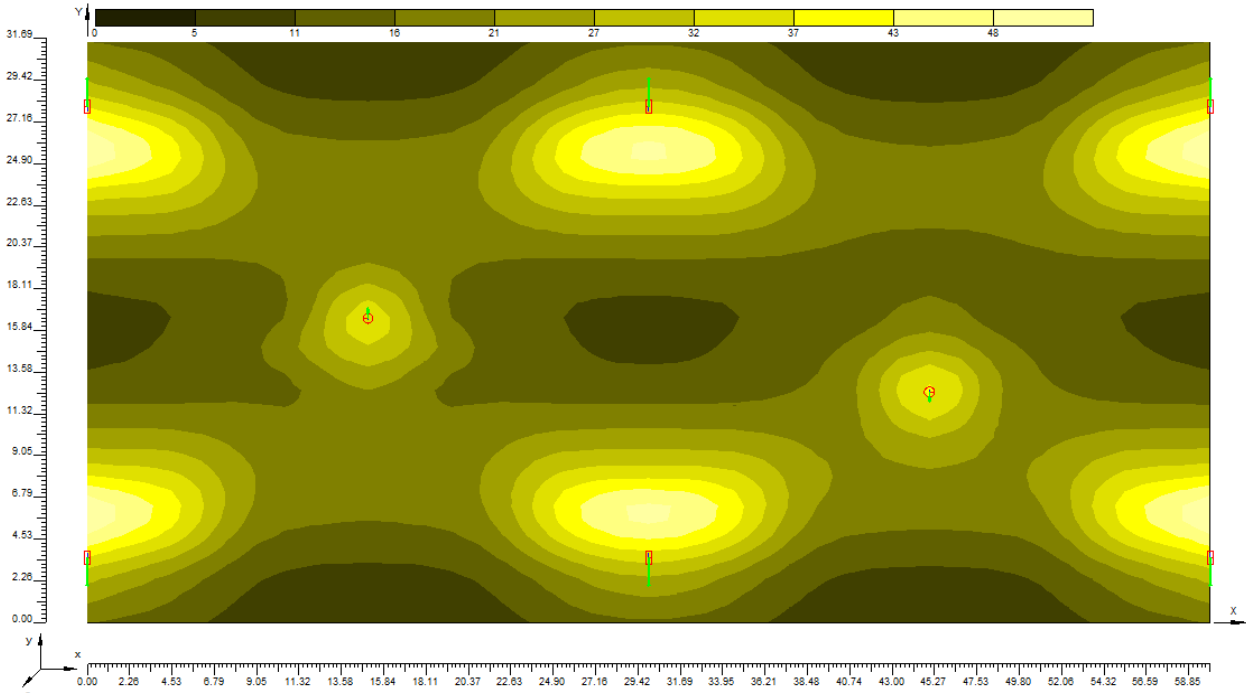
Superficie	Iluminancia/Luminancia media	Iluminancia mínima	Uniformidad global Min/Med	Uniformidad longitudinal
Acera 1	12 lux		0,56	-
Aparcamiento	19 lux	-	0,45	-
Calzada 1 (Clase ME2)	24 lux/ 1,5cd/m ²	-	0,52	0,85
Zona verde	-	-	-	-
Bulevar (Clase S1)	16 lux	10 lux	0,60	-
Zona verde	-	-	-	-
Calzada 2 (Clase ME2)	25 lux/ 1,7cd/m ²	-	0,68	0,85-
Acera 2	12 lux		0,56	-
Superficie Total	20 lux		0,34	

3. Se cumple, tanto para la calzada como para las aceras, el bulevar y el aparcamiento que los niveles calculados no superan en más del 20% los niveles establecidos en el ITC-EA-02.

MINISTERIO DE INDUSTRIA, ENERGÍA Y TURISMO	GUÍA TÉCNICA DE APLICACIÓN: EFICIENCIA ENERGÉTICA EN INSTALACIONES DE ALUMBRADO EXTERIOR	GUÍA-EA-ANEXO I
	EJEMPLOS DE APLICACIÓN DEL REGLAMENTO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN ALUMBRADO EXTERIOR	Edición: mayo 2013 Revisión: 1.1

4. Cálculo del valor de eficiencia energética

Para la determinación de la eficiencia energética en este ejemplo se deberá considerar una superficie de cálculo determinada por la sección total (C = aceras + aparcamiento + calzadas + zonas verdes + bulevar) y una longitud determinada por la interdistancia mayor entre dos luminarias del mismo lado (D1=30m y D2=60m → D=60m), es decir que para una superficie de Cálculo: S= 31,5 x 60= 1890 m², se obtienen unos valores de Em: 20 lux y Uniformidad media: 0,34



El valor de eficiencia energética para los viales estudiados, usando los datos del proyecto y la potencia total de las luminarias y los equipos asociados de 4 x169W para el caso de las luminarias de VSAP porque, al ser una distribución al "bilateral pareada", se tiene una interdistancia de la mitad de la D tomada (30 m frente a 60m) por esto se suma la potencia total de las dos luminarias que queda en medio de la superficie (2) y ½ de cada una de las que quedan en el extremo de la superficie de cálculo (4 x ½) y 2 x 41 W para el caso de las luminarias de HM porque, por tratarse de una distribución al tresbolillo, se suma la potencia total de las dos luminarias que se encuentran dentro de la superficie a estudiar.

Es decir, POTENCIA TOTAL = (4 x 169W) + (2 x 41W) = 758W

Aplicando la fórmula de la eficiencia energética se obtiene:

$$\epsilon = \frac{S \cdot E_m}{P} = \frac{31,5 \text{ m} \times 60 \text{ m} \times 20 \text{ lux}}{(4 \times 169 \text{ W}) + (2 \times 41 \text{ W})} = 49,86 \text{ m}^2 \cdot \text{lux/W}$$

Como tenemos dos tipos de alumbrado (funcional y ambiental) se adoptan los valores de la tabla más restrictiva que es la Tabla1 de la ITC-EA-01 (alumbrado funcional)

El valor de eficiencia energética mínima a alcanzar se obtiene en la tabla 1 de la ITC-EA-01 para la iluminancia media en servicio calculada de 20 lux, obteniéndose un valor de eficiencia energética mínima de 17,5 (m².lux/W).

MINISTERIO DE INDUSTRIA, ENERGÍA Y TURISMO	GUÍA TÉCNICA DE APLICACIÓN: EFICIENCIA ENERGÉTICA EN INSTALACIONES DE ALUMBRADO EXTERIOR EJEMPLOS DE APLICACIÓN DEL REGLAMENTO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN ALUMBRADO EXTERIOR	GUÍA-EA-ANEXO I
		Edición: mayo 2013 Revisión: 1.1

Se comprueba que el valor obtenido en la instalación es superior al valor mínimo anterior

$$\epsilon = 49,86 > 17,5 \text{ (Ambiental)} \rightarrow \text{CUMPLE}$$

6. Cálculo del índice de eficiencia energética y del índice de consumo energético que nos permitan clasificar energéticamente la instalación,


En primer lugar, se debe obtener el nivel de eficiencia energética de referencia correspondiente al alumbrado vial funcional, en la tabla 3 de la ITC-EA-01, obteniéndose el valor de referencia 26 (m².lux/W).

Aplicando las formulas, se obtienen los índices correspondientes:

$$I_{\epsilon} = \frac{\epsilon}{\epsilon_R} = \frac{49,86}{26} = 1,91$$

$$ICE = \frac{1}{I_{\epsilon}} = 0,52$$

Tabla 4 – Calificación energética para alumbrado vial.

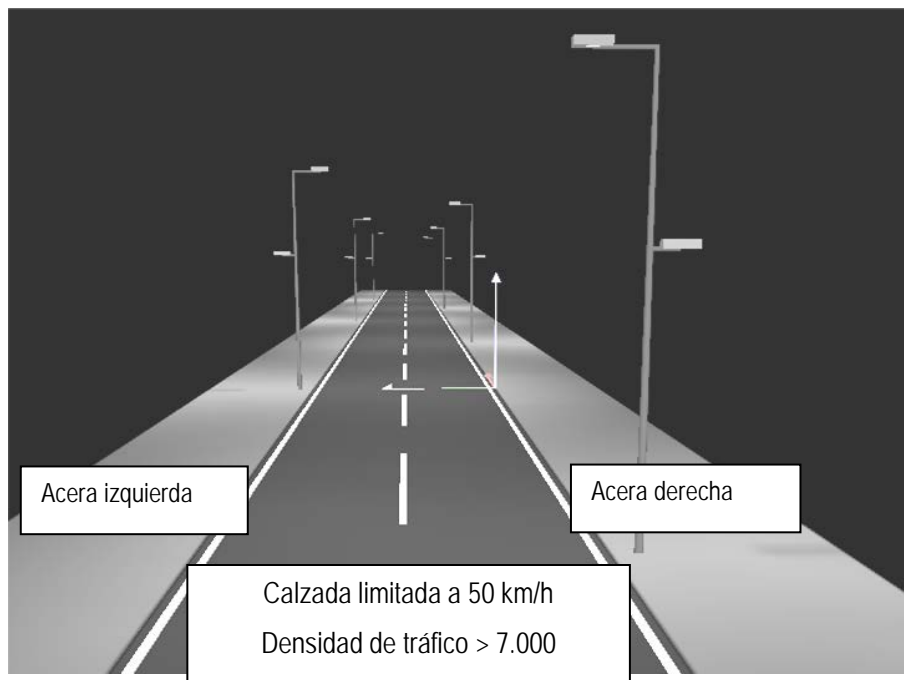
Calificación Energética	Índice de consumo energético	Índice de Eficiencia Energética
 A	ICE < 0,91	$I_{\epsilon} > 1,1$
B	$0,91 \leq ICE < 1,09$	$1,1 \geq I_{\epsilon} > 0,92$
C	$1,09 \leq ICE < 1,35$	$0,92 \geq I_{\epsilon} > 0,74$
D	$1,35 \leq ICE < 1,79$	$0,74 \geq I_{\epsilon} > 0,56$
E	$1,79 \leq ICE < 2,63$	$0,56 \geq I_{\epsilon} > 0,38$
F	$2,63 \leq ICE < 5,00$	$0,38 \geq I_{\epsilon} > 0,20$
G	ICE ≥ 5,00	$I_{\epsilon} \leq 0,20$

Por lo tanto, según la Tabla 4 de la ITC-EA-01, la clasificación energética de la instalación es A

MINISTERIO DE INDUSTRIA, ENERGÍA Y TURISMO	GUÍA TÉCNICA DE APLICACIÓN: EFICIENCIA ENERGÉTICA EN INSTALACIONES DE ALUMBRADO EXTERIOR EJEMPLOS DE APLICACIÓN DEL REGLAMENTO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN ALUMBRADO EXTERIOR	GUÍA-EA-ANEXO I
		Edición: mayo 2013 Revisión: 1.1

Ejemplo 4: Alumbrado vial ambiental como refuerzo de la iluminación de aceras iluminadas parcialmente por el alumbrado funcional de la calzada adyacente.

Supongamos que vamos a iluminar una calle formada por una vía de circulación de vehículos de dos carriles con una anchura total de 7 metros, cuya velocidad está limitada a 50Km/h y con una intensidad media de tráfico superior a los 7000 vehículos, con y dos aceras de 5 m de anchura cada una de ellas, que disponen de luminarias para su propia iluminación, pero que también reciben la influencia de las luminarias destinadas al alumbrado funcional de la vía de circulación situada entre las dos aceras



A la hora de realizar un proyecto según el Reglamento de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Exterior se debe tomar en consideración lo siguiente:

1. Clasificar el tipo de vía que queremos iluminar según se indica en la ITC-EA-02 del Reglamento. Una vez clasificada la vía, calcular el alumbrado de forma que se cumplan los parámetros luminotécnicos recomendados en esta misma instrucción técnica: luminancia, iluminancia, uniformidades, incremento umbral (TI) y relación entorno (SR),
En este ejemplo tendremos tres superficies de cálculo: acera derecha, acera izquierda y calzada.

2. En relación a la eficiencia energética:
 - a. La primera limitación que nos indica el Reglamento: no superar en un 20% los valores de referencia de la iluminancia o luminancia establecidos en la ITC-EA-02.
 - b. Cumplir los valores mínimos de uniformidad.
 - c. Llegar al mínimo requerido en eficiencia energética ($m^2 \cdot lux/W$) que se indique para el nivel de iluminación alcanzado.
 - d. Calcular el índice de eficiencia energética y clasificar energéticamente la instalación.

1. Seleccionamos en las tablas nuestra situación de proyecto:

MINISTERIO DE INDUSTRIA, ENERGÍA Y TURISMO	GUÍA TÉCNICA DE APLICACIÓN: EFICIENCIA ENERGÉTICA EN INSTALACIONES DE ALUMBRADO EXTERIOR	GUÍA-EA-ANEXO I
	EJEMPLOS DE APLICACIÓN DEL REGLAMENTO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN ALUMBRADO EXTERIOR	Edición: mayo 2013 Revisión: 1.1

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	$v \leq 5$

Situaciones de proyecto	Tipos de vías	Clase de Alumbrado(*)
B1	<ul style="list-style-type: none"> <i>Vías urbanas secundarias de conexión a urbanas de tráfico importante.</i> <i>Vías distribuidoras locales y accesos a zonas residenciales y fincas.</i> Intensidad de tráfico IMD ≥ 7.000 IMD < 7.000	ME2 / ME3c ME4b / ME5 / ME6
	<ul style="list-style-type: none"> <i>Carreteras locales en áreas rurales.</i> Intensidad de tráfico y complejidad del trazado de la carretera. IMD ≥ 7.000 IMD < 7.000	

*) 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.

MINISTERIO DE INDUSTRIA, ENERGÍA Y TURISMO	GUÍA TÉCNICA DE APLICACIÓN: EFICIENCIA ENERGÉTICA EN INSTALACIONES DE ALUMBRADO EXTERIOR	GUÍA-EA-ANEXO I
	EJEMPLOS DE APLICACIÓN DEL REGLAMENTO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN ALUMBRADO EXTERIOR	Edición: mayo 2013 Revisión: 1.1

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 ⁽⁴⁾ Media L_m (cd/m ²) ⁽¹⁾	Uniformidad Global U_o [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

La clase de alumbrado escogida para la calzada es la ME2 con los niveles siguientes:

$$\begin{aligned}
 L_{med} &= 1.5 \text{ cd/m}^2 \\
 U_o &= 0,4 \\
 U_l &= 0,7 \\
 Tl &< 10\% \\
 SR &> 0,5
 \end{aligned}$$

La clase de alumbrado adoptada para cada acera es S1, con los niveles siguientes:

$$\begin{aligned}
 E_m &= 15 \text{ lux} \\
 E_{min} &= 5 \text{ lux} \\
 U_m &= E_{min}/E_m = 0,33
 \end{aligned}$$

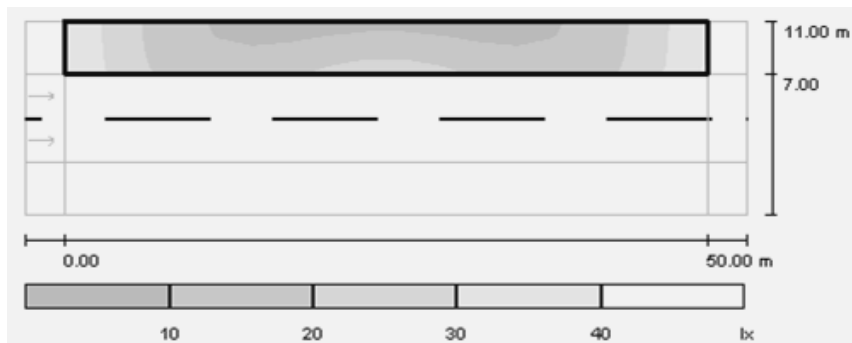
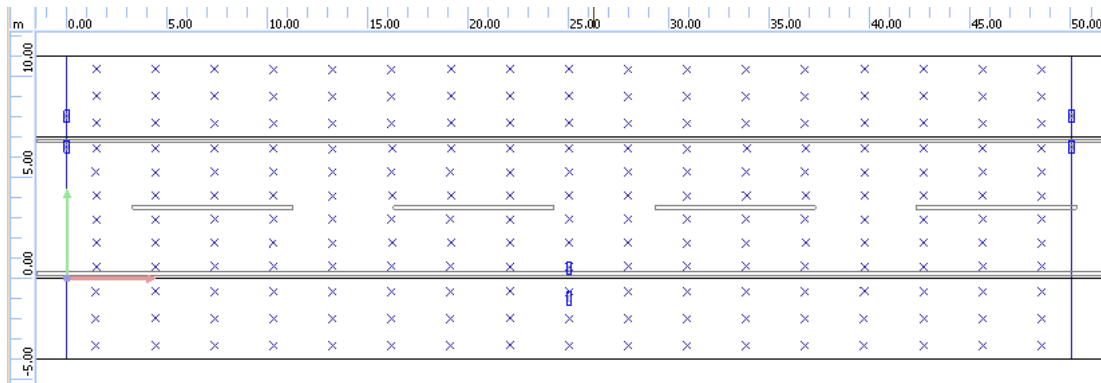
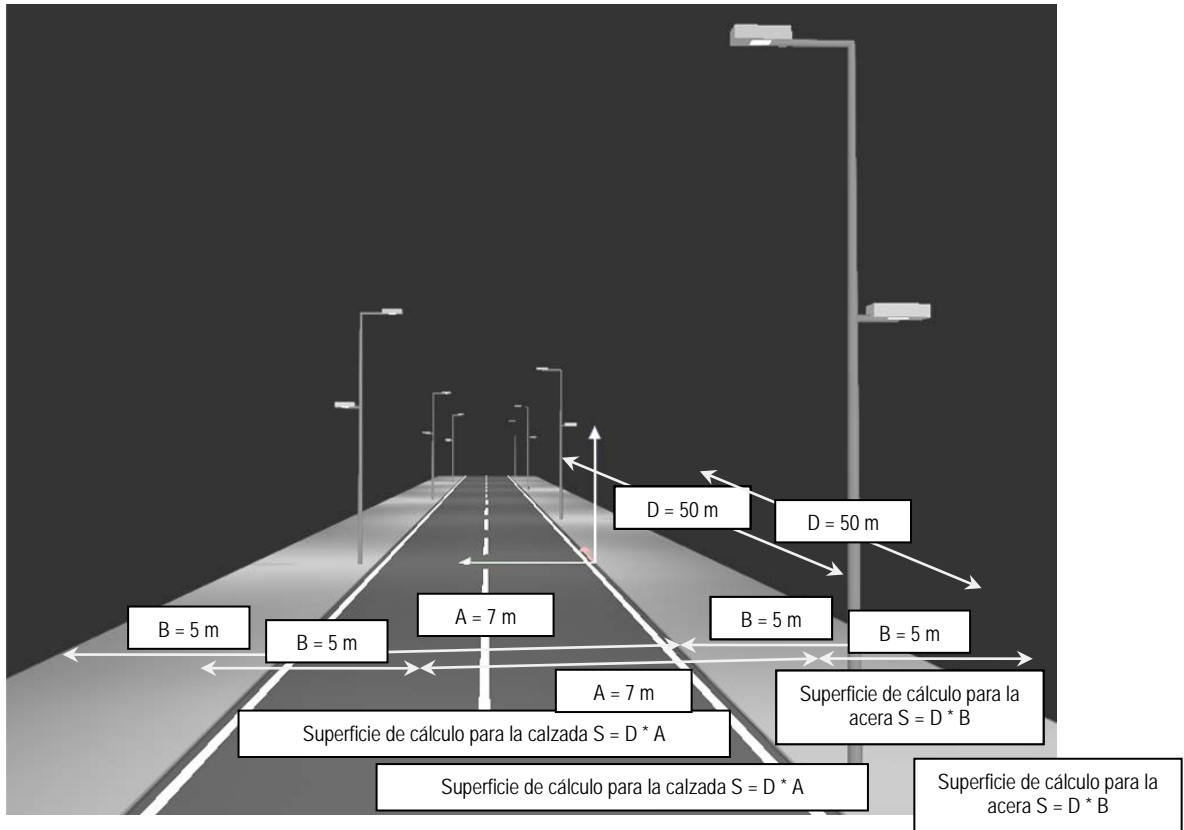
2. Para efectuar los cálculos de iluminación en proyecto se deberán realizar cálculos independientes para la calzada y para las aceras, puesto que los niveles a conseguir son distintos. Para este vial calculamos los niveles de iluminación con la siguiente disposición:

Luminaria equipada con lámpara VMH quemador cerámico 140W-TUBULAR

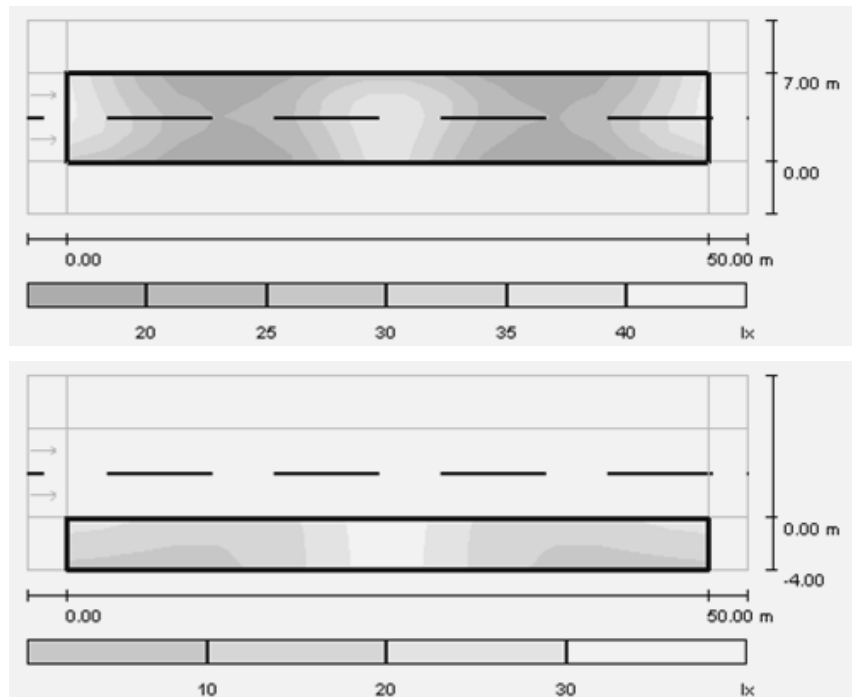
Disposición de las luminarias: "Tresbolillo", interdistancia entre luminarias de la misma fila: D=50m; H=8m

Luminaria equipada con lámpara VMH quemador cerámico 45W-TUBULAR

Disposición de las luminarias: "Tresbolillo", interdistancia entre luminarias de la misma fila: D=50m; H=5m



MINISTERIO DE INDUSTRIA, ENERGÍA Y TURISMO	GUÍA TÉCNICA DE APLICACIÓN: EFICIENCIA ENERGÉTICA EN INSTALACIONES DE ALUMBRADO EXTERIOR EJEMPLOS DE APLICACIÓN DEL REGLAMENTO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN ALUMBRADO EXTERIOR	GUÍA-EA-ANEXO I
		Edición: mayo 2013 Revisión: 1.1



Los niveles alcanzados son:

Superficie	Iluminancia/Luminancia media	Uniformidad global Min/Med	Uniformidad longitudinal
Calzada	26,15 lux/ 1,5 cd/m ²	0,60	0,70
Acera 1	17 lux	0,42	
Acera 2	17 lux	0,42	

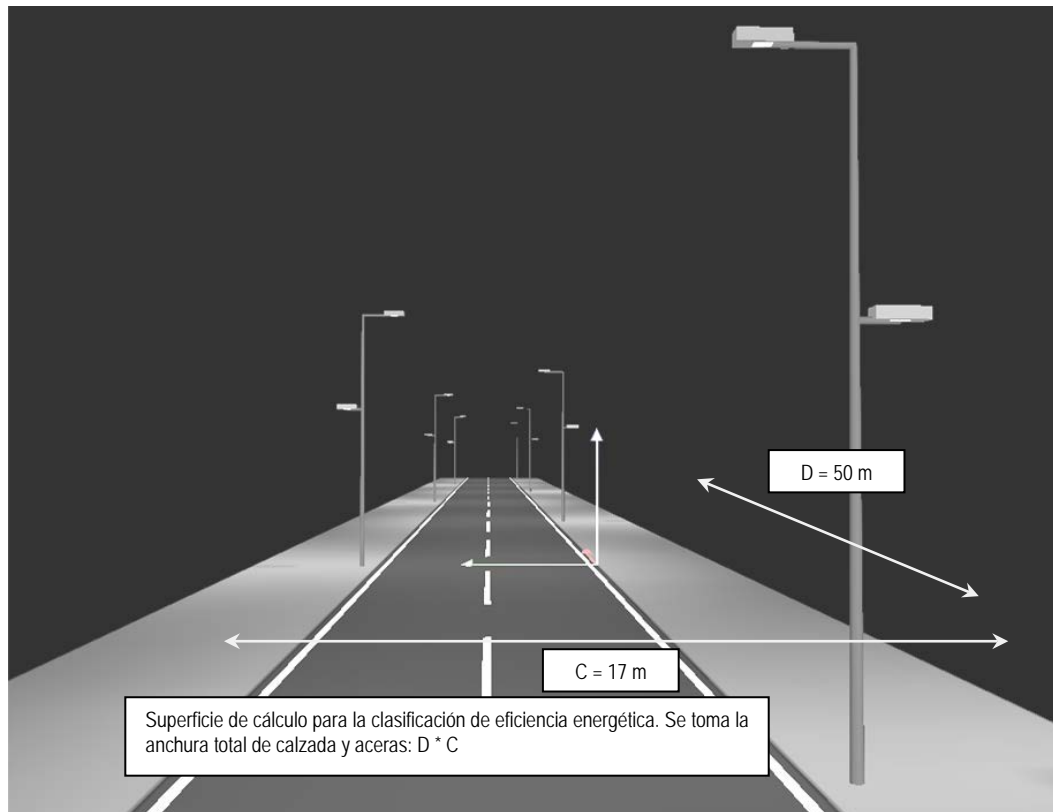
Se cumplen, tanto para la calzada como para las aceras los niveles establecidos en la ITC-EA-02

CÁLCULO DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA

Como en este ejemplo la iluminación de las aceras se consigue mediante las luminarias específicas destinadas a este fin, más la influencia de las luminarias con que se está iluminando la calzada. Para la determinación de la eficiencia energética deberemos considerar una superficie de cálculo determinada por la sección total: C= calzada + aceras y una longitud determinada por la interdistancia de dos luminarias del mismo lado: D.

$$S = (5+7+5) * 50 = 850 \text{ m}^2$$

MINISTERIO DE INDUSTRIA, ENERGÍA Y TURISMO	GUÍA TÉCNICA DE APLICACIÓN: EFICIENCIA ENERGÉTICA EN INSTALACIONES DE ALUMBRADO EXTERIOR EJEMPLOS DE APLICACIÓN DEL REGLAMENTO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN ALUMBRADO EXTERIOR	GUÍA-EA-ANEXO I
		Edición: mayo 2013 Revisión: 1.1



Realizados los cálculos sobre la superficie de 850 m² definida, los resultados en iluminancia son:

Em: 20,04 lux

Uniformidad media: 0,24

Para el vial estudiado determinamos el valor de eficiencia energética usando los datos del proyecto:

Luminaria equipada con Lámpara 140W-TUBULAR

Consumo de lámpara y equipo: 151W

Luminaria equipada con Lámpara 45W-TUBULAR

Consumo de lámpara y equipo: 49W

Sección(C): 17 metros (5+7+5)

Disposición de las luminarias: "Tresbolillo", interdistancia entre luminarias de la misma fila: D=50m

Iluminancia media obtenida Em= 20,04 Lux

Potencia total= (151+49w)+2(1/2*49w+1/2*151)= 400W

Al ser una distribución al "tresbolillo" se toma la potencia total de la luminaria que queda en medio de la superficie y ½ de cada una de las que quedan en el extremo de la superficie de cálculo

MINISTERIO DE INDUSTRIA, ENERGÍA Y TURISMO	GUÍA TÉCNICA DE APLICACIÓN: EFICIENCIA ENERGÉTICA EN INSTALACIONES DE ALUMBRADO EXTERIOR EJEMPLOS DE APLICACIÓN DEL REGLAMENTO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN ALUMBRADO EXTERIOR	GUÍA-EA-ANEXO I
		Edición: mayo 2013 Revisión: 1.1

Para el proyecto en estudio se fijan los siguientes valores de acuerdo con las tablas 1, 2 Y 3 de la ITC-EA-06, pero al no figurar los valores para las lámparas utilizadas, solicitamos los datos al fabricante de las mismas, que para el periodo de tiempo definido coinciden con los valores de las lámparas de sodio alta presión

FDSL = 0.90 (lámpara de quemador cerámico de nueva generación, periodo de funcionamiento 12000h)

FSL = 0.89 (lámpara de quemador cerámico de nueva generación, periodo de funcionamiento 12000h)

FDLU= 0.88, IP66, grado de contaminación bajo, intervalo de limpieza 3 años.

$$F_m = F_{DSL} * F_{SL} * F_{DLU} = 0.90 * 0.89 * 0.88 = 0.70$$

Siendo por tanto el factor de mantenimiento el producto de los tres- $F_m = 0.70$

Interpolando en la tabla 1 de la ITC-EA-01, para una iluminancia media en servicio obtenida de 20,04 lux (≥ 20 lux), el valor de eficiencia energética mínimo a alcanzar es 17.52 ($m^2 \cdot lux / w$)

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

Nota - Para valores de iluminancia media proyectada comprendidos entre los valores indicados en la tabla, la eficiencia energética mínima se obtendrán por interpolación lineal

Interpolando en la tabla 3 la ITC-EA-01, en la parte correspondiente al alumbrado vial, para una iluminancia media en servicio obtenida de 20,04 lux (≥ 20 lux), el valor de eficiencia energética de referencia es 26.024 ($m^2 \cdot lux / w$)

MINISTERIO DE INDUSTRIA, ENERGÍA Y TURISMO	GUÍA TÉCNICA DE APLICACIÓN: EFICIENCIA ENERGÉTICA EN INSTALACIONES DE ALUMBRADO EXTERIOR	GUÍA-EA-ANEXO I
	EJEMPLOS DE APLICACIÓN DEL REGLAMENTO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN ALUMBRADO EXTERIOR	Edición: mayo 2013 Revisión: 1.1

Alumbrado vial funcional		Alumbrado vial ambiental	
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

Aplicando la fórmula de la eficiencia energética obtenemos:

$$\epsilon = \frac{S \cdot E_m}{P} = \frac{850 \text{ m}^2 \times 20,04 \text{ lux}}{400 \text{ W}} = 42,58 \text{ m}^2 \cdot \text{lux/W}$$

$$\epsilon = 42,58 > 17,52 \text{ (funcional)} \rightarrow \text{cumple}$$

Tabla 4 – Calificación energética para alumbrado vial.

Calificación Energética	Índice de consumo energético	Índice de Eficiencia Energética
A	ICE < 0,91	$I_\epsilon > 1,1$
B	$0,91 \leq \text{ICE} < 1,09$	$1,1 \geq I_\epsilon > 0,92$
C	$1,09 \leq \text{ICE} < 1,35$	$0,92 \geq I_\epsilon > 0,74$
D	$1,35 \leq \text{ICE} < 1,79$	$0,74 \geq I_\epsilon > 0,56$
E	$1,79 \leq \text{ICE} < 2,63$	$0,56 \geq I_\epsilon > 0,38$
F	$2,63 \leq \text{ICE} < 5,00$	$0,38 \geq I_\epsilon > 0,20$
G	ICE $\geq 5,00$	$I_\epsilon \leq 0,20$

Por lo que los índices de eficiencia y consumo serían:

$$I_\epsilon = \frac{\epsilon}{\epsilon_R} = \frac{42,58}{20,02} = 1,64$$

$$\text{ICE} = \frac{1}{I_\epsilon} = 0,30$$

Por lo tanto se considera según la Tabla 4 la clasificación energética de la instalación es A.